

СОГЛАСОВАНО

Директор

ФБУ «Марийский ЦСМ»

А.В. Сазонов

«01» декабря 2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

ЯМР-АНАЛИЗАТОРЫ

«СПИН ТРЭК»

Методика поверки

РС.415432.007-01 МП

г. Йошкар-Ола
2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки	3
3 Требования к условиям проведения поверки.....	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	7
7 Внешний осмотр.....	7
8 Подготовка к поверке и опробование	8
9 Проверка программного обеспечения.....	8
10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия ЯМР-анализатора метрологическим требованиям.....	8
11 Оформление результатов поверки.....	11
Приложение А	12
Приложение Б.....	14

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на ЯМР-анализаторы «Спин Трэк», выпускаемые по ТУ 4215-001-83984100-2014 (далее – ЯМР-анализаторы), используемые в качестве рабочих средств измерений в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания органических и элементоорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Росстандарта № 988 от 10.06.2021 г.

При поверке должна быть обеспечена прослеживаемость ЯМР-анализаторов к ГЭТ 208-2019 Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации органических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе жидкостной и газовой хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением и гравиметрии.

При определении метрологических характеристик поверяемого ЯМР-анализатора используются методы косвенных измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении первичной и периодической поверок выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1– Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при			Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке		периодической поверке	
	выпуск из производства	выпуск из ремонта		
Внешний осмотр	Да	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия ЯМР-анализатора метрологическим требованиям				10
- определение коэффициента нелинейных искажений приемного тракта и предела обнаружения водорода	Да	Да	Нет	10.1
- определение отношения сигнал/шум	Да	Да	Да	10.2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при			Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке		периодической поверке	
	выпуск из производства	выпуск из ремонта		
- определение относительного СКО среднего арифметического амплитуды ССИ и относительного СКО среднего арифметического амплитуды спинного эхо	Да	Да	Да	10.3
- определение относительного СКО среднего арифметического времени спин-решеточной релаксации	Да	Да	Да	10.4
- определение относительного СКО среднего арифметического времени спин-спиновой релаксации	Да	Да	Да	10.5

Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, поверка прекращается и ЯМР-анализаторы признают не прошедшими поверку.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- напряжение переменного тока от 198 до 242 В;
- частота переменного тока от 49,5 до 50,5 Гц;
- механические воздействия, внешние электрические и магнитные поля, влияющие на работу ЯМР-анализатора, должны отсутствовать;
- отсутствие в окружающей среде кислотных и других агрессивных примесей, а также металлической пыли;
- соблюдение требований п 2.4 «Общие рекомендации по использованию анализатора» руководства по эксплуатации РС.415432.006 РЭ.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверителем ЯМР-анализатора может быть физическое лицо – сотрудник юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованного на право выполнения работ по поверке средств измерений, проводящий поверку в порядке, установленном действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

4.2 Поверитель должен быть ознакомлен с эксплуатационными документами на поверяемый ЯМР-анализатор.

4.3 Для получения данных, необходимых для поверки, допускается участие в поверке оператора, обслуживающего ЯМР-анализатор под контролем поверителя.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки (приборы, оборудование, материалы и реактивы), указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 3 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды, относительной влажности воздуха, атмосферного давления Диапазон измерений: - температуры воздуха от минус 10 °С до плюс 60 °С, - относительной влажности от 0 % до 100 %; - атмосферного давления от 300 до 1200 гПа Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений: - температуры воздуха $\pm 0,4$ °С; - относительной влажности ± 3 %; - атмосферного давления ± 5 гПа	Прибор комбинированный Testo 622 (рег. № 53505-13)
	Средства измерений напряжения и частоты питающей сети Диапазоны измерений: - напряжения до 400 В - частоты до 51,2 Гц Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений: - напряжения $\pm (0,01 \cdot U + 0,3 \text{ В})$, - частоты $\pm (0,001 \cdot F + 0,01 \text{ Гц})$	Мультиметр цифровой Testo 760-1, (рег. № 65373-16)
п. 8.1 Подготовка к поверке	Весы лабораторные Наибольший предел взвешивания 220 г. КТ специальный (I)	Весы лабораторные электронные LE (рег. № 28158-07)
	Пипетки градуированные Номинальная вместимость от 1 до 25 см ³ Класс точности 2	Пипетки градуированные тип 1 (рег. № 55939-13)

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2 Опробование п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия ЯМР-анализатора метрологическим требованиям	Рабочий эталон в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания органических и элементарных органических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Росстандарта № 988 от 10.06.2021 г. СО состава гексадекана. Интервал допускаемых аттестованных значений молярной доли гексадекана в СО от 99,70 % до 99,98 % включительно. Границы допускаемого значения абсолютной погрешности составляют $\pm 0,06$ % при доверительной вероятности 0,95.	ГСО 7289-96
	Рабочий эталон в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания органических и элементарных органических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Росстандарта № 988 от 10.06.2021 г. СО состава четыреххлористого углерода Интервал допускаемых аттестованных значений молярной доли четыреххлористого углерода в СО: от 99,80 % до 99,98 % включительно. Границы допускаемого значения абсолютной погрешности составляют $\pm 0,04$ % при доверительной вероятности 0,95.	ГСО 7213-95
	Рабочий эталон в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания органических и элементарных органических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Росстандарта № 988 от 10.06.2021 г. СО состава 1,2-дихлорэтана. Интервал допускаемых аттестованных значений молярной доли 1,2-дихлорэтана в СО: от 99,60 % до 99,98 % включительно.	ГСО 7332-96

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Границы допускаемого значения абсолютной погрешности составляют $\pm 0,08$ % при доверительной вероятности 0,95.	
	Рабочий эталон в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания органических и элементарноорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Росстандарта № 988 от 10.06.2021 г. - СО состава бензола. Интервал допускаемых аттестованных значений молярной доли бензола в СО: от 99,30 % до 99,98 % включительно. Границы допускаемого значения абсолютной погрешности составляют $\pm 0,2$ % при доверительной вероятности 0,95.	ГСО 7141-95
	Массовая доля глицерина не менее 99,3 %	Глицерин ГОСТ 6259-75, изм 1,2 чистый для анализа (ч.д.а.)

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин (в том числе и стандартные образцы), средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 2.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, изложенные в Руководстве по эксплуатации ЯМР-анализатора.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

При проведении внешнего осмотра устанавливают:

- соответствие маркировки и комплектности ЯМР-анализатора эксплуатационной документации, входящей в комплект ЯМР-анализатора;
- отсутствие внешних повреждений, влияющих на работоспособность ЯМР-анализатора;
- четкость всех надписей;
- надежность подключения и фиксации разъемов.

ЯМР-анализаторы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, к дальнейшей поверке не допускают.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- подготовлены соответствующие контрольные растворы. Инструкция по приготовлению контрольных растворов приведена в Приложении А;
- поверяемый ЯМР-анализатор должен быть подготовлен к работе в соответствии с комплектным Руководством по эксплуатации РС.415432.006 РЭ.

8.2 Опробование

Включение и соответствующие переключения органов управления ЯМР-анализатора проводятся в соответствии с указаниями Руководства по эксплуатации. ЯМР-анализатор считается прошедшим опробование, если после включения питания и запуска программного обеспечения успешно завершается процедура настройки на резонанс.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Определение версии метрологически значимого модуля ПО «Relax 8»

С помощью программы MSWindows «Проводник» находят в папке установки ПО «Relax 8» файл Relax8.exe и открывают диалог «Свойства файла». На закладке «Подробно» определяют номер версии продукта.

Файл Relax8.exe должен иметь версию продукта 8.8.0.1.

9.2 Определение хэш-кода файлов метрологически значимого модуля ПО «Relax 8».

– На установочном диске с ПО «Relax 8» входят в папку «6. Utils» и запускают программу md5summer.exe.

– Выбирают папку, в которую было установлено ПО «Relax 8». По умолчанию это C:\RSRelax8\

– Нажимают «Createsums».

– Выбирают папку App и исполняемый модуль Relax8.exe с расчетным файлом Linear_Fit.xls и нажимают «Add».

– Нажимают «ОК». На экране появляется диалог с вычисленными хэш-кодами.

– Сохраняют под любым именем файл с расширением *.md5.

– Открывают с помощью блокнота сохраненный файл с расширением *.md5 и сравнивают приведенные там хэш-коды, со значениями, указанными в приложении документа РС.415432.008 РП «ЯМР-анализатор «Спин Трэк». Руководство пользователя ПО».

– При совпадении хэш-кодов, ПО считается идентифицированным.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ЯМР-АНАЛИЗАТОРА МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение коэффициента нелинейных искажений приемного тракта и предела обнаружения водорода

Для определения коэффициента нелинейных искажений приемного тракта:

- устанавливают образец глицерина в датчик;
- запускают программу определения линейности амплитудной характеристики, выбрав «Файл/Открыть Приложение/Linear_Fit.app»;
- нажатием клавиш «Ctrl+R» запускают автоматическую настройку резонансных условий;
- подготавливают контрольные растворы объемного водородосодержания (не менее 6) согласно Приложения А;

– клавишей «F5» открывают окно настроек. Задержка между накоплениями (сканами) должна быть установлена не менее чем 2500 мс. Точный подбор параметра выполняют в соответствии с рекомендациями документа «ЯМР-анализатор «Спин Трэк». Руководство пользователя РС.415432.008 РП»;

– нажатием кнопки «Старт» («RUN») запускают измерение. В ходе выполнения измерений будет зафиксирована амплитуда ССИ для каждого контрольного раствора объемного водородосодержания. Перед загрузкой образца на экран выдается запрос с указанием соответствующего номера. После установки образца в датчик и до нажатия кнопки «ОК» в окне запроса необходимо выждать не менее (10-15) с для полного намагничивания образца;

– при помощи программного обеспечения по окончании цикла автоматически строится график зависимости относительной амплитуды ССИ от процентного содержания гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана). График выводится на экран при выборе вкладки «Results graph» окна «NMR signal»;

– копируют содержимое ячеек столбца «FID amplitude, a.u.» в буфер обмена;

– открывают файл «Linear_fit.xls», располагающийся в каталоге управляющей программы в программе Microsoft Excel;

– вставляют данные из буфера обмена в столбец «FID amplitude, a.u.». Заполняют столбец «Содержание водорода, кг/м³»;

– диаграмма автоматически перестроится с новым массивом данных с линейной аппроксимацией функцией вида $y=kx-b$; функция и коэффициент корреляции R появятся на диаграмме;

– коэффициент нелинейных искажений приемного тракта (К) вычисляется по формуле 1

$$K=(1-R) * 100\%. \quad (1)$$

Значение коэффициента нелинейных искажений приемного тракта не должно быть более 3 %.

Заполняют ячейки, соответствующие коэффициенту пропорциональности функции k и константе b соответствующими значениями, появившимися на диаграмме.

Предел обнаружения водорода рассчитывается как сумма удвоенного значения «FID amplitude, a.u.» для образца №1 (выводится в ходе измерений в таблице) и параметра b, отнесенная к k.

Значение предела обнаружения не должно быть более 2 кг/м³.

10.2 Определение отношения сигнал/шум

Для определения отношения сигнал/шум:

– устанавливают образец глицерина в датчик;

– выбирают пункт главного меню «Файл/Открыть Приложение/SNR.app»;

– нажатием клавиш «Ctrl+R» запускают автоматическую настройку резонансных условий;

– нажимают клавишу «Run»;

– после настройки нажимают клавиши «Apply» и «Close»;

– нажатием кнопки «Запуск» запускают регистрацию ССИ;

– по окончании измерений автоматически при помощи программного обеспечения вычисляется отношение сигнал/шум (SN);

– величина, равная отношению сигнал/шум, выводится на дисплей.

Значение отношения сигнал/шум должно быть не менее 50.

10.3 Определение относительного среднего квадратического отклонения среднего арифметического значения результатов измерений ЯМР-анализатора

10.3.1 Для определения относительного СКО среднего арифметического амплитуды ССИ и относительного СКО среднего арифметического амплитуды спинового эхо:

- устанавливают образец глицерина в датчик;
- выбирают «Файл/Открыть Приложение/FID_Echo_SKO.app»;
- после загрузки программы нажатием клавиш «Ctrl+R» запускают автоматическую настройку резонансных условий;
- нажимают клавишу «Run»;
- после настройки нажимают клавиши «Apply» и «Close»;
- клавишей «F5» открывают окно настроек. Задержка между накоплениями (сканами) должна быть установлена не менее чем 2500 мс. Точный подбор параметра выполняют в соответствии с рекомендациями документа «ЯМР-анализатор Спин Трэк. «Руководство пользователя PC.415432.008 РП»;
- устанавливают образец гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) в датчик;
- нажатием кнопки «Запуск» запускают цикл из 10 измерений;
- при помощи программного обеспечения вычисляется среднее значение и СКО среднего арифметического амплитуды ССИ и среднее значение и СКО среднего арифметического амплитуды спинового эхо.

10.3.2 Для определения относительного СКО среднего арифметического времени спин-решеточной релаксации:

- устанавливают образец глицерина в датчик;
- выбирают «Файл/Открыть Приложение/Pogr_T1.app»;
- после загрузки программы нажатием клавиш «Ctrl+R» запускают автоматическую настройку резонансных условий;
- нажимают клавишу «Run»;
- после настройки нажимают клавиши «Apply» и «Close»;
- клавишей «F5» открывают окно настроек. Задержка между накоплениями (сканами) должна быть установлена не менее чем 2500 мс. Точный подбор параметра выполняют в соответствии с рекомендациями документа «ЯМР-анализатор Спин Трэк. «Руководство пользователя PC.415432.008 РП»;
- устанавливают образец гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) в датчик;
- нажатием кнопки «Запуск» запускают цикл из 10 измерений;
- при помощи программного обеспечения вычисляется среднее значение и СКО среднего арифметического времени спин-решеточной релаксации.

10.3.3 Для определения относительного СКО среднего арифметического времени спин-спиновой релаксации:

- устанавливают образец глицерина в датчик;
- выбирают «Файл/Открыть Приложение/Pogr_T2.app»;
- после загрузки программы нажатием клавиш «Ctrl+R» запускают автоматическую настройку резонансных условий;
- нажимают клавишу «Run»;
- после настройки нажимают клавиши «Apply» и «Close»;
- клавишей «F5» открывают окно настроек. Задержка между накоплениями (сканами) должна быть установлена не менее чем 2500 мс. Точный подбор параметра выполняют в соответствии с рекомендациями документа «ЯМР-анализатор Спин Трэк. «Руководство пользователя PC.415432.008 РП»;
- устанавливают образец гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) в датчик;
- нажатием кнопки «Запуск» запускают цикл из 10 измерений;
- при помощи программного обеспечения вычисляется среднее значение и СКО среднего арифметического времени спин-спиновой релаксации.

Значения относительного СКО среднего арифметического амплитуды ССИ и относительного СКО среднего арифметического амплитуды спинowego эхо, относительного СКО среднего арифметического времени спин-решеточной релаксации, относительного СКО среднего арифметического времени спин-спиновой релаксации не должны быть более значений, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы допускаемых значений относительного СКО среднего арифметического

Проверяемая величина	Предел допускаемого значения
Относительное СКО среднего арифметического амплитуды ССИ	2 %
Относительное СКО среднего арифметического амплитуды спинowego эхо	2 %
Относительное СКО среднего арифметического времени спин-решеточной релаксации T_1	3 %
Относительное СКО среднего арифметического времени спин-спиновой релаксации T_2	3 %

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Сведения о результатах поверки ЯМР-анализаторов в соответствии с действующим законодательством в области обеспечения единства измерений РФ передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 Положительные результаты первичной поверки ЯМР-анализаторов оформляют записью в формуляре ЯМР-анализаторов, удостоверенной подписью и клеймом поверителя.

11.3 Результаты поверки ЯМР-анализаторов заносят в протокол поверки по форме, рекомендуемой в приложении Б. Возможно оформление протокола поверки в произвольной форме с указанием всех характеристик, указанных в форме протокола, приведенного в Приложении Б.

11.4 При положительных результатах поверки дополнительно по заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке на бумажном носителе. Знак поверки в виде оттиска клейма и (или) наклейки наносится на свидетельство о поверке.

11.5 При отрицательных результатах поверки дополнительно по заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности к применению.

Приложение А

(рекомендуемое)

Инструкция по приготовлению контрольных растворов объемного водородосодержания

Контрольные растворы объемного водородосодержания, приготавливаемые согласно данной инструкции, используют для поверки ЯМР-анализатора «Спин Трэк». ЯМР-анализатор предназначен для определения амплитудных и временных магнитно-резонансных характеристик веществ, содержащих изотоп водорода ^1H .

Контрольные растворы объемного водородосодержания состоят из двух компонентов – содержащий водород (гексадекан, бензол, 1,2-дихлорэтан) и нейтральный для магнитного резонанса (четырёххлористый углерод), не дающий вклад в сигнал ЯМР ввиду отсутствия протонов. С помощью контрольных растворов определяют коэффициент нелинейных искажений приемного тракта ЯМР-анализатора и предел обнаружения водорода.

Комплект контрольных растворов объемного водородосодержания должен включать не менее 6 образцов со следующими обязательными значениями объемной доли гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана): 0, 20, 40, 60, 80, 100 %.

Допускается увеличение числа образцов с использованием промежуточных для указанного ряда значений концентрации.

Средства измерений, материалы и реактивы приведены в таблице 2 настоящей методики поверки.

А1 Процедура приготовления растворов

А1.1 Исходные вещества, используемые для приготовления раствора, выдерживают не менее 2 ч в помещении.

А1.2 Объем каждого образца комплекта (V_{Σ}) должен соответствовать значению, указанному производителем ЯМР-анализатора в формуляре PC.415432.005 ФО.

А1.3 Для изготовления образца № 1 с объемной долей гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) 0 %, с помощью пипетки заполняют пробирку четырёххлористым углеродом в объеме, соответствующем п. А1.2.

А1.4 Немедленно после заполнения пробирку закрывают крышкой и маркируют в соответствии с номером образца.

А1.5 Для изготовления образца № 2 с объемной долей гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) 20 %, определяют массу (m_1) пробирки. Результат взвешивания записывают до четвертого знака после запятой. В пробирку вносят гексадекан (либо бензол, 1,2-дихлорэтан) в объеме, соответствующем 0,2 от объема (V_{Σ}), и вновь взвешивают пробирку (m_2). Вычисляют массу гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) (M_r) в г по формуле А.1.

$$M_r = m_2 - m_1 \quad (\text{А.1})$$

А1.6 С помощью пипетки заполняют пробирку четырёххлористым углеродом в объеме, соответствующем 0,8 от объема (V_{Σ}). Немедленно закрывают пробирку крышкой и маркируют пробирку в соответствии с номером образца.

А1.7 Для изготовления образцов №№ 3-6 повторяют действия, указанные в п.п. А1.5 – А1.6 со следующими соотношениями объемов гексадекана (либо бензола, 1,2-дихлорэтана) и четырёххлористого углерода: 0,4/0,6, 0,6/0,4, 0,8/0,2, 1/0.

А1.8 Удельное содержание водорода $H_{уд}$ в каждом образце в $[\text{кг/м}^3]$ вычисляется исходя из молярной массы гексадекана $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$, равной 226,462 г/моль, и процентного со-

держания углерода (молярная масса атомов углерода в молекуле гексадекана 192,186 г/моль, что составляет 84,865 % от общей молярной массы) и водорода (молярная масса атомов водорода в молекуле гексадекана 34,276 г/моль, что составляет 15,135 % от общей молярной массы в случае абсолютно чистого вещества) по формуле А.2.

$$H_{уд} = (M_r \cdot 10^{-3} / V_{\Sigma}) \cdot K_m, \quad (A.2)$$

где K_m —коэффициент удельного содержания водорода (в случае использования ГСО СО состава гексадекана $K_m=0,15135$);

V_{Σ} — объем образца, м³;

M_r —масса гексадекана (либо бензола, 1.2-дихлорэтана), г.

А1.9 При использовании промежуточных значений концентрации гексадекана (либо бензола, 1.2-дихлорэтана) последовательность действий также соответствует п.п. А1.7-А1.8.

А2 Применение иных средств поверки

В соответствии с таблицей 2 допускается применение помимо ГСО 7189-96 других средств поверки. В этом случае удельное содержание водорода рассчитывается согласно п. А1.8.

Для ГСО 7332-96 и ГСО 7141-95 молярная масса, удельное содержание водорода в абсолютно чистом веществе и коэффициент удельного содержания водорода приведены в таблице А2.

Таблица А2 – Молярная масса, удельное содержание водорода в абсолютно чистом веществе и коэффициент удельного содержания водорода

Средство поверки	Формула и молярная масса, г/моль	Удельное содержание водорода в абсолютно чистом веществе, %	Коэффициент удельного содержания водорода K_m
ГСО 7332-96 СО состава 1,2-дихлорэтана	C_6H_6 78,118	7,743	0,07743
ГСО 7141-95 СО состава бензола	$C_2H_4Cl_2$ 98,970	4,074	0,04074

Приложение Б

(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ №

[illegible]

Заводской номер _____

Принадлежит _____

Дата выпуска _____

Дата поверки _____

Наименование нормативного документа по поверке _____

Средства поверки: _____

Вид поверки (первичная/периодическая)
(нужное подчеркнуть)

Условия поверки:

температура окружающего воздуха _____ °C

атмосферное давление _____ кПа

относительная влажность воздуха _____ %

напряжение питания _____ В

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1 Результаты внешнего осмотра

2 Результаты опробования

3 Результаты подтверждения соответствия программного обеспечения _____

4 Результаты определения метрологических характеристик

Метрологические характеристики	Действительное значение	Предел допускаемого значения
Коэффициент нелинейных искажений приемного тракта		3 %
Предел обнаружения водорода		2 кг/м ³
Отношение сигнал/шум		не менее 50
Относительное СКО среднего арифметического амплитуды ССИ		2 %
Относительное СКО среднего арифметического амплитуды спинового эхо		2 %
Относительное СКО среднего арифметического времени спин-решеточной релаксации T ₁		3 %
Относительное СКО среднего арифметического времени спин-спиновой релаксации T ₂		3 %

Заключение: _____

ФИО и подпись поверителя _____