**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДАННЫХ**

**О ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ И СВОЙСТВАХ**

**ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

УДК 54.03

**СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ**

ДЛИНЫ ВОЛН ПИКОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГАЗАХ В СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ ОТ 1260 ДО 1650 НМ

**ССД СНГ 387-2025 (ГСССД 387 – 2021)**

(**ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, ШИФР ТЕМЫ: RU.3.001-2025)**

Москва – 2025

РАЗРАБОТАНЫ Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 180 «Межгосударственная служба стандартных справочных данных»

ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

АВТОРЫ Погонышев А.О., к.т.н. Митюрев А.К., к.т.н. Савкин К.Б.

СОГЛАСОВАНЫ С национальными органами по стандартизации стран СНГ

РЕКОМЕНДОВАНЫ Научно-технической комиссией по метрологии Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации

ПРИНЯТЫ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 2025 г., № –2025)

УДК 54.03

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДАННЫХ**

**О ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ И СВОЙСТВАХ**

**ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Стандартные справочные данные**  Длины волн пиков поглощения оптического излучения в газах в спектральном диапазоне от 1260 до 1650 нм  **Standard Reference Data**  Wavelengths of gas absorption peaks in the spectral range from 1260 to 1650 nm | **ссд снг**  **387-2025**  **ГСССД 387–2021**  **SSD CNG**  **387-2025**  **GSSSD 387–2021** |

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Введение 5

2. Методика определения длин волн пиков поглощения 6

3. Стандартные справочные данные 10

4. Список литературы 18

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность получения высокоточных значений длин волн пиков поглощения оптического излучения в газах в спектральном диапазоне от 1260 до 1650 нм связана с их широким применением в различных сферах волоконной оптики [1]. В частности, газонаполненные кюветы (ГК) используются в рабочих эталонах единицы длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи (ВОСП), предназначенных для воспроизведения, хранения единицы длины волны оптического излучения в диапазоне от 1260 до 1650 нм и ее передачи анализаторам оптического спектра и измерителям длины волны оптического излучения для волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Применение газонаполненных кювет при воспроизведении единицы длины волны оптического излучения рабочими эталонами обусловлено высокой стабильностью положения пиков поглощения газов на шкале длин волн, малой шириной пиков поглощения, и позволяет обеспечить требуемые значения расширенной неопределенности при воспроизведении единицы длины волны.

В свою очередь, анализаторы оптического спектра и измерители длин волн оптического излучения массово используются в ВОСП, например, при реализации технологии мультиплексирования с разделением по длине волны (WDM). Применение WDM систем увеличивает пропускную способность волоконно-оптических систем связи за счет использования нескольких каналов, разнесенных по спектральному диапазону. Современные WDM системы, как правило, имеют разнос каналов около 50 или 100 ГГц (0,4 или 0,8 нм соответственно) в С-диапазоне (от 1530 до 1565 нм) и L-диапазоне (от 1565 до 1625 нм). Однако для правильной работы WDM систем требуются измерения длин волн их каналов, осуществляемые с помощью упоминаемых ранее анализаторов оптического спектра и измерителей длин волн оптического излучения для ВОСП, поверенных или откалиброванных с использованием рабочих эталонов единицы длины волны оптического излучения для ВОСП, в состав которых входят ГК.

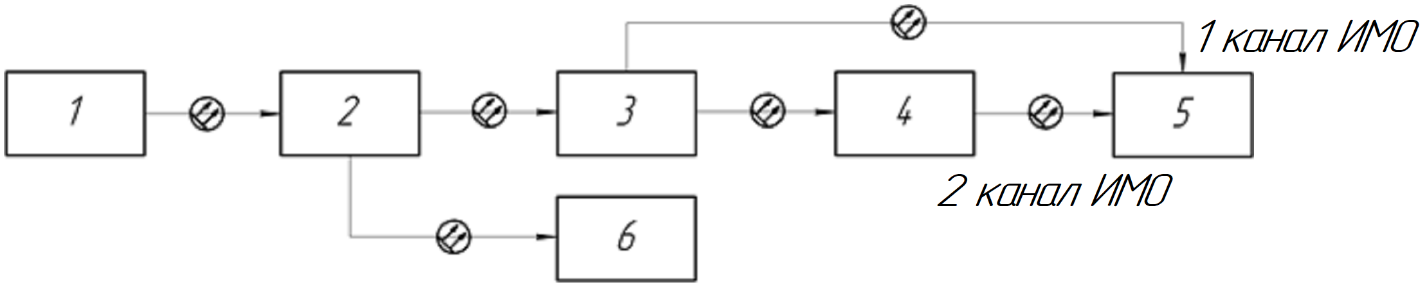
В данном документе приводятся справочные данные для следующих газов, применяемых в рабочих эталонах единицы длины волны для ВОСП: монооксид углерода 12CO, 13CO; цианистый водород H12CN, H13CN; фтороводород HF.

**2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИН ВОЛН ПИКОВ ПОГЛОЩЕНИЯ**

Измерения длин волн пиков поглощения оптического излучения в газах выполнялись согласно пункту 10 методики калибровки МК 001.Ф3-19, утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» 06 марта 2019 г., с применением эталонного измерителя длины волны (ИДВ) из состава Государственного первичного специального эталона единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны для ВОСП ГЭТ 170-2011 и эталонного измерителя мощности оптического излучения (ИМО) из состава Государственного рабочего эталона единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП в диапазоне от 10-11 до 10-2 Вт на длинах волн от 500 до 1700 нм 3.1.ZZA.0029.2015 (РЭСМ-ВС) [2].

Для проведения измерений была собрана установка, структурная схема которой приведена на рисунке 1 [2]. В качестве объектов измерений выступали ГК с волоконно-оптическими выходами, длины волн пиков поглощения которых требовалось определить.

Для определения длины волны пика поглощения оптического излучения в исследуемом газе в окрестности выбранного пика производилось сканирование по длине волны с помощью перестраиваемого лазера. Модель перестраиваемого лазера выбиралась в соответствии с требуемыми шагом перестройки и спектральным диапазоном, в пределах которого измерялись пики поглощения ГК. Диапазон сканирования устанавливался в зависимости от ширины пика поглощения таким образом, чтобы на полученной реализации отражался весь пик целиком. Для получения максимальной точности определения длины волны пика поглощения использовался минимальный шаг сканирования, обеспечиваемый перестраиваемым лазером.



1 – перестраиваемый лазер; 2 – волоконно-оптический разветвитель   
10 %/90 %; 3 – волоконно-оптический разветвитель 50 %/50 %;   
4 – калибруемая ГК; 5 – ИМО из состава РЭСМ-ВС;   
6 – ИДВ из состава ГЭТ 170-2011

Рисунок 1 – Блок-схема установки для измерений длин волн пиков поглощения

Фиксировались значения длины волны перестраиваемого лазера *λЛ*, нм, и уровень средней мощности перестраиваемого лазера *PЛ*, мВт, с помощью ИДВ и первого канала ИМО из состава РЭСМ-ВС соответственно, а также уровень средней мощности оптического излучения на выходе кюветы *PK*, мВт, с помощью второго канала ИМО из состава РЭСМ-ВС при каждом приращении во время сканирования. Далее была проведена математическая обработка полученных результатов измерений, были построены массивы данных *λЛ*, нм, *PЛ*, мВт, *PK*, мВт. Для того, чтобы избавиться от влияния на результаты измерений нестабильности уровня средней мощности перестраиваемого лазера и систематической погрешности ИМО из состава РЭСМ-ВС во время сканирования, было произведено деление *PK*, мВт, на *PЛ*, мВт, в результате чего получены значения *PK\_N*, отн. ед.. Полученная нормированная зависимость *PK\_N*,отн. ед., от *λЛ*, нм, была аппроксимирована функцией Гаусса. В итоге было определено значение из массива *λЛ*, нм, которому соответствует минимум аппроксимирующей кривой *PK\_N\_A*(*λЛ*), отн. ед., и которое является искомой длиной волны пика поглощения газа *λП*, нм. Приведенная последовательность действий была повторена пять раз, в результате чего были получены значения *λП\_i*, нм. Далее для полученных значений *λП\_i*, нм, было вычислено среднее значение длины волны пика поглощения *λ̅П*, нм, принимаемое за измеренное значение длины волны пика поглощения ГК, по формуле

 , (1)

где *n* – количество измерений (*n = 5*).

Далее была определена стандартная неопределённость измерений длин волн пиков поглощения ГК, оцененная по типу А, *uА\_1*, нм, эквивалентная среднему квадратическому отклонению результатов измерений, по формуле

. (2)

Была определена стандартная неопределённость измерений длин волн пика поглощения ГК, оцененная по типу А, *uА\_2*, нм, связанная с погрешностью аппроксимации результатов измерений функцией Гаусса, по формуле:

 , (3)

где *λЛ\_j*– значение длины волны перестраиваемого лазера 1, нм, соответствующее нормированному уровню средней мощности излучения на выходе кюветы *PK\_N\_j*, отн. ед.;

*λЛ\_Г\_j* – значение длины волны лазера, нм, соответствующее аппроксимирующей кривой нормированного уровня средней мощности излучения на выходе кюветы *PK\_N\_А\_j*, отн. ед., причём *PK\_N\_А\_j* = *PK\_N\_j*, отн. ед;

*j* – номера отсчётов массивов данных *PK\_N*, отн. ед., и *λЛ*, нм, полученных в результате *i*-ого измерения длины волны пика поглощения ГК, находящиеся в области полуширины пика поглощения;

*p* – номер отсчёта массивов данных *PK\_N*, отн. ед., и *λЛ*, нм, соответствующий началу области полуширины пика поглощения;

*k* – номер отсчёта массивов данных *PK\_N*, отн. ед., и *λЛ*, нм, соответствующий концу области полуширины пика поглощения.

Вычисления по формуле (3) проводились для каждого измерения пика поглощения ГК и за стандартную неопределённость измерений длин волн пика поглощения *uА\_2*, нм, принималось максимальное из полученных значений.

Стандартная неопределённость измерений длин волн пика поглощения ГК, оцененная по типу B, *uВ*, нм, была определена по формуле:

 , (4)

где Θ – неисключённая систематическая погрешность (НСП) результата измерений длины волны пика поглощения ГК, нм, связанная с погрешностью измерений длин волн с помощью ИДВ из состава ГЭТ 170-2011 и указанная в паспорте ГЭТ 170-2011.

Суммарная стандартная неопределённость измерений длины волны пика поглощения ГК *uс*, нм, была определена по формуле:

. (5)

Расширенная неопределённость измерений длин волн пика поглощения ГК *Up*, нм (для доверительной вероятности P = 0,95 и коэффициенте охвата *k* = 2 при допущении нормального распределения), была определена по формуле:

. (6)

Описанная последовательность операций была проведена также и для остальных пиков поглощения ГК, в результате чего получены расширенные неопределенности измерений длин волн пиков поглощения ГК *Up*, нм.

**3. СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ**

В настоящих стандартных справочных данных приведены длины волн пиков поглощения оптического излучения в спектральном диапазоне от 1260 до 1650 нм в следующих газах: монооксид углерода 12CO, 13CO; цианистый водород H12CN, H13CN; фтороводород HF.

Основой для разработки стандартных справочных данных явились результаты измерений длин волн пиков поглощения ГК, полученных во ФГУП «ВНИИОФИ» [3, 4], а также данные из обоснованных научных работ, полученные в различных организациях и странах и с использованием различной эталонной аппаратуры [5, 6, 7, 8]. Измерения длин волн пиков поглощения газов проведены в соответствии с пунктами 10, 11 методики калибровки МК 001.Ф3-19, утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» 06 марта 2019 г. [2]. Расширенные неопределенности измерений длин волн пиков поглощения оптического излучения в газах вычислялись для доверительной вероятности *P*= 0,95 при допущении нормального закона распределения.

В результате сличения результатов измерений пиков поглощения оптического излучения, произведенных во ФГУП «ВНИИОФИ» [3, 4] и в различных организациях и странах (NIST, DBmoptics, HITRAN), получено, что данные результаты измерений совпадают между собой в пределах вычисленных расширенных неопределенностей. За результаты измерений длин волн пиков поглощения газов в спектральном диапазоне от 1260 до 1650 нм принимались результаты с меньшей расширенной неопределенностью.

Обобщенные результаты измерений длин волн пиков поглощения газов в спектральном диапазоне от 1260 до 1650 нм и значения расширенных неопределенностей данных измерений приведены в таблицах 1 – 5.

Таблица 1 – Стандартные справочные данные о длинах волн пиков поглощения монооксида углерода 12CO [3, 5]

| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [5] | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *λП*, нм (давление 500 мм рт.ст.) | *Up*, нм | *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| R21 | 1560,5013 | 0,0003 | – | – |
| R20 | 1560,8668 | 0,0003 | – | – |
| R19 | 1561,2588 | 0,0003 | 1561,2581 | 0,0006 |
| R18 | 1561,6775 | 0,0003 | 1561,6767 | 0,0006 |
| R17 | 1562,1226 | 0,0003 | 1562,1218 | 0,0006 |
| R16 | 1562,5943 | 0,0003 | 1562,5935 | 0,0006 |
| R15 | 1563,0925 | 0,0003 | 1563,0918 | 0,0006 |
| R14 | 1563,6173 | 0,0003 | 1563,6166 | 0,0006 |
| R13 | 1564,1687 | 0,0003 | 1564,1679 | 0,0006 |
| R12 | 1564,7467 | 0,0003 | 1564,7459 | 0,0006 |
| R11 | 1565,3513 | 0,0003 | 1565,3505 | 0,0006 |
| R10 | 1565,9825 | 0,0003 | 1565,9818 | 0,0006 |
| R09 | 1566,6404 | 0,0003 | 1566,6398 | 0,0006 |
| R08 | 1567,3251 | 0,0003 | 1567,3244 | 0,0006 |
| R07 | 1568,0365 | 0,0003 | 1568,0358 | 0,0006 |
| R06 | 1568,7747 | 0,0003 | 1568,7740 | 0,0006 |
| R05 | 1569,5396 | 0,0003 | 1569,5390 | 0,0006 |
| R04 | 1570,3314 | 0,0003 | 1570,3308 | 0,0006 |
| R03 | 1571,1501 | 0,0003 | 1571,1495 | 0,0006 |
| R02 | 1571,9957 | 0,0003 | 1571,9952 | 0,0006 |
| R01 | 1572,8684 | 0,0003 | 1572,8679 | 0,0006 |
| R00 | 1573,7681 | 0,0003 | 1573,7676 | 0,0006 |
| P01 | 1575,6491 | 0,0003 | 1575,6485 | 0,0006 |
| P02 | 1576,6303 | 0,0003 | 1576,6297 | 0,0006 |
| P03 | 1577,6389 | 0,0003 | 1577,6383 | 0,0006 |
| P04 | 1578,6749 | 0,0003 | 1578,6742 | 0,0006 |
| P05 | 1579,7382 | 0,0003 | 1579,7375 | 0,0006 |
| P06 | 1580,8290 | 0,0003 | 1580,8283 | 0,0006 |
| P07 | 1581,9475 | 0,0003 | 1581,9467 | 0,0006 |
| P08 | 1583,0934 | 0,0003 | 1583,0927 | 0,0006 |
| P09 | 1584,2672 | 0,0003 | 1584,2664 | 0,0006 |
| P10 | 1585,4687 | 0,0003 | 1585,4679 | 0,0006 |
| P11 | 1586,6982 | 0,0003 | 1586,6974 | 0,0006 |
| P12 | 1587,9555 | 0,0003 | 1587,9548 | 0,0006 |
| P13 | 1589,2410 | 0,0003 | 1589,2402 | 0,0006 |

*Окончание таблицы 1*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [5] | | | |
| *λП*, нм (давление 500 мм рт.ст.) | *Up*, нм | *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P14 | 1590,5547 | 0,0003 | 1590,5539 | 0,0006 |
| P15 | 1591,8966 | 0,0003 | 1591,8958 | 0,0006 |
| P16 | 1593,2669 | 0,0003 | 1593,2656 | 0,0006 |
| P17 | 1594,6657 | 0,0003 | 1594,6648 | 0,0006 |
| P18 | 1596,0930 | 0,0003 | – | – |
| P19 | 1597,5489 | 0,0003 | – | – |

Таблица 2 – Стандартные справочные данные о длинах волн пиков поглощения монооксида углерода 13CO [3, 5]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [5] | | | |
| *λП*, нм (давление 1000 мм рт.ст.) | *Up*, нм | *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| R22 | – | – | 1595,0222 | 0,0006 |
| R21 | 1595,3772 | 0,0003 | 1595,3745 | 0,0006 |
| R20 | 1595,7554 | 0,0003 | 1595,7528 | 0,0006 |
| R19 | 1596,1595 | 0,0003 | 1596,1573 | 0,0006 |
| R18 | 1596,5895 | 0,0003 | 1596,5874 | 0,0006 |
| R17 | 1597,0454 | 0,0003 | 1597,0434 | 0,0006 |
| R16 | 1597,5271 | 0,0003 | 1597,5252 | 0,0006 |
| R15 | 1598,0349 | 0,0003 | 1598,0331 | 0,0006 |
| R14 | 1598,5686 | 0,0003 | 1598,5668 | 0,0006 |
| R13 | 1599,1284 | 0,0003 | 1599,1266 | 0,0006 |
| R12 | 1599,7141 | 0,0003 | – | – |
| R11 | 1600,3258 | 0,0003 | 1600,3241 | 0,0006 |
| R10 | 1600,9636 | 0,0003 | 1600,9619 | 0,0006 |
| R09 | 1601,6274 | 0,0003 | 1601,6257 | 0,0006 |
| R08 | 1602,3174 | 0,0003 | 1602,3156 | 0,0006 |
| R07 | 1603,0334 | 0,0003 | 1603,0317 | 0,0006 |
| R06 | 1603,7756 | 0,0003 | 1603,7739 | 0,0006 |
| R05 | 1604,5439 | 0,0003 | 1604,5423 | 0,0006 |
| R04 | 1605,3385 | 0,0003 | 1605,3370 | 0,0006 |

*Окончание таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [5] | | | |
| *λП*, нм (давление 1000 мм рт.ст.) | *Up*, нм | *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| R03 | 1606,1593 | 0,0003 | 1606,1579 | 0,0006 |
| R02 | 1607,0064 | 0,0003 | 1607,0051 | 0,0006 |
| R01 | 1607,8799 | 0,0003 | – | – |
| R00 | 1608,7799 | 0,0003 | – | – |
| P01 | 1610,6596 | 0,0003 | 1610,6583 | 0,0006 |
| P02 | 1611,6393 | 0,0003 | 1611,6380 | 0,0006 |
| P03 | 1612,6457 | 0,0003 | 1612,6443 | 0,0006 |
| P04 | 1613,6788 | 0,0003 | 1613,6773 | 0,0006 |
| P05 | 1614,7388 | 0,0003 | 1614,7371 | 0,0006 |
| P06 | 1615,8255 | 0,0003 | 1615,8237 | 0,0006 |
| P07 | 1616,9392 | 0,0003 | 1616,9373 | 0,0006 |
| P08 | 1618,0797 | 0,0003 | 1618,0778 | 0,0006 |
| P09 | 1619,2473 | 0,0003 | 1619,2453 | 0,0006 |
| P10 | 1620,4420 | 0,0003 | 1620,4400 | 0,0006 |
| P11 | 1621,6641 | 0,0003 | – | – |
| P12 | 1622,9132 | 0,0003 | – | – |
| P13 | 1624,1898 | 0,0003 | 1624,1878 | 0,0006 |
| P14 | 1625,4940 | 0,0003 | 1625,4919 | 0,0006 |
| P15 | 1626,8257 | 0,0003 | 1626,8236 | 0,0006 |
| P16 | 1628,1851 | 0,0003 | 1628,1826 | 0,0006 |
| P17 | 1629,5723 | 0,0003 | 1629,5700 | 0,0006 |
| P18 | 1630,9873 | 0,0003 | 1630,9846 | 0,0006 |
| P19 | 1632,4303 | 0,0003 | 1632,4276 | 0,0006 |
| P20 | – | – | 1633,8986 | 0,0006 |
| P21 | – | – | 1635,3978 | 0,0006 |
| P22 | – | – | 1636,9253 | 0,0006 |

Таблица 3 – Стандартные справочные данные о длинах волн пиков поглощения цианистого водорода H12CN [3, 6]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [6] | |
| *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| R26 | 1519,4216 | 0,0006 |
| R25 | 1519,8459 | 0,0006 |

*Продолжение таблицы 3*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [6] | |
| *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| R24 | 1520,2805 | 0,0006 |
| R23 | 1520,7255 | 0,0006 |
| R22 | 1521,1809 | 0,0006 |
| R21 | 1521,6465 | 0,0006 |
| R20 | 1522,1226 | 0,0006 |
| R19 | 1522,6090 | 0,0006 |
| R18 | 1523,1058 | 0,0006 |
| R17 | 1523,6130 | 0,0006 |
| R16 | 1524,1306 | 0,0006 |
| R15 | 1524,6586 | 0,0006 |
| R14 | 1525,1970 | 0,0006 |
| R13 | 1525,7459 | 0,0006 |
| R12 | 1526,3051 | 0,0006 |
| R11 | 1526,8748 | 0,0006 |
| R10 | 1527,4550 | 0,0006 |
| R09 | 1528,0457 | 0,0006 |
| R08 | 1528,6468 | 0,0006 |
| R07 | 1529,2583 | 0,0006 |
| R06 | 1529,8804 | 0,0006 |
| R05 | 1530,5130 | 0,0006 |
| R04 | 1531,1561 | 0,0006 |
| R03 | 1531,8098 | 0,0006 |
| R02 | 1532,4740 | 0,0006 |
| R01 | 1533,1487 | 0,0006 |
| P01 | 1534,5298 | 0,0006 |
| P02 | 1535,2363 | 0,0006 |
| P03 | 1535,9533 | 0,0006 |
| P04 | 1536,6810 | 0,0006 |
| P05 | 1537,4192 | 0,0006 |
| P06 | 1538,1681 | 0,0006 |
| P07 | 1538,9277 | 0,0006 |
| P08 | 1539,6978 | 0,0006 |
| P09 | 1540,4787 | 0,0006 |
| P10 | 1541,2703 | 0,0006 |
| P11 | 1542,0725 | 0,0006 |
| P12 | 1542,8854 | 0,0006 |
| P13 | 1543,7091 | 0,0006 |
| P14 | 1544,5435 | 0,0006 |

*Окончание таблицы 3*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [6] | |
| *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| P15 | 1545,3886 | 0,0006 |
| P16 | 1546,2445 | 0,0006 |
| P17 | 1547,1112 | 0,0006 |
| P18 | 1547,9886 | 0,0006 |
| P19 | 1548,8768 | 0,0006 |
| P20 | 1549,7759 | 0,0006 |
| P21 | 1550,6858 | 0,0006 |
| P22 | 1551,6065 | 0,0006 |
| P23 | 1552,5381 | 0,0006 |
| P24 | 1553,4805 | 0,0006 |
| P25 | 1554,4339 | 0,0006 |

Таблица 4 – Стандартные справочные данные о длинах волн пиков поглощения цианистого водорода H13CN [4, 7]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [4, 7] | | | |
| *λП*, нм (давление 25 мм рт.ст.) | *Up*, нм | *λП*, нм (давление 100 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| R26 | 1527,6335 | 0,0007 | – | – |
| R25 | 1528,0547 | 0,0002 | 1528,0541 | 0,0006 |
| R24 | 1528,4858 | 0,0005 | 1528,4862 | 0,0006 |
| R23 | 1528,9264 | 0,0002 | 1528,9271 | 0,0006 |
| R22 | 1529,3768 | 0,0002 | 1529,3762 | 0,0006 |
| R21 | 1529,8369 | 0,0002 | 1529,8376 | 0,0006 |
| R20 | 1530,3067 | 0,0002 | 1530,3061 | 0,0006 |
| R19 | 1530,7861 | 0,0002 | 1530,7856 | 0,0006 |
| R18 | 1531,2754 | 0,0002 | 1531,2764 | 0,0006 |
| R17 | 1531,7743 | 0,0002 | 1531,7738 | 0,0006 |
| R16 | 1532,2831 | 0,0005 | 1532,2825 | 0,0006 |
| R15 | 1532,8014 | 0,0002 | 1532,8024 | 0,0006 |
| R14 | 1533,3295 | 0,0002 | 1533,3291 | 0,0006 |
| R13 | 1533,8675 | 0,0002 | 1533,8671 | 0,0006 |
| R12 | 1534,4151 | 0,0002 | 1534,4159 | 0,0006 |
| R11 | 1534,9726 | 0,0002 | 1534,9723 | 0,0006 |
| R10 | 1535,5398 | 0,0002 | 1535,5401 | 0,0006 |

*Окончание таблицы 4*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [4, 7] | | | |
| *λП*, нм (давление 25 мм рт.ст.) | *Up*, нм | *λП*, нм (давление 100 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| R09 | 1536,1168 | 0,0002 | 1536,1170 | 0,0006 |
| R08 | 1536,7037 | 0,0005 | 1536,7034 | 0,0006 |
| R07 | 1537,3003 | 0,0002 | 1537,2997 | 0,0006 |
| R06 | 1537,9067 | 0,0002 | 1537,9069 | 0,0006 |
| R05 | 1538,5231 | 0,0002 | 1538,5224 | 0,0006 |
| R04 | 1539,1492 | 0,0002 | 1539,1494 | 0,0006 |
| R03 | 1539,7852 | 0,0002 | 1539,7855 | 0,0006 |
| R02 | 1540,4312 | 0,0002 | 1540,4314 | 0,0006 |
| R01 | 1541,0870 | 0,0002 | 1541,0872 | 0,0006 |
| R00 | 1541,7526 | 0,0005 | 1541,7529 | 0,0006 |
| P01 | 1543,1142 | 0,0002 | 1543,1148 | 0,0006 |
| P02 | 1543,8097 | 0,0002 | 1543,8094 | 0,0006 |
| P03 | 1544,5150 | 0,0002 | 1544,5147 | 0,0006 |
| P04 | 1545,2303 | 0,0002 | 1545,2314 | 0,0006 |
| P05 | 1545,9557 | 0,0005 | 1545,9563 | 0,0006 |
| P06 | 1546,6905 | 0,0002 | 1546,6902 | 0,0006 |
| P07 | 1547,4356 | 0,0002 | 1547,4354 | 0,0006 |
| P08 | 1548,1906 | 0,0002 | 1548,1904 | 0,0006 |
| P09 | 1548,9556 | 0,0002 | 1548,9554 | 0,0006 |
| P10 | 1549,7302 | 0,0005 | 1549,7302 | 0,0006 |
| P11 | 1550,5155 | 0,0002 | 1550,5149 | 0,0006 |
| P12 | 1551,3104 | 0,0002 | 1551,3106 | 0,0006 |
| P13 | 1552,1155 | 0,0002 | 1552,1157 | 0,0006 |
| P14 | 1552,9305 | 0,0002 | 1552,9308 | 0,0006 |
| P15 | 1553,7556 | 0,0002 | 1553,7560 | 0,0006 |
| P16 | 1554,5903 | 0,0005 | 1554,5892 | 0,0006 |
| P17 | 1555,4361 | 0,0002 | 1555,4346 | 0,0006 |
| P18 | 1556,2914 | 0,0002 | 1556,2919 | 0,0006 |
| P19 | 1557,1569 | 0,0002 | 1557,1573 | 0,0006 |
| P20 | 1558,0324 | 0,0002 | 1558,0329 | 0,0006 |
| P21 | 1558,9181 | 0,0002 | 1558,9185 | 0,0006 |
| P22 | 1559,8139 | 0,0002 | 1559,8143 | 0,0006 |
| P23 | 1560,7198 | 0,0002 | 1560,7185 | 0,0006 |
| P24 | 1561,6352 | 0,0006 | 1561,6344 | 0,0006 |
| P25 | 1562,5622 | 0,0002 | 1562,5625 | 0,0006 |
| P26 | 1563,4989 | 0,0005 | – | – |
| P27 | 1564,4452 | 0,0002 | – | – |

Таблица 5 – Стандартные справочные данные о длинах волн пиков поглощения фтороводорода HF [3, 8]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение пика поглощения | Результаты измерений [8] | |
| *λП*, нм (давление 600 мм рт.ст.) | *Up*, нм |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| R(8) | 1253,3846 | 0,0002 |
| R(7) | 1255,3001 | 0,0002 |
| R(6) | 1257,7519 | 0,0002 |
| R(5) | 1260,7416 | 0,0002 |
| R(4) | 1264,2721 | 0,0002 |
| R(3) | 1268,3469 | 0,0002 |
| R(2) | 1276,9704 | 0,0002 |
| R(1) | 1278,1479 | 0,0002 |
| R(0) | 1283,8857 | 0,0002 |
| P(1) | 1297,0702 | 0,0002 |
| P(2) | 1304,5338 | 0,0002 |
| P(3) | 1312,5910 | 0,0002 |
| P(4) | 1321,2525 | 0,0002 |
| P(5) | 1330,5300 | 0,0002 |
| P(6) | 1340,4364 | 0,0002 |
| P(7) | 1350,9857 | 0,0002 |
| P(8) | 1362,1931 | 0,0002 |

**4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Эталонная база ВНИИОФИ в области волоконно-оптических систем передачи информации / Глазов А.И. и др. //Фотон-экспресс. 2015. № 8(128). С. 18-25.

2. МК 001.Ф3-19. Газонаполненные кюветы для волоконно-оптических систем передачи. Методика калибровки. 2019. 10 с. Утверждена в ФГУП «ВНИИОФИ» 06 марта 2019 г.

3. Рабочий эталон единицы длины волны для волоконно-оптических систем передачи информации РЭДВ, зав. № 004. 5 с. Протокол калибровки от 20.02.2020 г.

4. Газовая ячейка ацетиленовая НСN-13-100, зав. № б/н. 2 с. Протокол калибровки от 19.09.2019 г.

5. S.L. Gilbert, W.C. Swann Carbon Monoxide Absorption References for 1560 nm to 1630 nm Wavelength Calibration – SRM 2514 (12C16O) and SRM 2515 (13C16O) // NIST Special Publication. 2002. № 260-146.

6. Wavelength Calibration Artifacts // DBmoptics. URL: http://www.dbmoptics.com/products/otc/waseries.php (дата обращения 08.07.2019).

7. S.L. Gilbert, W.C. Swann, Chih-Ming Wang Hydrogen Cyanide H13C14N Absorption References for 1530 nm to 1565 nm Wavelength Calibration – SRM 2519a // NIST Special Publication. 2005. № 260-137.

8. HITRAN online // HITRAN: acronym for high-resolution transmission molecular absorption database. URL: http://hitran.org (дата обращения 08.07.2019).