

Руководство по эксплуатации
ЭЖОН.413415.001РЭ

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ГАЗОАНАЛИЗАТОРА	4
1.1 Назначение	4
1.2 Технические характеристики	5
1.3 Состав	7
1.4 Устройство и работа	7
1.5 Средства измерения и принадлежности	11
1.6 Маркировка и пломбирование	11
1.7 Упаковка	12
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ПО НАЗНАЧЕНИЮ	12
2.1 Эксплуатационные ограничения	12
2.2 Подготовка к использованию	12
2.3 Использование	13
2.4 Действия в экстремальных условиях	15
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА	16
3.1 Общие указания	16
3.2 Меры безопасности	16
3.3 Порядок технического обслуживания	16
4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА	17
5 ХРАНЕНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА	17
6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА	17
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Инструкция по настройке газоанализатора	18
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Инструкция по калибровке газоанализатора	20
1 Внешний осмотр	20
2 Средства калибровки	20
3 Нормальные условия калибровки	20
4 Подготовка к калибровке	21
5 Определение метрологических характеристик	21
6 Оформление результатов калибровки	22
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Методика поверки газоанализатора	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Паспорт	26
Рис. 1, Рис.2, Рис.4, Рис.5	29-32
ЭКОН - М - 02 - печатная плата. Перечень элементов	33
Установочные элементы	34

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления персонала с принципом действия, устройством и правилами эксплуатации твердоэлектrolитного газоанализатора кислорода "ЭКОН".

1 Описание и работа газоанализатора

1.1 Назначение

Твердоэлектrolитный газоанализатор кислорода "ЭКОН" (далее газоанализатор) с погружным датчиком предназначен для непрерывного дистанционного беспробоотборного измерения содержания кислорода в отходящих газах котлоагрегатов, работающих на природном газе, угле, мазуте или другом органическом топливе, с последующей передачей сигнала в автоматизированную систему управления оптимальным режимом сжигания топлива. Пример записи обозначения газоанализатора в документации других систем, в которых он может быть применен, и при заказе: твердоэлектrolитный газоанализатор кислорода «ЭКОН» ТУ 95 2468-2000, типоразмер - ____ (от А до D) (таблица № 3), диапазон изменения выходного токового сигнала - ____ (от 0 до 5 мА или от 4 до 20 мА).

Газоанализатор разрешается использовать для работы только при следующих условиях:

- | | |
|---|---|
| - температура окружающей среды: | |
| 1) для клеммной головки датчика, °C | от минус 30 до 50; |
| 2) для блока электроники, °C | от 5 до 50; |
| - атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) | от 84 (630) до 106,7 (800); |
| - относительная влажность воздуха при температуре 35°C, % | не более 95; |
| - вибрация датчика: | |
| 1) частота, Гц | не более 120; |
| 2) амплитуда, мм | не более 0,2; |
| - вибрация блока электроники: | |
| 1) частота, Гц | не более 25; |
| 2) амплитуда, мм | не более 0,1; |
| - напряженность внешнего магнитного поля | не более 400 А/м; |
| - температура анализируемого газа, °C | от 25 до 760; |
| - оптимальная температура анализируемого газа, °C | от 300 до 500; |
| - избыточное давление анализируемого газа, кПа (мм рт.ст.) | от минус 3,9 до 4,4
(от минус 29 до 33); |
| - измеряемый компонент – кислород (O ₂) | от 0,1 до 21 % об.; |
| - допустимое содержание неизмеряемых компонентов в анализируемой газовой смеси приведено в таблице 1. | |

Таблица 1

Наименование компонента	Содержание, % об., не более
Триоксид серы (SO ₃)	0,009
Диоксид азота (NO ₂)	0,015
Оксид азота (NO)	0,15
Водород (H ₂)	0,50
Диоксид серы (SO ₂)	0,50
Метан (CH ₄)	0,50
Оксид углерода (CO)	0,50
Диоксид углерода (CO ₂)	16,00
Водяной пар (H ₂ O)	20,00
Азот (N ₂)	99,99

1.2 Технические характеристики

Газоанализатор имеет четыре диапазона измерения содержания кислорода, в % об.:

- диапазон №1 - от 0,1 до 25;
- диапазон №2 - от 0,1 до 10;
- диапазон №3 - от 0,1 до 5;
- диапазон №4 - от 0,1 до 2,5.

Функция преобразования содержания кислорода в выходной токовый сигнал соответствует формуле:

$$I_{\text{вых}} = I_n + K C, \quad (1)$$

где $I_{\text{вых}}$ - выходной токовый сигнал (ВТС), мА;

I_n - начальное значение диапазона изменения ВТС

($I_n=0$ мА - для диапазона от 0 до 5 мА

и $I_n=4$ мА - для диапазона от 4 до 20 мА);

K - коэффициент преобразования, определяемый по таблице 2;

C - содержание кислорода, % об.

Таблица 2

Диапазон измерения	K, мА/% об.	
	Диапазон изменения выходного токового сигнала, мА	
	от 0 до 5	от 4 до 20
№1	0,2	0,64
№2	0,5	1,6
№3	1,0	3,2
№4	2,0	6,4

Предел допускаемой основной погрешности:

- $\gamma_d=2,5\%$ в диапазонах измерения №2 и №3;
- $\Delta_d=0,1\%$ об. в диапазоне измерения №4.

В диапазоне измерения №1 погрешность измерения не нормируется. Диапазон используется при контроле работоспособности газоанализатора и для предварительной оценки содержания кислорода.

Пределы допускаемой вариации выходного сигнала $\pm 0.5 \gamma_d$.

Предел $T_{0,9d}$ допускаемого времени установления показания газоанализатора составляет 10 с.

Предел допускаемого изменения показаний за 14 суток непрерывной работы составляет в зависимости от диапазона измерения $0,3 \gamma_d$ или $0,3\Delta_d$.

Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении напряжения питания с 220 В до 187 В или до 242 В составляет соответственно диапазон измерения $0,1\gamma_d$ или $0,3\Delta_d$.

Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении температуры окружающего воздуха в пределах, установленных для условий работы, составляет для соответствующего диапазона $0,3 \gamma_d$ или $0,3\Delta_d$.

Предел допускаемой дополнительной погрешности при изменении температуры анализируемой газовой смеси в пределах, установленных для рабочих условий эксплуатации, составляет $0,002(T-400)\gamma_d$ или $0,002(T-400)\Delta_d$, где T – температура анализируемой газовой смеси, $^{\circ}\text{C}$.

Сопrotивление нагрузки токовых выходов:

- от 0 до 2,5 кОм для токового выхода в диапазоне изменения сигнала от 0 до 5 мА;

- от 0 до 625 Ом для токового выхода в диапазоне изменения сигнала от 4 до 20 мА.

Температура чувствительного элемента устанавливается изготовителем в диапазоне от 720 до 760 $^{\circ}\text{C}$ в зависимости от температуры анализируемого газа и указывается в паспорте прибора.

Питание газоанализатора осуществляется от сети переменного тока с напряжением 220 В, частотой 50 Гц (60 Гц). Напряжение на нагревателе чувствительного элемента – $(40\pm 2)\text{В}$. Потребляемая мощность не более 0,15 кВА.

Время разогрева чувствительного элемента газоанализатора не более 30 минут.

Размеры и масса датчиков приведены в таблице 3.

Таблица 3

Параметр	Типоразмер			
	A	B	C	D
Общая длина, мм	635	795	1565	2295
Длина погружной части - L, мм	340	500	1270	2000
Диаметр погружной части, мм	76	76	76	76
Диаметр крепежного фланца, мм	170	170	170	170
Масса, кг	5,4	6,4	9,1	16,7

По договоренности возможно изготовление датчиков с другой длиной погружной части - L в пределах размеров таблицы 3 (от A до D).

Габаритные размеры блока электроники, мм:

- длина	-	260;
- ширина	-	200;
- высота	-	120.

Масса блока электроники - не более 5 кг.

Средняя наработка на отказ - не менее 16000 час.

Время восстановления работоспособного состояния текущим ремонтом не более 4 час.

Полный срок службы блока электроники не менее 10 лет.

1.3 Состав

Газоанализатор состоит из датчика, блока электроники и соединительного кабеля.

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Принцип действия

В конструкции чувствительного элемента (ЧЭ) датчика используется твердозлектролитная (с проводимостью по ионам кислорода) концентрационная гальваническая ячейка. ЭДС ячейки зависит от парциальных давлений кислорода на ее электродах и определяется по формуле:

$$E = (-RT/4F) \ln (P/P_0), \quad (2)$$

где E – ЭДС ячейки, В;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/К[°] моль;

T – термодинамическая температура, К;

F – постоянная Фарадея, Кл/моль;

P – парциальное давление кислорода на рабочем электроде, Па (атм.);

P_0 – парциальное давление кислорода на эталонном электроде, Па (атм.).

Парциальное давление кислорода на эталонном электроде равно парциальному давлению кислорода в воздухе (обеспечивается конструкцией датчика) и равно 21,1 кПа (0,208 атм.).

ЭДС вычисляется по результатам измерения напряжения между электродами ячейки:

$$E = k(U_s - U_o), \quad (3)$$

где k – коэффициент, учитывающий электронные утечки;

U_s – напряжение между электродами, соответствующее давлению кислорода на рабочем электроде, В;

U_o – напряжение смещения, В.

Напряжение смещения U_o определяется при метрологических испытаниях газоанализатора и равно напряжению между электродами ячейки при равных давлениях кислорода на электродах. Коэффициент k также определяется при метрологических испытаниях и равен отношению:

$$k = E_i / (U_{i3} - U_o), \quad (4)$$

где E_i – ЭДС ячейки, соответствующая известному давлению кислорода на рабочем электроде, вычисляется по формуле (2), В;

U_{i0} – напряжение между электродами ячейки при том же давлении кислорода, В;

Искомое содержание кислорода в объемных процентах вычисляется на основе формулы (2) и после подстановки констант равно:

$$C = 100 \exp(-46418,11(k(U_s - U_o)/T) - 1,5612) \quad (5)$$

1.4.2 Конструкция датчика

Корпус датчика (поз.13, рис.1) изготовлен из нержавеющей стали, внутри него размещен чувствительный элемент (6), нагреватель (7) и зонд (8). Внутренний объем корпуса является эталонной камерой. На корпусе расположены: фланец (11) для крепления датчика; обечайка для размещения экрана (1), фильтра (4) и теплоизоляции (5); фланец для крепления клеммной колодки (16), штекерного разъема (19) и крышки (18). Вдоль корпуса с наружной стороны через фланец (11) и обечайку проходит трубка (10) для подачи к чувствительному элементу поверочной газовой смеси (ПГС). В корпусе между двумя фланцами имеется отверстие для вентиляции внутреннего объема корпуса. Фланец (11) для крепления датчика имеет 4 отверстия диаметром 11 мм, шаг 90° , межцентровое расстояние 140 мм.

Чувствительный элемент выполнен в виде таблетки из твердого электролита на основе диоксида циркония (ZrO_2), стабилизированного оксидом иттрия (Y_2O_3), помещенной в изолятор из алюмомagneзильной шпинели. Изолятор герметично впаян в металлическую оболочку. Торцевые поверхности чувствительного элемента имеют пористое металлическое покрытие с каталитическими свойствами и служат электродами. Наружный (рабочий) электрод замкнут на металлическую оболочку (массу) и омывается анализируемым газом или поверочными газовыми смесями. Внутренний (эталонный) электрод омывается за счет конвекции воздухом, что обеспечивает постоянство известного парциального давления кислорода на эталонном электроде.

Нагреватель предназначен для поддержания заданной температуры чувствительного элемента и представляет собой кварцевую трубку, на которой намотана спираль из нихромовой проволоки. С внешней стороны спираль теплоизолирована от корпуса (13) пористым керамическим материалом. Вся сборка помещена в металлический чехол. Токовыводы выполнены из стальной проволоки и размещены в изоляторе из оксида алюминия.

Зонд выполнен из стальной трубки, к торцу которой приварена металлическая фольга, обеспечивающая электрический контакт с эталонным электродом. Внутрь зонда вставлен кабельный термопреобразователь градуировки ХА. Для надежного теплового и электрического контактов зонд прижимается к эталонному электроду пружиной (15). Электроизоляция зонда от корпуса обеспечивается керамическими втулками (14).

Электроды термопреобразователя, нагревателя и зонда выведены на клеммную колодку датчика.

Экран выполнен в виде полуцилиндрического металлического козырька и обеспечивает вентиляцию камеры рабочего электрода.

Фильтр предназначен для защиты чувствительного элемента от твердых частиц, содержащихся в анализируемом газе, и представляет собой диск, изготовленный из пористого диоксида кремния.

1.4.3 Конструкция блока электроники

Корпус блока электроники (БЭ) изготовлен в пылебрызгозащитном исполнении и состоит из основания и крышки. Внутри корпуса размещены печатная плата, трансформатор электропитания, симистор управления нагревом и другие элементы электрической схемы прибора. Для соединения с датчиком, регистрирующим прибором и электросетью на боковой поверхности основания установлены разъемы. Органы управления БЭ выведены на лицевую панель крышки. На лицевой панели крышки расположены:

- тумблер включения газоанализатора ВКЛ;
- переключатель диапазонов измерения;
- отверстие для доступа к оси резистора «КОРРЕКЦИЯ 21% O₂»;
- предохранитель плавкий на 3 А СЕТЬ;
- предохранитель плавкий на 3 А НАГРЕВ;
- стрелочный прибор-индикатор;
- кнопка ТЕМПЕРАТУРА чувствительного элемента;
- индикаторы СЕТЬ и НАГРЕВ.

Схема установки блока электроники представлена на рисунке 5.

1.4.4 Работа блока электроники

На электрических принципиальных схемах (рис. 3 и 4) можно выделить следующие функциональные узлы:

- блок питания;
- усилитель сигнала датчика;
- усилитель сигнала термопреобразователя;
- аналоговый вычислитель;
- генератор тока;
- стабилизатор температуры чувствительного элемента;
- канал управления нагревом.

Блок питания обеспечивает напряжения 15 В и минус 15 В. Выпрямитель выполнен на диодной сборке VD3. Стабилизатор 15 В выполнен на микросхеме KP142EH8B (DA4), стабилизатор минус 15 В выполнен на микросхеме KP1162EH15A (DA5).

Переменное напряжение 18 В со вторичной обмотки трансформатора поступает на вход компаратора DA7. Сформированные на выходе DA7 импульсы используются для управления симистором VD14.

Усилитель сигнала датчика содержит два каскада на микросхемах DA1, DA2.1. Первый каскад - собственно усилитель с коэффициентом усиления, определяемым резисторами R3, R6, R7, с входным RC-фильтром нижних частот R2, C1, C7. Второй каскад производит инвертирование усиленного сигнала.

Усилитель сигнала термопреобразователя выполнен на микросхеме DA3 и содержит также цепь компенсации температуры холодного спая. Коэффициент усиления определяется резисторами R32, R33, R34. R24, C2, C9 - элементы

фильтра нижних частот. Для температурной компенсации холодного спая термопреобразователя используется температурно-зависимое напряжение на диоде VD5, расположенном на клеммнике датчика, которое через делитель R26, R27, R32 подается на инвертирующий вход DA3.

Резисторами R29 и R34 осуществляют подстройки нулевого значения и коэффициента усиления.

На выходе микросхемы DA3 напряжение соответствует температуре чувствительного элемента в градусах Цельсия ($10\text{мВ}/^{\circ}\text{C}$).

Для перехода к термодинамической шкале температур используется микросхема DA2.2 с резисторами R18, R20, R21, R22.

Аналоговый вычислитель предназначен для преобразования ЭДС чувствительного элемента датчика и ЭДС термопреобразователя в процентное содержание кислорода в газовой смеси по формуле (5).

Компенсация напряжения U_0 осуществляется резистором R94. Коэффициент k корректируется резистором R7. Напряжения с усилителей сигнала чувствительного элемента и сигнала термопреобразователя поступают на микросхему DA6, выполняющую деление E/T ($E=k(U_s-U_0)$).

Напряжение на выходе микросхемы DA6 определяется формулой:

$$U = 10(-U_e)/(-U_i), \quad (6)$$

где U_e - напряжение, пропорциональное ЭДС ЧЭ датчика, В;

U_i - напряжение, пропорциональное термодинамической температуре чувствительного элемента, В.

Нулевое значение на выходе DA6 устанавливается резистором R35. На микросхемах DA8.1, DA9, DA8.2 выполнен антилогарифмический преобразователь.

Второе слагаемое показателя экспоненты в формуле (5) определяется током, протекающим через резистор R40, на который, в зависимости от диапазона измерения, подается напряжение с подстроечных резисторов R11, R12, R13 и R15. Температурная компенсация преобразователя осуществляется за счет терморезистора R39.

Генератор тока, собранный на микросхеме DA8.3, преобразует выходное напряжение антилогарифмического преобразователя в выходной токовый сигнал газоанализатора в диапазоне от 0 до 5 мА.

Генератор тока, собранный на микросхеме DA8.4, преобразует выходное напряжение антилогарифмического преобразователя в выходной токовый сигнал газоанализатора в диапазоне от 4 до 20 мА.

Стабилизатор температуры чувствительного элемента состоит из канала управления нагревом (DA2.3, DA2.4, DA10), канала формирования сигналов запуска симистора (VT1, DA11, VT2, VD10) и симистора с индикатором включения нагревателя.

Канал управления нагревом дает на выходе запрет или разрешение на запуск симистора. Сигнал с выхода усилителя DA3 сравнивается с напряжением уставки на входе усилителя DA2.4. Напряжение уставки задается резистором R46 с повторителем на микросхеме DA2.3. Элементы C10, C11, R48, R49, R51,

VD8 позволяют скорректировать амплитудно-частотную характеристику усилителя DA2.4 с целью получения устойчивого режима регулирования температуры. Управляемый напряжением мультивибратор на микросхеме DA10 осуществляет широтную модуляцию напряжения нагрева. Импульсы напряжения частотой 50 Гц с выхода схемы DA7, получаемые при поступлении на вход DA7 синусоидального напряжения с вторичной обмотки трансформатора, поступают на вход триггера DD1. При низком напряжении на входе DA10, на выходе триггера DD1 формируется напряжение управления для запуска симистора. Оптрон DA11 гальванически разделяет цепи управления от цепей нагрева.

Индикатор HL2 включается при подаче напряжения на обмотку нагревателя. В режиме прогрева чувствительного элемента индикатор постоянно светится, при выходе в номинальный режим ($T=680...760^{\circ}\text{C}$) индикатор начинает мигать, что означает нормальный режим работы стабилизатора температуры ЧЭ.

При нажатии кнопки SB1 температура чувствительного элемента индицируется на стрелочном приборе РА, шкала которого соответствует интервалу температур от 0 до 1000°C .

В схеме блока электроники имеется защита чувствительного элемента от перегрева в случае обрыва электрода термопреобразователя. Небольшой ток через резистор R23 не оказывает влияния на работу температурного усилителя при исправном термопреобразователе. Иначе на вход усилителя подается положительное напряжение, соответствующее температуре выше 1000°C , и нагрев чувствительного элемента прекращается. При нажатии кнопки SB1 (ТЕМПЕРАТУРА) стрелка прибора РА выходит за пределы шкалы вправо.

При разрыве цепи чувствительного элемента на вход усилителя DA1 через резистор R1 подается большое положительное напряжение, и показание газоанализатора приближается к нулю.

1.5 Средства измерения и принадлежности

Для выполнения работ по техническому обслуживанию газоанализатора необходимо иметь:

- баллон с поверочной газовой смесью (ПГС) с содержанием кислорода, близким к содержанию кислорода в измеряемом газе;
- газовый редуктор, обеспечивающий понижение давления до 10 - 15кПа;
- комбинированный прибор Щ300 или прибор другого типа, характеристика которого не хуже Щ300;
- два ротаметра типа РС, ГОСТ 13043 с верхним пределом измерения 60 л/ч, прошедшие поверку по ПР 50.2.006-94;
- побудитель подачи воздуха.

1.6 Маркировка и пломбирование

Номер датчика выбит на крепежном фланце. На лицевой стороне крышки блока электроники указаны:

- название и эмблема предприятия-изготовителя;
- название газоанализатора;
- номер блока электроники;
- клеймо калибровочное;
- клеймо сертификации РОСТЕСТ.

Мастичная пломба установлена на крепежном винте крышки блока электроники.

1.7 Упаковка

По согласованию с заказчиком и по условиям транспортировки газоанализатор пакуется в полиэтиленовые чехлы или в деревянный ящик.

В ящике составные части газоанализатора пакуются в полиэтиленовые чехлы и крепятся для предотвращения смещения.

2 Использование газоанализатора по назначению

2.1 Эксплуатационные ограничения

Для предотвращения выхода из строя и обеспечения достоверности показаний газоанализатора допустимые содержания неизмеряемых компонентов анализируемого газа должны соответствовать указанным в таблице 1.

Не допускается нагрев соединительного кабеля выше 60 °С.

2.2 Подготовка к использованию

2.2.1 Меры безопасности

До начала работы с газоанализатором необходимо изучить настоящее руководство по эксплуатации.

При работе с газоанализатором должны выполняться общие правила работы с электроприборами. Блок электроники должен быть заземлен медным проводом сечением не менее 1 мм². При выходе чувствительного элемента газоанализатора на рабочий режим экран датчика имеет температуру выше 100°С. Во избежание ожогов к экрану не прикасаться.

2.2.2 Осмотр и проверка готовности

При внешнем осмотре газоанализатора обратить внимание на отсутствие механических повреждений фильтра и соединительного кабеля, а также на наличие заглушки на трубке ПГС.

2.2.3 Монтаж

Датчик устанавливается в газоходе поперек потока анализируемого газа козырьком экрана к потоку. Продольная ось датчика может занимать положение от вертикального (клеммной головкой вверх) до горизонтального.

Максимальное расстояние между блоком электроники и датчиком определяется длиной штатного соединительного кабеля. При необходимости увеличения этого расстояния кабель для замены штатного должен иметь такие же сопротивления проводов питания нагревателя и защиту от электромагнитных помех. Регистрирующий прибор, на который подается выходной токовый сигнал с блока электроники, устанавливается от него не далее 300 метров.

2.3 Использование

2.3.1 Включение

Установить переключатель диапазонов измерения содержания кислорода на шкалу "25%".

Включить тумблер СЕТЬ, при этом загорится индикатор СЕТЬ, а спустя некоторое время загорится индикатор НАГРЕВ. Приблизительно через 30 минут индикатор НАГРЕВ начнет мигать, что означает выход газоанализатора на рабочий режим.

После выхода газоанализатора на режим по показаниям стрелочного прибора-индикатора установить переключатель диапазонов измерения на соответствующий диапазон, удобный для измерения.

2.3.2 Контроль работоспособности

Для контроля работоспособности не ранее чем через 2 часа после выхода газоанализатора на режим осуществить следующие операции:

- переключатель диапазонов установить на диапазон "25%";
- удалить заглушку с трубки подачи ПГС;
- подсоединить к трубке подачи ПГС с помощью гибких шлангов ротаметр и побудитель подачи воздуха;

- установить расход воздуха в пределах (20±5) л/ч;

- подключить к токовому выходу блока электроники миллиамперметр.

Значение выходного токового сигнала (ВТС) должно быть в пределах:

- от 4,1 до 4,3 мА для диапазона изменения ВТС от 0 до 5 мА;

- от 17,0 до 17,6 мА для диапазона изменения ВТС от 4 до 20 мА.

При необходимости ВТС скорректировать резистором R94 «КОРРЕКЦИЯ 21% O₂».

Дальнейшие операции:

- взамен побудителя подачи воздуха подсоединить баллон с ПГС;
- установить расход газа в пределах (20±5) л/ч;
- переключатель диапазонов установить на диапазон, соответствующий содержанию кислорода в ПГС.

Значение ВТС должно быть равно значению, вычисленному по формуле (1), с предельными отклонениями:

- для ВТС в диапазоне изменения от 0 до 5 мА:

1) диапазон измерения 2 - ± 0,125 мА;

2) диапазон измерения 3 - ± 0,125 мА;

3) диапазон измерения 4 - ± 0,2 мА;

- для ВТС в диапазоне изменения от 4 до 20 мА:

1) диапазон измерения 2 - ± 0,4 мА;

2) диапазон измерения 3 - ± 0,4 мА;

3) диапазон измерения 4 - ± 0,64 мА.

2.3.3 Возможные неисправности

Перечень возможных неисправностей приведен в таблице 4.

Таблица 4

Внешнее проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Метод устранения неисправности
1 При включении в сеть не загорается индикатор СЕТЬ.	1 Перегорел предохранитель FU1.	1 Заменить предохранитель.
2 Через 1-2 минуты не загорается индикатор НАГРЕВ.	2.1 Перегорел предохранитель FU2. 2.2 Обрыв цепи термopеобразователя. 2.3 Неисправность блока электроники. 2.4 Температура анализируемого газа выше температуры ЧЭ (уставки).	2.1 Заменить предохранитель. 2.2 Проверить целостность цепи термopеобразователя (кабель, разъемы, термopеобразователь). 2.3 Ремонт блока; 2.4 Продолжать работать, если температура анализируемого газа не превышает 780 °С.
3 Через 30 минут после включения индикатор НАГРЕВ не переходит в мигающий режим. Температура ЧЭ ниже паспортной.	3.1 Обрыв цепи нагревателя ЧЭ. 3.2 Короткое замыкание в цепи термopеобразователя. 3.3 Температура анализируемого газа ниже 25°С или пониженное напряжение сети.	3.1 Проверить целостность цепи нагревателя (кабель, разъемы, клеммы, нагреватель); 3.2 Проверить исправность цепи термopеобразователя; 3.3 При температуре ЧЭ не ниже 650° можно использовать прибор со снижением точности измерения.

Продолжение таблицы 4

Внешнее проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Метод устранения неисправности
4 При нормальном температурном режиме газоанализатор, независимо от содержания кислорода в анализируемом газе, показывает:		
4.1 Значение концентрации кислорода близкое к нулю;	4.1.1 Обрыв цепи ЧЭ;	4.1.1 Проверить целостность цепи ЧЭ (кабель, разъемы, клеммы).
	4.1.2 Большое сопротивление ЧЭ.	4.1.2 Измерить сопротивление ЧЭ с клемм датчика. При его величине более 30 кОм и температуре ЧЭ не ниже 700 °С датчик подлежит ремонту.
4.2 Значение концентрации кислорода близкое к 21%.	4.2 Короткое замыкание в цепи ЧЭ.	4.2 Проверить цепь ЧЭ (кабель, разъемы, клеммы).

2.3.4 Выключение

Выключается газоанализатор отключением электропитания тумблером СЕТЬ без каких-либо подготовительных операций.

При отключении газоанализатора на длительный срок для исключения конденсации паров воды в датчике необходимо извлечь его из рабочей зоны.

2.4 Действия в экстремальных условиях

В газоанализаторе нет узлов и материалов способных привести к возникновению опасных аварийных ситуаций.

3 Техническое обслуживание газоанализатора

3.1 Общие указания

Техническое обслуживание газоанализатора состоит из профилактических работ и корректировки показаний.

Техническое обслуживание газоанализатора осуществляется специалистами службы КИПиА, ознакомившимися с настоящим руководством по эксплуатации.

3.2 Меры безопасности

Датчик в зоне экрана имеет высокую температуру.

Меры электробезопасности при работе с газоанализатором должны соответствовать требованиям “Правил эксплуатации электроустановок потребителей” и “Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей”.

3.3 Порядок технического обслуживания газоанализатора.

3.3.1 Профилактические работы

Не реже одного раза за полгода эксплуатации рекомендуется извлекать датчик из рабочей зоны и визуально оценить состояние керамического фильтра. При наличии макроотверстий и трещин провести замену фильтра. Фильтр извлекается после удаления (см. рис.1) стопорного кольца (2) и шайбы (3). Периодически, но не реже одного раза за полгода эксплуатации визуально проверить целостность прокладки в заглушке (12) трубки подачи ПГС. При необходимости прокладку заменить.

3.3.2 Корректировка показаний

Корректировку показаний газоанализатора необходимо проводить один раз в полгода. Для этого, не извлекая датчик из рабочей зоны, осуществить следующие операции:

- переключатель диапазонов установить на шкалу “25%”;
- удалить заглушку с трубки подачи ПГС;
- подсоединить к трубке подачи ПГС с помощью гибких шлангов ротаметр и побудитель подачи воздуха;
- установить расход воздуха в пределах (20+5) л/ч;
- подключить к токовому выходу блока электроники миллиамперметр с характеристикой не хуже, чем у Ц300).

Значение ВТС должно быть в пределах:

- от 4,1 до 4,3 мА для диапазона изменения ВТС от 0 до 5 мА;
- от 17,0 до 17,6 мА для диапазона изменения ВТС от 4 до 20 мА.

Значение ВТС, если оно выходит за указанные пределы, скорректировать резистором R94 «КОРРЕКЦИЯ 21% O₂».

4 Текущий ремонт газоанализатора

Диагностика и методы устранения неисправностей представлены в таблице 4.

Замену чувствительного элемента, нагревателя, термопреобразователя производит изготовитель.

5 Хранение газоанализатора

Газоанализаторы хранятся в закрытых помещениях с естественной вентиляцией при температуре воздуха от минус 50 до 50⁰С и относительной влажности до 95 % при температуре 35⁰С .

Упакованные в полиэтиленовые чехлы, датчики устанавливаются в вертикальном положении **СТРОГО КЛЕММНОЙ ГОЛОВКОЙ ВВЕРХ**.

Газоанализаторы, хранившиеся более 12 месяцев, перед началом эксплуатации должны пройти калибровку.

6 Транспортирование газоанализатора

Транспортирование газоанализаторов производится всеми видами транспорта при условии защиты от прямого воздействия осадков и пыли при температуре от минус 50 до 50⁰С и относительной влажности воздуха не более 95% при температуре 35⁰С.

Приложение А
(обязательное)
Инструкция по настройке газоанализатора

Настройка проводится при выпуске газоанализатора из производства, после ремонта и, при необходимости, перед калибровкой.

Настройку могут производить специалисты службы КИПиА изучившие руководство по эксплуатации и схемы электрические принципиальные (рисунки 3 и 4).

НЕОБХОДИМО:

1. Подсоединить кабели и включить газоанализатор.

2. Проверить величину температуры уставки:

$$T_y = 0,1 U_6, \quad (A.1)$$

где T_y – температура уставки

(задаваемая температура чувствительного элемента), °C;

U_6 – напряжение в точке КТ6, мВ.

Если температура отличается от указанной в паспорте, ее необходимо подстроить резистором R46, расположенным на плате блока электроники.

3. Не ранее чем через 30 минут после включения газоанализатора измерить температуру чувствительного элемента ($T_{чз}$) термопреобразователем датчика. Напряжение в точке КТ4 U_4 , мВ должно быть:

$$U_4 = 10 T_{чз}, \quad (A.2)$$

где $T_{чз}$ – измеренная температура чувствительного элемента, °C.

При необходимости напряжение U_4 подстроить резистором R34.

4. Переключатель диапазонов установить на шкалу "25%". Удалить заглушку с трубки подачи ПГС. Подсоединить к трубке подачи ПГС с помощью гибких шлангов ротаметр и побудитель расхода воздуха. Установить расход воздуха в пределах (20±5) л/ч. Подключить к токовому выходу блока электроники миллиамперметр (прибор не хуже Ц300). Резистором R94 «КОРРЕКЦИЯ 21% O₂» установить выходной токовый сигнал:

- 4,16 мА – для диапазона изменения ВТС от 0 до 5 мА;
- 17,3 мА – для диапазона изменения ВТС от 4 до 20 мА.

5. Переключатель диапазонов установить в положение «2,5%». Подать в рабочий объем датчика ПГС с содержанием кислорода 1% об. Расход газа – (20±5) л/ч. Резистором R7 установить ВТС:

- 3,8±0,125 мА – для диапазона изменения ВТС от 0 до 5 мА;
- 16,6±0,4 мА – для диапазона изменения ВТС от 4 до 20 мА.

При использовании других ПГС, с содержанием кислорода близким к 1% об., выходной токовый сигнал рассчитать по формуле (1) для диапазона измерения № 4 (от 0,1 до 2,5 % об.).

6. Проверить ВТС с помощью соответствующих ПГС по одной точке на других диапазонах измерения и, при необходимости, провести подстройку:

- в диапазоне №2 (от 0,1 до 10 % об.) – резистором R12;
- на шкале №3 (от 0,1 до 5 % об.) – резистором R13;
- на шкале №4 (от 0,1 до 2,5 % об.) – резистором R15.
-

Внимание! Сопротивления R11, R12, R13 и R15 обеспечивают совмещение показаний при переключении диапазонов, поэтому их перестройка должна выполняться согласованно.

Приложение Б (обязательное)

Инструкция по калибровке газоанализатора

Калибровка производится при выпуске газоанализатора из производства, после ремонта и в процессе эксплуатации не реже одного раза в год.

1 Внешний осмотр

Номер датчика и номер блока электроники должны соответствовать указанным номерам в паспорте.

Осмотреть и заменить фильтр при наличии на нем макроотверстий и трещин.

Внешние повреждения датчика и блока электроники должны отсутствовать.

2 Средства калибровки

Проверку газоанализатора на соответствие метрологическим характеристикам проводят с применением поверочных газовых смесей (ПГС). Номинальное содержание кислорода в ПГС должно соответствовать таблице Б.1.

Таблица Б.1

Номер ПГС	Содержание кислорода, % об.	Номер ПГС по Госреестру
1	0,90	3717-87
2	1,90	3721-87
3	4,75	3724-87
4	9,50	3727-87

Для измерения выходного токового сигнала использовать комбинированный прибор Щ300 или прибор, характеристика которого не хуже указанного.

3 Нормальные условия калибровки

При проведении калибровки должны соблюдаться следующие условия:

- датчик устанавливается в метрологический стенд с температурой в диапазоне - от 380 до 420⁰С;
- температура окружающего воздуха - от 15 до 25⁰С;
- относительная влажность окружающего воздуха - от 30 до 80 %;
- температура ПГС - от 15 до 25⁰С;
- расход ПГС - от 20 до 25 л/ч.

4 Подготовка к калибровке

Установить датчик в стенд с температурой $(400 \pm 20)^\circ\text{C}$. Провести подключение кабелей и включить газоанализатор.

Через 2 часа после выхода на режим провести корректировку показаний согласно пункту 3.3.2. Взамен побудителя подачи воздуха подсоединить трубку подачи ПГС.

5 Определение метрологических характеристик

Определение основной погрешности проводить при пропускании ПГС в следующей последовательности номеров: 4 - 3 - 2 - 1 - 2 - 3 - 4 - 1.

Определяемое содержание O_2 в каждой ПГС рассчитывается по формуле:

$$A_i = (I_{\text{вых}} - I_n) / K, \quad (\% \text{ об.}), \quad (\text{Б.1})$$

где $I_{\text{вых}}$ - выходной ток при пропускании ПГС, мА;

I_n - начальное значение диапазона изменения выходного токового сигнала (ВТС):

$I_n = 0$ мА для диапазона изменения ВТС от 0 до 5 мА,

$I_n = 4$ мА для диапазона изменения ВТС от 4 до 20 мА;

K - коэффициент преобразования. Определяется по таблице 2.

Основная погрешность газоанализатора в точках проверки определяется по формулам:

- для диапазона измерения (0-2,5 % об.)

$$\Delta_{2,5} = |A_i - A_o|; \quad (\text{Б.2})$$

- для диапазона измерения (0-5,0 % об.)

$$\gamma_5 = 100(A_i - A_o) / 5; \quad (\text{Б.3})$$

- для диапазона измерения (0-10,0% об.)

$$\gamma_{10} = 100(A_i - A_o) / 10, \quad (\text{Б.4})$$

где A_i – определенное при калибровке содержание O_2 в ПГС, % об;

A_o – действительное (по паспорту ПГС) содержание O_2 , % об.

Газоанализатор считается выдержавшим испытания, если погрешность в каждой из точек проверки меньше допустимой основной погрешности:

$$\Delta_{2,5} \leq (\Delta_{\text{д}} = 0,1\% \text{ об.});$$

$$\gamma_5 \leq (\gamma_{\text{д}} = 2,5\%);$$

$$\gamma_{10} \leq (\gamma_{\text{д}} = 2,5\%).$$

Проверку времени установления показания $T_{0,9}$ проводят с помощью секундомера при пропускании ПГС в последовательности номеров 1 - 3 - 1 (один цикл). Число циклов испытаний равно трем. Время установления показания оп-

ределяется как интервал между началом его изменения после подачи ПГС и моментом достижения значения, соответствующего $0,9|A_3-A_1|$, где A_3 и A_1 содержание кислорода в ПГС №3 и №1 соответственно.

Время установления показаний рассчитывается по формулам:

$$T_{0,9i} = (T_{0,9i}^{\delta} + T_{0,9i}^{\mu})/2, \quad (\text{Б.5})$$

$$T_{0,9} = (\sum T_{0,9i})/3, \quad (\text{Б.6})$$

где $T_{0,9i}$ – время установления показаний за i -й цикл, с;

$T_{0,9i}^{\delta}(T_{0,9i}^{\mu})$ – время установления показаний i -го цикла при увеличении (уменьшении) содержания кислорода в ПГС, с.

Газоанализатор считают выдержавшим испытание, если соблюдается условие $T_{0,9} \leq T_{0,9д} = 10\text{с}$.

6 Оформление результатов калибровки

Положительные результаты калибровки оформляют путем нанесения оттиска калибровочного клейма на корпус блока электроники и записи в паспорте.

При отрицательных результатах калибровки клеймо гасят, в паспорте делается запись об изъятии прибора из эксплуатации.

Приложение В
(обязательное)
Методика поверки газоанализатора

Настоящая методика составлена для персонала, имеющего право поверки, и распространяется на твердоэлектrolитные газоанализаторы кислорода "ЭКОН", изготовленные и предназначенные для измерения содержания кислорода в отходящих дымовых газах котлоагрегатов.

Поверка приборов, при использовании их на предприятиях входящих в сферу деятельности Гостехнадзора, производится соответствующими службами этих предприятий.

Межповерочный интервал - 1 год.

1 Операция поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице В.1.

Таблица В.1

Наименование операции	Номер пункта методики
Внешний осмотр	5.1
Опробование	5.2
Определение погрешности	5.3

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться стандартные образцы газовых смесей (ГСО ПГС) в баллонах под давлением, указанные в таблице Б.1.

2.2 При проведении поверки должны применяться следующие средства измерений и вспомогательное оборудование:

- редуктор газовый, обеспечивающий понижение давления до 10 - 15кПа;
- ротаметр типа РС, ГОСТ 13043 с верхним пределом измерения 60 л/ч, прошедший поверку по ПР 50.2.006-94;
- прибор комбинированный цифровой Щ300;
- секундомер;
- побудитель подачи воздуха.

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки должны выполняться:

- правила безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением;
- правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки преобразователь газоанализатора должен находиться при температуре окружающей среды $(25 \pm 10)^{\circ}\text{C}$, напряжении питания $(220 \pm 10\%)\text{В}$, расход поверочной газовой смеси $(20 \pm 5)\text{л/ч}$.

4.2 Поверка газоанализатора проводится в его рабочем положении.

4.3 Подключить к выходам токового сигнала комбинированный прибор Щ300 (допускается применение микроамперметра классом 0,5 или 1,5).

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого газоанализатора следующим требованиям:

- комплектность газоанализатора должна соответствовать требованиям НТД;
- газоанализатор не должен иметь повреждений, влияющих на его работоспособность.

5.2 Опробование.

Опробование газоанализатора осуществляется в соответствии с п. 2.3.2 Руководства по эксплуатации на прибор.

5.3 Определение основной погрешности

5.3.1 Подать на датчик соответствующую (см. п. 5.3.2) поверочную газовую смесь, установив расход газа (20 +5)л/ч.

После подачи газовой смеси включить секундомер и через 10 секунд снять показание выходного токового сигнала (ВТС) по прибору Щ300.

5.3.2 Прodelать операцию по п. 5.3.1 с каждой из смесей, перечисленных в таблице А.1, для двух диапазонов изменения выходного токового сигнала. Для диапазона измерения (0 ÷ 25)% об. O₂ использовать воздух и смесь №4; для диапазона измерения (0 ÷ 10)% об. O₂ использовать смеси №3 и №4; для диапазона измерения (0 ÷ 5)% об. O₂ использовать смеси №3 и №2; для диапазона измерения (0 ÷ 2,5)% об. O₂ использовать смеси №1 и №2.

5.3.3 Рассчитать измеренные значения содержания O₂ для каждой смеси по формуле:

$$A_i = (I_{\text{вых}} - I_n) / K, \% \text{ об.} \quad (\text{B.1})$$

где: $I_{\text{вых}}$ - выходной токовый сигнал;

I_n , K - начальное значение диапазона изменения ВТС и коэффициент преобразования, соответственно, указанные в Руководстве по эксплуатации (формула 1 и таблица 2).

5.3.4 Определить основную погрешность газоанализатора по формулам:

- для диапазона (0 ÷ 2,5)% об.:

$$\Delta_{2,5} = |A_i - A_o|; \quad (\text{B.2})$$

- для диапазона (0 ÷ 5)% об.:

$$\gamma_5 = 100((A_i - A_o)/5); \quad (\text{B.3})$$

- для диапазона (0 ÷ 10)% об.:

$$\gamma_{10} = 100((A_i - A_o)/10), \quad (B.4)$$

где A_i - содержание кислорода в ПГС, определенное по п.5.3.3, % об. ;
 A_o - действительное содержание кислорода в ПГС, % об.

Газоанализатор считается выдержавшим испытания, если погрешность в каждой из точек проверки меньше допускаемой основной погрешности (см. п.1.2 Руководства по эксплуатации):

$$\Delta_{2,5} \leq (\Delta_{\text{д}} = 0,1\% \text{ об.});$$

$$\gamma_5 \leq (\gamma_{\text{д}} = 2,5\% \text{ об.});$$

$$\gamma_{10} \leq (\gamma_{\text{д}} = 2,5\% \text{ об.})$$

Примечание. Поверка газоанализаторов, при использовании их на предприятиях, входящих в сферу деятельности Гостехнадзора, может производиться соответствующими службами этих предприятий.

1 Общие сведения об изделии

Твердоэлектродный газоанализатор кислорода “ЭКОН”.

Датчик № _____, Блок электроники № _____

2 Основные технические характеристики

Наименование параметра	Значение
1 Диапазон измерения содержания кислорода, % об.	от 0,1 до 2,5; от 0,1 до 5; от 0,1 до 10; от 0,1 до 25
2 Температура чувствительного элемента датчика, °С
3 Диапазон изменения выходного токового сигнала, мА
4 Основная приведенная погрешность, %
5 Время установления показаний, с
6 Габаритные размеры датчика: - общая длина, мм; - длина погружной части, мм

Калибровку провел _____ / _____ /
“ ” _____ 200_ г.

3 Комплект поставки

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
ЭКОН.413425.001 _____	Датчик кислорода	1	
ЭКОН.413432.001 _____	Блок электроники	1	
ЭКОН.685611.001	Кабель сетевой	1	Длина 1 м.
ЭКОН.685612.003	Кабель соединительный	1	Длина 12 м.
ЭКОН.685611.002	Кабель выходной	1	Длина 1 м.
ЭКОН.711113.001	Фильтр	1	
ВП1-1-3А	Вставка плавкая	2	3 А
ЭКОН.413415.001РЭ	Руководство по эксплуатации	1	
ЭКОН.321127.001	Ящик тарный	1	По заказу

4 Свидетельство о приемке

Газоанализатор кислорода твердоэлектролитный “ЭКОН” в составе датчика кислорода №_____ и блока электроники №_____ соответствует техническим условиям ТУ 95 2468-2000 и признан годным для эксплуатации.

Дата выпуска “____” _____ 200_ г.

Приемку провел _____ / _____ /

5 Гарантийные обязательства

5.1 Изготовитель гарантирует соответствие газоанализаторов требованиям технических условий ТУ 95 2468-2000 при соблюдении потребителем условий и правил технического обслуживания, эксплуатации, транспортировки и хранения, установленных эксплуатационной документацией.

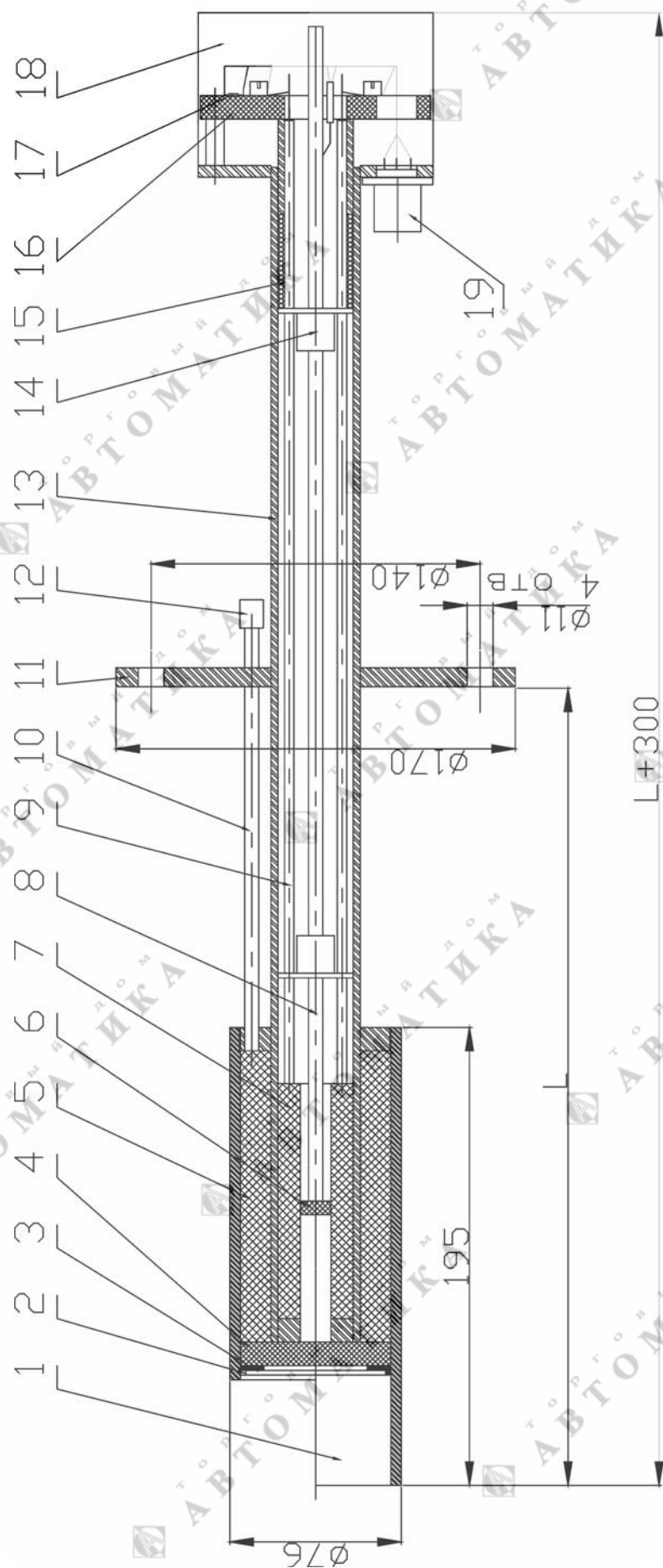
5.2 Гарантийный срок хранения и эксплуатации газоанализатора 12 месяцев со дня поставки, подтверждаемого отгрузочными документами.

5.3 Ремонт в течение гарантийного срока производится безвозмездно предприятием-изготовителем при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации и хранения.

На время ремонта гарантийный срок продлевается.

По истечении гарантийного срока эксплуатации ремонт, настройка, калибровка, поверка и поставка запасных частей газоанализатора осуществляется по **отдельному договору** между потребителем и предприятием-изготовителем.

5.4 Подготовка к использованию, пуск в эксплуатацию, настройка, калибровка, а также поверка газоанализатора может проводиться предприятием-изготовителем по отдельному договору.



1 - экран, 2 - стопорное кольцо, 3 - шайба, 4 - фильтр, 5 - теплоизоляция, 6 - чувствительный элемент, 7 - нагреватель, 8 - зонд с потенциальным выводом и термопарой, 9 - токоподвод к нагревателю, 10 - трубка подачи ПГС, 11 - крепежный фланец, 12 - заглушка, 13 - корпус, 14 - изолятор, 15 - пружина, 16 - клеммник, 17 - термодатчик, 18 - крышка, 19 - разъем, L - глубина погружения.

Рис. 1. Датчик газоанализатора кислорода "ЭКОН"

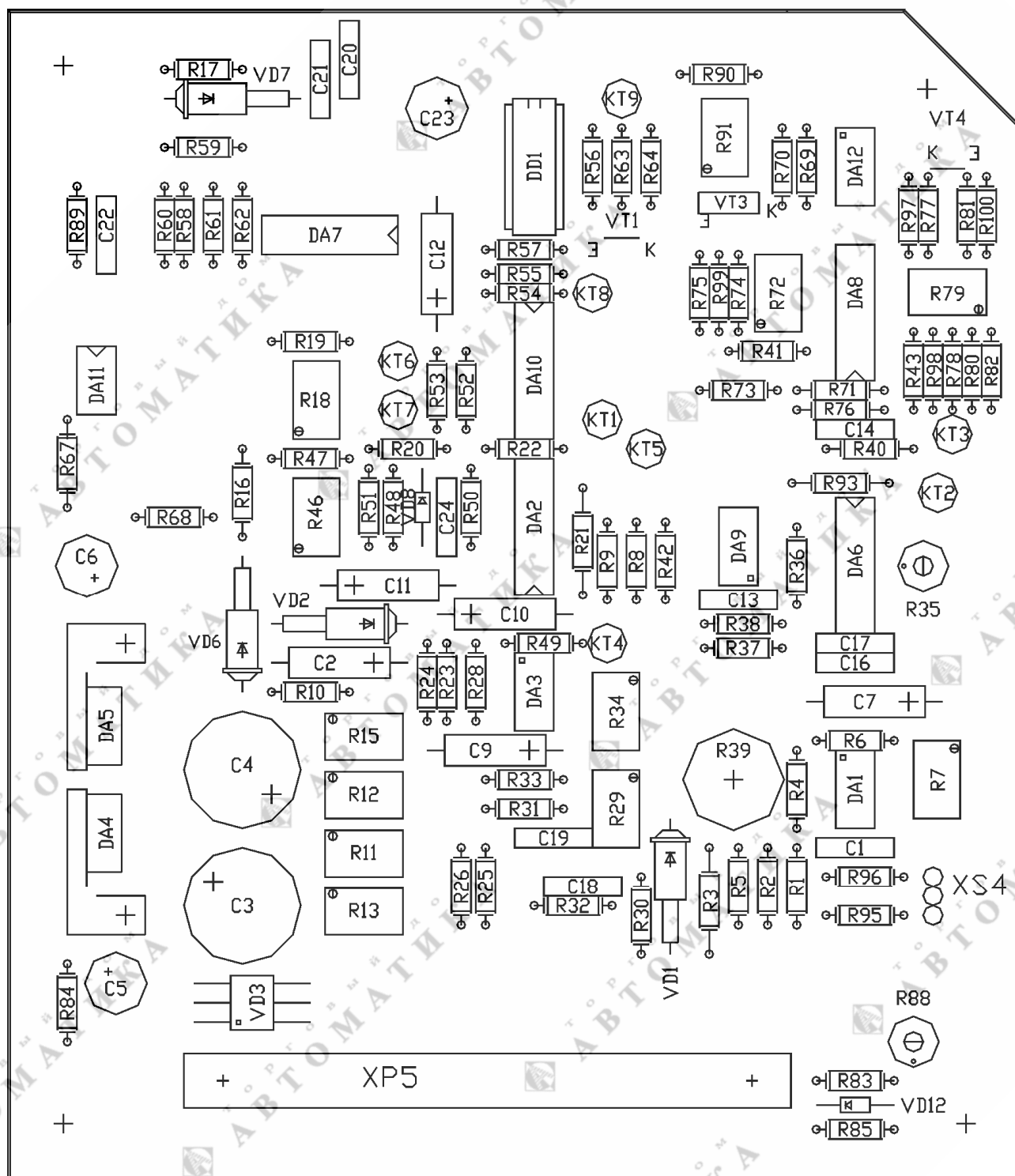


Рис.2. Расположение элементов на плате

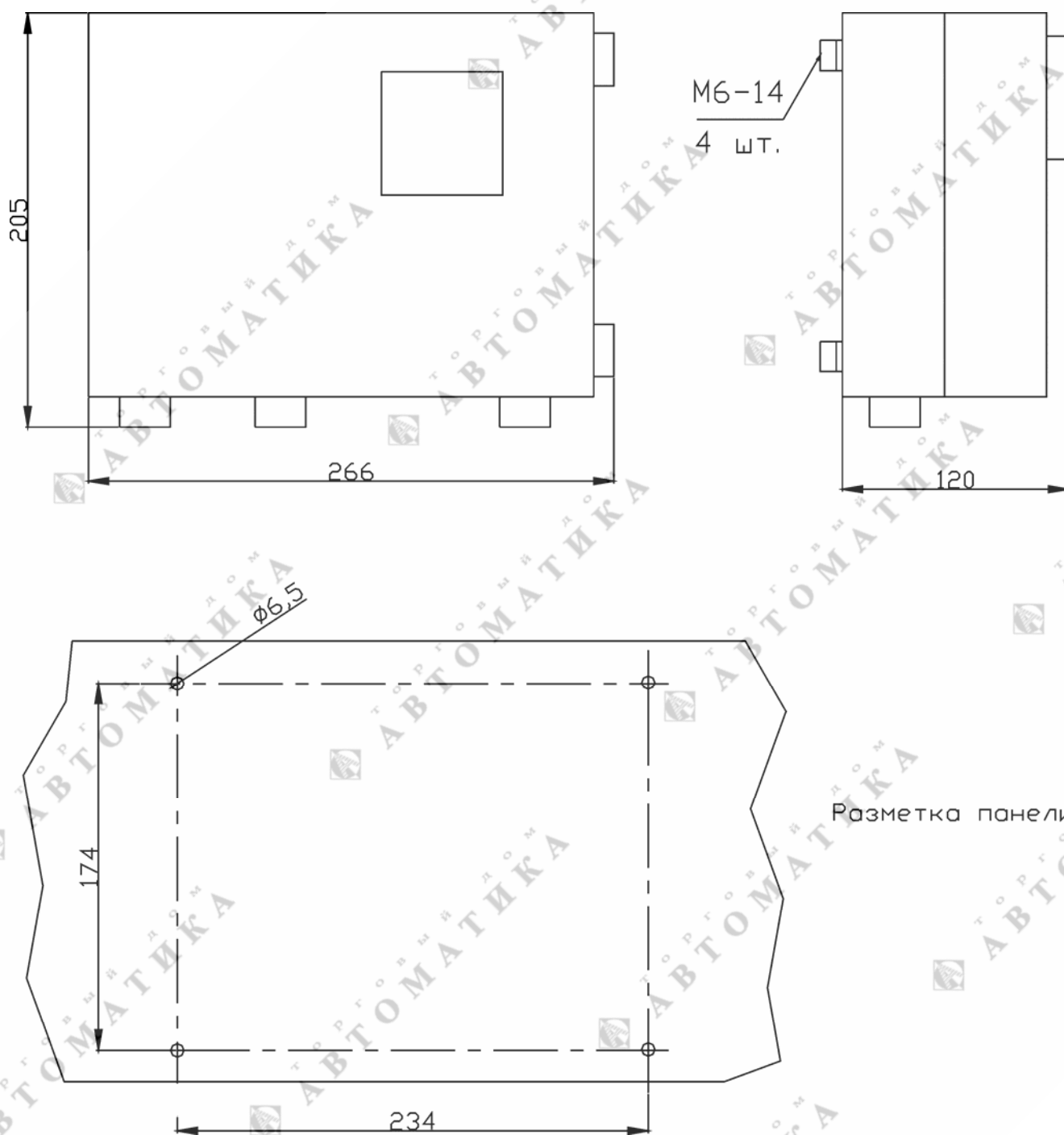


Рис.5. Схема установки блока электроники

ЭКОН - М - 02-печатная плата

Перечень элементов

Резисторы МЛТ - 0,25

R2 91 ком
R4 91 ком
R5 270ком
R16 560
R17 560
R19 12 ком
R20 22 ком
R21 8,2 ком
R22 8,2 ком
R24 91 ком
R25 15 ком
R26 10 ком
R28 91 ком
R30 12 ком
R31 91 ком
R38 30
R41 перемычка
R42 3 ком
R47 8,2 ком
R48 100(120)
R49 4,3 мом
R50 8,2 ком
R51 7,5 мом
R52 16 ком
R53 51 ком
R54 1,3 мом
R55 820 ком
R56 8,2 ком
R57 1,3 мом
R58 2 ком
R59 51 ком
R60 8,2 ком
R61 1,3 мом
R62 8,2 ком
R63 8,2 ком
R64 2ком
R67 36
R68 560
R69 100 ком
R76 82 ком
R83 91 ком
R84 8,2 ком
R89 100
R93 перемычка

0,5W
R85 3,9 ком

C2-29, 1%

R3 210
R6 15 ком
R8 7,5 ком
R9 7,5 ком
R10 перемычка
R32 210
R33 44,2 ком
R36 1.4 ком
R37 5,1
R40 44,2 ком
R43 511 ком
R44 перемычка
R73 825 ом
R74 51.1 ом
R75 825 ом

0,1%

R70, R71, R77 12 ком
R78, R90 12 ком
R80 1 ком
R81 1,2 ком
R82 200
R100 перемычка
R99 перемычка

3296W

R7,11,12,13 18 10 ком
R29, 34,91 10 ком
R15 2,0 ком
R46 5.0 ком
R72,79 100 ом
R35 20 ком
R88 20 ком

КИМ-

0,125

R1 680 мом
R23 75 мом

Терморезистор

R39 24,5 ом

Конденсаторы

К-50-35

C3, C4 1000 : 25 В
C5,6,12,23 47 : 16 В

КМ - 6

C1 1 мкф
C8,13,14 33 пф
C16,17,18,19, 0,22мкф
20,21,22,24

К53 - 1а

C2,7,9,11 10 : 16 В
C10 22 : 6 В

Диоды

VD3 W01M
VD5 КД521
VD8 КТ3102
VD 12 КД209

Стабилитроны

VD1, 2 Д814Д
VD6, 7 КС191Ф

Транзисторы

VT1, 4 КТ3117
VT3 КТ815Г

Микросхемы

DA1, DA3 К140УД17
DA2,DA8 TL084SN
DA4 LM7815
DA5 LM7915
DA6 К525ПС2
DA7,DA10 КР554СА3
DA9 К159НТ1
DA11 МОС 3023
DD1 К561ТМ2
DA12 КР140УД608

Установочные элементы

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Микроамперметр | 8. ТС106 (ВТ 138) |
| 2. П2ГЗ | 9. 2РМ14-4 (компл.) |
| 3. Держатель предохранителя (2) | 10. 2РМ18-7(компл.) |
| 4. Предохранитель (2) | 11. 2РМ18-4(компл.) |
| 5. Кнопка двойная | 12. СПЗ –15ком |
| 6. Тумблер двойной | 13. ГРПМШ -1-31(компл.) |
| 7. АЛ307 (2) | 14. ВЛS-3 (компл) |
| | 15. Трансформатор ТП 190-270 |

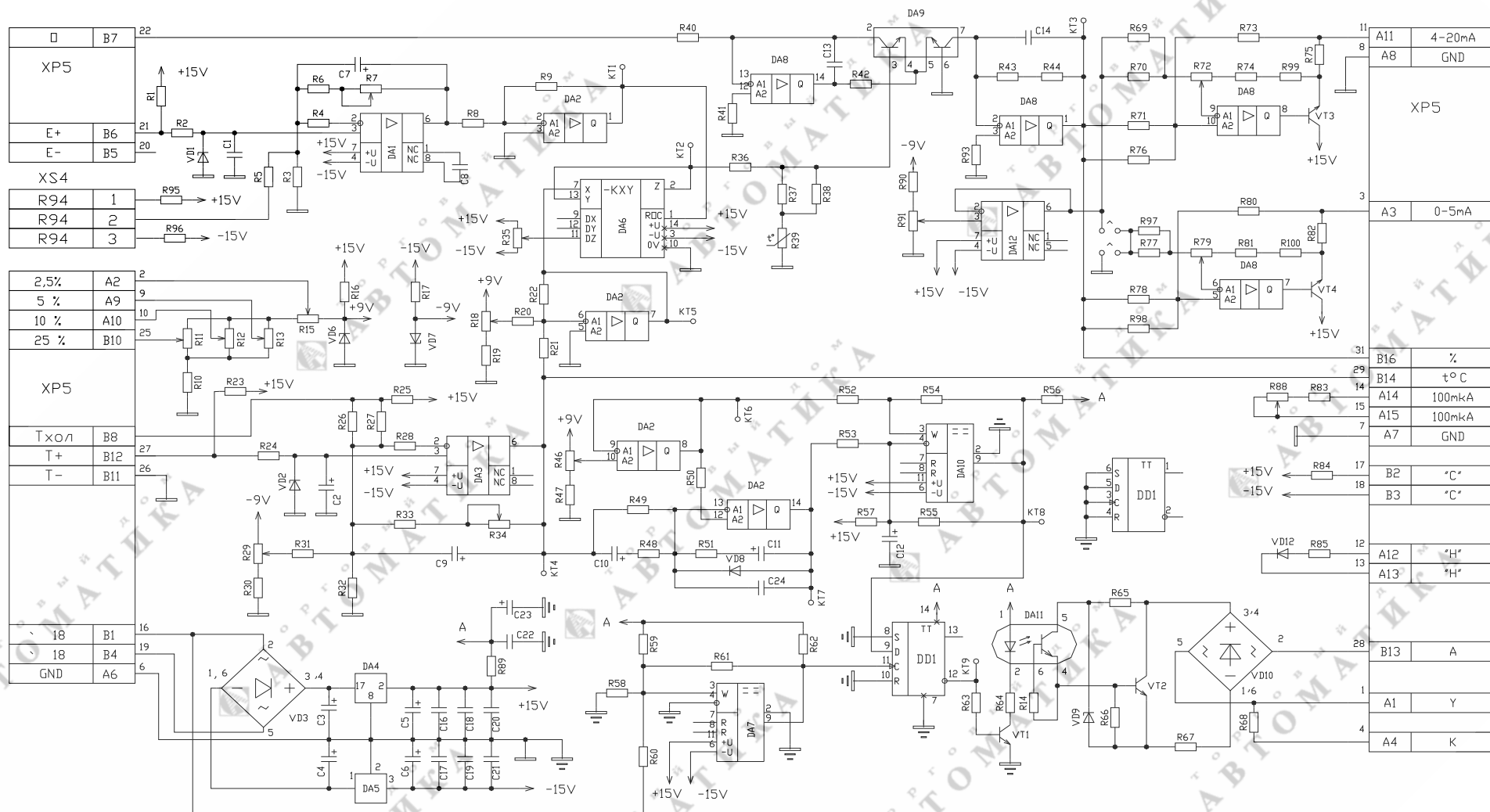


Рис.3. Плата. Схема электрическая принципиальная