

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

 Р. В. Павлов

«25» 11 2025 г.



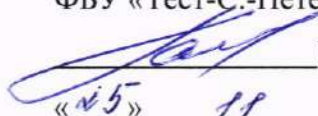
«ГСИ. Системы с центрифужным насосом С1 Левитация. Методика поверки»

МП 32.50.50-002-02066380-2025

Разработчик:

Ведущий инженер по метрологии
отдела № 435

ФБУ «Тест-С.-Петербург»

 И. Л. Галич

«25» 11 2025 г.

г. Санкт-Петербург
2025 г.

Содержание

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений.....	3
3 Требования к условиям проведения поверки	3
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
7 Внешний осмотр средства измерений	5
8 Подготовка к поверке и опробование.....	5
9 Проверка программного обеспечения средства измерений	6
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	7
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	8
12 Оформление результатов поверки	9
Приложение А.....	10
Приложение Б	11

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на системы с центрифужным насосом С1 Левитация (далее по тексту – системы С1) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяется метод прямых измерений.

1.3 При поверке систем С1 обеспечивается прослеживаемость в соответствии с:

– государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2356, к Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2025;

– государственной поверочной схемой для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.10.2022 № 2653, к Государственному первичному эталону единицы давления - паскаля ГЭТ 23-2010.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки систем С1 должны быть выполнены операции поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11
Оформление результатов поверки	Да	Да	12

2.2 Поверка систем С1 возможна только в полном объеме.

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 система С1 к дальнейшей поверке не допускается, бракуется и направляется в ремонт.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7
- жидкая среда вода по ГОСТ Р 51232.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К поверке допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, изучившие эксплуатационные документы на поверяемые СИ, основные и вспомогательные средства поверки, настоящую методику поверки и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и опробование	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 °С до плюс 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 5 %. Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,033 кПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 3 разряда в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356, с диапазоном воспроизведения объемного расхода жидкости от 0,06 до 0,6 м³/ч и пределами допускаемой относительной погрешности измерений не более ±1,0 % Рабочий эталон 3 разряда в соответствии с ГПС для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утвержденной приказом Росстандарта от 20.10.2022 № 2653, с диапазоном измерений избыточного давления жидкости от 0 до 30 кПа и классом точности 0,5	Установка поверочная ВПУ-Энерго М-00-00-0-03, рег. № 60661.15.3Р.00429534 Преобразователь давления эталонный ПДЭ-020И, рег. № 58668.14.3Р.00731759

Вспомогательные средства: персональный компьютер с операционной системой «Windows 10», USB порт, монитор, манипулятор «мышь», клавиатура.

5.2 Допускается применение иных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой, в соответствующей поверочной схеме, точностью.

5.3 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть исправны и иметь действующую запись о положительных результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности», «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей». Также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые системы С1.

6.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по эксплуатации.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре необходимо проверить:

- соответствие внешнего вида системы С1 изображению, приведенному в описании типа;
- чёткость всех надписей на поверяемой системе С1;
- чистоту контактов разъёмных соединителей;
- исправность соединительных кабелей;
- прочность и целостность всех покрытий, обеспечивающих защиту от внешних воздействий;
- отсутствие механических повреждений системы С1;
- комплектность системы С1 на соответствие руководству по эксплуатации РЭ 32.50.50-002-02066380-2025 (далее по тексту – РЭ).

7.2 Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если системы С1 соответствуют требованиям, перечисленным в п. 7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование

8.1 При подготовке к поверке, опробовании и проведении поверки необходимо проконтролировать условия поверки на соответствие п. 3 настоящей методики.

8.1.1 Произвести подготовку системы С1 к работе в соответствии с разделом 6 РЭ.

8.1.2 Заполнить контур перфузии поверочной жидкостью – вода по ГОСТ Р 51232.

8.1.3 К выходу роторной головки центрифужного насоса модуля управления НПЦ 10.01.002 посредством магистральных трубок подключить эталонный преобразователь давления и установку поверочную.

8.1.4 Включить электропитание системы С1 и средств поверки и дать прогреться не менее 15 минут.

8.2 Опробование системы С1

8.2.1 Проверка диапазона установки частоты вращения ротора насоса

С помощью модуля управления НПЦ 10.01.002 (медленно вращая ручку регулятора по часовой стрелке), установить минимальные и максимальные обороты вращения ротора насоса.

Результаты проверки считаются положительными, если в процессе изменения оборотов ротора насоса, на индикаторном устройстве RPM модуля управления и на цифровом дисплее RPM системы контроля наблюдались изменения значения частоты оборотов от 0 до 3000 об/мин.

8.2.2 Проверка производительности насоса

С помощью модуля управления НПЦ 10.01.002 (медленно вращая ручку регулятора по часовой стрелке) установить минимальные и максимальные обороты вращения ротора насоса.

Контролируя давление с помощью эталонного преобразователя, выходной задвижкой поверочной установки создать давление в контуре 200 мм рт.ст.

Результаты проверки считаются положительными, если объемная скорость потока, измеренная установкой поверочной, не менее 10 л/мин.

8.2.3 Проверка работы функции «коррекция нуля»

Цифровыми датчиками монитора системы С1 в текстовое поле компонентов P_{1a} и P_{2v} произвести запись компенсирующих давлений, значения которых равны текущим показаниям P_{1a} и P_{2v} , согласно п. 4.5.3 РЭ.

Результаты проверки считаются положительными, если показания давлений P_{1a} и P_{2v} на цифровых панелях системы С1 станут равными 0 мм рт.ст.

8.2.4 Проверка срабатывания системы контроля выхода значения объемной скорости перфузии за пределы установленного диапазона

Цифровыми датчиками монитора системы С1 в текстовое поле компонентов $Q_{\min}$ и $Q_{\max}$ записать произвольные значения объемной скорости перфузии (соблюдая условие $Q_{\min} < Q_{\max}$), согласно п. 4.5.2 РЭ.

С помощью модуля управления НПЦ 10.01.002 произвести изменение объемной скорости перфузии в пределах диапазона, ограниченного параметрами безопасности $Q_{\min}$ – $Q_{\max}$, согласно пп. 6.13, 6.15 РЭ.

Результаты проверки считаются положительными, если при выходе значения скорости перфузии за пределы установленных параметров безопасности $Q_{\min}$ – $Q_{\max}$ срабатывают визуальный и акустический сигналы тревоги.

8.2.5 Проверка срабатывания системы контроля выхода значений давления за пределы установленных параметров

Цифровыми датчиками монитора системы С1 записать произвольные значения параметров безопасности $P_{1a \max}$, $P_{2v \min}$, $[P_{1a}-P_{2v}]_{\max}$ (в диапазоне от 0 до 300 мм рт.ст.).

Изменяя обороты вращения ротора насоса, создать в измерительном контуре значения давления, соответствующие установленным параметрам безопасности.

Результаты проверки считаются положительными, если при выходе давления в измерительном контуре за пределы установленных параметров безопасности $P_{1a \max}$, $P_{2v \min}$, $[P_{1a}-P_{2v}]_{\max}$ срабатывают визуальный и акустический сигналы тревоги.

8.2.6 Проверка работы функции мониторинга уровня перфузата в венозном резервуаре

Установить датчик контроля уровня НПЦ 10.01.006 на венозный резервуар (оксигенатор) в соответствии с п. 4.7 РЭ.

Включить систему С1 и с помощью регулятора оборотов вращения ротора насоса увеличить объемную скорость перфузии до значения, при котором наблюдается падение уровня жидкости в венозном резервуаре.

Результаты проверки считаются положительными, если при понижении уровня жидкости в венозном резервуаре ниже установленного, происходит остановка насоса и включение визуального и акустического сигналов тревоги, а при повышении уровня выше установленного – автоматически возобновляется работа насоса и сигналы тревоги отключаются.

Результаты опробования системы С1 считаются положительными, если результаты выполнения всех операций по п. 8.2 настоящей методики положительны. Если хотя бы по одной из операций п. 8.2 настоящей методики результат отрицательный, процедура поверки прекращается, система С1 бракуется и направляется в ремонт.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 При подтверждении соответствия программного обеспечения (далее по тексту – ПО) проводят проверку на соответствие идентификационных данных (идентификационного наименования ПО и номера версии (идентификационного номера), полученных в ходе проверки, идентификационным данным, указанным в описании типа.

Идентификация внешнего ПО Sustem S1 проводится на дисплее сенсорного монитора системы контроля в меню менеджер проектов. Необходимо запустить программу системы контроля С1 и войти в раздел «Projct manajer». В подразделе Текущий проект отобразится идентификационное наименование и номер версии внешнего ПО.

Результат проверки считают положительным, если идентификационное наименование ПО соответствует Sustem S1 и номер версии внешнего ПО не ниже 2.1.1

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений объемной скорости перфузии

Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений объемной скорости перфузии Q производится проливным методом с использованием установки поверочной после выполнения операций раздела 6 РЭ.

Проверка диапазона измерений объемной скорости перфузии производится одновременно с выполнением операций по определению погрешности измерений.

Определение погрешности измерений производится в трех точках диапазона 1,0 л/мин, 5,0 л/мин, 10,0 л/мин путем сравнения показаний системы С1 с показаниями установки поверочной. Установка расхода производится в соответствии с пп. 4.3, 6.13, 6.15 РЭ.

При каждом значении объемной скорости зафиксировать не менее 5 показаний системы С1 и установки поверочной.

Относительную погрешность системы С1 при измерении объемной скорости перфузии определяют по п. 11.1 настоящей методики (формула (3)).

10.2 Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений давления на выходе насоса

Проверка диапазона измерений давления на выходе насоса производится одновременно с выполнением операций по определению погрешности измерений, после выполнения операций раздела 6 РЭ.

Определение погрешности измерений производится в шести точках диапазона 0 мм рт.ст.; 100 мм рт.ст.; 150 мм рт.ст.; 200 мм рт.ст.; 250 мм рт.ст.; 300 мм рт.ст. путем сравнения показаний системы С1 с показаниями эталонного преобразователя давления.

К выходу роторной головки цилиндрического насоса модуля управления НПЦ 10.01.002 посредством магистральных трубок подключить эталонный преобразователь давления и инфузионный датчик давления P_{1a} НПЦ 10.01.007.

В соответствии с пп. 6.13, 6.15 РЭ включить систему С1 и изменением оборотов вращения ротора насоса установить проверяемую точку диапазона.

Снять показания эталонного преобразователя давления P_z и показания монитора системы С1 – P_{1a} .

Абсолютную погрешность системы С1 при измерении давления на выходе насоса определяют по п. 11.2 настоящей методики (формула (4)).

10.3 Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений давления на входе насоса

Проверка диапазона измерений давления на входе насоса производится одновременно с выполнением операций по определению погрешности измерений, после выполнения операций раздела 6 РЭ.

Определение погрешности измерений производится в шести точках диапазона 0 мм рт.ст.; 100 мм рт.ст.; 150 мм рт.ст.; 200 мм рт.ст.; 250 мм рт.ст.; 300 мм рт.ст. путем сравнения показаний системы С1 с показаниями эталонного преобразователя давления.

К выходу роторной головки цилиндрического насоса модуля управления НПЦ 10.01.002 посредством магистральных трубок подключить эталонный преобразователь давления и инфузионный датчик давления P_{1a} НПЦ 10.01.007.

В соответствии с пп. 6.13, 6.15 РЭ включить систему С1 и изменением оборотов вращения ротора насоса установить проверяемую точку диапазона.

Снять показания эталонного преобразователя давления P_z и показания монитора системы С1 – P_{2v} .

Абсолютную погрешность системы С1 при измерении давления на входе насоса определяют по п. 11.3 настоящей методики (формула (5)).

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Рассчитывают среднее значение объемной скорости перфузии по формуле

$$Q_{C1cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{i}, \quad (1)$$

где Q_i – значение объемной скорости по показаниям системы С1, л/мин;

n – количество измерений на данной точке объемной скорости.

Рассчитывают среднее значение объемной скорости по показаниям установки поверочной по формуле

$$Q_{Эcp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{iЭ}, \quad (2)$$

где $Q_{iЭ}$ – значение объемной скорости по показаниям установки поверочной, л/мин;

n – количество измерений на данной точке объемной скорости.

Значения относительной погрешности измерений объемной скорости перфузии δ_Q , в процентах, вычисляют по формуле

$$\delta_Q = \frac{Q_{C1cp} - Q_{Эcp}}{Q_{Эcp}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где Q_{C1cp} – среднее значение объемной скорости, измеренное поверяемой системой С1, л/мин;

$Q_{Эcp}$ – среднее значение объемной скорости, измеренное установкой поверочной, л/мин.

Результат операции поверки считают положительным, если диапазон измерений объемной скорости перфузии от 1 до 10 л/мин, а каждое из значений относительной погрешности измерений объемной скорости, рассчитанное по формуле (3), не превышает пределы $\pm 5 \%$. Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, то результат поверки считают отрицательным, процедура поверки прекращается, система С1 бракуется и направляется в ремонт.

11.2 Значения абсолютной погрешности измерений давления на выходе насоса, в мм рт.ст., рассчитывают по формуле

$$\Delta = P_{1a} - P_s \quad (4)$$

Результат операции поверки считают положительным, если диапазон измерений давления на выходе насоса от 0 до 300 мм рт.ст., а абсолютная погрешность измерений давления на выходе насоса, рассчитанная по формуле (4), не превышает пределов ± 5 мм рт.ст. в каждой точке измерения. Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, то результат поверки считают отрицательным, процедура поверки прекращается, система С1 бракуется и направляется в ремонт.

11.3 Значения абсолютной погрешности измерений давления на входе насоса, в мм рт.ст., рассчитывают по формуле

$$\Delta = P_{2v} - P_s \quad (5)$$

Результат операции поверки считают положительным, если диапазон измерений давления на входе насоса от 0 до 300 мм рт.ст., а абсолютная погрешность измерений давления на входе насоса, рассчитанная по формуле (5), не превышает пределов ± 5 мм рт.ст. в каждой точке измерения. Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, то результат поверки считают отрицательным, процедура поверки прекращается, система С1 бракуется и направляется в ремонт.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки системы С1 подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

12.2 По заявлению владельца системы С1 положительные результаты поверки (когда результаты поверки подтверждают соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Знак поверки наносится давлением на мастику, расположенную в пломбировочных чашках, на крепежных винтах корпусов модулей и системе контроля в соответствии с описанием типа.

12.3 По заявлению владельца системы С1 отрицательные результаты поверки (когда результаты поверки не подтверждают соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

12.4 По результатам поверки системы С1 оформляется протокол, рекомендуемая форма которого приведена в приложении Б.

Приложение А
(обязательное)

Метрологические характеристики системы с центрифужным насосом С1 Левитация

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Измеряемая среда	жидкость
Температура измеряемой среды, °C	от +10 до +50
Максимальное давление измеряемой среды, мм рт.ст.	300
Диапазон измерений объемной скорости перфузии Q, л/мин	от 1,00 до 10,00
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемной скорости перфузии, %	±5,0
Диапазон измерений давления P1 _a , P2 _v , [P1 _a –P2 _v]*, мм рт.ст.	от 0 до 300
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений давления P1 _a , P2 _v , [P1 _a –P2 _v]*, мм рт.ст.	±5
* P1 _a – давление на выходе насоса. P2 _v – давление на входе насоса.	

Приложение Б
(рекомендуемое)

Протокол поверки № ____
системы с центрифужным насосом С1 Левитация,
серийный № _____

Средства поверки _____
(тип и заводской номер)

Условия поверки:

Температура воздуха _____;
Относительная влажность воздуха _____;
Атмосферное давление _____;
Поверочная жидкость _____.

1 Внешний осмотр

Вывод: соответствует/не соответствует п. 7 МП.

2 Подготовка к поверке и опробование

2.1 Диапазон установки частоты вращения ротора насоса

Вывод: соответствует/не соответствует п. 8.2.1 МП.

2.2 Производительность насоса

Вывод: соответствует/не соответствует п. 8.2.2 МП.

2.3 Работа функции «коррекция нуля»

Вывод: соответствует/не соответствует п. 8.2.3 МП.

2.4 Срабатывание системы контроля выхода значения объемной скорости перфузии за пределы установленного диапазона

Вывод: соответствует/не соответствует п. 8.2.4 МП.

2.5 Срабатывание системы контроля выхода значений давления за пределы установленных параметров

Вывод: соответствует/не соответствует п. 8.2.5 МП.

2.6 Работа функции мониторинга уровня перфузата в венозном резервуаре

Вывод: соответствует/не соответствует п. 8.2.6 МП.

3 Проверка программного обеспечения

Вывод: соответствует/не соответствует п. 9 МП.

4 Определение метрологических характеристик

4.1 Проверка диапазона измерений и определение относительной погрешности измерений объемной скорости перфузии

Точка диапазона, л/мин	Средство измерений	Q _i (i = 1–5) л/мин					Q _{ср} , л/мин	δQ, %
		1	2	3	4	5		
1,00	эталон							
	система С1							
5,00	эталон							
	система С1							
10,00	эталон							
	система С1							

Выводы: - диапазон измерений объемной скорости перфузии от 1 до 10 л/мин;
- максимальное значение относительной погрешности измерений объемной скорости перфузии не превышает/превышает допустимые пределы ±5 %.

Соответствует/не соответствует п. 11.1 МП.

4.2 Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений давления на выходе насоса

Измеряемый (рассчитываемый) параметр	Точка диапазона, мм рт.ст.						
	0	50	100	150	200	250	300
P _{2v} , мм рт.ст.							
P ₃ , мм рт.ст.							
Δ, мм рт.ст.							

Выводы: - диапазон измерений давления на входе насоса от 0 до 300 мм рт.ст.;
 - максимальное значение абсолютной погрешности измерений давления на входе насоса не превышает/превышает допускаемые пределы ± 5 мм рт.ст.

Соответствует/не соответствует п. 11.2 МП.

4.3 Проверка диапазона измерений и определение абсолютной погрешности измерений давления на входе насоса

Измеряемый (рассчитываемый) параметр	Точка диапазона, мм рт.ст.						
	0	50	100	150	200	250	300
P _{1в} , мм рт.ст.							
P ₃ , мм рт.ст.							
Δ, мм рт.ст.							

Выводы: - диапазон измерений давления на выходе насоса от 0 до 300 мм рт.ст.;
 - максимальное значение абсолютной погрешности измерений давления на выходе насоса не превышает/превышает допускаемые пределы ± 5 мм рт.ст.

Соответствует/не соответствует п. 11.3 МП.

Заключение: система с центрифужным насосом С1 Левитация пригодна/не пригодна к применению.

Сведения о результатах поверки переданы в ФИФ ОЕИ.

Поверку провел _____

«__» _____ 20__ г.