

# Комплект технических средств для измерения параметров газоперекачивающего агрегата ГТК-10-4

Ниже приводится состав и описание первичных преобразующих устройств, выпускаемых серийно и применяемых для систем технологического контроля газоперекачивающего агрегата (ГПА) **ГТК-10-4**, а также основные технические характеристики измерительных каналов.

Первичные преобразующие устройства предназначены для подключения в систему автоматики ГПА; значения всех контролируемых параметров преобразуются в ток (4–20) мА.

Контролируемыми являются следующие параметры:

- ) среднее квадратическое значение (СКЗ) виброскорости опор турбины 2 точки;
- ) осевой сдвиг роторов турбины 2 точки;
- ) размах относительного виброперемещения вала нагнетателя 2 точки;
- ) осевой сдвиг ротора нагнетателя 1 точка.

1. Функциональная схема измерительных каналов приведена на рисунке 1.

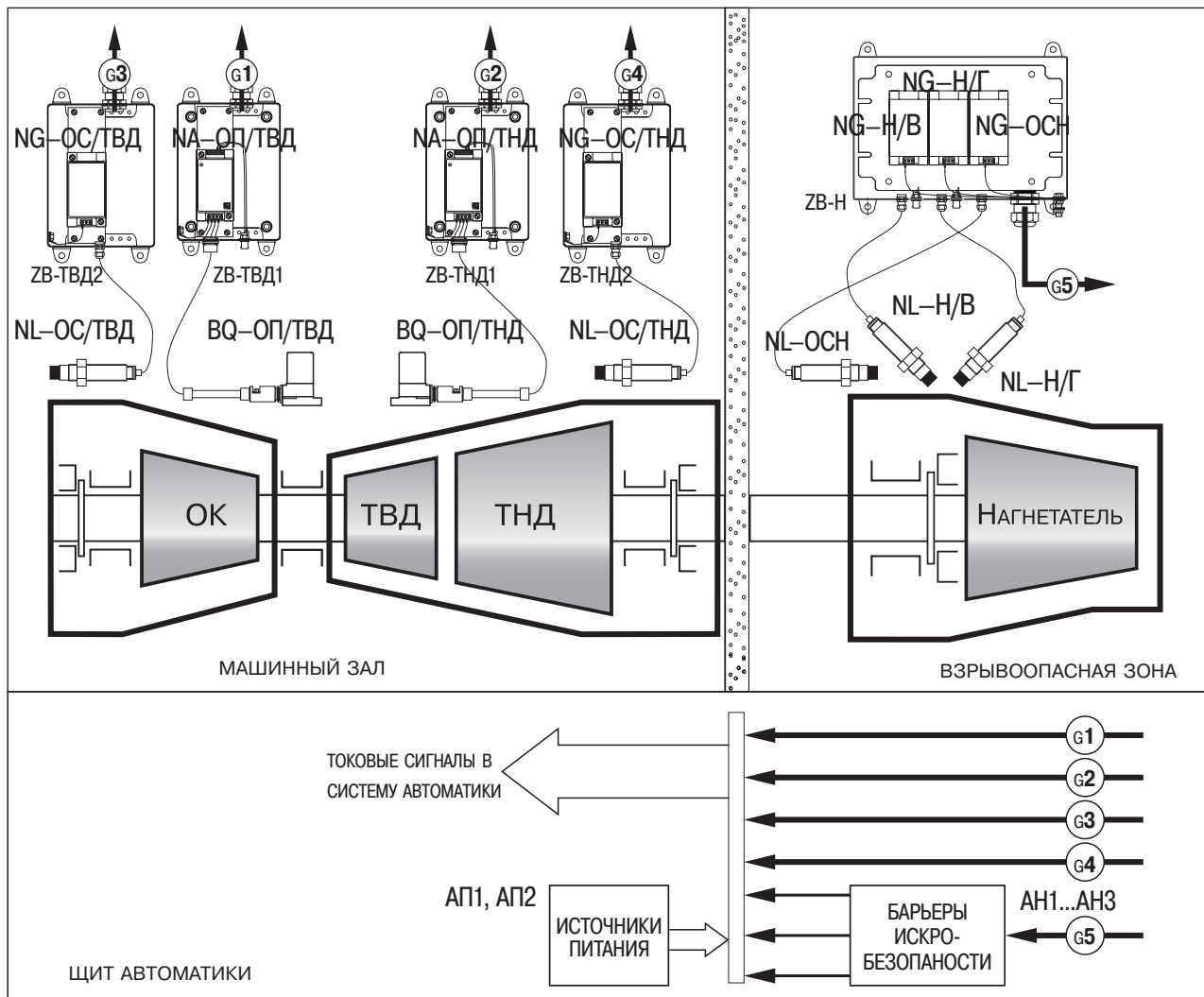


Рис. 1.

Обозначения на схеме:

BQ–ОП/ТВД	пьезоэлектрический вибропреобразователь (ПЭВП) измерительного канала виброскорости опорного подшипника (ОП) ТВД;
NA–ОП/ТВД	усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости ОП ТВД;
ZB-ТВД1	коробка монтажная;
г1	кабель соединительный ( <b>в комплект поставки не входит</b> );
BQ–ОП/ТНД	ПЭВП измерительного канала виброскорости ОП ТНД;
NA–ОП/ТНД	УС измерительного канала виброскорости ОП ТНД;
ZB-ТНД1	коробка монтажная;
г2	кабель соединительный ( <b>в комплект поставки не входит</b> );
NL–ОС/ТВД	вихретоковый датчик измерительного канала осевого сдвига ТВД;
NG–ОС/ТВД	генератор-преобразователь измерительного канала осевого сдвига ТВД;
ZB-ТВД2	коробка монтажная;
г3	кабель соединительный ( <b>в комплект поставки не входит</b> );
NL–ОС/ТНД	вихретоковый датчик измерительного канала осевого сдвига ТНД;
NG–ОС/ТНД	генератор-преобразователь измерительного канала осевого сдвига ТНД;
ZB-ТНД2	коробка монтажная;
г4	кабель соединительный ( <b>в комплект поставки не входит</b> );
NL–Н/В	вихретоковый датчик измерительного канала виброперемещения вала опорно-упорного подшипника нагнетателя (ОУПН), вертикальная составляющая;
NG–Н/В	генератор-преобразователь измерительного канала виброперемещения вала ОУПН, вертикальная составляющая;
NL–Н/Г	вихретоковый датчик измерительного канала виброперемещения вала ОУПН, горизонтальная составляющая;
NG–Н/Г	генератор-преобразователь измерительного канала виброперемещения вала ОУПН, горизонтальная составляющая;
NL–ОСН	вихретоковый датчик измерительного канала осевого сдвига нагнетателя (ОСН);
NG–ОСН	генератор-преобразователь измерительного канала ОСН;
ZB-Н	коробка монтажная;
г5	кабель соединительный ( <b>в комплект поставки не входит</b> ).

2. Спецификация оборудования для оснащения одного ГПА ГТК–10-4.

Обозначение	Наименование	Кол-во, шт.
BQ–ОП/ТВД, BQ–ОП/ТНД	Пьезоэлектрический вибропреобразователь МВ–44-2Г/1,0/12,0	2
NA–ОП/ТВД, NA–ОП/ТНД	Усилитель согласующий СИЭЛ–1657-1,0-020-160-В	2
ZB-ТВД1, ZB-ТНД1	Коробка монтажная 1684	2
NL–ОС/ТВД, NL–ОС/ТНД	Датчик вихретоковый СИЭЛ–166Д-10-1/7Р С1-25/40-В	2
NG–ОС/ТВД, NG–ОС/ТНД	Генератор-преобразователь СИЭЛ–1662-10-8-SC-В	2
ZB-ТВД2, ZB-ТНД2	Коробка монтажная 1684	2
NL–Н/В, NL–Н/Г	Датчик вихретоковый СИЭЛ–166Д-10-1/7Р С1-20/35-В	2
NG–Н/В, NG–Н/Г	Генератор-преобразователь СИЭЛ–1663-10-8-250-В	2
NL–ОС	Датчик вихретоковый СИЭЛ–166Д-10-1/7Р С1-25/40-В	1
NG–ОС	Генератор-преобразователь СИЭЛ–1662-10-8-SC-В	1
ZB-Н	Коробка монтажная 1682	1
АН1...АН3	Барьер искробезопасности СИЭЛ–1949-24-ИIC-D	3
АП1, АП2	Блок гарантированного питания СИЭЛ–1941	2

3. Основные характеристики первичных преобразующих средств измерительных каналов виброскорости подшипников ТВД и ТНД.

3.1. Пьезоэлектрический вибропреобразователь (ПЭВП) МВ-44-2Г/1,0/12,0:

3.1.1. коэффициент преобразования 2,0 [пКл/(м/с<sup>2</sup>)];

3.1.2. рабочая температура до 400 °С, длина жаропрочной трубки  $L_{ЖТ} = 1,0$  м.;

3.1.3. кабельный жгут длиной  $L_{КМ} = 12$  м в металлорукаве с соединителем 2РМ...18К4Г... на конце – см. рисунок 2.

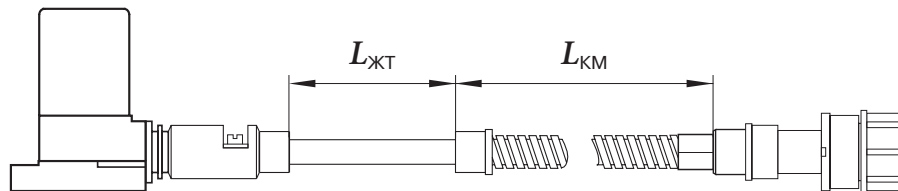


Рис. 2.

3.2. Применение данного ПЭВП в комплекте с усилителем согласующим (УС) модификации СИЭЛ-1657-1,0-020-160-В позволяет получить выходной ток (4 – 20) мА, пропорциональный СКЗ виброскорости в диапазоне до 50 мм/с.

Для увеличения диапазона измерения СКЗ виброскорости до 100 мм/с, следует использовать модификацию УС СИЭЛ-1657-0,5-010-080-В.

3.3. УС установлен в монтажную коробку 1684. Кабель ПЭВП соединяется с разъемом 2РМ...18Б4Ш...; кроме того на коробке закреплен разъем типа BNC для подключения переносного прибора, позволяющего измерять и анализировать в задачах вибродиагностики сигнал напряжения, пропорционального мгновенному значению виброскорости.

Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры монтажной коробки 1684 с установленным УС СИЭЛ-1657 приведены на рисунке 3.

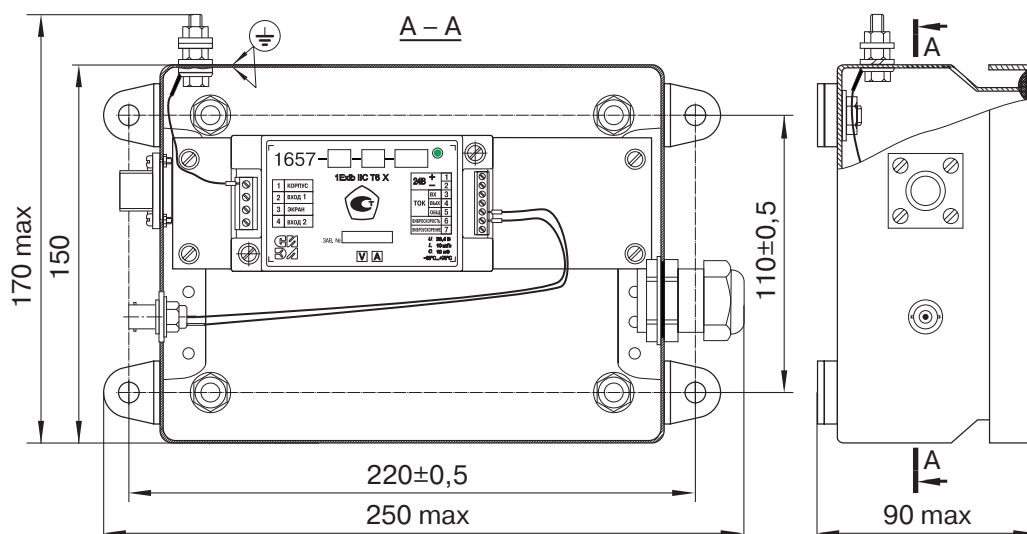


Рис. 3

3.4. Основные характеристики УС СИЭЛ-1657 (подробно см. ТПКЦ.427710.001-02 РЭ).

3.4.1. Номинальное значение коэффициента преобразования для модификаций УС:

СИЭЛ-1657-1,0-020-160,

сигнал, пропорциональный виброускорению ..... 1,0 мВ/пКл,  
 сигнал, пропорциональный виброскорости ..... 20 В/(пКл·с),  
 сигнал, пропорциональный СКЗ виброскорости ..... 160 мА/(пКл·с) (СКЗ);

СИЭЛ-1657-0,5-010-080,

сигнал, пропорциональный виброускорению ..... 0,5 мВ/пКл,  
 сигнал, пропорциональный виброскорости ..... 10 В/(пКл·с),  
 сигнал, пропорциональный СКЗ виброскорости ..... 80 мА/(пКл·с) (СКЗ).

- 3.4.2. Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте  $f_B = 160$  Гц для всех модификаций, % .....  $\pm 2,0$ .
- 3.4.3. Постоянный выходной ток при отсутствии входного сигнала для сигнала, пропорционального СКЗ виброскорости, мА: .....  $(4,00 \pm 0,04)$ .
- 3.4.4. Максимальное значение выходного сигнала для УС:  
измерительный канал виброускорения:  
амплитуда переменного напряжения, пропорционального виброускорению, при сопротивлении цепей нагрузки не менее 10 кОм, В ..... 5,0,  
измерительный канал виброскорости:  
амплитуда переменного напряжения, пропорционального виброскорости, при сопротивлении цепей нагрузки не менее 10 кОм, В ..... 5,0,  
измерительный канал СКЗ виброскорости:  
составляющая постоянного тока, пропорциональная СКЗ виброскорости, при сопротивлении цепей нагрузки не более 500 Ом, мА ..... 16,0.
- 3.4.5. Нелинейность амплитудной характеристики:  
для измерительных каналов виброускорения в диапазоне  $(0,01 - 1,0)$  от максимального значения, %, не более ..... 1,0.  
для измерительных каналов виброскорости в диапазоне  $(0,02 - 1,0)$  от максимального значения, %, не более ..... 1,0.  
для измерительных каналов СКЗ виброскорости  
в диапазоне  $(0,1 - 1,0)$  от максимального значения, %, не более ..... 1,0.  
в диапазоне  $(0,05 - 1,0)$  от максимального значения, %, не более ..... 5,0.
- 3.4.6. Частотный диапазон УС, Гц:  
измерительный канал виброускорения ..... от 5 до 10000,  
измерительные каналы  
виброскорости и СКЗ виброскорости ..... от 10 до 1000.
- Примечание:** допускается заказное исполнение УС с уменьшенным частотным диапазоном измерительных каналов виброскорости и СКЗ виброскорости.
- 3.4.7. Неравномерность частотной характеристики для всех модификаций УС, %, не более .... 5.
- 3.4.8. Крутизна спадов АЧХ:  
полосовых фильтров сигналов, пропорциональных виброскорости и СКЗ виброскорости, дБ/окт, не менее ..... 18.  
форма частотной характеристики для сигнала, пропорционального виброускорению... ..... не нормируется.
- 3.4.9. Пределы допускаемой основной относительной погрешности преобразования электрического заряда, %:  
для сигнала, пропорционального виброускорению .....  $\pm 6,0$ ;  
для сигнала, пропорционального виброскорости .....  $\pm 6,0$ ;  
для сигнала, пропорционального СКЗ виброскорости  
в диапазоне  $(0,1 - 1,0)$  от максимального значения .....  $\pm 6,0$ ;  
для сигнала, пропорционального СКЗ виброскорости  
в диапазоне  $(0,05 - 1,0)$  от максимального значения .....  $\pm 8,0$ .
- 3.4.10. Напряжение питания, В ..... постоянное,  $24 \pm 8$ .
- 3.4.11. Ток потребления, мА, не более ..... 20.

3.5. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры УС: рисунок 4:

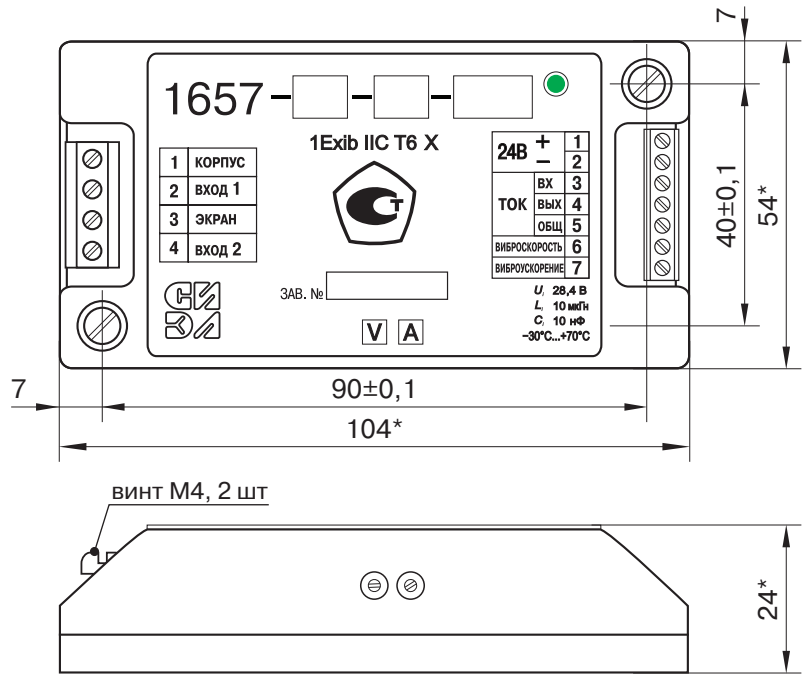


Рис. 4

4. Особенности кабельной сборки и размеры корпуса используемых вихретоковых датчиков показаны на примере модификации СИЭЛ-166Д-10-1/7Р С1-25/40-В.

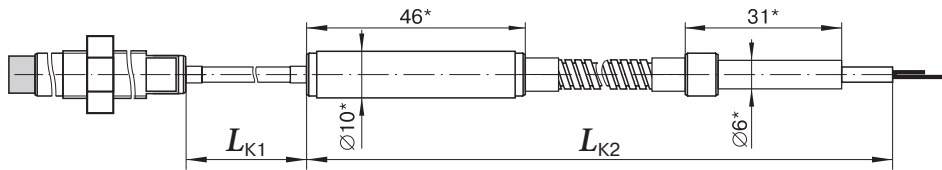


Рис. 5.

Обозначение СИЭЛ-166Д-10-0,8/7,2Р С1-25/40-В указывает на общую длину кабеля 8,0 м ( $L_{K1} + L_{K2}$ ), из которых 1,0 м ( $L_{K1}$ ) без защитного металлорукава расположены внутри корпуса агрегата, а 7,0 м ( $L_{K2}$ ) с защитным металлорукавом – снаружи.

Датчик комплектуется уплотняющим сальником для крепления проходной втулки с установочной резьбой М20х1,5: С1 в обозначении.

Типовые исполнения корпуса датчика приведены на рисунке 6.

$L_P$  – длина резьбовой части, мм;  
 $L_D$  – общая длина корпуса, мм

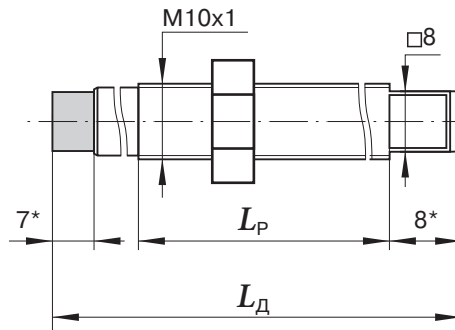


Рис. 6.

$L_P$ , мм	$L_D$ , мм
20	35
25	40
30	45
35	50
40	55
45	60
50	65
55	70
65	100
65	125
65	150
65	175
65	200

5. Основные характеристики измерительных каналов осевого сдвига роторов ТВД и ТНД.
- 5.1. Описание вихретокового датчика из состава преобразователя линейных перемещений (ПЛП) см. п.4.
- 5.2. Генератор-преобразователь ПЛП установлен в монтажной коробке 1684. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры монтажной коробки с установленным генератором-преобразователем СИЭЛ–1662 представлены на рисунке 7.

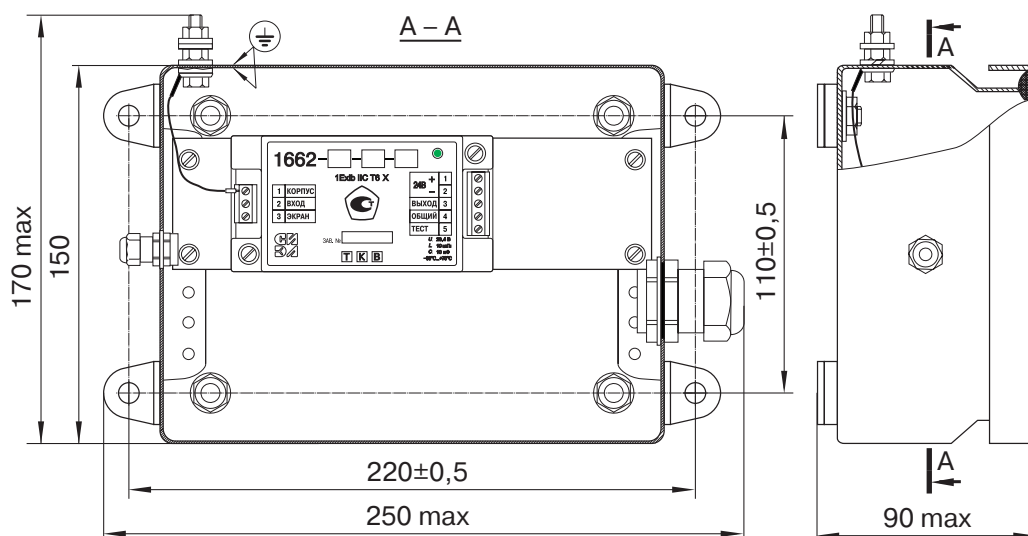


Рис. 7.

- 5.3. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры генератора-преобразователя СИЭЛ–1662: рисунок 8:

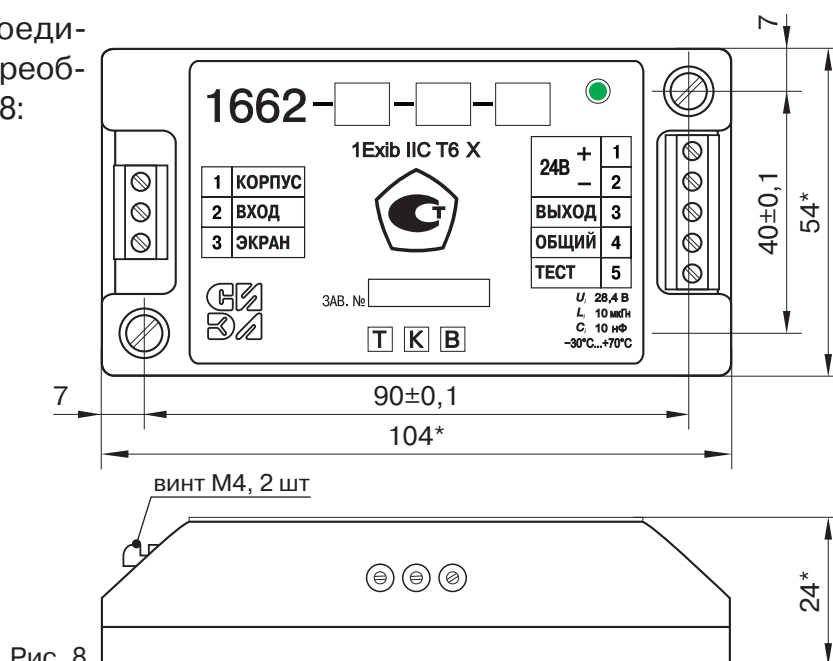


Рис. 8

- 5.4. Выходным сигналом генератора-преобразователя СИЭЛ–1662 является ток, пропорциональный мгновенному значению зазора.
- 5.5. Основные технические характеристики (подробно см. ТПКЦ.427671.006 РЭ).
- 5.5.1. Диапазон преобразования зазора для модификации СИЭЛ–1662-10-...-SC, мм ..... от 0,3 до 2,5.
- 5.5.2. Номинальное значение коэффициента преобразования зазора для модификации СИЭЛ–1662-10-...-SC, мА/мм ..... 7,0.
- 5.5.3. Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования зазора от номинального значения для всех модификаций, % .... ±2,0.
- 5.5.4. Пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования зазора для модификации СИЭЛ–1662-10-...-SC, % ..... ±4,0.
- 5.5.5. Напряжение питания, В, постоянное ..... от 14 до 32.

- 5.5.6. Ток потребления, мА, не более..... 30.
- 5.5.7. Сопротивление цепей нагрузки, Ом, не более ..... 500.
- 5.5.8. Габаритные размеры генератора-преобразователя, мм..... 104×54×24;
- 5.5.9. Масса генератора-преобразователя, г, не более ..... 150.

6. Основные характеристики измерительных каналов относительного виброперемещения и осевого сдвига нагнетателя.

6.1. Описание вихретокового датчика из состава ПЛП см. п.4.

6.2. Габаритно-присоединительные размеры коробки монтажной 1682 с установленными генераторами-преобразователями представлены на рисунке 9.

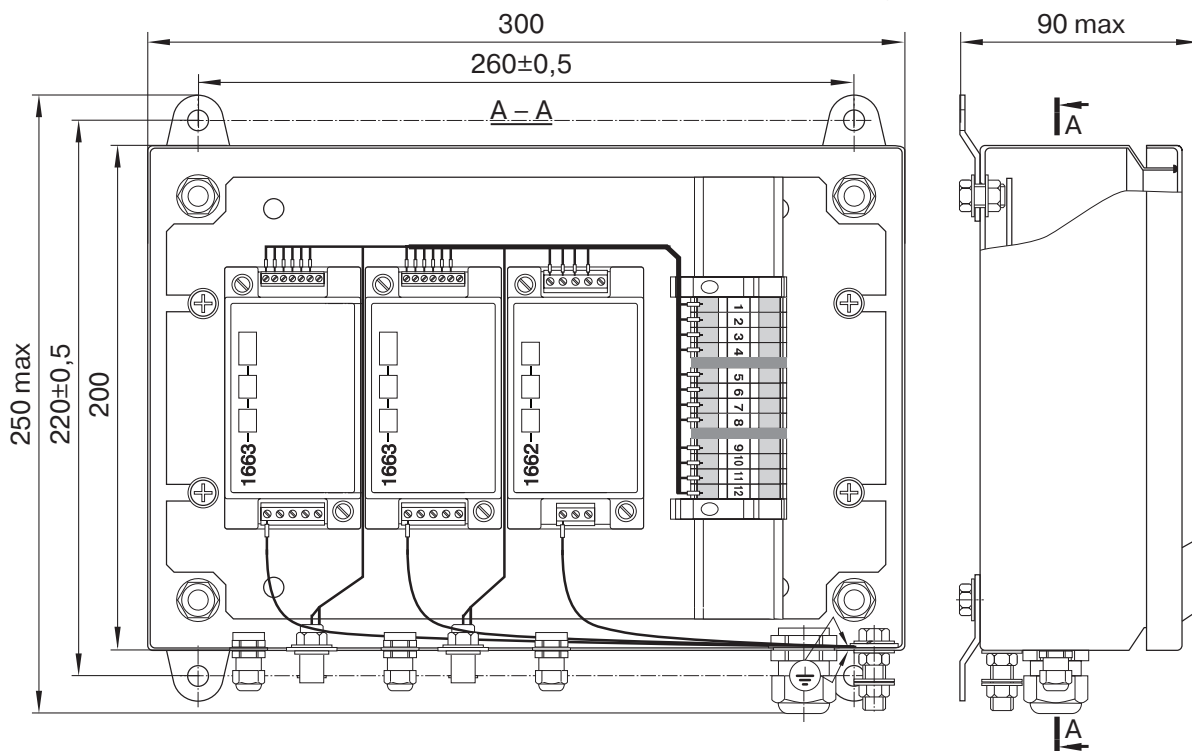


Рис. 9.

6.3. Описание генератора-преобразователя СИЭЛ–1662-10-... -SC измерительного канала осевого сдвига см. пп.5.3...5.5.

6.4. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры генератора-преобразователя СИЭЛ–1663: рисунок 10:

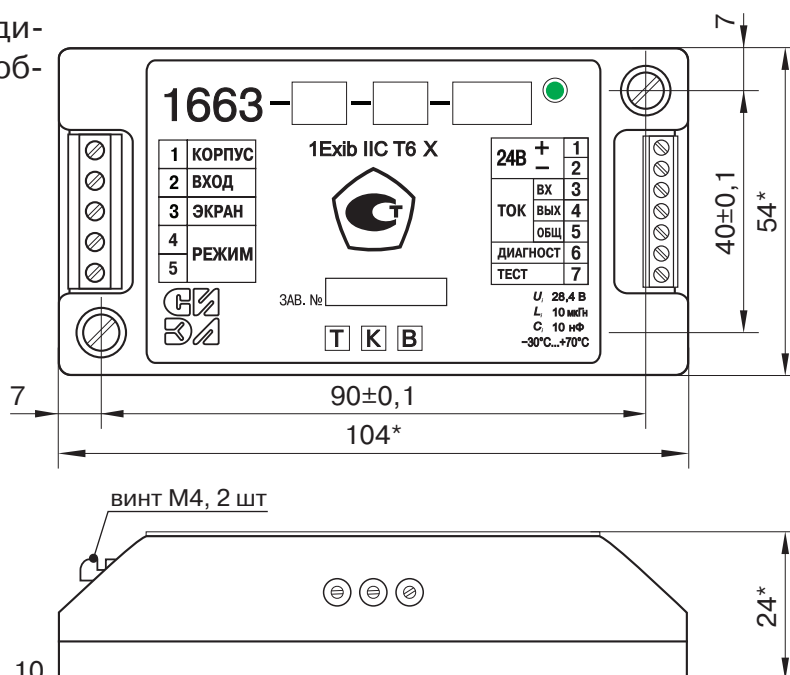


Рис. 10



6.5. В зависимости от режима работы выходным сигналом генератора-преобразователя СИЭЛ-1663 является ток (4 – 20) мА, пропорциональный:

*размаху относительного виброперемещения;*

зазору (при установленной перемычке 4–5 соединителя ХТ2 – см. СИЭЛ-1662).

Дополнительным выходным сигналом (выход "Диагност") является напряжение, пропорциональное мгновенному значению расстояния между торцом измерительной головки вихретокового датчика и контролируемой поверхностью, подаваемое на разъем типа BNC на монтажной коробке 1682 и используемое в задачах вибродиагностики.

6.6. Основные технические характеристики (подробно см. ТПКЦ.427671.006 РЭ).

6.6.1. Диапазон преобразования размаха относительного виброперемещения для модификаций, мкм:

СИЭЛ-1663-10-...-250 ..... от 20 до 250;

СИЭЛ-1663-10-...-160 ..... от 10 до 160.

6.6.2. Номинальное значение коэффициента преобразования размаха относительного виброперемещения для модификаций, мкА/мкм:

СИЭЛ-1663-10-...-250 ..... 64.

СИЭЛ-1663-10-...-160 ..... 100.

6.6.3. Нелинейность амплитудной характеристики преобразования размаха относительного виброперемещения на базовой частоте для всех модификаций, %..... 2,0.

Базовая частота для модификаций СИЭЛ-1663-10-, Гц..... 80.

6.6.4. Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования размаха относительного виброперемещения от номинального значения на базовой частоте, %..... ±2,0.

6.6.5. Нормируемый по неравномерности диапазон частот преобразования размаха относительного виброперемещения для модификаций СИЭЛ-1663-10-, Гц..... от 10 до 500.

6.6.6. Неравномерность частотной характеристики преобразования размаха относительного виброперемещения в указанном в п. 6.6.5 диапазоне, %, не более ..... 4,0.

6.6.7. Пределы допускаемой основной относительной погрешности преобразования размаха относительного виброперемещения, %..... ±6,0.

6.6.8. Напряжение питания, В, постоянное ..... от 14 до 32.

6.6.9. Ток потребления, мА, не более..... 30.

6.6.10. Сопротивление цепей нагрузки, Ом, не более ..... 500.

6.6.11. Габаритные размеры генератора-преобразователя, мм ..... 104×54×24;

6.6.12. Масса генератора-преобразователя, г, не более ..... 150.



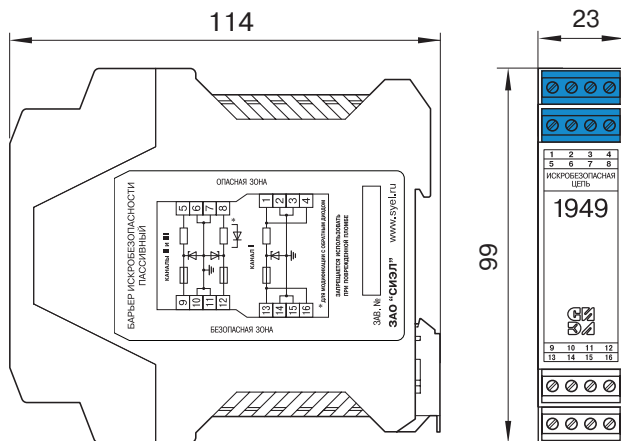
7. Обеспечение взрывозащиты.

7.1. Измерительные каналы соответствует требованиям ГОСТ Р 51330.0 “Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования”, ГОСТ Р 51330.10 “Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь “i”, имеет маркировку взрывозащиты **1ExibIICT6 X** и могут располагаться во взрывоопасных зонах подгрупп **IIA, IIB, IIC** температурного класса **T6**.

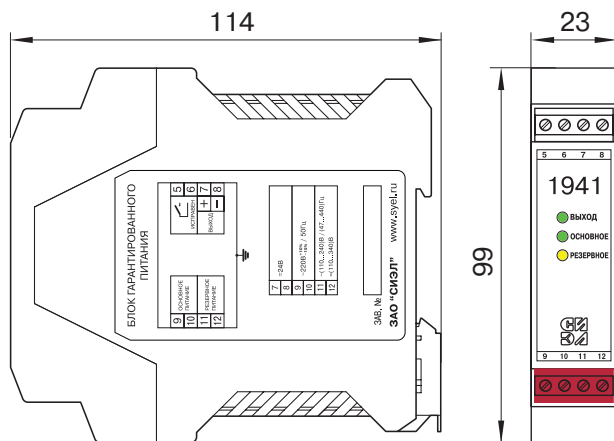
7.2. Искробезопасность цепей генераторов-преобразователей обеспечивается барьерами согласно ТПКЦ.427710.002-01 ТУ.

Тип применяемых барьеров СИЭЛ–1949-24-ИIC-D (подробно см. ТПКЦ.421725.001 РЭ).

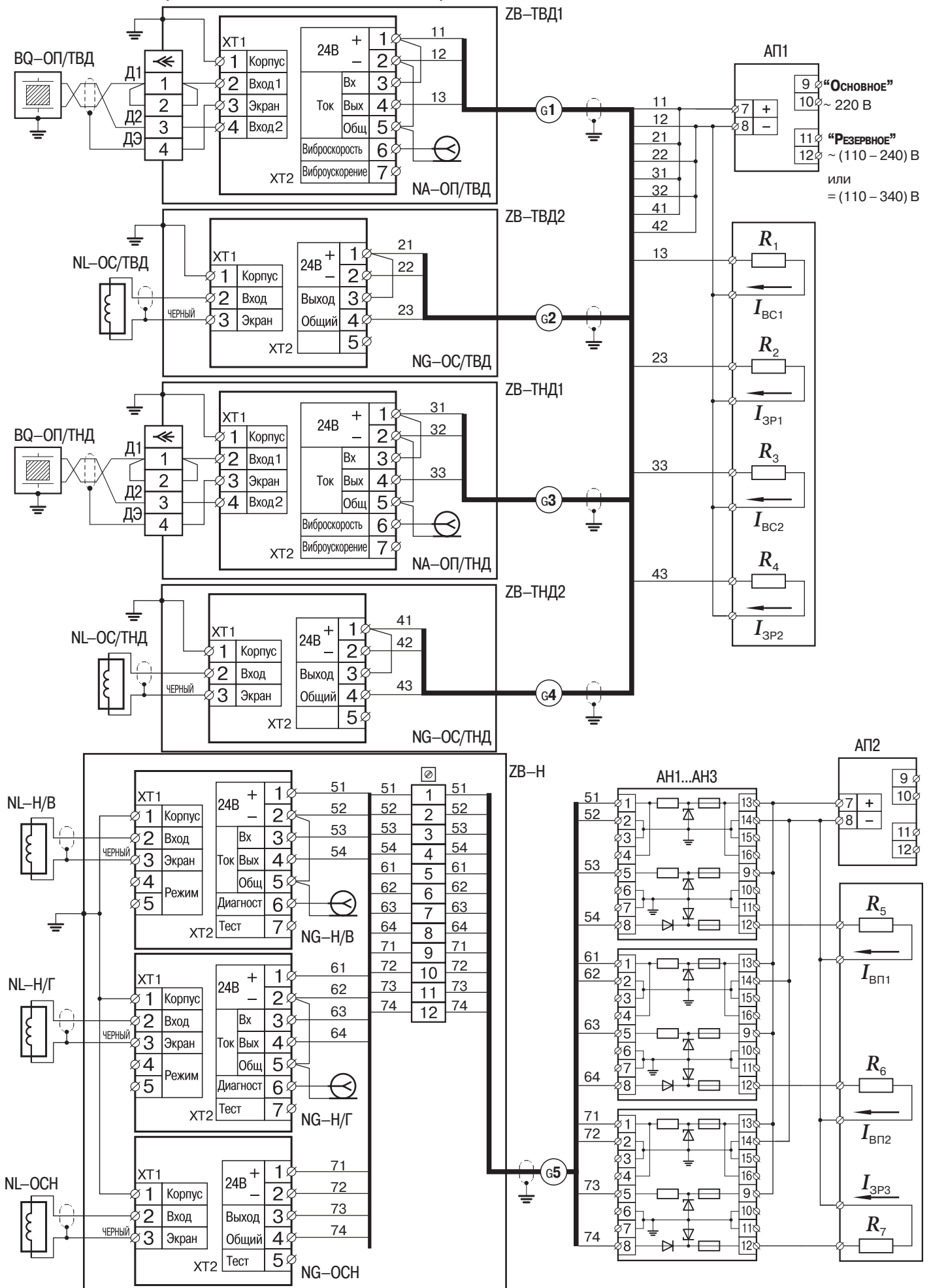
Барьеры имеют уровень взрывозащиты “особо-взрывобезопасная электрическая цепь”, уровень взрывозащиты “Особовзрывобезопасный” для взрывоопасных смесей категории IIC, IIB, IIA по ГОСТ Р52350.11-2005 и маркировку взрывозащиты [Exia] IIC и [Exia] IIB/IIA по ГОСТ Р52350.0-2005.



8. Для питания УС и генераторов-преобразователей стабилизированным напряжением, устойчивым к переключениям и изменениям параметров напряжений на входных питающих фидерах – основном и резервном – используются два блока гарантированного питания СИЭЛ–1941 мощностью 5 Вт (подробно см. ТПКЦ.423751.002 РЭ).



9. Схема электрических соединений измерительных каналов.



10. Расчетные значения измеряемых величин.

$$V_e^{ТВД} [\text{мм/с}] = \left( \frac{U_{BC1} [\text{МВ}]}{R_1 [\text{Ом}]} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{УС} [\text{МА}/(\text{пКл}\cdot\text{с})] \cdot K_{ПЭВП} [\text{пКл}/(\text{м}/\text{с}^2)]},$$

$$V_e^{ТНД} [\text{мм/с}] = \left( \frac{U_{BC2} [\text{МВ}]}{R_3 [\text{Ом}]} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{УС} [\text{МА}/(\text{пКл}\cdot\text{с})] \cdot K_{ПЭВП} [\text{пКл}/(\text{м}/\text{с}^2)]},$$

$$S_{ТВД} [\text{мм}] = \left( \frac{U_{ЗР1} [\text{МВ}]}{R_2 [\text{Ом}]} - 2,2 \right) \cdot \frac{1}{K_{ПЗ} [\text{МА}/\text{мм}]},$$

$$S_{ТНД} [\text{мм}] = \left( \frac{U_{ЗР2} [\text{МВ}]}{R_4 [\text{Ом}]} - 2,2 \right) \cdot \frac{1}{K_{ПЗ} [\text{МА}/\text{мм}]},$$

$$\Delta S_B [\text{мкм}] = \left( \frac{U_{ВП1} [\text{МВ}]}{R_5 [\text{Ом}]} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{ПР} [\text{мКА}/\text{мкм}]},$$

$$\Delta S_G [\text{мкм}] = \left( \frac{U_{ВП2} [\text{МВ}]}{R_6 [\text{Ом}]} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{ПР} [\text{мКА}/\text{мкм}]},$$

$$S_H [\text{мм}] = \left( \frac{U_{ЗР3} [\text{МВ}]}{R_7 [\text{Ом}]} - 2,2 \right) \cdot \frac{1}{K_{ПЗ} [\text{МА}/\text{мм}]},$$

- где:  $U_{BC1}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное СКЗ виброскорости ОП ТВД ( $V_e^{ТВД}$ );  
 $U_{BC2}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное СКЗ виброскорости ОП ТНД ( $V_e^{ТНД}$ );  
 $U_{ЗР1}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное зазору между вихретоковым датчиком и ротором ТВД ( $S_{ТВД}^*$ );  
 $U_{ЗР2}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное зазору между вихретоковым датчиком и ротором ТНД ( $S_{ТНД}^*$ );  
 $U_{ВП1}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное вертикальной составляющей размаха относительного виброперемещения вала ОУП нагнетателя ( $\Delta S_B$ );  
 $U_{ВП2}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное горизонтальной составляющей размаха относительного виброперемещения вала ОУП нагнетателя ( $\Delta S_G$ );  
 $U_{ЗР3}$  напряжение в систему автоматики, пропорциональное зазору между вихретоковым датчиком и ротором нагнетателя ( $S_H^*$ );  
 $R_1 \dots R_7$  измерительные резисторы из состава устройств измерения системы автоматики;  
 $K_{ПЭВП}$  коэффициент преобразования ПЭВП: см. п.3.1.1;  
 $K_{УС}$  коэффициент преобразования УС: см. п.3.4.1;  
 $K_{ПЗ}$  коэффициент преобразования зазора: см. п.5.5.2;  
 $K_{ПР}$  коэффициент преобразования размаха относительного виброперемещения: см. п.6.6.2.  
 \* при расчете осевого сдвига для каждого измерительного канала необходимо использовать значение зазора, соответствующее нулевому осевому сдвигу