

Технические средства систем регулирования процессов органического синтеза

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

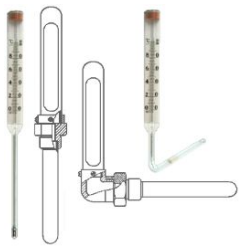


Средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме **доступной для непосредственного восприятия наблюдателем**, называют **Измерительным прибором**.

Средство измерения, вырабатывающий сигнал в форме, удобной для передачи, преобразования, обработки и/или хранения, но **непосредственно не воспринимается наблюдателем**, называется **Измерительным преобразователем**.

Измерительные приборы и преобразователи температуры. Температура вещества - величина, характеризующая степень нагретости, которая определяется внутренней кинетической энергией теплового движения молекул. Измерение температуры практически возможно только методом сравнения степени нагретости двух тел. В устройствах для измерения температуры обычно используют изменение какого-либо физического свойства тела, однозначно зависящего от его температуры и легко поддающегося измерению. К числу свойств, положенных в основу работы приборов для измерения температуры, относятся объемное расширение тел, изменение давления вещества в замкнутом объеме, возникновение термоэлектродвижущей силы, изменение электрического сопротивления проводников и полупроводников, интенсивность излучения нагретых тел и др. Температуру измеряют двумя основными способами контактным и бесконтактным. **Контактный способ.** Основан на прямом контакте измерительного прибора или преобразователя с исследуемым объектом. **Бесконтактный способ.** Основан на восприятии тепловой энергии, передаваемой лучеиспусканием и воспринимаемой на расстоянии от исследуемого объекта.

Термометры расширения - принцип действия термометров расширения основан на принципе изменения объема жидкости (жидкостные) или линейных размеров твердых тел (деформационные) при изменении температуры.



Действие *жидкостных термометров* основано на различии коэффициентов теплового расширения термометрического вещества (ртуть, спирт, керосин, толуол и др.) и оболочки, в которой оно находится (термометрическое стекло или кварц). Такие термометры применяются для местных измерений температур в пределах от -90 до 600 °С. Их основные достоинства—простота и высокая точность измерения. Недостатки—невозможность ремонта, отсутствие автоматической записи и передачи показаний на расстояние.

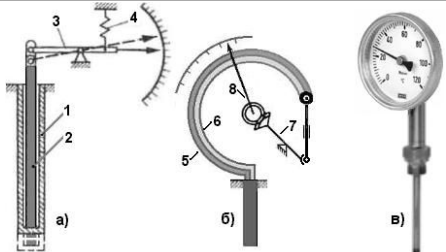


Рис.1.2. Деформационный дилатометрический (а) и биметаллический (б) термометры и их внешний вид (в).



Работа *деформационных термометров* основана на различии коэффициентов линейного расширения твердых тел, из которых выполнены чувствительные элементы этих термометров. К деформационным относятся дилатометрические и биметаллические термометры. Деформационные термометры изготавливают на пределы от -150 до $+700$ °С, класс точности от 1 до 2. Их используют в тепловых реле, в устройствах сигнализации, а также в качестве измерительных преобразователей автоматических систем регулирования (АСР).

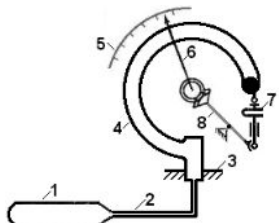
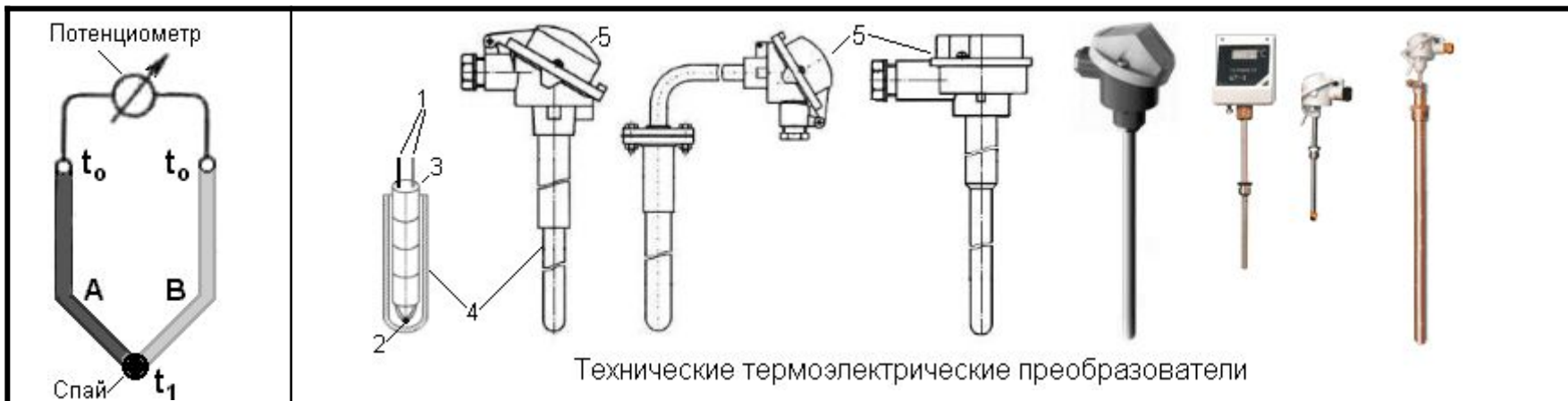


Рис.1.3. Принципиальная схема манометрического термометра

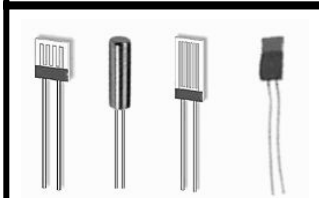


Принцип работы *манометрических термометров* основан на зависимости давления рабочего вещества (газа, жидкости или паро-жидкостной смеси), находящегося в замкнутом объеме (т.е. вещества, лишенного возможности расширяться) от температуры. Манометрические термометры обычно включают в себя термобаллон 1, капиллярную трубку 2, полую трубчатую пружину 4, один конец которой жестко закреплен в держателе 3, передаточный механизм 8 с поводком, зубчатым сектором и стрелку 6. Вся система заполняется рабочим веществом.

Термоэлектрические преобразователи температуры



Термопары. Предназначены для измерения температуры в интервалах от -50 до 2000°C . Термоэлектрические термометры состоят из термоэлектрического преобразователя – термопары и вторичного прибора. Термопара представляет собой термочувствительный элемент в виде двух спаянных друг с другом проводников из разнородных металлов или полупроводников. Принцип действия термопары основан на свойстве разнородных металлов (полупроводников) образовывать в паре (спаяе) термоэлектродвижущую силу (ТЭДС), зависящую от природы металлов, разности температуры спая и свободных концов проводников. Так, если составить замкнутую цепь из двух разнородных проводников (термоэлектродов) А и В и нагреть один ее спай до температуры t_1 , то в цепи возникнет электрический ток.



Термометры сопротивления. Принцип действия основан на свойстве проводников и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление (R) при изменении температуры (t), при этом вид функции $R = f(t)$ зависит от природы материала. Для изготовления чувствительных элементов серийных термосопротивлений применяются чистые металлы - платина, медь, никель, железо и др. В зависимости от типа металла верхние пределы измерения температуры составляют от -100 до 600°C .



Волокнисто-
оптический
Модель М68L



Серии "Кварц"



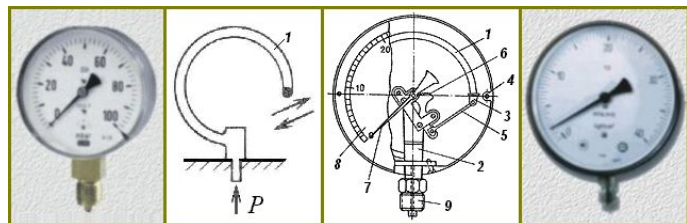
Серии "Кельвин"



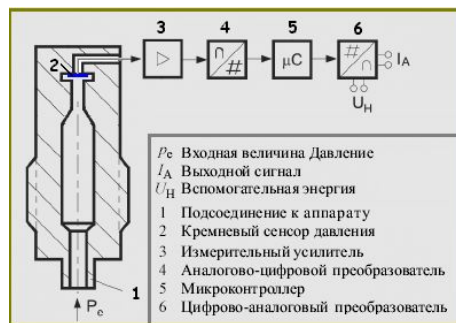
Серии "Raynger"

Пирометры. Измерение температуры основано на зависимости интенсивности излучения нагретых тел, пламени и газовых потоков от температуры (энергетической яркости объекта), которая преобразуется в электрический сигнал. При этом измерение температуры основано на **бесконтактном способе**. В промышленности органического синтеза пирометры используются главным образом для измерения температуры в процессах пиролиза и крекинга.

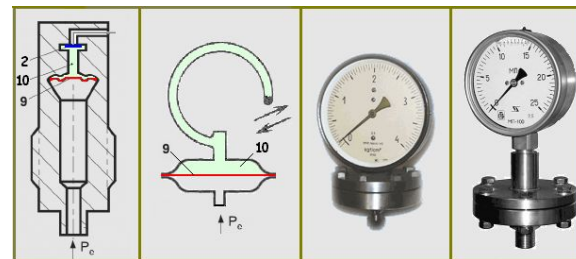
Измерительные приборы и преобразователи давления и разряжения. Давление – величина характеризующая отношение силы, равномерно распределенной по площади к величине этой площади. Наиболее распространенными единицами измерения давления являются паскаль (Па), техническая атмосфера (ат) и мм рт. ст. По принципу действия приборы и преобразователи давления (разряжения) делят на деформационные, жидкостные, грузопоршневые и электрические. В настоящее время на предприятиях химической промышленности наибольшее распространение получили деформационные приборы и электрические преобразователи.



Один из наиболее распространенных **деформационных приборов** - манометр (вакууметр) с трубчатой пружиной (манометр Бурдона), упругие свойства которой используются для измерения давления. Основная деталь этого манометра - согнутая по кругу полая трубка 1, имеющая в сечении форму овала или эллипса. Один конец трубки впаян в держатель 2, а второй - закрыт пробкой 3. Держатель скреплен винтами с корпусом 4 манометра и имеет внизу ниппель 9 с нарезкой для подключения манометра к рабочему объему. Свободный конец трубки соединен с деталями передаточного механизма 5, 6 и стрелкой 7. Когда манометр соединен с пространством, в котором имеется повышенное давление какой-либо жидкой или газообразной среды, последняя заполнит полость трубки и заставит ее несколько разогнуться. Это движение через передаточный механизм повернет стрелку манометра.



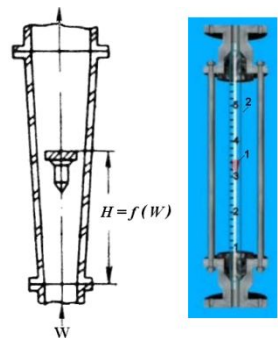
Электрические преобразователи давления - пьезодатчики (датчики давления). Принцип их действия основан на упругой деформации пластинки 2 из полупроводникового материала от давления среды. При деформации пластинки меняется ее сопротивление. Сама пластинка представляет собой одно из плеч моста сопротивления, к которому подводится постоянный ток. При изменении сопротивления одного из его элементов происходит разбаланс мостовой схемы и на выходе появляется сигнал, величина которого может быть измерена милливольтметром. Величина сигнала линейно зависит от давления. Следует отметить, что выдаваемый ими сигнал легко регистрировать всеми типами электронных записывающих устройств - начиная от самопишущих потенциометров (типа КСП) и кончая компьютерами.



При измерении давления агрессивных сред, для защиты манометров и датчиков, в качестве чувствительного элемента используется химически стойкая мембрана 9, встроенная во фланец или непосредственно в датчик, при этом, у манометров, пространство между мембраной и изогнутой трубкой манометра, а также сама трубка, заполняется инертной жидкостью 10 (у датчиков – пространство между мембраной 9 и пьезоэлементом 2).

Измерительные приборы и преобразователи расхода. Количество вещества (жидкости, газа или пара), проходящее через сечение (канала, трубопровода) в единицу времени, называют расходом этого вещества. Различают массовый (например, кг/час) или объемный расход (например, м³/час). Приборы, определяющие расход вещества, называют расходомерами. В химической промышленности наиболее часто применяют расходомеры постоянного и переменного перепада давления, ультразвуковые и электромагнитные расходомеры.

Расходомеры постоянного перепада давления. Наибольшее распространение среди расходомеров постоянного давления получили ротаметры для местного измерения расхода (измерительный прибор).

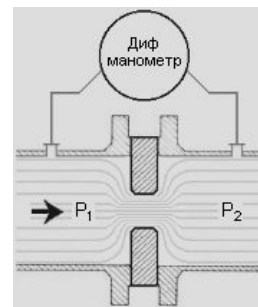


Основными элементами поплавкового ротаметра для местного измерения расхода являются расширяющаяся кверху вертикальная конусная трубка 1 с делениями и поплавок 2, находящийся в потоке измеряемого вещества внутри трубки. Принцип действия таких ротаметров основан на восприятии динамического напора потока измеряемой среды чувствительным элементом ротаметра - поплавком, помещённым в коническую трубку, по которой вверх проходит поток измеряемой среды. Каждому значению расхода среды (W), проходящему через ротаметр, соответствует определённое положение поплавка (H).

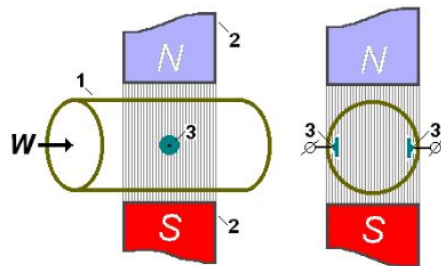
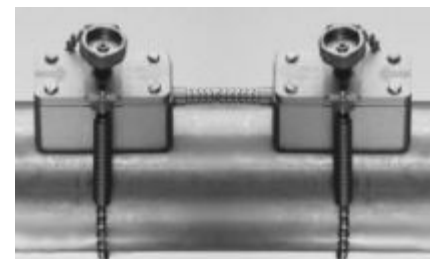
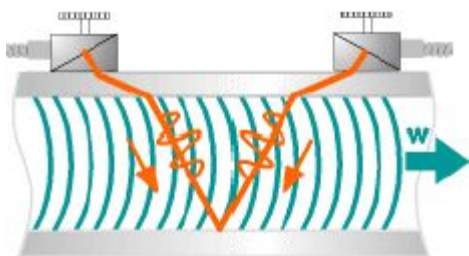
Принцип измерения другого типа ротаметра основан на измерении отклонения (поворота) заслонки 1 (в виде диска, пластины), помещенной в поток. Каждому значению расхода среды (W), проходящему через ротаметр, соответствует определённое положение заслонки.



Расходомеры переменного перепада давления. Наибольшее распространение из расходомеров переменного перепада давления получили расходомеры (преобразователи) с сужающим устройством, работа которых основана на зависимости перепада давления, образующего на сужающем устройстве от расхода. Метод основан на том, что поток протекающего в трубопроводе вещества неразрывен, и в месте установки сужающего устройства скорость его увеличивается. При этом происходит частичный переход потенциальной энергии давления в кинетическую энергию скорости, вследствие чего статическое давление перед местом сужения будет больше, чем за суженным сечением ($P_1 > P_2$). Разность давлений до и после сужающего устройства (перепад давления, ΔP) является функцией расхода протекающего вещества, ($P = f(W)$). Расходомер состоит сужающего устройства и дифманометра, соединенного с местами измерения давления (т.е. до и после сужающего устройства). В качестве дифманометров чаще всего используют дифманометры с электрическим и пневматическим выходными сигналами.



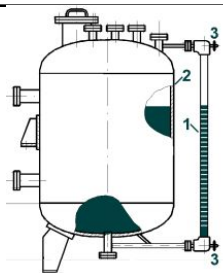
Ультразвуковые расходомеры. Принцип измерения расхода основан на зависимости скорости звука в среде от направления ее движения (звуковой сигнал в направлении потока распространяется быстрее, чем против потока). Обычно прибор состоит из двух накладных датчиков и вторичного преобразователя (блока электроники). Датчики крепятся на внешней поверхности трубы, и подключаются с помощью специального кабеля к блоку электроники. Являясь одновременно и излучателем и приемником, датчики последовательно отправляют и принимают ультразвуковой сигнал. Сравнивая время прохождения сигнала по направлению и против направления течения потока, вторичный преобразователь производит автоматическое вычисление объемного и массового расхода потока. Ультразвуковые расходомеры позволяют измерять скорость жидкости или газа без нарушения целостности трубы и остановки рабочего режима трубопровода.



Электромагнитные расходомеры. Предназначены для измерения расхода электропроводных жидкостей. Принцип измерения расхода основан на законе электромагнитной индукции, согласно которому в электропроводящей жидкости, движущейся по трубопроводу и пересекающей внешнее магнитное поле, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения жидкости. Расходомер состоит из первичного преобразователя расхода и измерительного устройства и/или передающего преобразователя. Первичный преобразователь (датчик) представляет собой изготовленный из немагнитного материала (например, стали 12Х18Н10Т) участок трубы 1, расположенный между полюсами электромагнита 2, причем магнитное поле направлено перпендикулярно к потоку жидкости. Труба изнутри покрыта изоляционным материалом. Измеряемая жидкость при протекании по трубе 1 пересекает силовые линии магнитного поля. При этом в жидкости, как в движущемся проводнике, индуцируется ЭДС, пропорциональная средней скорости потока, а следовательно, и объемному расходу жидкости. Индуцируемая ЭДС снимается двумя электродами 3, введенными диаметрально в поперечном сечении трубопровода, усиливается и/или измеряется вторичным прибором.

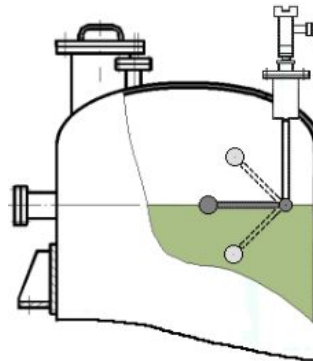
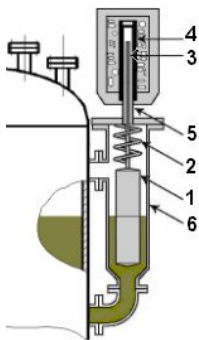


Измерительные приборы и преобразователи уровня. Уровнем называют высоту заполнения технологического аппарата рабочей средой — жидкостью или сыпучим телом. Уровень рабочей среды является технологическим параметром, информация о котором необходима для контроля и управления режимов работы технологического аппарата, а в ряде случаев для управления производственным процессом. Уровень измеряют в единицах длины. В настоящее время измерение уровня во многих отраслях промышленности осуществляют различными по принципу действия уровнемерами, из которых наибольшее распространение получили буйковые, поплавковые, электрические и в последнее время ультразвуковые уровнемеры. Широко применяются также и визуальные средства измерений уровня.

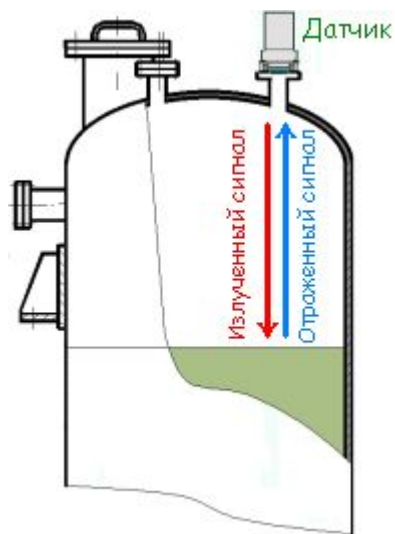


Указательные (уровнемерные) стекла. Являются простейшими, широко распространенными в производственной практике, визуальными средствами измерения уровня жидкости. Их действие основано на принципе сообщающихся сосудов и прямого визуального наблюдения. Указательное стекло соединяют с сосудом 2 нижним концом (для открытых сосудов) или обоими концами (для сосудов с избыточным давлением или разрежением). Наблюдая за положением уровня жидкости в стеклянной трубке 1, можно судить об изменении уровня в сосуде 2. Указательные стекла снабжают вентилями или кранами 3 для отключения их от сосуда и продувки системы.

Буйковые и поплавковые уровнемеры. Работают на основе явления возникновения выталкивающей силы плавающего на поверхности жидкости или частично погруженного в жидкость тела (поплавка, буйка). Чувствительным элементом в буйковых уровнемерах является цилиндрический буюк, изготовленный из материала с плотностью, большей плотности жидкости. Буюк находится в вертикальном положении и частично погружен в жидкость. При изменении уровня жидкости в аппарате масса буйка в жидкости изменяется пропорционально изменению уровня. Преобразование веса буйка в сигнал измерительной информации осуществляется с помощью унифицированных преобразователей «сила — давление» и «сила — ток». Так, изменение уровня жидкости в сосуде 6, в которую погружен буюк 1, находящийся под действием корректирующей пружины 2, вызывает вертикальное перемещение сердечника 3 внутри линейно-регулируемого дифференциального трансформатора 4. Изолирующая трубка 5 служит в качестве неподвижной преграды, отделяющей ЛРДТ от контролируемой среды. При изменении положения сердечника вместе с уровнем жидкости, во вторичной обмотке ЛРДТ возникает ЭДС. Эти сигналы обрабатываются электроникой и используются для управления током 4-20 мА в выходной токовой петле. В отличие от буйкового уровнемера, принцип работы поплавкового уровнемера основан на следующем действии поплавка, находящегося на поверхности жидкости и перемещающегося вместе с уровнем жидкости.



Уровнемеры акустические. Уровнемеры акустические (датчики уровня) предназначены для *бесконтактного* автоматического дистанционного измерения уровня жидких сред, в том числе вязких, налипающих, неоднородных, выпадающих в осадок и взрывоопасных, а также сыпучих и кусковых материалов. Принцип действия акустического уровнемера основан на локации уровня звуковыми импульсами, проходящими через газовую среду, находящуюся над контролируемой жидкостью, и явлении отражения этих импульсов от границы раздела газ — контролируемая среда. Мерой уровня является время распространения звуковых колебаний от источника излучения до контролируемой границы раздела сред и обратно до приемника. Уровнемер состоит из акустического преобразователя (АП) и передающего измерительного преобразователя (ППИ-3). Акустический преобразователь предназначен для преобразования подводимых к нему электрических импульсов в акустические и преобразования отраженных импульсов от поверхности контролируемого материала обратно в электрические. Основой АП является пьезокерамический диск, работающий в режиме электроакустического источника колебаний. ППИ-3 предназначен для измерения преобразования времени запаздывания отраженного импульса относительно посланного зондирующего в выходной унифицированный сигнал постоянного тока. Преимуществом акустических уровнемеров является независимость их показаний от физико-химических свойств и состава рабочей среды. Это позволяет использовать их для измерения уровня неоднородных кристаллизирующихся и выпадающих в осадок жидкостей. К недостаткам следует отнести влияние на показания уровнемеров температуры, давления и состава газа. Благодаря своей бесконтактности и отсутствию движущихся частей акустические уровнемеры являются гораздо более надежным устройством, чем уровнемеры, работа которых основана на контактном принципе.



Измерительные приборы и преобразователи для измерения состава (качества) веществ. Обычно для определения состава используют косвенные методы анализа, основанные на использовании известных взаимосвязей между искомыми параметрами (например, концентрации вещества) и каким-либо физико-химическим свойством (теплопроводность, магнитная восприимчивость, pH- среды, способность поглощать лучи различного спектра, способность участвовать в химических превращениях и т.д.).

Приборы и преобразователи для контроля состава газообразных веществ

№	Газоанализаторы	Назначение и принцип действия
1	Термомагнитные	Основан на использовании явления, обусловленного ярко выраженными магнитными свойствами кислорода по сравнению с такими свойствами других газов.
2	Термокондуктометрические	Основан на измерении теплопроводности газовой смеси, зависящей от концентрации определяемого газа.
3	Электрохимические	Основан на электрохимической реакции одного из компонентов газовой смеси с электролитом, вызывающей образование тока в электролите. При этом величина тока пропорциональна концентрации этого компонента в газовой смеси.
4	Термохимические	Основан на измерении теплового эффекта каталитической реакции кислорода с другими газами. Количество выделившегося тепла пропорционально количеству анализируемого газа.
5	Оптические (абсорбционные)	Основан на различной способности (в зависимости от состава) поглощать лучи в инфракрасной, ультрафиолетовой и в видимой области спектра.

Приборы и преобразователи для контроля состава жидких веществ

№	Анализаторы	Принцип действия
1	Кондуктометрические	Основан на зависимости удельной электропроводности жидкости (растворов электролитов) от концентрации измеряемого вещества.
2	Потенциометрические	Основан на зависимости разности потенциалов, возникающих на границе раствора и электрода, погруженного в это электролит, от концентрации определяемого вещества.
3	Титрометрические	Основан на химическом взаимодействии вещества (концентрацию которого необходимо определить) со специальным веществом (титрующим веществом). Контроль за ходом реакции титрования осуществляют с помощью различных методов (кондуктометрическим, потенциометрическим, амперометрическим, фотометрическим).
4	Хроматографы	Действие этих приборов основано на различной способности веществ адсорбироваться неподвижной твердой фазой или растворяться в неподвижной жидкой фазе. Предназначены для полного анализа смесей.