

Датчики Winsen для контроля качества воздуха

Я помню день переезда в новый офис. Неповторимый запах свежего ремонта, чистые, без единого пятнышка, стены, пол и потолок. Новый стол, еще не заваленный рабочими бумажками, расположенный так, как мне хочется – возле большого окна, из которого видно половину города.

Однако очень скоро появилось подозрение, что что-то пошло не так. Когда в очередной раз ухудшилось самочувствие, стало понятно, что в офисе проблемы с вентиляцией. Пришлось идти на компромиссы: жить с открытой форточкой и зимой, и летом, а также отодвинуть стол от любимого окна. Тогда мне очень не хватало какого-нибудь устройства, способного проверять качество воздуха в помещении и хотя бы «пищать» о том, что все плохо. К сожалению, в 2003 году приобрести подобные приборы было непросто, а компания Winsen, о продукции которой пойдет речь в этой статье, только начинала свою историю.

Но все меняется, и сегодня компания Zhengzhou Winsen Electronics Technology Corp., Ltd уверенно занимает лидирующие позиции на рынке газоанализаторов. Секретом успеха являются многолетние исследования, богатый опыт производства, а также активное использование собственных передовых технологий. Основу команды Winsen составляют 50 талантливых инженеров, которые на основе 8 типов технологий, защищенных 80 патентами, разработали газоанализаторы для всех сфер практического применения. На 15 производственных линиях, расположенных в здании общей площадью 30 000 м² выпускается около 400 видов приборов, предназначенных для измерения концентрации различных газов. Ежегодно компания продает около 15 миллионов устройств, 70% из которых приходится на рынок Китая. На сегодняшний день бренд Winsen заслуженно является одной из самых известных торговых марок.





Рисунок 1 – Компания Zhengzhou Winsen Electronics Technology Corp., Ltd

Области применения газоанализаторов

Самая востребованная область применения газоанализаторов – контроль качества воздуха в помещениях, где живут и работают люди. Под словом «работают» подразумевается работа, не сопряженная с тяжелыми технологическими процессами. Под эту категорию попадают жилые дома, торговые центры, супермаркеты, гостиницы, офисные здания, автостоянки, кинотеатры, тренажерные залы, библиотеки и аналогичные помещения. В данном случае необходимость контроля качества воздуха обусловлена наличием внешних и внутренних загрязнителей, в том числе и неисправностями системы кондиционирования, а также плохим качеством наружного воздуха в крупных городах. Согласно современным санитарным нормам в число контролируемых параметров может входить температура, влажность, концентрация углекислого газа (CO_2), озона (O_3), летучих органических веществ (ЛОВ) (Volatile Organic Compounds – VOC): углеводородов, альдегидов, спиртов, кетонов и других, а также уровень задымленности и запыленности.

Для данного направления компания Winsen предоставляет широкий ассортимент продукции (Таблица 1), позволяющий проводить все необходимые измерения. В зависимости от конкретной задачи можно приобрести как простые датчики, формирующие электрический сигнал пропорциональный анализируемому параметру, так и законченные модули, осуществляющие комплексный контроль качества воздуха с передачей информации по распространенным интерфейсам, например, UART или I²C, световой и звуковой сигнализацией.

Подобный список контролируемых параметров воздуха используется в сельском хозяйстве. Как для растениеводства, так и для животноводства, температура, влажность и концентрация углекислого газа в воздухе играют ключевую роль. Выход этих параметров за пределы допустимых значений может оказать существенное влияние как на урожайность посевов, так и на численность поголовья скота. Дополнительно к этому списку добавляется контроль концентрации аммиака (NH_3) и сероводорода (H_2S), играющих

важную роль в процессе обмена веществ растений и животных. На сегодняшний день постоянный мониторинг контроля качества воздуха для предприятий сельского хозяйства является жизненно важным звеном производственного процесса, без которого очень сложно получить продукцию требуемого качества.

Таблица 1 – Датчики качества воздуха в помещениях

Модель	Описание (контролируемые параметры)
MP502 Air-Quality Gas Sensor	Датчик качества воздуха (ЛОВ, толуол, формальдегид, бензол, спирт, ацетон и т. д.)
MP503 Air-Quality Gas Sensor	Датчик качества воздуха (алкоголь, дым, ЛОВ и другие)
MP901 Air-Quality Gas Sensor	Датчик качества воздуха (спирт, дым, формальдегид, толуол, ацетон, бензол, бытовой газ, пары краски и т. д.)
ZPH01 Particles Sensor- Manual	Датчик концентрации пыли (твердые частицы более 1 мкм)
ZPH01 Particles and VOC Module-Manual	Датчик качества воздуха и концентрации пыли (формальдегид, бензол, угарный газ, водород, спирт, аммиак, сигаретный дым, твердые частицы более 1 мкм)
ME2-CH2O-Ф16 Formaldehyde sensor,ME2- CH2O-16×15 Formaldehyde sensor	Датчик формальдегида
ZE07-CH2O-Manual, ZE08-CH2O Manual	Электромеханические датчики для измерения концентрации ЛОВ (формальдегид, этанол и т.п.)
ZP01-MP503 Air-Quality Monitoring Module, ZP07-MP901 Air-Quality Detection Module	Датчики качества воздуха (формальдегид, бензол, угарный газ, водород, спирт, аммиак, сигаретный дым, ароматические вещества и т.д.)
MH-Z14A NDIR CO2 SENSOR MH-Z16 NDIR CO2 SENSOR MH-Z19 NDIR CO2 SENSOR	Датчики углекислого газа
MQ131 High Concentration Ozone Gas Sensor, MQ131 Low Concentration Ozone Gas Sensor	Датчики озона

Для сельского хозяйства компания Winsen предлагает ассортимент датчиков (Таблица 2), позволяющий комплексно решать задачи контроля качества воздуха как для аграрного сектора, так и для сектора животноводства. В отличие от жилых и рабочих помещений, сельскохозяйственные ангары стараются размещать в зонах с меньшим уровнем экологического загрязнения, поэтому перечень контролируемых газов для этого сектора меньше. Но, в то же время, концентрация некоторых газов, например CO₂, может значительно превышать допустимый уровень для помещений, рассчитанных для человека, поэтому пределы измерений датчиков для сельского хозяйства могут отличаться от датчиков, разработанных для жилых помещений.



Рисунок 2 – Датчики качества воздуха в помещениях

Еще большее количество параметров необходимо контролировать в автомобильной отрасли. Являясь источником загрязнения воздуха планетарного масштаба, транспортные средства должны соответствовать современным жестким требованиям по уровню выбросов ядовитых веществ, в числе которых угарный (CO) и углекислый газы (CO₂), оксид азота (NO₂), пыль и многие другие. Кроме контроля состояния автомобиля на стадиях производства и технического обслуживания постоянный мониторинг качества воздуха в салоне является обязательным условием его безопасной эксплуатации. Из-за малого объема попадание в кабину даже небольшого количества выхлопных газов может спровоцировать обморок водителя. Контроль концентрации паров топлива поможет вовремя обнаружить повреждения топливной системы и предотвратить возгорание транспортного средства. И последней спецификой автомобильного направления является контроль состояния водителя, в том числе и концентрация паров алкоголя (этанола – C₂H₅OH) в его дыхании.

Для автомобильной отрасли компания Winsen предлагает комплект приборов (Таблица 3), учитывающий всю специфику транспортных средств и позволяющий проводить измерения как в условиях промышленного производства, так и в процессе эксплуатации автомобилей.

Таблица 2 – Датчики для сельского хозяйства

Модель	Пределы измерения	Описание
MS-Z2 Temperature & Humidity Sensing	10...90% 0...60°C	Датчик температуры и влажности
MZS-001 Humidity Module MZS-002 Humidity Module		Датчик влажности
MH-410D NDIR CO2 SENSOR	0...5%	Датчик углекислого газа
MH-Z14 NDIR CO2 SENSOR	0...10 000 ppm	Датчик углекислого газа
MG811 Solid Electrolyte CO2 Gas Sensor	350...10 000 ppm	Датчик углекислого газа
ME3-NH3 Electrochemical Ammonia Sensor	0...50 ppm	Датчик аммиака
ME3-H2S Hydrogen Sulfide Sensor	0...100 ppm	Датчик сероводорода



Рисунок 3 – Датчики для сельского хозяйства

Самый большой список контролируемых параметров качества воздуха имеет промышленный сектор, особенно химическая отрасль – ведущий локомотив мировой экономики. Для промышленных предприятий устанавливаются жесткие лимиты и квоты на количество выбрасываемых вредных веществ, круглосуточно контролируемые соответствующими органами. Поэтому измерение концентрации различных газов является не только ключевым звеном технологического процесса, но и важным элементом системы экологической и, как следствие, экономической безопасности предприятия. Список газов во многом определяется спецификой предприятия. Как правило, в его состав входят диоксид серы (SO₂), монооксид (NO) и двуокись азота (NO₂), угарный (CO) и углекислый газ (CO₂), кислород (O₂), озон (O₃), сероводород (H₂S), аммиак (NH₃), водород (H₂), хлор (Cl), углеводороды и многие другие. Кроме концентрации газов для промышленных предприятий необходимо контролировать также уровень запыленности и прозрачности воздуха производственных помещений и дымовых газов.

Таблица 3 – Датчики для автомобильной техники

Модель	Пределы измерения	Описание
ME2-CO Electrochemical Carbon Monoxide Sensor with UL certificate	0...1000 ppm	Датчик угарного газа (CO)
ME2-CH2O-Ф16 Formaldehyde sensor	0...10 ppm	Датчик формальдегида (CH ₂ O)
ME2-C2H5OH-Ф16 Alcohol sensor	0...1 мг/л	Датчик алкоголя (C ₂ H ₅ OH)
MQ303B Semiconductor Alcohol Sensor	20...500 ppm	Датчик алкоголя (C ₂ H ₅ OH)
MP-4 Nature Gas Sensor/ Combustible gas sensor	300...10000 ppm	Датчик природного газа (CH ₄)
MP503 Air-Quality Gas Sensor	10...1000 ppm (алкоголь)	Датчик качества воздуха (алкоголь, сигаретный дым, ЛОВ и пр.)
MH-Z19B NDIR CO2 SENSOR	0...2000 ppm 0...5000 ppm	Датчик углекислого газа



Рисунок 4 – Датчики для автомобильной техники

Для промышленного направления компания Winsen представляет целые серии датчиков (Таблица 4), способных не только измерять концентрацию большого количества разнообразных газов, но и контролировать его расход (серия Flow sensor), что позволяет осуществлять эффективный контроль на всех этапах производства. Предлагаемые датчики могут использоваться как в составе бортового и стационарного оборудования, так и в портативных передвижных лабораториях.

Таблица 4 – Промышленные газоанализаторы

Модель	Описание
Серия MC11	Каталитические датчики для определения концентрации горючих газов
Серия ME2	Электромеханические датчики для определения концентрации кислорода O ₂
Серии ME3, ME4	Электромеханические датчики для определения концентрации CO, SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , H ₂ , Cl ₂ , NO ₂ , O ₃ и др.
NDIR Gas Sensor MH-440D, MH-410D, MH-710A, MH-741A	Недисперсионные инфракрасные датчики для определения концентрации углекислого газа CO ₂ и метана CH ₄
Flow Sensor F1012, F1013, F1031, F1022	Датчики для определения скорости движения газа в газопроводах



Рисунок 5 – Промышленные газоанализаторы

Инфракрасные датчики углекислого газа

В основе работы инфракрасных газоанализаторов лежит явление поглощения фотонов молекулами вещества, используемое в спектроскопии. Большинство газов способно поглощать световое излучение определенных длин волн, комбинация которых позволяет судить о его химическом составе. Количество поглощаемого излучения пропорционально количеству молекул, поэтому концентрация определяется простым измерением интенсивности света после прохождения через измерительную камеру. С помощью инфракрасной спектроскопии можно регистрировать наличие большого количества веществ, однако, наибольшую эффективность этот метод имеет при определении концентрации углекислого газа (CO₂).

Особенностью углекислого газа является интенсивное поглощение света с длиной волны 4,26 мкм. Поскольку эта длина волны уникальна для CO₂, то измерения ее интенсивности вполне достаточно для определения его количества в воздухе. Это значительно упрощает устройство регистратора, позволяя использовать простой недисперсионный инфракрасный (Nondispersive Infrared – NDIR) метод измерения.

В качестве источника света в газоанализаторе используется миниатюрная лампа накаливания или светодиод (Рисунок 6). Луч света, проходя через измерительную камеру, освещает фотоэлемент, перед которым устанавливается светофильтр, пропускающий свет только одной длины волны, в данном случае 4,26 мкм. Чем выше концентрация CO₂, тем меньше освещенность фотоэлемента. Для обеспечения высокой чувствительности длина светового пути должна быть как можно больше, поэтому при создании компактных газоанализаторов часто используют многократное отражение луча от внутренних стенок измерительной камеры.

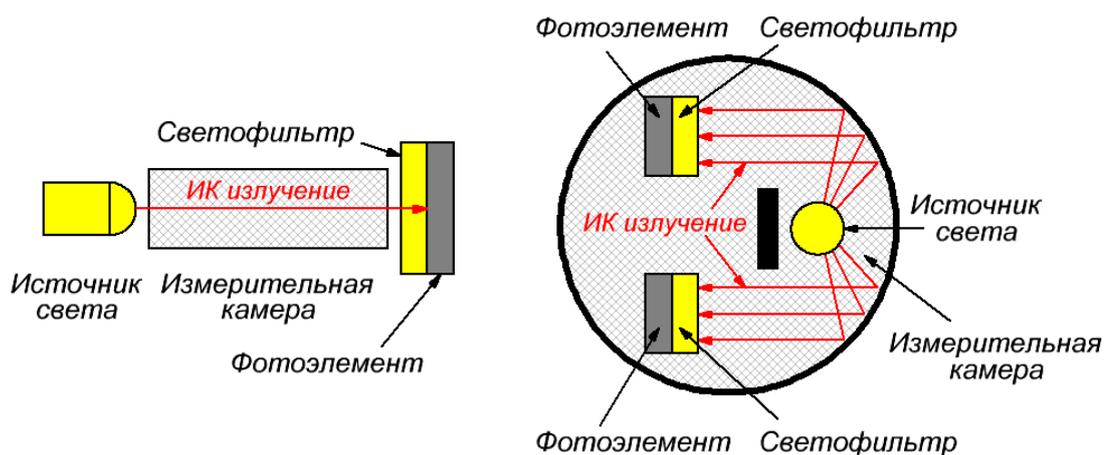


Рисунок 6 – Устройство недисперсионного инфракрасного газоанализатора

Модули для измерения концентрации углекислого газа компании Winsen (Таблица 5), использующие инфракрасный метод, представляют собой малогабаритные термокомпенсированные измерители с высокой селективностью, не зависящей от содержания кислорода в воздухе. Высокое качество модулей достигается за счет сочетания эффективной технологии обнаружения углекислого газа, прецизионной оптической системы и оригинальной схмотехники. Результаты измерений могут быть получены в аналоговом, дискретном (ШИМ) или цифровом виде по интерфейсу UART.

Модули МН-Z1х предназначены для использования в системах отопления, вентиляции и кондиционирования, холодильном оборудовании, приборах для контроля качества и очистки воздуха, интеллектуальных системах типа «Умный дом» или аналогичных. Модули МН-Z19 имеют меньшие габариты и вес, что позволяет создавать на их основе более компактные устройства, что актуально для портативных и автомобильных приложений. Модуль МН-Z14А имеет большую точность измерений, в то время как модуль МН-Z14 имеет более широкий рабочий диапазон, что наилучшим образом подходит для агропромышленного сектора. Особенностью модуля МН-Z16 является наличие измерительной камеры большого объема, благодаря которой уменьшается время отклика, что актуально для учебного оборудования.

Таблица 5 – Характеристики датчиков CO₂

Модель	MH-Z16 NDIR CO2 SENSOR	MH-Z14 NDIR CO2 SENSOR	MH-Z14A NDIR CO2 SENSOR	MH-Z19B NDIR CO2 SENSOR
Диапазон измерений, ppm	0...5 000		0...10 000	0...5 000
Точность, ppm	±(100+6%)		±(50+3%)	±(50+5%)
Напряжение питания, В	4,5...5,5			
Средний потребляемый ток, мА	< 85		< 60	< 20
Выходной сигнал	ШИМ, UART	Аналоговый, ШИМ, UART		
Время готовности, мин	3			
Время отклика, с	< 30	< 90	< 120	< 120
Рабочая температура, °С	0...50			
Рабочая влажность, %	0...95			
Размеры, мм	97×20×17	57,5×34,7×17	57,5×34,7×17	32,5×20,5×9
Срок службы, лет	> 5			



Рисунок 7 – Датчики CO₂

Полупроводниковые газоанализаторы

Чувствительный элемент полупроводниковых газоанализаторов выполнен из оксида металла с очень высокой активностью, обычно SnO₂ (Рисунок 8). При нагревании его поверхности до определенной температуры начинается абсорбция атомов кислорода воздуха, в результате которой они ионизируются, что приводит к увеличению сопротивления чувствительного элемента. При наличии в воздухе газа уровень ионизации атомов кислорода уменьшается, что приводит к уменьшению сопротивления полупроводника. Таким образом, измерением сопротивления чувствительного элемента можно определять концентрацию большого количества газов.

Недостатками полупроводниковых газоанализаторов является низкая селективность и зависимость результатов измерений от концентрации кислорода в воздухе. Однако простота, малые масса, габариты и низкая стоимость обусловили их массовое использование. На сегодняшний день компания Winsen предоставляет своим клиентам широкий спектр полупроводниковых газоанализаторов общего назначения (Таблица 6 – Таблица 8), с помощью которых можно определять концентрацию большого количества газов.

Таблица 6 – Характеристики датчиков горючих газов

Модель	MQ-2 Smoke Sensor	MQ-4 Methane Gas Sensor/ LNG Detection Gas Sensor	MQ-5 LPG Detection Sensor	MQ-6 Propane LPG Flammable Gas Sensor	MQ-8 Hydrogen Sensor
Газ	Легковоспламеняющийся газ, дым	Метан	Сжиженный газ, метан	Сжиженный газ	Водород
Диапазон измерений, ppm	300...10 000 (газ)	300...10 000 (CH ₄)	300...10 000 (CH ₄ , C ₃ H ₈)	300...10 000 (C ₃ H ₈)	100...1 000 (H ₂)
Напряжение контура	≤ 24В (DC)				
Напряжение подогревателя	5 В ±0,1 В (DC или AC)				
Мощность подогревателя	≤ 950 мВт				≤ 900 мВт
Чувствительность	Rs (воздух) /Rs (2 000 ppm C ₃ H ₆) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (5 000 ppm CH ₄) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (2 000 ppm C ₃ H ₆) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (2 000 ppm C ₃ H ₆) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (1 000 ppm H ₂) ≥ 5
Время прогрева	Не менее 48 часов				

Таблица 7 – Характеристики датчиков угарного газа и алкоголя

Модель	MQ-7B Carbon Monoxide Sensor	MQ-9B CO & CH ₄ Detection Sensor	MQ3B Semiconductor Alcohol Sensor	MQ303B Semiconductor Alcohol Sensor
Газ	Угарный газ (CO)	Угарный газ (CO), метан (CH ₄)	Этанол (C ₂ H ₅ OH)	
Диапазон измерений, ppm	10...500 (CO)	10...500 (CO) 300...10 000 (CH ₄)	25...500 (C ₂ H ₅ OH)	
Напряжение контура	≤ 10 В (DC)		≤ 24 В (DC)	≤ 6 В (DC)
Напряжение подогревателя	5 В ±0,1 В (DC или AC) (High temp) 1,5 В ±0,1 В (DC или AC) (Low temp)		5 В ±0,1 В (DC или AC)	0,9 В ±0,1 В (DC или AC)
Мощность подогревателя	≤ 900 мВт		≤ 900 мВт	≤ 140 мВт
Чувствительность	Rs (воздух) /Rs (150 ppm CO) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (150 ppm CO) ≥ 5 Rs (воздух) /Rs (5 000 ppm CH ₄) ≥ 3	Rs (воздух) /Rs (125 ppm C ₂ H ₅ OH) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (125 ppm C ₂ H ₅ OH) ≥ 3
Время прогрева	Не менее 48 часов			

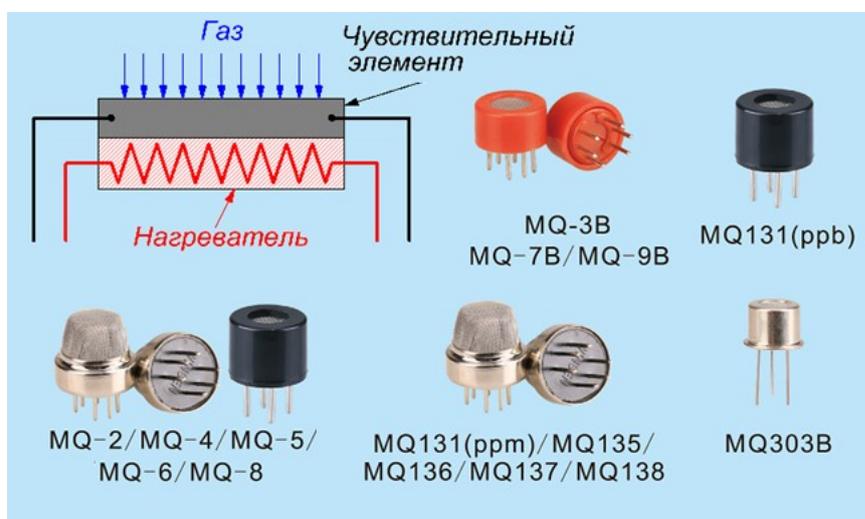


Рисунок 8 – Полупроводниковые газоанализаторы

Таблица 8 – Характеристики датчиков токсичных газов

Модель	MQ131 Ozone Gas Sensor		MQ135 Semiconductor Sensor for Air Quality	MQ136 Hydrogen Sulfide Gas Sensor	MQ137 Ammonia Gas Sensor	MQ138 VOC Gas Sensor
Газ	Озон		Аммиак, сульфиды, бензолные соединения	Сероводород	Аммиак	Толуол, ацетон, этанол, водород
Диапазон измерений	10...10 000 ppm	10...10 000 ppb	10...1 000 ppm (NH ₃ , C ₇ H ₈ , H ₂ , дым)	10...200 ppm (H ₂ S)	5...500 ppm (NH ₃)	5...500 ppm
Напряжение контура	≤ 24В (DC)					
Напряжение подогревателя	5 В ±0,1 В (DC или AC)					
Мощность подогревателя	≤ 900 мВт		≤ 950 мВт	≤ 900 мВт	≤ 900 мВт	≤ 900 мВт
Чувствительность	Rs (200 ppm O ₃) /Rs (воздух) ≥ 2	Rs (200 ppb O ₃) /Rs (воздух) ≥ 2	Rs (воздух) /Rs (400 ppm H ₂) ≥ 5	Rs (воздух) /Rs (50 ppm H ₂ S) ≥ 3	Rs (воздух) /Rs (50 ppm NH ₃) ≥ 2	Rs (воздух) /Rs (50 ppm C ₇ H ₈) ≥ 2
Время прогрева	Не менее 48 часов					

Модули контроля качества воздуха

Рассмотренные выше полупроводниковые и инфракрасные датчики фактически представляли собой лишь преобразователи информации о концентрации газа в электрический сигнал. При использовании данных датчиков на плечи разработчика ложилось ряд не самых простых задач, в числе которых обеспечение необходимого режима работы, учет колебаний температуры и атмосферного давления, считывание и обработка информации об измеряемом параметре и принятие решений на основе полученного значения.

В то же время на практике существует ряд задач, не требующих точного определения концентрации газа, а лишь определения, находится ли это значение в заданных пределах. Так, например, сотрудников офиса или водителя автомобиля мало интересует абсолютное значение количества углекислого газа на рабочем месте. Но им необходимо знать, пригоден ли воздух в данный момент для дыхания или нет. То же самое относится и к помещениям, в которых установлено газовое оборудование.

Для решения подобных задач компания Winsen выпускает специализированные модули, определяющие качество воздуха в контролируемом помещении. В состав модулей могут входить датчики газа, температуры и атмосферного давления, электроника, обеспечивающая его нормальное функционирование и блок принятия решения, сравнивающий текущие показания с заранее предустановленными значениями. Если концентрация газа превышает допустимое значение, срабатывает световая или звуковая сигнализация, также установленная на плате модуля.

Интеллектуальные модули компании Winsen (Таблица 9) работают в широком диапазоне питающих напряжений и температур, не требуют настройки и калибровки. Некоторые модели имеют встроенную систему самодиагностики и элементы управления (кнопки). Фактически они представляют собой готовые устройства, требующие для своей работы лишь источника питания. Для создания устройств, предназначенных для работы в интеллектуальных системах, например, «Умный дом» могут использоваться модули, поддерживающие популярные интерфейсы передачи данных.

Таблица 9 – Характеристики модулей для контроля качества воздуха

Модель	ZP01-MP503 Air-Quality Monitoring Module	ZP07-MP901 Air-Quality Detection Module	ZP04 Combustible Gas Detection Module	ZP05 Vehicle- Mounted Fuel Gas Leakage Detection Module	ZP06 Vehicle- Mounted Fuel Gas Leakage Detection Module
Газ	Формальдегид, бензин, угарный газ, водород, этанол, аммиак, сигаретный дым, и пр. .		Природный газ		
Выход	3 уровня загрязнения	10 уровней загрязнения	4 светодиода, 2 кнопки, звуковой сигнал, реле, электромагнитный клапан	3 светодиода, звуковой сигнал	1 выходной сигнал
Напряжение питания, В	5 ± 0,2		9...12	9...32	
Средний потребляемый ток, мА	≤ 60		≤ 80		
Время реакции, с	≤ 20		≤ 30		
Время восстановления, с	≤ 60		≤ 30		
Рабочая температура, °С	0...50		-10...55	-40...85	
Влажность, %	≤ 95		≤ 95	20...90	
Размеры, мм	24x20x15		25,4x21,7x22,6	25,4x21,7x11	33x17,5
Срок службы, лет	≥ 5		≥ 5		



Рисунок 9 – Модули для контроля качества воздуха

Заключение

Контроль качества воздуха является необходимым условием существования современной промышленной цивилизации. Несоответствие воздуха требуемым нормам делает затруднительным как работу предприятий, так и существование человека в целом. За 15 лет своего существования компания Winsen стала заслуженным лидером в своей отрасли. Несмотря на существующие достижения, специалисты Winsen находятся в постоянном процессе поиска новых и совершенствования существующих методов измерения концентрации газа, предлагая своим клиентам приборы для всех существующих направлений практического газоанализа, способные решить большинство задач по определению качества воздуха как в помещениях, так и на открытом пространстве.