

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ЗАО КИП «МЦЭ»



А.В. Федоров
2024 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Комплексы учета энергоносителей ГЭХ-Энерго

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

26.51.52-001-40166302-2024 МП

Москва
2024

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Комплексы учета энергоносителей «ГЭХ-Энерго» (далее – комплексы) и устанавливает методы и средства первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации по истечению интервала между поверками) поверки.

Поверке подлежит комплекс в составе приведенном в паспорте.

Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов (ИК), с обязательным указанием в приложении к свидетельству о поверки информации об объеме поверяемых ИК.

ИК подвергают покомпонентной (позлементной) поверке с учетом положений раздела 8 ГОСТ Р 8.596-2002.

Поверку осуществляют аккредитованные на проведение поверки в соответствии с законодательством РФ об аккредитации в национальной системе аккредитации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Настоящая методика не распространяется на компоненты (вычислители, средства измерений (СИ) объемного расхода и/или объема, СИ температуры и/или разности температур, СИ избыточного давления) входящие в состав комплекса, поверка которых осуществляется в соответствии с установленными для них методиками поверки, сведения о которых содержатся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Рекомендуется совмещать поверку комплексов с поверкой вычислителей.

Компоненты комплексов должны поверяться в соответствии с интервалами между поверками, установленными при утверждении их типа. Если очередной срок поверки компоненты наступает до очередного срока поверки комплекса, поверяется только этот компонент, а поверка всего комплекса не проводится. После поверки компоненты и восстановления ИК выполняется проверка ИК, той его части и в том объеме, который необходим для того, чтобы убедиться, что действия, связанные с поверкой компоненты, не нарушили метрологических характеристик ИК (схема соединения, коррекция времени и т.п.).

Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость комплексов к:

- Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019, в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 №2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости». Единица объемного расхода и объема передается методом непосредственного сличения с помощью поверочных установок не ниже 3-го разряда.

- Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000 °С ГЭТ 34-2020, в соответствии с ГПС для средств измерений температуры, согласно Приказу Росстандарта от 23.12.2022 г. №3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры». Единица температуры передается методом непосредственного сличения с помощью термометра не ниже 3-го разряда;

- Государственным первичным эталонами единицы избыточного давления в диапазоне до 4000 МПа ГЭТ 23-2010 и ГЭТ 43-2022, согласно Приказу Росстандарта № 2653 от 20 октября 2022 г. Единица давления передается методом непосредственного сличения с помощью рабочего эталона не ниже 4-го разряда.

Обеспечивается применяемыми в составе комплексов компонентами утвержденного типа через средства поверки, указанными в методиках поверки на данные компоненты.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Комплексы учета энергоносителей «ГЭХ-Энерго» (далее – комплексы) и устанавливает методы и средства первичной (до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта) и периодической (в процессе эксплуатации по истечению интервала между поверками) поверки.

Поверке подлежит комплекс в составе приведенном в паспорте.

Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов (ИК), с обязательным указанием в приложении к свидетельству о поверке информации об объеме поверяемых ИК.

ИК подвергают покомпонентной (поэлементной) поверке с учетом положений раздела 8 ГОСТ Р 8.596-2002.

Поверку осуществляют аккредитованные на проведение поверки в соответствии с законодательством РФ об аккредитации в национальной системе аккредитации юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Настоящая методика не распространяется на компоненты (вычислители, средства измерений (СИ) объемного расхода и/или объема, СИ температуры и/или разности температур, СИ избыточного давления) входящие в состав комплекса, поверка которых осуществляется по методикам поверки, указанным в свидетельстве об утверждении типа этих измерительных компонентов комплексов.

Рекомендуется совмещать поверку комплексов с поверкой вычислителей.

Компоненты комплексов должны поверяться в соответствии с интервалами между поверками, установленными при утверждении их типа. Если очередной срок поверки компоненты наступает до очередного срока поверки комплекса, поверяется только этот компонент, а поверка всего комплекса не проводится. После поверки компоненты и восстановления ИК выполняется проверка ИК, той его части и в том объеме, который необходим для того, чтобы убедиться, что действия, связанные с поверкой компоненты, не нарушили метрологических характеристик ИК (схема соединения, коррекция времени и т.п.).

Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость комплексов к:

- Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019, в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 №2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости». Единица объемного расхода и объема передается методом непосредственного сличения с помощью поверочных установок не ниже 3-го разряда.

- Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3000 °С ГЭТ 34-2020, в соответствии с ГПС для средств измерений температуры, согласно Приказу Росстандарта от 23.12.2022 г. №3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры». Единица температуры передается методом непосредственного сличения с помощью термометра не ниже 3-го разряда;

- Государственным первичным эталонам единицы избыточного давления в диапазоне до 4000 МПа ГЭТ 23-2010 и ГЭТ 43-2022, согласно Приказу Росстандарта № 2653 от 20 октября 2022 г. Единица давления передается методом непосредственного сличения с помощью рабочего эталона не ниже 4-го разряда.

Обеспечивается применяемыми в составе комплексов компонентами утвержденного типа через средства поверки, указанными в методиках поверки на данные компоненты.

2 Перечень операций поверки

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операций	Номер пункта	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	да	да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да
Оформление результатов поверки	12	да	да

3 Требования к условиям поверки

Поверка, проводится при любом из сочетаний значений влияющих факторов, соответствующих нормальным условиям:

- температура окружающей среды, °С от +20 до +25;
- диапазон относительной влажности воздуха, %, не более от 30 до 80;
- диапазон атмосферного давления, кПа от 86 до 106.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверку комплексов должен проводить персонал, соответствующий требованиям пунктов 44, 45 Приказа Министерства экономического развития РФ от 30 мая 2014 г. № 326 «Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации», а также изучивший настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на комплексы и компоненты входящие в его состав.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При поверке комплексов должны применяться средства измерений (СИ) и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки	Пример возможного средства поверки
8; 9; 10	Комбинированное средство измерений температуры, влажности и атмосферного давления: диапазон измерений температуры от 0 °С до плюс 60 °С, основная допускаемая погрешность измерения температуры $\pm 0,3$ °С, диапазон измерения относительной влажности, % от 0 до 98, допускаемая основная абсолютная погрешность: при 23 °С в диапазоне от 0 до 90 % ± 2 %, в диапазоне от 90 до 98 %, не более ± 3 %; диапазон измерения атмосферного давления, гПа 700...1100, ПГ $\pm 2,5$ гПа.	Термогигрометр ИВА-6 (рег.№ 46434-11)

Все средства поверки должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

6 Требование (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», Приказом Минтруда России от 15.12.2020 N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61957), ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 22261-94 и указаниями по безопасности, оговоренными в эксплуатационной документации на компоненты комплексов, в соответствующей документации на эталоны и другие средства поверки.

7 Внешний осмотр

7.1 Проверяют соответствие внешнего вида поверяемого комплекса описанию, приведенному в описании типа. Результаты проверки по данному пункту признают положительными, если в составе поверяемого комплекса используются измерительные и комплексные компоненты указанные в описании типа.

7.2 Проверяют целостность корпусов, отсутствие видимых повреждений компонентов, входящих в состав комплексов.

7.3 Проверяют состояние линий связи, разъемов и соединительных клеммных колодок, при этом они должны соответствовать технической документации на комплексы и не иметь повреждений, деталей с ослабленным или отсутствующим креплением.

7.4 Проверяют наличие действующих пломб в установленных местах, а также соответствие фактически используемых компонент, заводским номерам и типам СИ, указанным в паспорте на поверяемый комплекс.

7.5 В случае выявления несоответствий по пунктам 7.1-7.4 поверку приостанавливают до устранения выявленных несоответствий. В случае невозможности устранения выявленных несоответствий, в части неисправных компонент комплексов, комплекс признают не прошедшим поверку и признают не пригодным к применению.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Для проведения поверки подготавливают следующую документацию:

- эксплуатационную документацию на поверяемый комплекс и компоненты, входящие в его состав;

- сведения о поверке на поверяемый комплекс и компоненты, входящие в его состав, и сведения о предыдущей поверке комплексов (при периодической и внеочередной поверке).

8.2 Опробование:

- в момент опробования все компоненты, входящие в состав проверяемого ИК, должны быть включены;

- проверяют работу всех сегментов индикаторов на вычислителе, отсутствие кодов ошибок или предупреждений, последовательная проверка визуализации параметров;

- проверяют соответствие индикации даты и измеренных параметров, а также наличие и целостность архивов.

8.3 Результат опробования считается положительным, если при опросе ИК не возникло ошибок, глубина архива соответствует эксплуатационной документации. В случае если происходит ошибка при опросе ИК или глубина архива не соответствует эксплуатационной документации, комплекс считается не прошедшей поверку и признается не пригодной к применению.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Проверку идентификационных данных ПО производить путем сличения идентификационных данных ПО, отображаемых на дисплее вычислителя из состава поверяемого комплекса и указанных в эксплуатационной документации и описаниях типа на него. В случае если идентификационные данные ПО вычислителя не выводятся на дисплей, убеждаются что идентификационные данные и не должны выводиться в соответствии с эксплуатационной документацией. Далее проводят идентификацию по данным указанным в эксплуатационной документации на вычислитель и/или в сведениях о поверке.

9.2 Результаты считаются положительными, если идентификационные данные ПО вычислителя из состава поверяемого комплекса, соответствуют идентификационным данным указанным в эксплуатационной документации и описании типа на него.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверяют наличие сведений о поверках и срок их действия для всех компонент, входящих в состав поверяемого комплекса и указанных в паспорте. При выявлении просроченных сведений о поверке компонент, дальнейшие операции по поверке комплексов, в части ИК, в которые входят данные компоненты, приостанавливаются до устранения выявленных несоответствий. В случае невозможности устранения выявленных несоответствий, данный ИК признают не прошедшим поверку и признают не пригодным к применению. Результаты считаются положительными, если для всех компонент, входящих в состав поверяемого комплекса и указанных в паспорте, установлено наличие сведений о поверке.

10.2 Проверяют соответствие диапазонов измерений и условий эксплуатации указанных в паспорте на поверяемый комплекс и обеспечиваемых применяемыми в его составе компонентами. Результаты поверки по п. 10.2 признают положительными, если диапазоны измерений и условия эксплуатации применяемых компонент не менее указанных в паспорте на поверяемый комплекс.

10.3 Определение относительной погрешности ИК объемного расхода (объема) и/или массового расхода (массы) теплоносителя (вода) (E_f)

10.3.1 Относительную погрешность ИК объемного расхода (объема) и/или массового расхода (массы) E_f рассчитывают по формуле 1 для каждого ИК

$$E_f = \pm \sqrt{\delta_{СИ(G_*)}^2 + \delta_{Вч(изм)(G_*)}^2 + \delta_{Вч(выч)(G_*)}^2}, \% \quad (1)$$

где: $\delta_{СИ(G_*)}$ – пределы допускаемой относительной погрешности СИ объемного расхода и/или объема (массы) в рабочих условиях, %;

$\delta_{Вч(изм)(G_*)}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислителя при измерении выходного сигнала от СИ объемного (массового) расхода и/или объема (массы) в рабочих условиях, %;

$\delta_{Вч(выч)(G_*)}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислителя при расчете расхода, объема и/или массы в рабочих условиях, %

В зависимости от комплектации поверяемого комплекса E_f определяют для каждого ИК объемного расхода (объема) и/или массового расхода (массы), соответственно G_o – объемный расход, м³/ч; G_m – массовый расход, т/ч; G_v – объем, м³; G_m – масса, т.

Значения $\delta_{СИ(G_*)}$, $\delta_{Вч(изм)(G_*)}$, $\delta_{Вч(выч)(G_*)}$ берутся или рассчитываются с учетом дополнительных погрешностей по сведениям приведенным в описаниях типа и/или эксплуатационных документах на измерительные и вычислительные компоненты из состава поверяемого комплекса, при этом учитываются сведения о поверке на них и условия эксплуатации указанные в паспорте на комплекс.

Расчет делают для G_{min} , 0,5 G_{max} , G_{max} , где G_{min} и G_{max} минимальный и максимальный объемный расход ИК указанные в паспорте на поверяемый комплекс. Если СИ объемного (массового) расхода и/или объема (массы) применяемое в составе поверяемого ИК имеет

ступенчатое нормирование погрешности (для поддиапазонов измерений) и при этом точки перехода находятся внутри диапазона измерений поверяемого ИК комплекса, то дополнительно проводят расчет для данных точек.

10.3.2 Результаты поверки по п. 10.3 признают положительными, если E_f рассчитанная по формуле 1 для каждого поверяемого ИК не более $\pm(1+0,01 \cdot G_{\max}/G) \%$ для класса 1, при этом не более $\pm 3,5 \%$ или не более $\pm(2+0,02 \cdot G_{\max}/G) \%$ для класса 2, при этом не более $\pm 5,0 \%$, где G – объемный расход для которого проводят расчет, $\text{м}^3/\text{ч}$.

10.4 Определение абсолютной погрешности ИК температуры

10.4.1 Абсолютную погрешность ИК температуры $\Delta_{\text{ИК}(t)}$ рассчитывают по формуле 2 для каждого ИК

$$\Delta_{\text{ИК}(t)} = \pm \sqrt{\Delta_{\text{Вх}}(t)^2 + \Delta_{\text{В}}(t)^2 + \Delta_{\text{СИ}}(t)^2}, ^\circ\text{C} \quad (2)$$

где: $\Delta_{\text{Вх}}(t)$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности вычислителя при измерении входного сигнала при рабочих условиях, $^\circ\text{C}$;
 $\Delta_{\text{В}}(t)$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности вычислителя при расчёте температуры при рабочих условиях, $^\circ\text{C}$;
 $\Delta_{\text{СИ}}(t)$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры при рабочих условиях, $^\circ\text{C}$.

Значения $\Delta_{\text{Вх}}(t)$, $\Delta_{\text{В}}(t)$, $\Delta_{\text{СИ}}(t)$ берутся или рассчитываются с учетом дополнительных погрешностей по сведениям приведенным в описаниях типа и/или эксплуатационных документах на измерительные и вычислительные компоненты из состава поверяемого комплекса, при этом учитываются сведения о поверке на них и условия эксплуатации указанные в паспорте на комплекс.

Расчет делают для $t_{\min}$ и $t_{\max}$, где $t_{\min}$ и $t_{\max}$ минимальная и максимальная температура ИК указанные в паспорте на поверяемый комплекс.

10.4.2 Результаты поверки по п. 10.4 признают положительными, если $\Delta_{\text{ИК}(t)}$ рассчитанная по формуле 2 для каждого поверяемого ИК не более $\pm(0,6+0,004 \cdot t) ^\circ\text{C}$, где t – температура для которой проводят расчет, $^\circ\text{C}$.

10.5 Определение приведенной погрешности ИК давления

10.5.1 Приведенную погрешность ИК давления к верхнему пределу измерения $\gamma_{\text{ИК}(P)}$ рассчитывают по формуле 3 для каждого ИК

$$\gamma_{\text{ИК}(P)} = \pm \sqrt{\gamma_{\text{СИ}(P)}^2 + \gamma_{\text{Вч(изм)}(P)}^2 + \gamma_{\text{Вч(выч)}(P)}^2}, \% \quad (3)$$

где: $\gamma_{\text{СИ}(P)}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности СИ давления в рабочих условиях, %;
 $\gamma_{\text{Вч(изм)}(P)}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности вычислителя при измерении выходного аналогового сигнала от СИ давления в рабочих условиях, %;
 $\gamma_{\text{Вч(выч)}(P)}$ – пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования аналогового сигнала в значение давления, %.

Значения $\gamma_{\text{СИ}(P)}$, $\gamma_{\text{Вч(изм)}(P)}$, $\gamma_{\text{Вч(выч)}(P)}$ берутся или рассчитываются с учетом дополнительных погрешностей по сведениям приведенным в описаниях типа и/или эксплуатационных документах на измерительные и вычислительные компоненты из состава поверяемого комплекса, при этом учитываются сведения о поверке на них и условия эксплуатации указанные в паспорте на комплекс.

Расчет делают для $P_{\min}$ и $P_{\max}$, где $P_{\min}$ и $P_{\max}$ минимальное и максимальное давление ИК указанные в паспорте на поверяемый комплекс.

10.5.2 Результаты поверки по п. 10.5 признают положительными, если $\gamma_{\text{ИК}(P)}$ рассчитанная по формуле 3 для каждого поверяемого ИК не более $\pm 1 \%$ для ИК давления теплоносителя (пар) и не более 2% для ИК давления теплоносителя (вода).

10.6 Определение относительной погрешности ИК массы перегретого пара $\delta_{\text{ИК}(G)_\text{п}}$ при расходе от $0,1 \cdot G_{\text{оmax}}$ до $G_{\text{оmax}}$

10.6.1 Относительную погрешность ИК массы перегретого пара при расходе от $0,1 \cdot G_{\text{оmax}}$ до $G_{\text{оmax}}$ рассчитывают по формуле 4 для каждого ИК

$$\delta_{\text{ИК}(m)_\text{п}} = \pm \sqrt{\delta_{\text{СИ}(G_0)_\text{п}}^2 + \delta_{\text{Вч(изм)}(G_0)_\text{п}}^2 + \delta_{\text{Вч(выч)}(m)_\text{п}}^2}, \% \quad (4)$$

где: $\delta_{\text{СИ}(G_0)_\text{п}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности СИ объемного расхода (объема) перегретого пара в рабочих условиях, %;

$\delta_{\text{Вч(изм)}(G_0)_\text{п}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислителя при измерении выходного сигнала от СИ объемного расхода (объема) перегретого пара в рабочих условиях, %;

$\delta_{\text{Вч(выч)}(m)_\text{п}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при измерении (вычислении) массы, рассчитывают по формуле 5, %.

$$\delta_{\text{Вч(выч)}(m)_\text{п}} = \pm \sqrt{\delta_{\text{МИ}(\rho)_\text{п}}^2 + \delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_\text{п}}^2 + \delta_{\text{Вч(выч)}(\rho)_\text{п}}^2 + \delta_{\text{Вч(выч)}(m)_\text{п}}^2}, \% \quad (5)$$

где $\delta_{\text{МИ}(\rho)_\text{п}}$ – пределы относительной погрешности методики вычисления плотности перегретого пара вычислителем, %;

$\delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_\text{п}}$ – пределы относительной погрешности измерений (вычислений) плотности перегретого пара вызванной влиянием $\Delta_{\text{ИК}(t)}$ и $\gamma(P)$ определенных ранее в п. 10.4 и п. 10.5 (вычисление проводят для значений температуры и давления указанных в Таблице 3), %;

$\delta_{\text{Вч(выч)}(\rho)_\text{п}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислений плотности перегретого пара вычислителем, %.

$\delta_{\text{Вч(выч)}(m)_\text{п}}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислений массы перегретого пара вычислителем, %.

Значения $\delta_{\text{СИ}(G_0)_\text{п}}$, $\delta_{\text{Вч(изм)}(G_0)_\text{п}}$, $\delta_{\text{Вч(выч)}(\rho)_\text{п}}$, $\delta_{\text{Вч(выч)}(m)_\text{п}}$ берутся или рассчитываются с учетом дополнительных погрешностей по сведениям приведенным в описаниях типа и/или эксплуатационных документах на измерительные и вычислительные компоненты из состава поверяемого комплекса, при этом учитываются сведения о поверке на них и условия эксплуатации указанные в паспорте на комплекс. Расчет плотности перегретого пара проводят в соответствии с п. 2.1 МИ 2451-98, если иное не указано в ОТ на вычислитель, при значениях температуры и давления указанных в таблице 3. Пример расчета приведен в Приложение А.

Расчет $\delta_{\text{ИК}(m)_\text{п}}$ делают для $0,1 \cdot G_{\text{оmax}}$, $0,3 \cdot G_{\text{оmax}}$, и $G_{\text{оmax}}$, если СИ объемного расхода (объема) перегретого пара имеет ступенчатое нормирование погрешности (для поддиапазонов измерений объемного расхода), с учетом диапазона температур и давления для ИК массы пара, где $G_{\text{оmax}}$ максимальный объемный расход ИК указанный в паспорте на поверяемый комплекс. Если точки перехода находятся внутри диапазона измерений поверяемого ИК комплекса (от $0,1 \cdot G_{\text{оmax}}$ до $0,3 \cdot G_{\text{оmax}}$ и/или от $0,3 \cdot G_{\text{оmax}}$ до $G_{\text{оmax}}$), то дополнительно проводят расчет для данных точек.

Таблица 3 – Значения температуры и давления при которых рассчитывают плотность пара

№	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м ³	$\delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_\text{п}}$, %
1.1	t_{min}	P_{min}	$\rho_{1.1}$	-
1.2	$t_{\text{min}} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	P_{min}	$\rho_{1.2}$	$=(\rho_{1.2}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.3	$t_{\text{min}} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	P_{min}	$\rho_{1.3}$	$=(\rho_{1.3}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.4	t_{min}	$P_{\text{min}} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{1.4}$	$=(\rho_{1.4}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.5	t_{min}	$P_{\text{min}} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{1.5}$	$=(\rho_{1.5}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.6	$t_{\text{min}} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\text{min}} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{1.6}$	$=(\rho_{1.6}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.7	$t_{\text{min}} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\text{min}} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{1.7}$	$=(\rho_{1.7}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$

Продолжение таблицы 3

№	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м ³	$\delta_{\text{ми}(t, P)(\rho)_n}$, %
1.8	$t_{\min} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{1.8}$	$=(\rho_{1.8}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.9	$t_{\min} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{1.9}$	$=(\rho_{1.9}/\rho_{1.1} - 1) \cdot 100$
2.1	$t_{\max}$	$P_{\max}$	$\rho_{2.1}$	-
2.2	$t_{\max} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max}$	$\rho_{2.2}$	$=(\rho_{2.2}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.3	$t_{\max} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max}$	$\rho_{2.3}$	$=(\rho_{2.3}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.4	$t_{\max}$	$P_{\max} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{2.4}$	$=(\rho_{2.4}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.5	$t_{\max}$	$P_{\max} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{2.5}$	$=(\rho_{2.5}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.6	$t_{\max} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{2.6}$	$=(\rho_{2.6}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.7	$t_{\max} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{2.7}$	$=(\rho_{2.7}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.8	$t_{\max} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{2.8}$	$=(\rho_{2.8}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.9	$t_{\max} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{2.9}$	$=(\rho_{2.9}/\rho_{2.1} - 1) \cdot 100$
3.1	$t_{\min}$	$P_{\max}$	$\rho_{3.1}$	-
3.2	$t_{\min} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max}$	$\rho_{3.2}$	$=(\rho_{3.2}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.3	$t_{\min} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max}$	$\rho_{3.3}$	$=(\rho_{3.3}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.4	$t_{\min}$	$P_{\max} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{3.4}$	$=(\rho_{3.4}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.5	$t_{\min}$	$P_{\max} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{3.5}$	$=(\rho_{3.5}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.6	$t_{\min} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{3.6}$	$=(\rho_{3.6}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.7	$t_{\min} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{3.7}$	$=(\rho_{3.7}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.8	$t_{\min} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{3.8}$	$=(\rho_{3.8}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.9	$t_{\min} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\max} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{3.9}$	$=(\rho_{3.9}/\rho_{3.1} - 1) \cdot 100$
4.1	$t_{\max}$	$P_{\min}$	$\rho_{4.1}$	-
4.2	$t_{\max} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min}$	$\rho_{4.2}$	$=(\rho_{4.2}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.3	$t_{\max} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min}$	$\rho_{4.3}$	$=(\rho_{4.3}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.4	$t_{\max}$	$P_{\min} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{4.4}$	$=(\rho_{4.4}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.5	$t_{\max}$	$P_{\min} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{4.5}$	$=(\rho_{4.5}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.6	$t_{\max} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{4.6}$	$=(\rho_{4.6}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.7	$t_{\max} - \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{4.7}$	$=(\rho_{4.7}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.8	$t_{\max} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min} - (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{4.8}$	$=(\rho_{4.8}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.9	$t_{\max} + \Delta_{\text{ИК}(t)} $	$P_{\min} + (\gamma_{\text{ИК}(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$\rho_{4.9}$	$=(\rho_{4.9}/\rho_{4.1} - 1) \cdot 100$

$t_{\min}$, $t_{\max}$ – соответственно минимальная и максимальная температура пара, указанные в паспорте на поверяемый комплекс;

$P_{\min}$, $P_{\max}$ – соответственно минимальное и максимальное давление пара, указанные в паспорте на поверяемый комплекс;

$\Delta_{\text{ИК}(t)}$ – пределы абсолютной погрешности ИК температуры, определенные в соответствии с п. 10.4;

$\gamma_{\text{ИК}(P)}$ – пределы приведенной погрешности ИК давления, определенные в соответствии с п. 10.5 (D – нормирующее значение: диапазон измерений или верхний предел измерений).

10.6.2 Результаты поверки по п. 10.6 признают положительными, если $\delta_{\text{ИК}(m)_n}$ рассчитанная по формуле 4 для каждого поверяемого ИК не более ± 3 %.

10.7 Определение относительной погрешности ИК разности температуры (E_t)

10.7.1 Относительную погрешность ИК разности температуры (E_t) рассчитывают по формуле 6 для каждого ИК

$$E_t = \pm \sqrt{\delta_{СИ(t)}^2 + \delta_{Вч(изм)(t)}^2 + \delta_{Вч(выч)(t)}^2}, \% \quad (6)$$

где: $\delta_{СИ(t)}^2$ – пределы допускаемой относительной погрешности СИ измерений разности температур в рабочих условиях, %;

$\delta_{Вч(изм)(t)}^2$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислителя при измерении выходного сигнала от СИ разности температур в рабочих условиях, %;

$\delta_{Вч(выч)(t)}^2$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислителя при измерении разности температур в рабочих условиях, %.

Значения $\delta_{СИ(t)}^2$, $\delta_{Вч(изм)(t)}^2$, $\delta_{Вч(выч)(t)}^2$ берутся или рассчитываются с учетом дополнительных погрешностей по сведениям приведенным в описаниях типа и/или эксплуатационных документах на измерительные и вычислительные компоненты из состава поверяемого комплекса, при этом учитываются сведения о поверке на них и условия эксплуатации указанные в паспорте на комплекс. Если погрешности выражены в абсолютных величинах то переводят их в относительные с учетом значений разности температур указанных ниже.

Расчет делают для Δt_{min} , $0,5 \Delta t_{max}$, Δt_{max} , где Δt_{min} и Δt_{max} минимальная и максимальная разность температур ИК указанные в паспорте на поверяемый комплекс. При этом температура в подающем трубопроводе ($t_{пт}$): $t_{пт} = t_{max}$ для Δt_{max} ; $t_{пт} = 0,75 t_{max}$ для $0,5 \Delta t_{max}$; $t_{пт} = 0,5 t_{max}$ для Δt_{min} .

10.7.2 Результаты поверки по п. 10.7 признают положительными, если E_t рассчитанная по формуле 5 для каждого поверяемого ИК не более $\pm(0,5+3 \cdot \Delta t_{min}/\Delta t)$ %, где Δt – разность температур для которой проводят расчет, °С.

10.8 Определение относительной погрешности измерений (вычислений) количества тепловой энергии (E_c)

Результаты поверки по п. 10.8 признают положительными, если применяемый вычислитель в составе поверяемого комплекса поверен в установленном порядке и результаты поверки положительные. Соответственно подтверждена метрологическая характеристика: пределы допускаемой относительной погрешности измерений (вычислений) количества тепловой энергии (E_c) - $\pm(0,5+\Delta t_{min}/\Delta t)$ %, где Δt_{min} – минимальная разность температур поверяемого комплекса; Δt – измеряемая разность температур поверяемого комплекса.

10.9 Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии для закрытых систем теплоснабжения (теплоноситель - вода) в рабочих условиях

Относительную погрешность измерений количества тепловой энергии для закрытых систем теплоснабжения (теплоноситель - вода) в рабочих условиях $\delta_{ИК(E)}$ рассчитывают по формуле 7 для каждого ИК

$$\delta_{ИК(E)} = E_f + E_t + E_c, \% \quad (7)$$

где: E_f – пределы относительной погрешности ИК объемного расхода (объема, массы) определенные в соответствии с п. 10.3, %;

E_t – пределы допускаемой относительной погрешности ИК разности температур определенные в соответствии с п. 10.7, %;

E_c – предел допускаемой относительной вычисления количества тепловой энергии определенные в соответствии с п. 10.8, %.

10.10 Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии для паровых систем теплоснабжения в рабочих условиях

10.10.1 Относительную погрешность измерений количества тепловой энергии для паровых систем теплоснабжения в рабочих условиях $\delta_{ИК(Е)п}$ рассчитывают по формуле 8 для каждого ИК

$$\delta_{ИК(Е)п} = \pm \sqrt{\delta_{ИК(м)п}^2 + \delta_{Вч(выч)(h)п}^2}, \% \quad (8)$$

где: $\delta_{ИК(м)п}$ – пределы допускаемой относительной погрешности ИК массы перегретого пара рассчитанный в соответствии с п. 10.6, %;
 $\delta_{Вч(выч)(h)п}$ – пределы допускаемой относительной погрешности комплекса при измерении (вычислении) энтальпии, рассчитывают по формуле 9, %.

$$\delta_{Вч(выч)(h)п} = \pm \sqrt{\delta_{МИ(h)п}^2 + \delta_{МИ(t, P)(h)п}^2 + \delta_{Вч(выч)(h)п}^2}, \% \quad (9)$$

где $\delta_{МИ(h)п}$ – пределы относительной погрешности методики вычисления энтальпии перегретого пара вычислителем, %;

$\delta_{МИ(t, P)(h)п}$ – пределы относительной погрешности измерений (вычислений) энтальпии перегретого пара вызванной влиянием $\Delta_{ИК(t)}$ и $\gamma_{(P)}$ определенных ранее в п. 10.4 и п. 10.5 (вычисление проводят для значений температуры и давления указанных в Таблице 4), %;

$\delta_{Вч(выч)(h)п}$ – пределы допускаемой относительной погрешности вычислений энтальпии перегретого пара вычислителем, %.

Значения $\delta_{Вч(выч)(h)п}$ берется из описания типа и/или эксплуатационных документов на вычислительные компоненты из состава поверяемого комплекса, при этом учитываются сведения о поверке на них и условия эксплуатации указанные в паспорте на комплекс. Расчет энтальпии перегретого пара проводят в соответствии с п. 2.2 МИ 2451-98, если иное не указано в ОТ на вычислитель, при значениях температуры и давления указанных в таблице 4. Пример расчета приведен в Приложение А.

Расчет $\delta_{ИК(Е)п}$ делают для $0,1 \cdot G_{0max}$, $0,3 \cdot G_{0max}$, и G_{0max} , если СИ объемного расхода (объема) перегретого пара имеет ступенчатое нормирование погрешности (для поддиапазонов измерений объемного расхода), с учетом диапазона температур и давления для ИК массы пара, где G_{0max} максимальный объемный расход ИК указанный в паспорте на поверяемый комплекс. Если точки перехода находятся внутри диапазона измерений поверяемого ИК комплекса (от $0,1 \cdot G_{0max}$ до $0,3 \cdot G_{0max}$ и/или от $0,3 \cdot G_{0max}$ до G_{0max}), то дополнительно проводят расчет для данных точек.

Таблица 4 – Значения температуры и давления при которых рассчитывают энтальпия пара

№	Температура, °С	Давление, МПа	Энтальпия, кДж/кг	$\delta_{МИ(t, P)(h)п}$, %
1.1	t_{min}	P_{min}	$h_{1.1}$	-
1.2	$t_{min} - \Delta_{ИК(t)} $	P_{min}	$h_{1.2}$	$=(h_{1.2}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.3	$t_{min} + \Delta_{ИК(t)} $	P_{min}	$h_{1.3}$	$=(h_{1.3}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.4	t_{min}	$P_{min} - (\gamma_{ИК(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{1.4}$	$=(h_{1.4}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.5	t_{min}	$P_{min} + (\gamma_{ИК(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{1.5}$	$=(h_{1.5}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.6	$t_{min} - \Delta_{ИК(t)} $	$P_{min} - (\gamma_{ИК(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{1.6}$	$=(h_{1.6}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.7	$t_{min} - \Delta_{ИК(t)} $	$P_{min} + (\gamma_{ИК(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{1.7}$	$=(h_{1.7}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.8	$t_{min} + \Delta_{ИК(t)} $	$P_{min} - (\gamma_{ИК(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{1.8}$	$=(h_{1.8}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$
1.9	$t_{min} + \Delta_{ИК(t)} $	$P_{min} + (\gamma_{ИК(P)} \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{1.9}$	$=(h_{1.9}/h_{1.1} - 1) \cdot 100$

Продолжение таблицы 3

№	Температура, °С	Давление, МПа	Энтальпия, кДж/кг	$\delta_{\text{МИ}(t, P)(h)_{\text{п}}}$, %
2.1	t_{max}	P_{max}	$h_{2.1}$	-
2.2	$t_{\text{max}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	P_{max}	$h_{2.2}$	$=(h_{2.2}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.3	$t_{\text{max}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	P_{max}	$h_{2.3}$	$=(h_{2.3}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.4	t_{max}	$P_{\text{max}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{2.4}$	$=(h_{2.4}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.5	t_{max}	$P_{\text{max}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{2.5}$	$=(h_{2.5}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.6	$t_{\text{max}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{2.6}$	$=(h_{2.6}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.7	$t_{\text{max}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{2.7}$	$=(h_{2.7}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.8	$t_{\text{max}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{2.8}$	$=(h_{2.8}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
2.9	$t_{\text{max}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{2.9}$	$=(h_{2.9}/h_{2.1} - 1) \cdot 100$
3.1	t_{min}	P_{max}	$h_{3.1}$	-
3.2	$t_{\text{min}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	P_{max}	$h_{3.2}$	$=(h_{3.2}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.3	$t_{\text{min}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	P_{max}	$h_{3.3}$	$=(h_{3.3}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.4	t_{min}	$P_{\text{max}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{3.4}$	$=(h_{3.4}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.5	t_{min}	$P_{\text{max}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{3.5}$	$=(h_{3.5}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.6	$t_{\text{min}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{3.6}$	$=(h_{3.6}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.7	$t_{\text{min}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{3.7}$	$=(h_{3.7}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.8	$t_{\text{min}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{3.8}$	$=(h_{3.8}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
3.9	$t_{\text{min}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{max}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{3.9}$	$=(h_{3.9}/h_{3.1} - 1) \cdot 100$
4.1	t_{max}	P_{min}	$h_{4.1}$	-
4.2	$t_{\text{max}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	P_{min}	$h_{4.2}$	$=(h_{4.2}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.3	$t_{\text{max}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	P_{min}	$h_{4.3}$	$=(h_{4.3}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.4	t_{max}	$P_{\text{min}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{4.4}$	$=(h_{4.4}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.5	t_{max}	$P_{\text{min}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{4.5}$	$=(h_{4.5}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.6	$t_{\text{max}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{min}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{4.6}$	$=(h_{4.6}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.7	$t_{\text{max}} - \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{min}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{4.7}$	$=(h_{4.7}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.8	$t_{\text{max}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{min}} - (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{4.8}$	$=(h_{4.8}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$
4.9	$t_{\text{max}} + \Delta_{\text{ИК}}(t) $	$P_{\text{min}} + (\gamma_{\text{ИК}}(P) \cdot D \cdot 0,01)$	$h_{4.9}$	$=(h_{4.9}/h_{4.1} - 1) \cdot 100$

$t_{\text{min}}, t_{\text{max}}$ – соответственно минимальная и максимальная температура пара, указанные в паспорте на поверяемый комплекс;

$P_{\text{min}}, P_{\text{max}}$ – соответственно минимальное и максимальное давление пара, указанные в паспорте на поверяемый комплекс;

$\Delta_{\text{ИК}}(t)$ – пределы абсолютной погрешности ИК температуры, определенные в соответствии с п. 10.4;

$\gamma_{\text{ИК}}(P)$ – пределы приведенной погрешности ИК давления, определенные в соответствии с п. 10.5 (D – нормирующее значение: диапазон измерений или верхний предел измерений).

10.10.2 Результаты поверки по п. 10.10 признают положительными, если $\delta_{\text{ИК}}(E)_{\text{п}}$ рассчитанная по формуле 7 для каждого поверяемого ИК не более $\pm 5\%$ в диапазоне от $0,1 \cdot G_{\text{max}}$ до $0,3 \cdot G_{\text{max}}$ и не более $\pm 4\%$ в диапазоне от $0,3 \cdot G_{\text{max}}$ до G_{max} .

10.11 Определение относительной погрешности измерений времени за сутки

Результаты поверки по п. 10.11 признают положительными, если применяемый вычислитель в составе поверяемого комплекса поверен в установленном порядке и результаты поверки положительные. Соответственно подтверждена метрологическая характеристика: пределы допускаемой относительной погрешности измерений времени за сутки - $\pm 0,01\%$.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляют в установленном порядке проведения поверки средств измерений. Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

11.2 При положительных результатах поверки сведения о поверке заносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, а также выписывается свидетельство о поверке (в приложении к свидетельству указывают перечень ИК, которые были проверены в рамках поверки с указанием типов и заводских номеров). Действий по защите от несанкционированного вмешательства не требуется.

11.3 При отрицательных результатах поверки, комплекс признается непригодным, и на него выдают извещение о непригодности, с указанием причин непригодности.

Приложение А
(Обязательное)

Примеры расчета пределов относительной погрешности ИК массы перегретого пара

А.1 Исходные данные

А.1.1 Состав поверяемого комплекса и основные метрологические характеристики измерительных и измерительно-вычислительных компонент:

- вычислитель УВП-280 (рег. № 53503-13)

пределы допускаемой относительной погрешности преобразования частотных сигналов при частоте следования импульсов до 10 кГц в цифровое значение измеряемого параметра - $\pm 0,05$ %;

пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразования сигналов от ТПС в цифровое значение температуры - $\pm 0,1$ °C;

пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности преобразования сигналов от термопреобразователей сопротивления в цифровое значение температуры от влияния температуры окружающей среды - $\pm 0,025$ °C на каждые 10 °C;

пределы допускаемой основной абсолютной погрешности преобразования токовых сигналов в цифровое значение измеряемого параметра - $\pm 0,01$ мА;

пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности преобразования токовых сигналов в цифровое значение измеряемого параметра от влияния температуры окружающей среды - $\pm 0,005$ мА на каждые 10 °C;

пределы допускаемой относительной погрешности вычислений плотности пара - $\pm 0,01$ %;

пределы допускаемой относительной погрешности вычислений массы пара - $\pm 0,01$ %.

- расходомер-счетчик вихревой ЭЛЕМЕР-РВ (рег. № 79250-20)

пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода и объема газа и пара по частотному, импульсному, цифровому выходному сигналу - $\pm 1,5$ %;

- термометр сопротивления из платины технический ТПТ-1 (рег. № 46155-10)

пределы допускаемой абсолютной погрешности - $\pm (0,15 + 0,002 \cdot |t|)$ °C;

- датчик давления ЭМИС-БАР, модель ЭМИС-БАР 103 (рег. № 72888-18)

пределы допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности - $\pm 0,5$ %;

пределы дополнительной приведенной к диапазону измерений погрешности от воздействия изменений температуры окружающей среды - $\pm 0,043$ % на каждые 10 °C.

А.1.2 Условия измерения:

- температура пара, °C от +190 до +290;

- давление пара, МПа от 0,8 до 1,0;

- температура окружающей среды, °C от -5 до +45.

А.2 Определение (расчет) погрешности

А.2.1 Определение абсолютной погрешности ИК температуры, в соответствии с п. 10.4

А.2.1.1 Абсолютную погрешность ИК температуры $\Delta_{ИК(t)}$ для 190 °C рассчитывают по формуле

$$\Delta_{ИК(t)} = \pm \sqrt{(0,1 + 0,025 \cdot 2)^2 + (0,15 + 0,002 \cdot 190)^2} = \pm 0,551 \text{ °C} \quad (A.1)$$

А.2.1.2 Абсолютную погрешность ИК температуры $\Delta_{ИК(t)}$ для 190 °C рассчитывают по формуле

$$\Delta_{ИК(t)} = \pm \sqrt{(0,1 + 0,025 \cdot 2)^2 + (0,15 + 0,002 \cdot 290)^2} = \pm 0,745 \text{ °C} \quad (A.2)$$

А.2.2 Определение приведенной погрешности ИК давления, в соответствии с п. 10.5

$$\gamma_{ИК(p)} = \pm \sqrt{(0,5 + 0,043 \cdot 2)^2 + ((0,01 + 0,005 \cdot 2)/16 \cdot 100)^2} = \pm 0,6 \text{ %} \quad (A.3)$$

А.2.3 Определение абсолютной погрешности ИК давления с учетом диапазона измерений от 0 до 1 МПа

$$\Delta_{ИК(p)} = \pm (0,6 \cdot 0,01 \cdot 1) = \pm 0,006 \text{ МПа} \quad (A.4)$$

А.2.4 Определение относительной погрешности ИК массы перегретого пара, в соответствии с п. 10.6

А.2.4.1 Рассчитывают плотность перегретого пара (вычисление проводят в соответствии с п. 2.1 МИ 2451-98 для значений температуры и давления указанных в п. А.1.2 с учетом Таблицы 3) при этом определяют $\delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_п}$ и заносят в Таблицу А.1

Таблица А.1

№	Температура, °С	Давление, МПа	Плотность, кг/м ³	$\delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_п}$, %
1.1	+190	0,800	3,896365376	-
1.2	+189,449	0,800	3,901853286	+0,1408
1.3	+190,551	0,800	3,890897925	-0,1403
1.4	+190	0,794	3,866100758	-0,7767
1.5	+190	0,806	3,926644291	+0,7771
1.6	+189,449	0,794	3,871539580	-0,6372
1.7	+189,449	0,806	3,932181420	+0,9192
1.8	+190,551	0,794	3,860682147	-0,9158
1.9	+190,551	0,806	3,921127874	+0,6355
2.1	+290	1,000	3,933789140	-
2.2	+289,255	1,000	3,939432159	+0,1434
2.3	+290,745	1,000	3,928163969	-0,1430
2.4	+290	0,994	3,909747438	-0,6112
2.5	+290	1,006	3,957835170	+0,6113
2.6	+289,255	0,994	3,915353971	-0,4686
2.7	+289,255	1,006	3,963514698	+0,7556
2.8	+290,745	0,994	3,904158625	-0,7532
2.9	+290,745	1,006	3,952173617	+0,4673
3.1	+190	1,000	4,913201814	-
3.2	+189,449	1,000	4,920402364	+0,1466
3.3	+190,551	1,000	4,906031251	-0,1459
3.4	+190	0,994	4,882474825	-0,6254
3.5	+190	1,006	4,943942256	+0,6257
3.6	+189,449	0,994	4,889621761	-0,4799
3.7	+189,449	1,006	4,951196566	+0,7733
3.8	+190,551	0,994	4,875357554	-0,7703
3.9	+190,551	1,006	4,936718260	+0,4786
4.1	+290	0,800	3,134842448	-
4.2	+289,255	0,800	3,139282945	+0,1416
4.3	+290,745	0,800	3,130415640	-0,1412
4.4	+290	0,794	3,110955301	-0,7620
4.5	+290	0,806	3,158734521	+0,7621
4.6	+289,255	0,794	3,115360186	-0,6215
4.7	+289,255	0,806	3,163210657	+0,9049
4.8	+290,745	0,794	3,106563983	-0,9021
4.9	+290,745	0,806	3,154272193	+0,6198

Максимальное значение $\delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_п}$ в соответствии с Таблицей А.1 +0,9192 %.

А.2.4.2 Далее по формуле 5 рассчитывают $\delta_{\text{ВЧ(выч)}(m)_п}$ подставляя в нее значения:

$\delta_{\text{МИ}(\rho)_п} = \pm 0,1$ %, т.к. в соответствии с п. 2.1 МИ 2451-98 максимальное значение относительной погрешности на диапазоне определений плотности перегретого водяного пара не выходит за пределы $\pm 0,1$ %;

$\delta_{\text{МИ}(t, P)(\rho)_п} = +0,9192$ %, в соответствии с п. А.2.4.1 выбрано максимальное абсолютное значение;

$\delta_{Вч(выч)(\rho)п} = \pm 0,01 \%$, в соответствии с Таблицей 2 ОТ 53503-13;

$\delta_{Вч(выч)(m)п} = \pm 0,01 \%$, в соответствии с Таблицей 2 ОТ 53503-13.

$$\delta_{Вч(выч)(m)п} = \pm \sqrt{0,1^2 + 0,9192^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = \pm 0,925 \%$$
 (A.5)

А.2.4.3 Далее по формуле 4 рассчитывают $\delta_{ИК(m)п}$ подставляя в нее значения:

$\delta_{СИ(G_0)п} = \pm 1,5 \%$, в соответствии с Таблицей 3 ОТ 79250-20;

$\delta_{Вч(изм)(G_0)п} = \pm 0,05 \%$, в соответствии с Таблицей 2 ОТ 53503-13;

$\delta_{Вч(выч)(m)п} = \pm 0,925 \%$, в соответствии с п. А.2.4.2

$$\delta_{ИК(m)п} = \pm \sqrt{1,5^2 + 0,05^2 + 0,925^2} = \pm 1,763 \%$$
 (A.6)

Пределы $\delta_{ИК(m)п}$ во всем диапазоне объемного расхода равны $\pm 1,763 \%$ для состава комплекса и условий измерений приведенных в п. А.1.

А.2.5 Определение относительной погрешности измерений количества тепловой энергии для паровых систем теплоснабжения в рабочих условиях, в соответствии с п. 10.10

А.2.5.1 Рассчитывают энтальпию перегретого пара (вычисление проводят в соответствии с п. 2.2 МИ 2451-98 для значений температуры и давления указанных в п. А.1.2 с учетом Таблицы 4) при этом определяют $\delta_{МИ(t, P)(h)п}$ и заносят в Таблицу А.2

Таблица А.2

№	Температура, °С	Давление, МПа	Энтальпия, кДж/кг	$\delta_{МИ(t, P)(h)п}$, %
1.1	+190	0,800	2814,854879	-
1.2	+189,449	0,800	2813,587393	-0,045
1.3	+190,551	0,800	2816,121429	+0,045
1.4	+190	0,794	2815,210022	+0,013
1.5	+190	0,806	2814,499397	-0,013
1.6	+189,449	0,794	2813,944194	-0,032
1.7	+189,449	0,806	2813,230247	-0,058
1.8	+190,551	0,794	2816,474923	+0,058
1.9	+190,551	0,806	2815,767598	+0,032
2.1	+290	1,000	3028,205915	-
2.2	+289,255	1,000	3026,598444	-0,053
2.3	+290,745	1,000	3029,812785	+0,053
2.4	+290	0,994	3028,380058	+0,006
2.5	+290	1,006	3028,031717	-0,006
2.6	+289,255	0,994	3026,773410	-0,047
2.7	+289,255	1,006	3026,423423	-0,059
2.8	+290,745	0,994	3029,986113	+0,059
2.9	+290,745	1,006	3029,639404	+0,047
3.1	+190	1,000	2802,808540	-
3.2	+189,449	1,000	2801,483168	-0,047
3.3	+190,551	1,000	2804,132577	+0,047
3.4	+190	0,994	2803,176217	+0,013
3.5	+190	1,006	2802,440447	-0,013
3.6	+189,449	0,994	2801,852661	-0,034
3.7	+189,449	1,006	2801,113255	-0,060
3.8	+190,551	0,994	2804,498452	+0,060
3.9	+190,551	1,006	2803,766292	+0,034

Продолжение таблицы А.2

№	Температура, °С	Давление, МПа	Энтальпия, кДж/кг	$\delta_{\text{ми}(t, p)(h)_{\text{п}}}$, %
4.1	+290	0,800	3033,982292	-
4.2	+289,255	0,800	3032,401894	-0,052
4.3	+290,745	0,800	3035,562272	+0,052
4.4	+290	0,794	3034,154703	+0,006
4.5	+290	0,806	3033,809832	-0,006
4.6	+289,255	0,794	3032,575107	-0,046
4.7	+289,255	0,806	3032,228630	-0,058
4.8	+290,745	0,794	3035,733886	+0,058
4.9	+290,745	0,806	3035,390609	+0,046

Максимальное значение $\delta_{\text{ми}(t, p)(h)_{\text{п}}}$ в соответствии с Таблицей А.2 $\pm 0,060$ %.

А.2.5.2 Далее по формуле 9 рассчитывают $\delta_{\text{вч}(выч)(h)_{\text{п}}}$ подставляя в нее значения:

$\delta_{\text{ми}(h)_{\text{п}}} = \pm 0,09$ %, т. к. в соответствии с п. 2.2 МИ 2451-98 максимальное значение относительной погрешности на диапазоне определений энтальпии перегретого водяного пара не выходит за пределы $\pm 0,09$ %;

$\delta_{\text{ми}(t, p)(h)_{\text{п}}} = \pm 0,060$ %, в соответствии с п. А.2.5.1 выбрано максимальное значение;

$\delta_{\text{вч}(выч)(h)_{\text{п}}} = \pm 0,01$ %, в соответствии с Таблицей 2 ОТ 53503-13.

$$\delta_{\text{вч}(выч)(h)_{\text{п}}} = \pm \sqrt{0,09^2 + 0,06^2 + 0,01^2} = \pm 0,11 \text{ \%} \quad (\text{А.7})$$

А.2.5.3 Далее по формуле 8 рассчитывают $\delta_{\text{ик}(Е)_{\text{п}}}$ подставляя в нее значения:

$\delta_{\text{ик}(m)_{\text{п}}} = \pm 1,763$ %, в соответствии с п. А.2.4;

$\delta_{\text{вч}(выч)(h)_{\text{п}}} = \pm 0,11$ %, в соответствии с п. А.2.5.2

$$\delta_{\text{ик}(Е)_{\text{п}}} = \pm \sqrt{1,763^2 + 0,11^2} = \pm 1,767 \text{ \%} \quad (\text{А.8})$$

Пределы $\delta_{\text{ик}(Е)_{\text{п}}}$ во всем диапазоне объемного расхода равны $\pm 1,767$ % для состава комплекса и условий измерений приведенных в п. А.1.