

В.А. Соколов

Справочник по газовому делу

Том 2

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 93
ББК 63.3
В11

В11 **В.А. Соколов**
Справочник по газовому делу: Том 2 / В.А. Соколов – М.: Книга по Требованию, 2023. – 422 с.

ISBN 978-5-458-54221-0

Перевод с американского издания Под общей редакцией В. А. Соколова.

ISBN 978-5-458-54221-0

© Издание на русском языке, оформление
«УОУО Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

3. Проекты систем распределения газа	259
Применение формул движения газа	262
Таблицы, применяемые при прокладке трубопроводов	275
Эквивалентные длины труб, соответствующие фитингам и другим соединениям	—
Новый метод исправления утечек из раструбов чугунных труб	281
Чугунные соединения труб	—
Индикаторы утечки газа	284
4. Регуляторы	285
Регуляторы с уравновешенными клапанами	—
Пропускная способность регуляторов с уравновешенными клапанами	286
5. Газгольдеры	293
6. Сварка трубопроводов	300
Введение	—
Процессы и способы сварки	—
Словарик сварочных терминов	308
Общие технические условия для сварки больших передаточных линий	—
7. Коррозия труб	310
Электролиз подземных трубопроводов	—
Сопротивление предохранительных трубных покрытий прохождению электрического тока	322
Методы исследования почвы для определения коррозии	323
Руководство для определения коррозии	330

Глава III. Утилизация газа

1. Расположение газопроводов	333
2. Дымоходы и вытяжные трубы	340
Конструкция вытяжной трубы или выхода для газа	343
3. Газовое оборудование	354
Газовые плиты и устройство для приготовления пищи	—
Газовые водонагреватели	356
4. Отопление и кондиционирование воздуха	359
Отопление домов	—
Кондиционирование воздуха	372
5. Течение газа через сопла и расчет горелки	374
Течение газа через сопла	—
Расчет горелки	376
6. Промышленное применение газа	389
Плавка металла	—
Тепловая обработка	397
Хлебопечение	405
Получение пара	406
Регенерация отработанного тепла в печах, обогреваемых твердым и жидким топливом	—
Газовые двигатели	418

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 1. Расчет анализа газа	14
Таблица 2. Молекулярные объемы углекислоты при 20°C и различных парциальных давлениях	15
Таблица 3. Молекулярные объемы этана при 0°C и различных парциальных давлениях	—
Таблица 4. Растворимость углеводородов в абсолютном спирте	22
Таблица 5. Расчет удельного веса газовых смесей	48
Таблица 6. Поправки для приведения барометрических давлений к нормальной температуре (0°C)	52
Таблица 7. Равные значения давления в миллиметрах ртутного и водяного столба	—
Таблица 8. Поправки на разность между температурой воды, входящей в калориметр, и комнатной температурой	56
Таблица 8а. Поправки на влажность при определении теплотворной способности светильного газа в кг/Кал	—
Таблица 8б. Поправки на влажность при определении теплотворной способности природного газа в кг/Кал	57
Таблица 9. Свойства обычных термопар	60
Таблица 10. Температуры кипения и плавления некоторых тел, размещенные в порядке их возрастания	61
Таблица 11. Температуры плавления некоторых огнеупорных материалов	64
Таблица 12. Металлические и керамические материалы, применяемые для первичной и вторичной защиты термопар	66
Таблица 13. Промышленное применение пирометров	71
Таблица 14. Расход воздуха и коэффициент истечения из отверстий форсунки с углом скоса в 60°	73
Таблица 15. Расход воздуха и коэффициент истечения из отверстий форсунки с углом скоса в 15°	74
Таблица 16. Расход воздуха и коэффициент истечения из отверстий форсунки с углом скоса в 15° в стандартной кухонной плите	75
Таблица 17. Стандартные калибры с соответствующими обозначениями диаметров отверстий и их сечения	77
Таблица 18. Величины $\frac{Q}{d^2}$ для разных давлений и отношений давления	80
Таблица 19. Движение газа по трубам разных размеров	84
Таблица 20. Движение газа по трубам различных диаметров	87
Таблица 21. Движение воды в трубах. Потеря напора на трение	88
Таблица 22. Эквивалентные длины труб, выраженные в диаметрах основной прямой трубы	100
Таблица 23. Константы Sutherland'a для разных газов	101
Таблица 24. Вязкости наиболее распространенных газов по отношению к воде при 20°C	—
Таблица 25. Расчет величин q_a	109
Таблица 26. Квадраты абсолютных давлений	111
Таблица 27. Коэффициенты истечения воздуха в диафрагменных счетчиках	118
Таблица 28. Коэффициенты истечения газа в счетчиках с диафрагмами при фланцевом соединении	120
Таблица 29. Коэффициенты истечения газа в счетчиках с трубными соединениями	121

Таблица 30.	Значения C_1 . Присоединение в месте сужения	122
Таблица 31.	Значения C_2 . Присоединение в месте сужения	123
Таблица 32.	Значения C_1' . Присоединение в месте сужения	—
Таблица 33.	Значения C_2' . Присоединение в месте сужения	124
Таблица 34.	Значения C_m . Присоединение в месте сужения	—
Таблица 35.	Значения C_1 . Фланцевое присоединение	125
Таблица 36.	Значения C_2 . Фланцевое присоединение	—
Таблица 37.	Значения C_1' . Фланцевое присоединение	126
Таблица 38.	Значения C_2' . Фланцевое присоединение	—
Таблица 39.	Значения C_m . Фланцевое присоединение	127
Таблица 40.	Значения C_1 . Трубное присоединение	—
Таблица 41.	Значения C_2 . Трубное присоединение	128
Таблица 42.	Значения C_1' . Трубное присоединение	—
Таблица 43.	Значения C_2' . Трубное присоединение	129
Таблица 44.	Поправочные коэффициенты для вычисления необходимых по договору давлений	130
Таблица 45.	Стандартные коэффициенты часового расхода газа в счетчиках с диафрагмами при трубном соединении	131
Таблица 46.	Стандартные коэффициенты часового расхода газа в счетчиках при фланцевом соединении	133
Таблица 47.	Поправочные коэффициенты на удельный вес газа для счетчиков „Орифайс“ с диафрагмами	136
Таблица 48.	Температурная поправка для счетчиков „Орифайс“	138
Таблица 49.	Множители для дифференциального давления в мм водяного столба	—
Таблица 50.	Множители для статического давления ниже 1 кг/см^2	140
Таблица 51.	Множители статического давления выше 1 кг/см^2	—
Таблица 51а.	Пропускная способность счетчика	141
Таблица 52.	Значения E в счетчиках с фланцевым соединением (жидкостных)	145
Таблица 53.	Значения C_w в счетчиках с фланцевым соединением	146
Таблица 54.	Стандартные коэффициенты часового расхода жидкостей в счетчиках с трубным соединением	147
Таблица 55.	Поправочные коэффициенты на удельный вес (F_G) кислотных и соляных растворов	148
Таблица 56.	Поправочные коэффициенты на удельный вес (F_G) нефтепродуктов	149
Таблица 57.	Поправочные коэффициенты на объем нефтепродуктов (F_T) при температуре хранения в $15,56^\circ \text{C}$	150
Таблица 58.	Коэффициенты отклонения в расширении для сухого воздуха, не содержащего углекислого газа	163
Таблица 59.	Отклонения для сухого природного газа с промысла Кетямех-Хис, взятого из абсорбера	164
Таблица 60.	Отклонение природного газа (98,7% метана) от закона Бойля	—
Таблица 61.	Перевод коэффициентов	165
Таблица 62.	Перевод коэффициентов	—
Таблица 63.	Деление сечения труб для отсчетов по трубке Пито	171
Таблица 64.	Теплоемкость разных промышленных газов	177
Таблица 65.	Сводные данные опытов, произведенных над объемным счетчиками, счетчиками Вентури, счетчиками с электрическим регистрирующим аппаратом и счетчиками Томаса	178
Таблица 66.	Стоимость эксплуатации счетчика Томаса в течение трех лет	—
Таблица 67.	Стоимость обслуживания счетчика Томаса в течение трех лет	—
Таблица 68.	Характеристика счетчиков Томаса	179
Таблица 69.	Необходимые для испытания расходы газа, отнесенные к атмосферному давлению и дающие ту же потерю давления в счетчике, какая имеет место в эксплуатационных условиях	180
Таблица 70.	Таблица величин h в сантиметрах H_2O для контрольного счетчика с одним отверстием	182
Таблица 71.	Приблизительная пропускная способность отверстий контрольных скоростных счетчиков для низких давлений	183
Таблица 72.	Величины h для контрольных счетчиков со многими отверстиями	186

Таблица 73. Отношение теплосмкостей (разных) газов k	189
Таблица 74. Коэффициенты F для температур и отношений теплосмкостей	190
Таблица 75. Коэффициенты для температуры и отношения удельных теплосмкостей k	191
Таблица 76. Коэффициенты для числовых значений k	192
Таблица 77. Коэффициенты для удельного веса	195
Таблица 78. Процент погрешности для контрольного счетчика с пропускной способностью $0,0566 \text{ м}^3$	—
Таблица 79. Процент погрешности для контрольного счетчика с пропускной способностью $0,14 \text{ м}^3$	196
Таблица 80. Процент погрешности для контрольного счетчика с пропускной способностью $0,283 \text{ м}^3$	197
Таблица 81. Размеры и характеристики американских счетчиков типа „В“, заключенных в корпусе из оцинкованной стали	198
Таблица 82. Размеры и характеристики американских счетчиков типа „А“, заключенных в корпусе из оцинкованной стали	—
Таблица 83. Размеры и характеристики счетчиков, заключенных в цинковые корпуса (J. J. Griffin Co)	199
Таблица 84. Размеры и характеристики счетчиков, заключенных в цинковые корпуса (Lambert Meter Co)	—
Таблица 85. Размеры и характеристики счетчиков, заключенных в цинковые корпуса (Superior Meter Co)	200
Таблица 86. Размеры и характеристики счетчиков, заключенных в железные корпуса	—
Таблица 87. Размеры и характеристики счетчиков, заключенных в железные корпуса (American Meter Co)	201
Таблица 88. Размеры и характеристики счетчиков Етсо	202
Таблица 89. Размеры и характеристики счетчиков типа Вестингауз	—
Таблица 90. Размеры и характеристики счетчиков типа Copperstville, рассчитанных на низкое давление	203
Таблица 91. Размеры и характеристики счетчиков типа Copperstville на высокое давление	204
Таблица 92. Пропускная способность объемных мокрых стационарных счетчиков	—
Таблица 93. Таблица Гесса для вычисления объема газа при различных давлениях и температурах	207
Таблица 94. Сравнительные данные для газопроводов высокого давления	214
Таблица 95. Рабочие давления в разных трубах при различной толщине стенки и разных напряжениях	215
Таблица 96. Сравнение формул для трубопроводов	216
Таблица 97. Эквивалентные длины труб, которые надо прибавлять к полученным величинам для учета трения в поворотных коленах и тройниках	217
Таблица 98. Пропускная способность газопровода диаметром $1''$ и длиной 1 км при различных давлениях в $\text{м}^3/\text{сутки}$	218
Таблица 99. Множитель диаметр — длина	223
Таблица 100. Множитель температуры удельного веса	224
Таблица 101. Внутренний диаметр труб и значения $d 5\frac{1}{8}$	—
Таблица 102. Поправочные коэффициенты	225
Таблица 103. Дополнительные длины труб от $\frac{1}{4}$ до $6\frac{5}{8}''$	235
Таблица 104. Эквивалентные длины труб от 4 до $30''$	—
Таблица 105. Стоимость постройки и оборудования компрессорных станций	236
Таблица 106. Вес труб с плоскими концами	247
Таблица 107. Константа Spitzglass'a	262
Таблица 108. Величины R и R^2	263
Таблица 109. Эквивалентность труб	278
Таблица 110. Объемы канав	279
Таблица 111. Излишек земли для канав разных диаметров труб	280
Таблица 112. Ширина канав в зависимости от диаметра труб	—
Таблица 113. Эквивалентные длины для кранов	281
Таблица 114. Диаметр линии, диаметр гило-трубки и количество потребного бетона	282

Таблица 115.	Материалы, требуемые для стыков чугунных труб	283
Таблица 116.	Материалы, требуемые для заделки раструбов	—
Таблица 117.	Стандартные газгольдеры низкого давления	293
Таблица 118.	Размеры газгольдеров и величины их поверхностей, покрываемых краской	294
Таблица 119.	Безводные газгольдеры системы Barlett — Hayward'a	296
Таблица 120.	Безводные газгольдеры системы Stacey — Kloppe	—
Таблица 121.	Газгольдеры высокого давления (цилиндрические)	297
Таблица 122.	Малые газгольдеры высокого давления системы Horton'a	298
Таблица 123.	Газгольдер высокого давления	—
Таблица 124.	Горизонтальные газгольдеры высокого давления	—
Таблица 125.	Вертикальные газгольдеры высокого давления	299
Таблица 126.	Количество, расположение и размер прихваток	305
Таблица 127.	Величины L для различных размеров труб и углов	307
Таблица 128.	Характеристика тока для стальных рельсов	317
Таблица 129.	Характеристика тока для стальных труб	—
Таблица 130.	Характеристика тока для труб из ковкого железа	318
Таблица 131.	Характеристика тока для стандартных газовых труб (отливка в песчаной форме)	—
Таблица 132.	Характеристика тока для свинцовых труб	319
Таблица 133.	Контактный ряд металлов	320
Таблица 134.	Ряд электродвижущей силы металлов	—
Таблица 135.	Приближительная потеря в весе металла от электролиза	—
Таблица 136.	Спецификация изолирующих соединений для дымовых трубопроводов марки „U. G. L.“	321
Таблица 137.	Классификация труб по степени коррозии	330
Таблица 138.	Материалы для трубного покрытия на 1 км трубы	331
Таблица 139.	Предохранительные покрытия для подземных труб	—
Таблица 140.	Поток газа в трубах в $\text{м}^3/\text{час}$ при перепаде давления 5,08 и 12,7 мм водяного столба и удельного веса 0,45 (формула Spitzglass'a)	335
Таблица 141.	Поток газа в трубах в $\text{м}^3/\text{час}$ при перепаде давления 5,08 и 12,7 мм водяного столба и удельного веса 0,65 (формула Spitzglass'a)	336
Таблица 142.	Множители для перевода потока газа удельного веса 0,65 в поток для газа иного удельного веса	337
Таблица 143.	Множители для перевода потока газа при перепаде давления 5,08 мм водяного столба в поток газа при иных перепадах давления	—
Таблица 144.	Множители для перевода потока газа для трубы длиной L м в поток для труб длиной в N раз больших	—
Таблица 145.	Длина трубы, добавляемая на каждое колено или тройник на газопроводе	—
Таблица 146.	Длина трубы, добавляемая на каждый вентиль на газопроводе	338
Таблица 147.	Расчет ответвлений к приборам	—
Таблица 148.	Метод подсчета минимальных размеров, применяемых для вертикальных труб	—
Таблица 149.	Поток газа (удельный вес 0,45) в трубах при падении давления, составляющего 5% от начального по манометру (формула Spitzglass'a)	341
Таблица 150.	Поток газа (удельный вес 0,65) в трубах при падении давления, составляющего 5% от начального по манометру (формула Spitzglass'a)	342
Таблица 151.	Количество параллельных горизонтальных газопроводов различных размеров, которым можно заменить один газопровод диаметром, равным диаметру дымохода	347
Таблица 152.	Коэффициенты относительной пропускной способности для параллельных вытяжек в бытовых и промышленных установках (для равного падения давления)	351
Таблица 153.	Отрезки дымоходов различных диаметров, имеющие одинаковую пропускную способность для одной и той же разности давлений	354

Таблица 154.	Требования, предъявленные к некоторым общепринятым газовым установкам	355
Таблица 155.	Пропускная способность нагревателя непрерывного действия в <i>л/мин</i> при повышении температуры от 15,5 до 49° С	357
Таблица 156.	Количество кранов, которые можно применять одновременно от нагревателей непрерывного действия	—
Таблица 157.	. . . . .	359
Таблица 158.	. . . . .	—
Таблица 159.	. . . . .	360
Таблица 160.	Число смен воздуха в час, исключая вентиляцию	—
Таблица 161.	. . . . .	361
Таблица 162.	Размер сечения соединений для холодного воздуха и решеток для возврата воздуха	365
Таблица 163.	. . . . .	374
Таблица 164.	Коэффициент истечения. Приближенные сопротивления трубки газовой горелки	381
Таблица 165.	Размеры газовой горелки для газов различной плотности и теплотворной способности	386
Таблица 166.	Размеры атмосферных трубчатых горелок	387
Таблица 167.	Мощность атмосферных трубчатых горелок в <i>м³/час</i>	388
Таблица 168.	Температурные пределы различных применяемых в промышленности рабочих процессов по нагреву	390
Таблица 169.	Выбор приборов для автоматического регулирования температуры	392
Таблица 170.	Температура плавления конусов Зегера	396
Таблица 171.	Пределы теплового напряжения в печах общепринятых типов	—
Таблица 172.	. . . . .	397
Таблица 173.	Термические свойства и веса простых металлов-элементов	398
Таблица 174.	Термические данные по металлическим сплавам	399
Таблица 175.	Типичные результаты фактического применения газа для плавки металла	400
Таблица 176.	Типичные результаты применения газа к различным рабочим процессам тепловой обработки	403
Таблица 177.	Температуры отжига для углеродистых сталей	404
Таблица 178.	Температура закалки для углеродистых сталей	—
Таблица 179.	Типичные коэффициенты полезного действия, взятые из испытаний, фактически проведенных на печах	407
Таблица 180.	Результаты испытаний парового котла	408
Таблица 181.	. . . . .	415
Таблица 182.	. . . . .	416
Таблица 183.	. . . . .	417
Таблица 184.	. . . . .	—
Таблица 185.	. . . . .	—
Таблица 186.	. . . . .	418
Таблица 187.	Эквиваленты газа и электричества	420
Таблица 188.	Эквиваленты газа и нефти	421
Таблица 189.	Эквиваленты газа и угля или кокса	422
Таблица 190.	Эквиваленты для естественного газа, нефти и каменного угля в паровых котлах	—

Глава I

ИСПЫТАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ

(Перевод М. Г. Гурвича)

1. ГАЗОВЫЙ АНАЛИЗ

В описываемых методах реагенты для поглощения отдельных газов применяются в следующем порядке:

1) H_2S — поглощается (но не определяется) раствором треххлористого мышьяка, подкисленным соляной кислотой.

2) CO_2 , C_2N_2 , HCl , SO_2 — поглощаются раствором едкого кали или едкого натра.

3) C_2H_2 , C_2H_4 , C_3H_4 , C_4H_2 , C_6H_6 — поглощаются при отсутствии высших парафинов дымящей серной кислотой или смесью сернокислой меди и β -нафтола.

4) O_2 — поглощается щелочным раствором пирогаллола или хлористым хромом. Если употребляется последний, то O_2 может быть поглощен ранее (2) или (3).

5) CO — поглощается полухлористой медью или смесью Cu_2SO_4 и β -нафтола. Может быть также определена или во взрывной пипетке, или путем сожжения с кислородом, или окислением при пропускании через нагретую окись меди.

6) H_2 — определяется или во взрывной пипетке, или при сожжении с кислородом, или же окислением при пропускании через нагретую окись меди.

7) CH_4 и C_2H_6 — определяются во взрывной пипетке или путем сожжения с кислородом.

8) C_2H_2 и C_4H_{10} — определяются сожжением с кислородом.

9) N_2 и другие инертные газы, встречающиеся в воздухе, определяются по разности.

В случае, если определение отдельных компонентов идет не в указанном выше порядке, возможны ошибки вследствие того, что некоторые растворы будут поглощать не один какой-либо компонент, а несколько. Растворы, употребляемые для поглощения некоторых компонентов, могут поглощать и другие компоненты, как это указано выше. Исключение составляет хлористый хром. Если этот реагент применяется для поглощения кислорода, то последний может быть поглощен раньше или позже углекислого газа. В случае определения CO , H_2 , CH_4 и C_2H_6 путем сожжения присутствие других горючих газов, упомянутых выше, мешает анализу.

Когда известно, что один или несколько из приведенных компонентов отсутствует в анализируемой газовой смеси, или когда производство полного анализа не требуется, может быть вполне применен упрощенный порядок газового анализа.

Сведения о приготовлении и свойствах различных реагентов приводятся ниже.

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРИ ГАЗОВОМ АНАЛИЗЕ

В табл. 1 приведены вычисления, применяемые при анализе газовых смесей. Исключение погрешностей газового анализа, обусловленных предположением, что молекулярные объемы всех газов равны. Вышеприведенные расчеты основаны на том предположении, что молекулярные объемы всех газов равны. Углекислота и этан уклоняются от этой закономерности. Поэтому, когда пар-

Расчет анализа газа

Отсчеты объемов газа	Смислов	Вычисления	Результаты в процентах объема	
Объем газа, взятого для анализа	100,0	a	—	—
Объем после поглощения CO ₂	94,1	b	$a - b = 100 - 94,1 = 5,9$	CO ₂ 5,9
Объем после поглощения непредельных углеводородов . . .	93,5	c	$b - c = 94,1 - 93,5 = 0,6$	Непредельные
Объем после поглощения кислорода . . .	93,3	d	$c - d = 93,5 - 93,3 = 0,2$		O_{2} 0,2
Объем после пропуска газа через трубку с окисью меди . . .	74,0	e	$d - e = 93,3 - 74 = 19,3$	H ₂ 19,3
Объем после поглощения углекислоты, образовавшейся в трубке с окисью меди	70,9	f	$e - f = 74,0 - 70,9 = 3,1$	CO 3,1
Объем газа, взятого для сжигания	30,0	g	—	—
Объем кислорода, взятого для сжигания	90,0	h	$g + h = 30,0 + 90,0 = 120 =$ = общему объему газа перед сжиганием	—
Объем после сжигания	60,6	k	$g + h - k = 120 - 60,6 = 59,4 =$ = контракции (уменьшение объема), полученной благодаря конденсации воды при сжигании	—
Объем после поглощения углекислоты, образовавшейся при сжигании	27,2	l	$k - l = 60,6 - 27,2 = 33,4 =$ = объему образовавшейся углекислоты	—
Объем C ₂ H ₄ в части газа, взятой для сжигания	—	m	$m = \frac{2}{3} (2 \text{ объема CO}_2 - \text{контракция}) = \frac{2}{3} (2 \cdot 33,4 - 59,4) = 4,93$	—
Объем CH ₄ в части, взятой для сжигания	—	n	$n = \text{объем CO}_2 - 2 \text{ объема C}_2\text{H}_4 = 33,4 - 2 \cdot 4,93 = 23,6$	—
Объем C ₂ H ₆ в первоначальной пробе газа	—	p	$p = \frac{mf}{g} = \frac{4,93 \cdot 70,9}{30,0} = 11,6$	C ₂ H ₆ 11,6
Объем CH ₄ в первоначальной пробе газа	—	q	$q = \frac{nf}{g} = \frac{23,6 \cdot 70,9}{30,0} = 55,7$	CH ₄ 55,7
Объем N ₂ в первоначальной пробе газа	—	—	По разности	N ₂ 3,6
Итого			—	100,0

циальные давления этих двух газов высоки в газовых смесях, при определении парафиновых углеводородов с помощью сжигания должны быть введены поправки.

Следующие уравнения позволяют произвести точные вычисления в газовом анализе:

$$C_2H_6 = \frac{d_3 C - (d_1 + 2 - d_2) CO_2}{d_3 (d_2 - 0,5 - 2d_1)} ;$$

$$CH_4 = \frac{CO_2}{d_1} - 2C_2H_6$$

где C_2H_6 — объем этана в части газа, взятой для сжигания (теоретический объем, который занял бы этан, если бы он был идеальным газом);

CH_4 — объем метана в части газа, взятой для сжигания;

d_1 — молекулярный объем метана (объем идеального газа равен единице) при парциальном давлении, под которым он находится в части газа, взятой на сжигание;

d_2 — молекулярный объем этана (объем идеального газа равен единице) при парциальном давлении, под которым он находится в части газа, взятой на сжигание;

d_3 — молекулярный объем углекислоты при парциальном давлении, под которым она находится в газовой смеси, образовавшейся после сжигания;

CO_2 — наблюдаемая контракция (уменьшение объема) вследствие поглощения углекислоты;

C — наблюдаемая контракция вследствие конденсации водяных паров.

В табл. 2 и 3 приведены значения для d_1 и d_2 при различных парциальных давлениях. При парциальном давлении, равном 760 мм; $d_1 = 0,999$. Таким образом, возможно во всех анализах брать величину $d_1 = 1,000$ без внесения этих заметных ошибок в аналитические расчеты.

Таблица 2

Таблица 3

Молекулярные объемы (идеальный газ равен 1,000) углекислоты при 20° С и различных парциальных давлениях

Давление в мм ртутного столба	Молекулярный объем
100	0,999
200	0,999
300	0,998
400	0,997
500	0,997
600	0,996
700	0,995
760	0,995

Молекулярные объемы (идеальный газ равен 1,000) этана при 0° С и различных парциальных давлениях

Давление в мм ртутного столба	Молекулярный объем
100	0,999
200	0,997
300	0,996
400	0,995
500	0,994
600	0,992
700	0,991
760	0,990

Бюррель и Зейберт¹ в труде „Ошибки в газовом анализе, происходящие в предположении, что молекулярные объемы всех газов одинаковы“, замечают:

„Если парциальные давления метана и углекислоты во время анализа держатся ниже 30% то ошибки, полученные вследствие отклонения молекулярных объемов от молекулярного объема идеального газа, могут не приниматься во внимание.

ПОГЛОТИТЕЛИ²

Поглотители для углекислоты (CO_2). Едкий кали и едкий натр. Для определения углекислоты употребляются растворы едкого кали и едкого натра,

¹ Bur. Minn., Tech. Paper, 54.

² Сведения о поглотителях и методах анализа взяты из „Methods of the Chemists of the United States Steel Corporation for the Sampling and Analysis of Gases“.

причем одни аналитики отдают предпочтение первому, другие — второму поглотителю. Различными авторами рекомендуются концентрации едкого кали и едкого натра, значительно различающиеся между собой; однако для обычных целей газового анализа лучше всего готовить растворы в следующих пропорциях:

Раствор едкого кали

Едкий кали (чистый, электролитический) 360 г
 Дистиллированная вода в количестве, необходимом для до-
 ведения раствора до 1000 см³

Раствор едкого натра

Едкий натр (чистый, электролитический) 315 г
 Дистиллированная вода в количестве, необходимом для
 доведения раствора до 1000 см³

Эти растворы одинаково пригодны для поглощения углекислоты. Существует мнение, что раствор едкого кали обладает большими поглотительными способностями и большей скоростью поглощения, нежели раствор едкого натра; однако раствор едкого натра значительно дешевле и не образует пены при барботировании через него газа, как это имеет место в случае едкого кали. В обоих случаях должны применяться КОН и NaOH, очищенные электролизом, так как эти же щелочи употребляются и при изготовлении растворов пирогаллола для определения кислорода. Едкие щелочи, очищенные спиртом, заставляют эти растворы выделять окись углерода.

Если газовая смесь содержит компоненты кислотного характера, как-то: дву-окись серы, сероводород или циан, то эти компоненты должны быть удалены раньше, нежели будет определена углекислота; иначе они будут поглощены едкой щелочью и, таким образом, будут приняты за углекислоту. Едкие щелочи также поглощают некоторые непредельные углеводороды (в частности, бензол) до насыщения.

Едкий барий. Когда количество углекислоты, содержащейся в анализируемом газе, очень невелико и приближается к содержанию углекислоты в воздухе, некоторые аналитики предпочитают поглощение углекислоты баритовой водой вместо поглощения более сильными щелочами. Этот поглотитель обычно употребляется в тех случаях, когда нужно произвести определение углекислоты титрованием. В большинстве случаев этот метод позволяет произвести определение с большой точностью. Употребляющийся для этих целей раствор содержит в литре 14 г гидрата окиси бария и 1 г хлористого бария; последний вводится для обеспечения лучшей конечной точки анализа. 1 см³ этого раствора равнозначен приблизительно 1 см³ углекислоты, измеренной при нормальных условиях. Раствор стандартизуется щавелевой кислотой, приготовляемой путем растворения 5,3653 г чистой кристаллической щавелевой кислоты в 1 л свежekiпящей дистиллированной воды. В качестве индикатора употребляется фенолфталеин. В сосуд, содержащий 1 л (или больше) газа, вводят через капельную воронку точно измеренное количество гидрата окиси бария и хорошо встряхивают. Избыток гидрата бария оттитровывается щавелевой кислотой.

Поглотители для непредельных углеводородов (этилен, пропилен, ацетилен, бутулен, бензол и более тяжелые углеводороды). **Дымящая серная кислота.** Если нет необходимости в отдельном определении каждого из компонентов, то употребляется дымящая серная кислота. Для большей надежности определений свежая кислота должна содержать избыток в 15—20% SO₃.

Кислота может быть или покупной, или приготовляться путем нагревания концентрированной кислоты в реторте, соединенной с охлаждаемым приемником, содержащим чистую концентрированную серную кислоту. Таким образом, SO₃, поступающий из реторты в приемник, абсорбируется находящейся в нем серной кислотой. Реагент годится для употребления только до тех пор, пока в нем имеется избыток SO₃, показателем чего служит сильное выделение дыма.

Реагент поглощает также и высшие углеводороды парафинового ряда, как-то: пентав (C₅H₁₂) и гексан (C₆H₁₄), так как последние растворяются. Олефины, как этилен (C₂H₄) и пропилен (C₃H₆), ароматические углеводороды, как бензол (C₆H₆), а также ацетилен (C₂H₂), поглощаются вследствие химической реакции. При этом этилен переходит в C₂H₄S₂O₇, бензол — в C₆H₄SO₃, а ацетилен — в C₂H₂SO₄. 1. пр