

Методы выполнения измерений (МВИ) массы в автоматизированном учете нефтепродуктов

Как известно, достоверный учет нефтепродуктов можно вести только в единицах массы — в тоннах или килограммах. Однако точное определение этой массы для большинства операций перевалки нефтепродуктов (динамические измерения), а также для статических измерений (например, в резервуаре или цистерне) является серьезной проблемой. Это связано с тем, что даже в настоящее время в большинстве случаев определение массы происходит косвенными способами, т. е. расчетным путем через набор измеренных параметров (показания счетчика объема, уровень налива, плотность и т. п.).

Способы измерений массы нефтепродуктов

В соответствии с ГОСТ Р 8.595-2004 «Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений» можно выделить следующие основные способы измерений массы:

| | Динамические методы | Статические методы |
|--------------------------|---|---|
| Прямые способы | <i>Прямой динамический (через расходомеры массы)</i> | <i>Прямой статический (взвешиванием на весах)</i> |
| Косвенные способы | <i>Косвенный динамический (через счетчики объема)</i> | <i>Косвенный статический (через замеры уровня наполнения в резервуарах или цистернах)</i> |

Прямые методы измерений массы основаны на использовании сложных и сравнительно дорогостоящих измерительных приборов, поэтому используются эти методы в основном на крупных предприятиях (НПЗ, крупные нефтебазы). Из этих методов наиболее распространено в настоящее время взвешивание на электронных весах при наливке железнодорожных или автомобильных цистерн (статический способ). Применение массовых расходомеров (динамический способ) при сливе или наливке нефтепродуктов пока не нашло широкого распространения (в силу его относительной новизны), однако очевидно, что использование этих приборов со временем будет только расти.

Косвенные методы определения массы используются на средних и небольших предприятиях нефтепродуктообеспечения (которых в целом намного больше, чем крупных), поэтому при автоматизации учета движения нефтепродуктов сталкиваться с этими методами приходится гораздо чаще. Основные из этих методов — динамический, при котором определение массы происходит с использованием расходомеров (счетчиков) объема и статический с использованием калибровочных или градуировочных таблиц, по которым определяется объем.

Прямые способы определения массы

В автоматизированном учете оформление результатов прямых измерений массы не вызывает проблем. В электронных документах, связанных с перевалкой нефтепродуктов или с замерами их состояния, указывается сама измеренная масса, полученная по показаниям весов или расходомера. Кроме того, в этих документах может также регистрироваться масса тары и масса брутто (для замеров на весах), либо показания счетчика расходомера массы до и после операции (при использовании массового расходомера). На приведенном ниже рисунке

показан пример реестра налива цистерн на ЖД эстакаде, в котором масса определяется замерами на весах. Дополнительно в таблице реестра может указываться плотность (это вызвано только необходимостью ее вывода на печать в некоторых стандартных документах, например, в ЖД накладных или в ТТН), однако на практике при прямых способах определения массы замер плотности не производится, она указывается по паспорту качества.

| Основная информация | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------|-------------|---------------|--------------|----------|-------------|--------------|------------|-----------|-------------|-------|
| Вагоны (9) | | | | | | | | | | | | |
| Инструкция по заполнению ЖД накладной (8) | | | | | | | | | | | | |
| Маршрут | | | | | | | | | | | | |
| Расходы | | | | | | | | | | | | |
| Прочее | | | | | | | | | | | | |
| + Добавить ✕ ↑ ↓ 📄 ↻ Заполнение по реестрам поданных в/ц ↻ Заполнение ↻ Загрузка ☰ Все действия | | | | | | | | | | | | |
| N | Отм. | Количество, т | Вес тары, т | Вес брутто, т | Номер вагона | Тип в... | Собствен... | Грузоподъ... | Количес... | Темпер... | Плотност... | Номер |
| 1 | <input type="checkbox"/> | 62,241 | 26,500 | 88,741 | 50160688 | 66 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 2 | <input type="checkbox"/> | 62,361 | 26,500 | 88,861 | 57223976 | 66 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 3 | <input type="checkbox"/> | 63,261 | 24,700 | 87,961 | 50004266 | 66 | СГ-Транс | 68,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 4 | <input type="checkbox"/> | 62,906 | 26,600 | 89,506 | 50861392 | 66 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 5 | <input type="checkbox"/> | 63,312 | 26,700 | 90,012 | 54096540 | 66 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 6 | <input type="checkbox"/> | 55,233 | 26,200 | 81,433 | 70724570 | 62 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 7 | <input type="checkbox"/> | 63,119 | 25,600 | 88,719 | 74940123 | 101 | СГ-Транс | 68,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 8 | <input type="checkbox"/> | 61,925 | 26,700 | 88,625 | 53896999 | 66 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 9 | <input type="checkbox"/> | 62,543 | 26,600 | 89,143 | 57115743 | 66 | СГ-Транс | 66,000 | 4 | | 0,7990 | С7 |
| 9 | | 556,901 | 236,100 | 793,001 | | | | | | | | |

Точность прямого метода определения массы определяется погрешностью измерений используемого измерительного прибора (весов или расходомера массы), эта информация обычно указана в его паспорте. Точность прямых методов измерений (пределы допускаемой относительной погрешности измерений) нормирована, это могут быть такие предельные значения:

- Прямой метод статических измерений взвешиванием на весах расцепленных цистерн: $\pm 0,40\%$;
- Прямой метод статических измерений взвешиванием на весах движущихся нерасцепленных цистерн и составов из них: $\pm 0,50\%$;
- Прямой метод динамических измерений при наливе (сливе): $\pm 0,25\%$.

Следует обратить внимание, что для статических измерений пределы нормативной погрешности выше, чем для динамических, и связано это с тем, что при статических измерениях выполняются два взвешивания. Информация о точности метода измерений используется при приемке нефтепродуктов в случае выявления расхождений с накладной поставщика. Такие расхождения принимаются к учету за вычетом абсолютной погрешности используемого при приемке метода измерений.

Косвенные способы определения массы

На большинстве предприятий нефтепродуктообеспечения используются косвенные способы определения массы:

- При сливе нефтепродуктов из ЖД цистерн масса определяется с использованием калибровочных таблиц на разные типы цистерн;
- При сливе нефтепродуктов из автомобильных цистерн масса определяется с использованием паспорта на каждую секцию цистерны (полный объем, диаметр горловины, уровень перелива или недолива в горловине);
- При приемке нефтепродуктов по трубопроводу масса определяется или с использованием показаний расходомеров (счетчиков) объема или через замеры в

- резервуарах, в которые производится приемка;
- При отгрузке нефтепродуктов в автоцистерны масса определяется через показания расходомеров (счетчиков) объема.

При этом для определения массы может выполняться целый набор разных измерений:

- Уровень наполнения в цистерне или резервуаре;
- Уровень «подтоварной» воды в цистерне или резервуаре;
- Уровень перелива или недолива относительно планки (нулевого уровня) в горловине автоцистерны;
- Плотность нефтепродуктов (часто на разных уровнях резервуара или из разных частей партии при поступлении по трубопроводу с последующим усреднением);
- Температура нефтепродуктов (часто на разных уровнях резервуара или из разных частей партии при поступлении по трубопроводу с последующим усреднением);
- Температура окружающей среды и температура, при которой измерялась плотность.

Расчет массы при этом может быть связан с большим объемом вычислений, а также с поиском информации по специальным таблицам (например, по калибровочным таблицам цистерн, по градуировочным таблицам резервуаров, по таблицам поправочных коэффициентов для приведения плотности и объема к стандартным условиям и т. п.). В простых случаях (на небольших предприятиях) масса нефтепродуктов определяется как произведение объема и плотности. Объем при этом определяется через уровень наполнения по градуировочной таблице или по счетчику (расходомеру объема), а плотность — замером в резервуаре или на наливном стояке. При этом все замеры выполняются при текущей температуре нефтепродуктов, а пересчет объема и плотности к стандартным условиям (к 15 или 20 °С) не используется.

Но многих предприятиях косвенные методы выполнения измерений массы (МВИ) так сложны, что практически исключают возможность применения ручных расчетов массы.

| N | Тип замера Дата и время измерений | Склад | Резервуар | | Уровень, см Объем, л | Температура в резервуаре, °С | | | t, °С | | Плотность, ... Масса | Плотн. при 20 °С, ... | |
|---|---|-------|--------------|--------------|-------------------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------|
| | | | Номенклатура | Тип резер... | | Низ | Середин... | Верх | t окр.сре... | t плотн.... | | | |
| 1 | До начала операции 01.06.2014 16:15:00 | ББХ | РВС № 26 | РВС | 857,4 | <input checked="" type="checkbox"/> | 13 | <input checked="" type="checkbox"/> | 13 | <input checked="" type="checkbox"/> | 13 | 0,7925 | 0,7873 |
| | | | ТС/РТ | | 2 445 435 | | | | | 25 | 13 | 1 938 171 | |
| 2 | До начала операции 01.06.2014 16:15:00 | ЦЗС | РВС № 04 | РВС | 783,6 | <input checked="" type="checkbox"/> | 17,3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 17,3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 17,3 | 0,7870 | 0,7851 |
| | | | ТС/РТ | | 3 199 824 | | | | | 25 | 17,3 | 2 518 713 | |
| 3 | До начала операции 01.06.2014 16:15:00 | ЦЗС | РГС № 09 | РГС | 88,0 | <input checked="" type="checkbox"/> | 16,2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 16,2 | <input type="checkbox"/> | 0 | 0,7878 | 0,7850 |
| | | | ТС/РТ | | 10 127 | | | | | 25 | 16,2 | 7 979 | |
| 4 | До начала операции 01.06.2014 16:15:00 | ЦЗС | РГС № 10 | РГС | 87,0 | <input checked="" type="checkbox"/> | 16,2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 16,2 | <input type="checkbox"/> | 0 | 0,7878 | 0,7850 |
| | | | ТС/РТ | | 10 186 | | | | | 25 | 16,2 | 8 025 | |
| 5 | После окончания операции 01.06.2014 18:25:00 | ББХ | РВС № 26 | РВС | 443,2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 13 | <input checked="" type="checkbox"/> | 13 | <input checked="" type="checkbox"/> | 13 | 0,7925 | 0,7873 |
| | | | ТС/РТ | | 1 271 864 | | | | | 25 | 13 | 1 008 037 | |
| 6 | После окончания операции 01.06.2014 18:25:00 | ЦЗС | РВС № 04 | РВС | 1 070,7 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | 0,7888 | 0,7856 |
| | | | ТС/РТ | | 4 373 180 | | | | | 25 | 15,6 | 3 450 103 | |
| 7 | После окончания операции 01.06.2014 18:25:00 | ЦЗС | РГС № 09 | РГС | 93,0 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | <input type="checkbox"/> | 0 | 0,7888 | 0,7856 |
| | | | ТС/РТ | | 10 890 | | | | | 25 | 15,6 | 8 591 | |
| 8 | После окончания операции 01.06.2014 18:25:00 | ЦЗС | РГС № 10 | РГС | 89,0 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 | <input type="checkbox"/> | 0 | 0,7888 | 0,7856 |
| | | | ТС/РТ | | 10 492 | | | | | 25 | 15,6 | 8 277 | |

Автоматизированные системы учета движения нефтепродуктов должны включать в себя все методы расчета, чтобы пользователи вводили только исходные данные (информацию по замерам), при этом масса должна определяться автоматически. На рисунке показан пример

таблицы состояния резервуаров электронного документа, которым оформляется перемещение (перекачка) партии нефтепродуктов с одного склада на другой. Масса перемещаемых нефтепродуктов определяется по разности состояний резервуаров склада-отправителя до и после прокачки (следует обратить внимание, что в общем случае как отгрузка, так и приемка на каждом складе осуществляется по нескольким резервуарам сразу).

| Калькулятор резервуара | | | |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| Дата расчета: | 01.06.2014 | | |
| Склад: | ББХ | | |
| Резервуар: | РВС № 26 | | |
| Начальное состояние | | Конечное состояние | |
| Уровень, см: | 857,4 | Уровень, см: | 443,2 |
| Плотность, кг/дм³: | 0,7925 | Плотность, кг/дм³: | 0,7925 |
| Температура, °C: | 13,0 | Температура, °C: | 13,0 |
| Температура окр. среды, °C: | 25,0 | Температура окр. среды, °C: | 25,0 |
| Температура изм. плотности, °C: | 13,0 | Температура изм. плотности, °C: | 13,0 |
| Объем по град. таблице, л: | 2 445 435 | Объем по град. таблице, л: | 1 271 864 |
| Объем по МВИ, л: | 2 445 435 | Объем по МВИ, л: | 1 271 864 |
| Масса по прямым расчетам, кг: | 1 938 007 | Масса по прямым расчетам, кг: | 1 007 952 |
| Масса по МВИ, кг: | 1 938 171 | Масса по МВИ, кг: | 1 008 037 |
| Итоговые данные (разность) | | | |
| Объем по град. таблице, л: | 1 173 571 | Объем по МВИ, л: | 1 173 571 |
| Масса по прямым расчетам, кг: | 930 055 | Масса по МВИ, кг: | 930 134 |

Для каждого резервуара в таблице должны указываться два набора данных, соответствующие состоянию до (начальное состояние) и после (конечное состояние) прокачки:

- Уровень наполнения;
- Объем (определяется автоматически по градуировочной таблице и таблице коррекции, если уровень не в целых сантиметрах);
- Температура нефтепродуктов (в зависимости от уровня наполнения резервуара и его типа необходимо измерять от одного до трех показаний температуры с их последующим усреднением):
 - Температура на нижнем уровне;
 - Температура в середине;
 - Температура на верхнем уровне;
 - Средняя температура (используются разные методы усреднения в зависимости от типов резервуаров и от уровней наполнения);
- Температура окружающей среды (при расчете объема могут использоваться поправочные коэффициенты для учета деформации стенок резервуаров в зависимости от разности температур нефтепродуктов и окружающей среды);
- Температура, при которой измерялась плотность нефтепродуктов (используется для учета линейного расширения стенок ареометра, которым измерялась плотность);
- Плотность нефтепродуктов;

- Плотность нефтепродуктов при 20 °С (определяется автоматически путем пересчета по фактической плотности и температуре измерения плотности);
- Масса (рассчитывается автоматически по всем исходным параметрам).

Пример градуировочной таблицы резервуара показан ниже. Такие таблицы обычно составляются в целых сантиметрах, однако, если замеры уровня производятся с большей точностью (до миллиметров), то для расчета объема необходимо использовать методы математической аппроксимации между ближайшими целыми уровнями градуировочной таблицы, либо таблицу коррекции, в которой хранятся данные об объемах на миллиметр для разных уровней (поясов) резервуара.

| Уровень, см | Объем, л |
|-------------|-----------|
| 438 | 1 257 461 |
| 439 | 1 260 295 |
| 440 | 1 263 129 |
| 441 | 1 265 963 |
| 442 | 1 268 797 |
| 443 | 1 271 631 |
| 444 | 1 274 465 |
| 445 | 1 277 298 |

Если таблица коррекции составлена правильно, то оба способа (аппроксимация и таблица коррекции) дают практически одинаковые результаты, поэтому, по нашему мнению, использование таблиц коррекции в автоматизированном учете не имеет большого смысла. Однако для «ручных» расчетов использовать таблицу коррекции бывает проще, кроме того, часто эти таблицы фигурируют в паспорте на резервуар и их использование регламентировано инструкциями по выполнению измерений, поэтому отказаться от них бывает невозможно. На следующем рисунке показан пример такой таблицы коррекции.

| Уровень начала, см | Объем 1 мм, л | Объем 2 мм, л | Объем 3 мм, л | Объем 4 мм, л | Объем 5 мм, л | Объем 6 мм, л | Объем 7 мм, л |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 9 | 279 | 558 | 837 | 1 115 | 1 394 | 1 673 | 1 952 |
| 138 | 283 | 566 | 849 | 1 132 | 1 416 | 1 699 | 1 974 |
| 287 | 283 | 567 | 850 | 1 133 | 1 416 | 1 700 | 1 975 |
| 436 | 283 | 567 | 850 | 1 134 | 1 417 | 1 700 | 1 975 |
| 585 | 283 | 567 | 850 | 1 134 | 1 417 | 1 700 | 1 975 |
| 734 | 283 | 567 | 850 | 1 134 | 1 417 | 1 701 | 1 975 |
| 883 | 284 | 567 | 851 | 1 135 | 1 418 | 1 702 | 1 976 |
| 1 031 | 284 | 568 | 852 | 1 136 | 1 420 | 1 704 | 1 978 |

Расчет массы осуществляется перемножением полученного объема на плотность. Однако даже этот простой расчет, в зависимости от принятого метода выполнения измерений, может производиться несколькими способами:

- По фактическим объему и плотности;
- По объему и плотности, приведенным к стандартным условиям (к температуре 20°С

или 15°C).

Измерение плотности, как правило, должно производиться в лабораторных условиях, поэтому первый вариант (расчет по фактическим объему и плотности) может использоваться только с применением специальных термостатов, в которых проба нефтепродуктов доставляется в лабораторию. Но даже в этих условиях некоторые МВИ требуют расчетов фактического объема с учетом поправочных температурных коэффициентов линейного расширения материала стенки резервуара или цистерны и материала метроштока или рулетки (сталь или алюминий), при помощи которых определялся уровень:



Приведение объема и плотности к стандартным условиям (к температуре 20°C или 15°C) осуществляется по специальным таблицам (в соответствии с ASTM D 1250-2007). Фрагмент такой таблицы для пересчета плотности показан ниже.

| Температура, гр. С | Плотность при рабочих условиях, кг/м ³ | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 795.0 | 795.1 | 795.2 | 795.3 | 795.4 | 795.5 | 795.6 | 795.7 | 795.8 | 795.9 | 796.0 | 796.1 | 796.2 |
| | Плотность при 20 гр. С, кг/м ³ | | | | | | | | | | | | |
| -0,50 | 778.8 | 778.9 | 779.0 | 779.1 | 779.2 | 779.3 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.1 | 780.2 |
| -0,45 | 778.8 | 778.9 | 779.0 | 779.2 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 |
| -0,40 | 778.8 | 779.0 | 779.1 | 779.2 | 779.3 | 779.4 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 |
| -0,35 | 778.9 | 779.0 | 779.1 | 779.2 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 |
| -0,30 | 778.9 | 779.1 | 779.2 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 |
| -0,25 | 779.0 | 779.1 | 779.2 | 779.3 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.2 | 780.3 | 780.4 |
| -0,20 | 779.0 | 779.1 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.4 |
| -0,15 | 779.1 | 779.2 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.3 | 780.4 | 780.5 |
| -0,10 | 779.1 | 779.2 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.4 | 780.5 |
| -0,05 | 779.2 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.5 | 780.6 |
| 0,00 | 779.2 | 779.3 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.2 | 780.3 | 780.4 | 780.5 | 780.6 |
| 0,05 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.4 | 780.6 | 780.7 |
| 0,10 | 779.3 | 779.4 | 779.5 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.4 | 780.5 | 780.6 | 780.7 |
| 0,15 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.4 | 780.5 | 780.6 | 780.7 |
| 0,20 | 779.4 | 779.5 | 779.6 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.5 | 780.6 | 780.7 | 780.8 |
| 0,25 | 779.4 | 779.6 | 779.7 | 779.8 | 779.9 | 780.0 | 780.1 | 780.3 | 780.4 | 780.5 | 780.6 | 780.7 | 780.8 |

Всего таких таблиц — четыре (отдельно для плотности и объема и отдельно для 20°C и 15°C), а размер этих таблиц чрезвычайно велик (диапазон температур лежит от -50°C до 150°C с шагом 0,05°C, а диапазон плотностей — от 0,4700 до 1,2050 кг/дм³ с шагом 0,0001 кг/дм³, т. е. размер каждой таблицы — примерно 4000 строк на 7300 колонок — около 30 миллионов значений). Далее показан еще один фрагмент таблицы, используемой для пересчета объема.

| Температура, гр. С | Плотность при рабочих условиях, кг/м ³ | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 780.0 | 780.1 | 780.2 | 780.3 | 780.4 | 780.5 | 780.6 | 780.7 | 780.8 | 780.9 | 781.0 | 781.1 | 781.2 |
| | Коэффициент для пересчёта объёма | | | | | | | | | | | | |
| 11,20 | 1.00887 | 1.00886 | 1.00885 | 1.00884 | 1.00883 | 1.00882 | 1.00881 | 1.00880 | 1.00879 | 1.00878 | 1.00877 | 1.00876 | 1.00875 |
| 11,25 | 1.00882 | 1.00881 | 1.00880 | 1.00879 | 1.00878 | 1.00877 | 1.00876 | 1.00875 | 1.00874 | 1.00873 | 1.00872 | 1.00871 | 1.00871 |
| 11,30 | 1.00877 | 1.00876 | 1.00875 | 1.00874 | 1.00873 | 1.00872 | 1.00871 | 1.00870 | 1.00869 | 1.00868 | 1.00867 | 1.00867 | 1.00866 |
| 11,35 | 1.00872 | 1.00871 | 1.00870 | 1.00869 | 1.00868 | 1.00867 | 1.00866 | 1.00865 | 1.00864 | 1.00863 | 1.00862 | 1.00862 | 1.00861 |
| 11,40 | 1.00867 | 1.00866 | 1.00865 | 1.00864 | 1.00863 | 1.00862 | 1.00861 | 1.00860 | 1.00859 | 1.00858 | 1.00858 | 1.00857 | 1.00856 |
| 11,45 | 1.00862 | 1.00861 | 1.00860 | 1.00859 | 1.00858 | 1.00857 | 1.00856 | 1.00855 | 1.00854 | 1.00853 | 1.00853 | 1.00852 | 1.00851 |
| 11,50 | 1.00857 | 1.00856 | 1.00855 | 1.00854 | 1.00853 | 1.00852 | 1.00851 | 1.00850 | 1.00849 | 1.00848 | 1.00848 | 1.00847 | 1.00846 |
| 11,55 | 1.00852 | 1.00851 | 1.00850 | 1.00849 | 1.00848 | 1.00847 | 1.00846 | 1.00845 | 1.00844 | 1.00843 | 1.00843 | 1.00842 | 1.00841 |
| 11,60 | 1.00847 | 1.00846 | 1.00845 | 1.00844 | 1.00843 | 1.00842 | 1.00841 | 1.00840 | 1.00839 | 1.00839 | 1.00838 | 1.00837 | 1.00836 |
| 11,65 | 1.00842 | 1.00841 | 1.00840 | 1.00839 | 1.00838 | 1.00837 | 1.00836 | 1.00835 | 1.00834 | 1.00834 | 1.00833 | 1.00832 | 1.00831 |
| 11,70 | 1.00837 | 1.00836 | 1.00835 | 1.00834 | 1.00833 | 1.00832 | 1.00831 | 1.00830 | 1.00829 | 1.00829 | 1.00828 | 1.00827 | 1.00826 |
| 11,75 | 1.00832 | 1.00831 | 1.00830 | 1.00829 | 1.00828 | 1.00827 | 1.00826 | 1.00825 | 1.00824 | 1.00824 | 1.00823 | 1.00822 | 1.00821 |
| 11,80 | 1.00827 | 1.00826 | 1.00825 | 1.00824 | 1.00823 | 1.00822 | 1.00821 | 1.00820 | 1.00819 | 1.00819 | 1.00818 | 1.00817 | 1.00816 |

Для «ручных» расчетов использовать такие таблицы пересчета крайне сложно, поэтому для основных операций на нефтебазах расчеты массы с приведением объема и плотности к стандартным условиям используются только в автоматизированном учете.

Точность косвенных методов определения массы зависит от используемых на предприятии МВИ (информация о точности или погрешности определения массы нужна только в случаях расхождений замеров с информацией поставщика или при проведении инвентаризации). В простых случаях эта точность задается для метода в целом — например, при замерах в ЖД цистернах 0,5% для массы от 120 тонн и 0,65% для массы менее 120 тонн. Для более сложных МВИ точность рассчитывается индивидуально для каждого замера (обычно она не выходит за пределы 1%) и зависит от целого ряда факторов:

- точность составления градуировочной или калибровочной таблицы (из паспорта на резервуар или по ТУ для ЖД цистерн);
- погрешность замеров уровня (по паспорту на метрошток или рулетку);
- погрешность замеров температуры (по паспорту на термометр);
- погрешность при замерах плотности (по паспорту на ареометр);
- погрешность счетчиков объема (по паспорту на счетчик);
- количество измерений.

Регистрировать для каждого замера каждого показателя информацию об используемом измерительном приборе было бы довольно затруднительно (хотя в химических лабораториях качества это делают). Но обычно на конкретном предприятии для замеров используется набор однотипных измерительных приборов, поэтому их точность, используемую для расчета погрешности определения массы, можно задать один раз при описании МВИ, как это показано ниже на рисунке.

The screenshot shows a web-based form titled "МВИ в вертикальных резервуарах (плотномер) (Метод измерений)". At the top left is a button "Записать и закрыть" and at the top right is "Все действия" with a help icon. Below the title is a text field for "Наименование: МВИ в вертикальных резервуарах". The main section is titled "Точность измерений" and contains several settings:

- По МВИ (точность расчетная):
- Материал рулетки или метроштока: Не используется Сталь Алюминий и сплавы Медь и сплавы
- Погрешность замеров уровня, мм:
- Погрешность замеров температуры, °C:
- Погрешность замеров плотности, кг/м³:
- Температура калибровки ареометра, °C:
- Погрешность счетчиков объема, %:
- Способ расчета массы: Расчет при температуре измерения объема Приведение объема и плотности к 15°C Приведение объема и плотности к 20°C

Вот как, например, может выглядеть формула для расчета погрешности измерений массы нефтепродукта (δm) в РВС, %:

Слагаемыми подкоренного выражения здесь являются погрешности отдельных замеров и измерительных приборов. Очевидно, что даже этот относительно несложный метод расчета (квадратный корень из суммы квадратов с поправочными коэффициентами) практически

невозможно использовать без специальной программы, заложенной в автоматизированную систему учета.

Использование МВИ в автоматизированном учете

На практике на одном предприятии могут использоваться разные методы определения массы — например, для разных складов, разных типов резервуаров или разных видов операций и замеров.

| Наименование | По МВИ (точность расчетная) |
|--|-----------------------------|
| МВИ в АЦ | ✓ |
| МВИ в вертикальных резервуарах (ариометр) | ✓ |
| МВИ в вертикальных резервуарах (плотномер) | ✓ |
| МВИ в горизонтальных резервуарах (ариометр) | ✓ |
| МВИ в горизонтальных резервуарах (плотномер) | ✓ |
| МВИ в горизонтальных резервуарах (рулетка - сталь) | ✓ |
| МВИ в ЖДЦ | ✓ |
| МВИ по трубе | ✓ |
| Ручные замеры | |

Системы учета должны поддерживать возможность расчета массы для всех используемых на предприятии методов. На рисунке показан справочник методов измерения массы, в котором хранится весь список используемых на предприятии методов. Метод измерений может указываться для склада (нефтебазы) в целом, для конкретного резервуара или для конкретной операции, связанной с перевалкой нефтепродуктов. Ниже в качестве примера показан электронный документ, применяемый для оформления операции перемещения нефтепродуктов со склада в автоцистерну, для которой указан метод выполнения измерений массы.

Перемещение НП T0000002045 от 01.06.2014 9:43:17

Провести и закрыть | Провести | Печать документа

Все действия

Операция: Перемещение нефтепродуктов

Номер: T000000204 | Дата: 01.06.2014 9:43:17 | Смена: № 1 от 01.06.2014 Дневн | Организация: ТЗК Шеремет | Автор: Фролова Л.В. | Дата и время создания: 01.06.2014 9:40:46

Основная информация | Нефтепродукты (1) | Состояние резервуаров | Отпуск в автоцистерну (1) | Прочее

Метод измерения массы: МВИ в АЦ | По МВИ (точность расчетная): ✓

| N | Номенклатура | | Плотность, кг/дм³ | Температура, °С | t замера плотности, °С | Объем, л | Масса, кг |
|---|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------------|----------|-----------|
| | Секция № | Объем секции, л | | | | | |
| 1 | ДТ летнее | | 0.8340 | 19 | 19 | 8 470 | 7 063 |
| | | 2 | | | | 8 470 | 7 063 |

В настоящее время спроектированные нашей компанией системы оперативного учета движения нефтепродуктов, в которых используются различные МВИ (методы выполнения

измерений массы нефтепродуктов), работают на многих предприятиях: НПЗ, нефтебазах и топливозаправочных комплексах. Но, к сожалению, в настоящее время сложилась, на наш взгляд, парадоксальная ситуация, когда предприятия даже с одинаковым оснащением (типы резервуаров, измерительное оборудование) и видами деятельности (например, типичные нефтебазы или ТЗК) применяют у себя разные МВИ. Эти МВИ разрабатываются различными метрологическими организациями почему-то индивидуально для каждого предприятия или для компании в целом (вероятно это происходит исключительно по маркетинговым причинам, далеким от причин инженерных и технических). Ввиду того, что на всех крупных предприятиях используются свои МВИ, то в типовых системах учета движения нефтепродуктов не представляется возможным запрограммировать МВИ, которые подошли бы всем возможным пользователям таких систем. Поэтому в типовых системах, как правило, запрограммированы только самые общие алгоритмы, используемые в МВИ:

- Средства для приведения плотности и объема к стандартным условиям;
- Средства для хранения градуировочных и калибровочных таблиц и работы ними (расчет объема через уровень);
- Методы выявления расхождений, превышающих допустимые пределы;
- и т. п.

Остальные расчеты по используемым на предприятии МВИ программируются при запуске в эксплуатацию автоматизированной системы учета движения нефтепродуктов. Таким образом, использование автоматизированных систем значительно упрощает учет нефтепродуктов и позволяет реализовать в нем любые, даже самые сложные методы выполнения измерений массы.

Компания: **«Центр учетных технологий», г. Москва**
Телефон: **(495) 720-75-86**
Сайт: **www.center-ut.ru**
Разработчик: **Виленский А.А.**
Адрес электронной почты: **vila@center-ut.ru, vila68@yandex.ru**