

Комплект технических средств для измерения параметров газоперекачивающего агрегата ГПА-10

Ниже приводится описание первичных преобразующих устройств, выпускаемых серийно и применяемых для систем технологического контроля газоперекачивающего агрегата (ГПА) **ГПА-10**, состоящего из двигателя ДР59 (промышленная версия корабельного двигателя ДЕ59) и нагнетателя Н-235-21-1.

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 двигателя 3 точки;
-) размах относительного виброперемещения вала нагнетателя 4 точки;
-) осевой сдвиг ротора нагнетателя 1 точка.

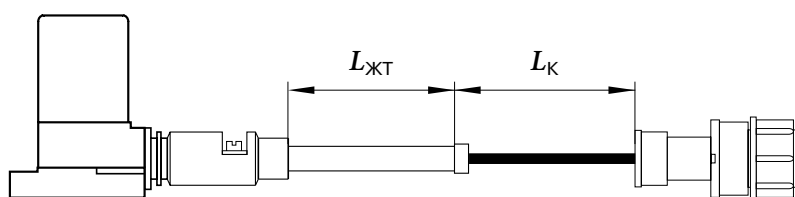
1. Измерительные каналы СКЗ виброскорости состоят из пьезоэлектрического вибропреобразователя (ПЭВП) и усилителя согласующего (УС).

Пример используемых в каждом канале модификаций изделий приведен в таблице:

Параметр	Тип ПЭВП	Тип УС	Диапазон измерения СКЗ виброскорости, мм/с
Опора свободной турбины (СТ) двигателя	МВ-44-2Б/0,24/0,15	СИЭЛ-1657-1,0-020-160-В	от 0 до 50
Передняя опора двигателя (ПО)	МВ-43-5Б/0,35	СИЭЛ-1657-0,5-010-080-В	от 0 до 40
Задняя опора двигателя (ЗО)	МВ-43-5Б/0,35	СИЭЛ-1657-0,5-010-080-В	от 0 до 40

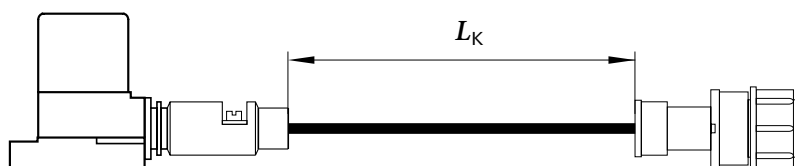
2. Основные характеристики ПЭВП.

- 2.1. МВ-44-2Б/0,24/0,15 (рабочая температура до 400 °С)



Коэффициент преобразования, [пКл/(м/с ²)]	Длина кабеля
2,0	жаропрочная трубка: $L_{ЖТ} = 0,24$ м
	кабельный жгут: $L_{К} = 0,15$ м

- 2.2. МВ-43-5Б/0,35 (рабочая температура до 250 °С)



Коэффициент преобразования, [пКл/(м/с ²)]	Длина кабеля
5,0	кабельный жгут: $L_{К} = 0,35$ м

Примечание: Модификации используемых ПЭВП, а также наличие и длина удлинительных кабелей типа АВКТДЛ для подключения ПЭВП согласуются дополнительно.

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

3.1. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры монтажной коробки 1684 с установленным УС СИЭЛ–1657 приведены на рисунке 1.

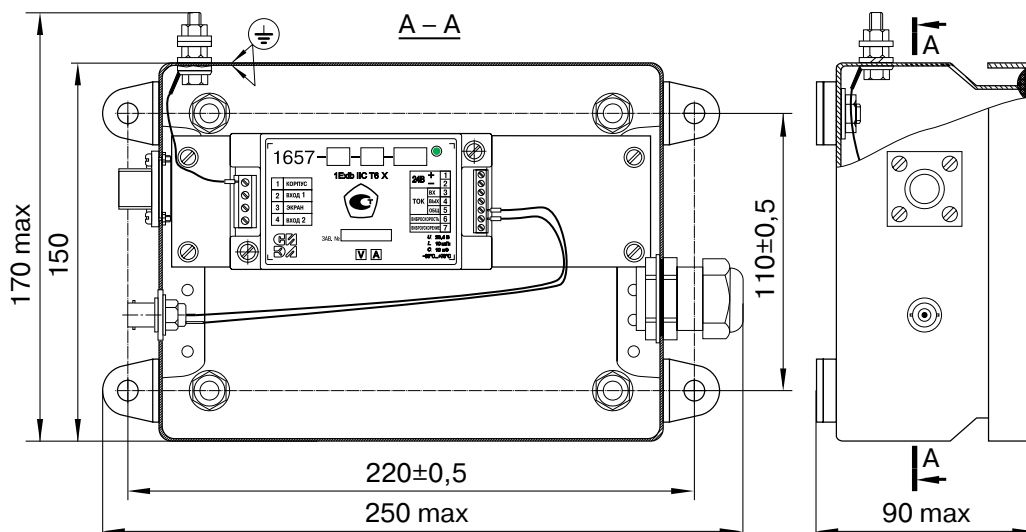


Рис. 1

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

3.2.1. 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).

3.2.2. Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте $f_B = 160$ Гц для всех модификаций, % $\pm 2,0$.

3.2.3. Постоянный выходной ток при отсутствии входного сигнала для сигнала, пропорционального СКЗ виброскорости, мА: $(4,00 \pm 0,04)$.

3.2.4. 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.

3.2.5. 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.

3.2.6. 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.

частотный диапазон измерительных каналов СКЗ виброскорости согласуется дополнительно в соответствии с типом двигателя.

3.2.7. Неравномерность частотной характеристики для всех модификаций УС, %, не более ... 5.

3.2.8. 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.

3.2.9. 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 $\pm 8,0$.

3.2.10. Напряжение питания, В постоянное, 24 ± 8 .

3.2.11. Ток потребления, мА, не более 20.

3.3. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры УС: рис.2:

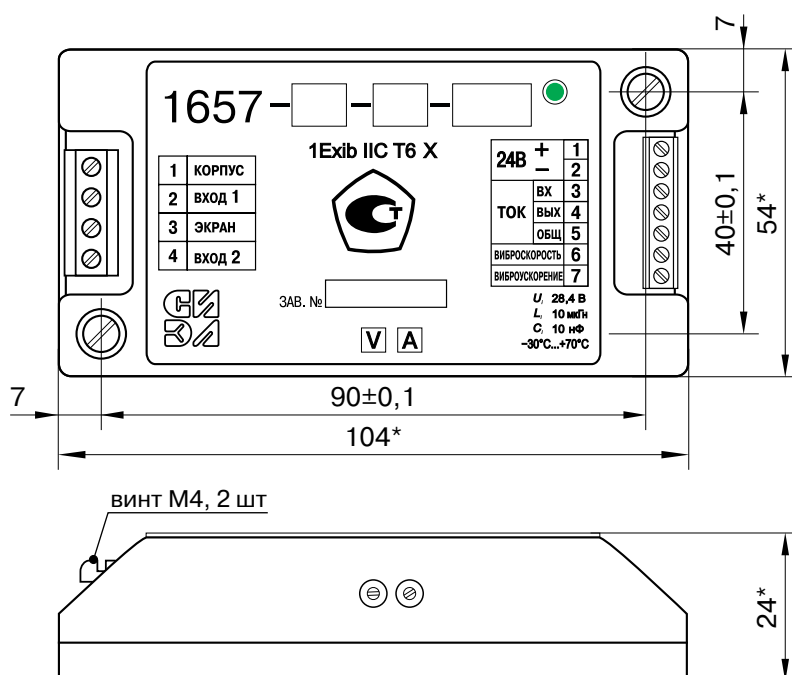


Рис. 2

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

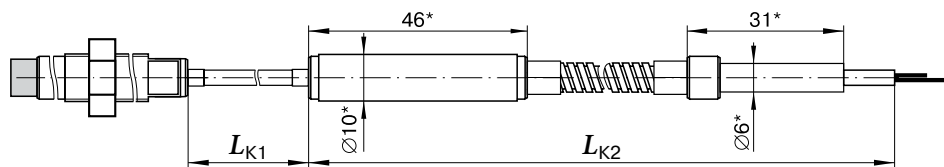


Рис. 3.

Обозначение СИЭЛ–166Д-10-1/7Р 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 M20x1,5: С1 в обозначении.

Типовые исполнения корпуса датчика приведены на рисунке 4.

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

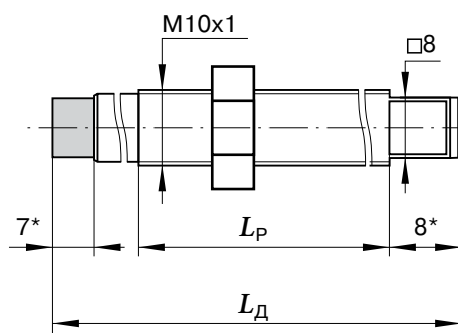


Рис. 4.

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. Габаритно-присоединительные размеры коробки монтажной 1683 с установленными генераторами-преобразователями представлены на рисунке 5.

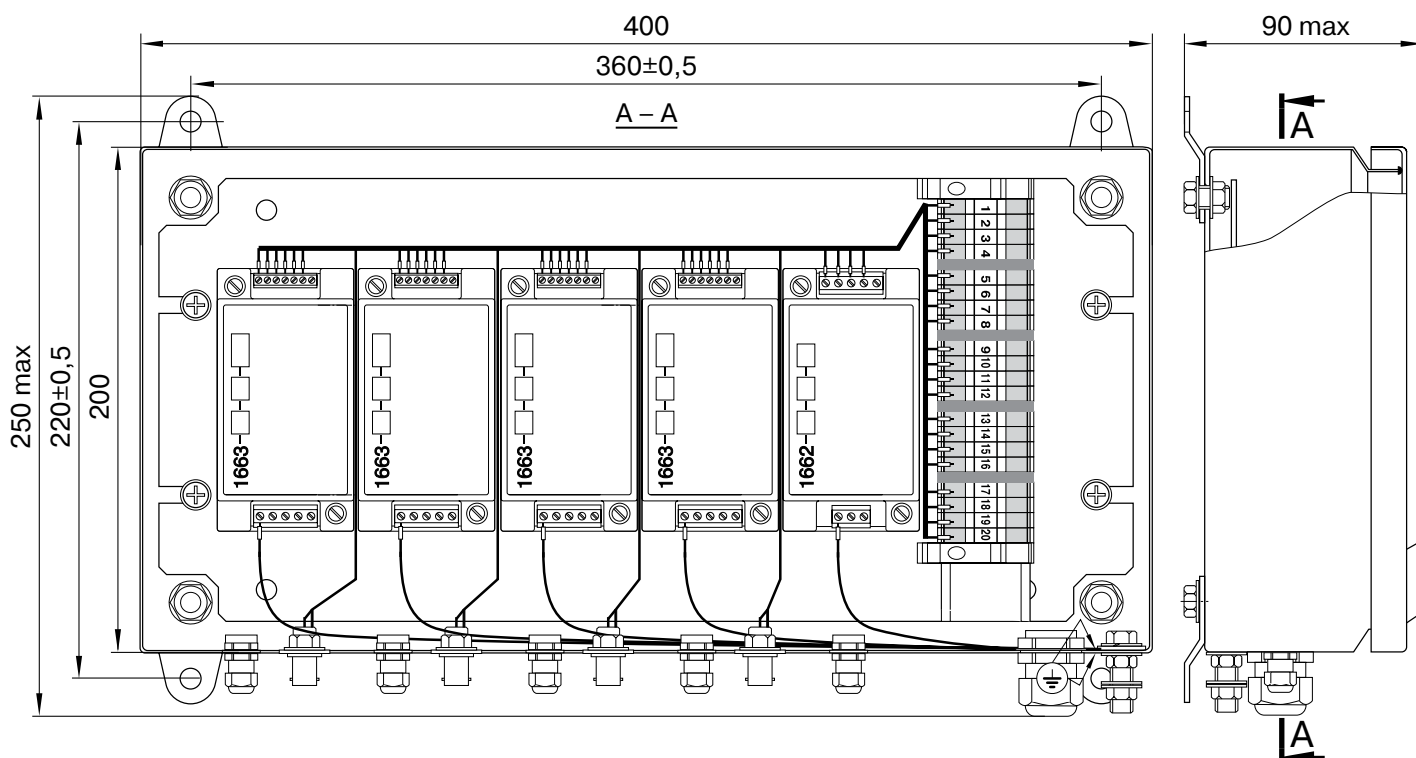


Рис. 5.

6. Основные характеристики измерительного канала осевого сдвига.

6.1. Описание вихретокового датчика из состава преобразователя линейных перемещений (ПЛП) см. п.4.

6.2. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры генератора-преобразователя СИЭЛ-1662: рисунок 6:

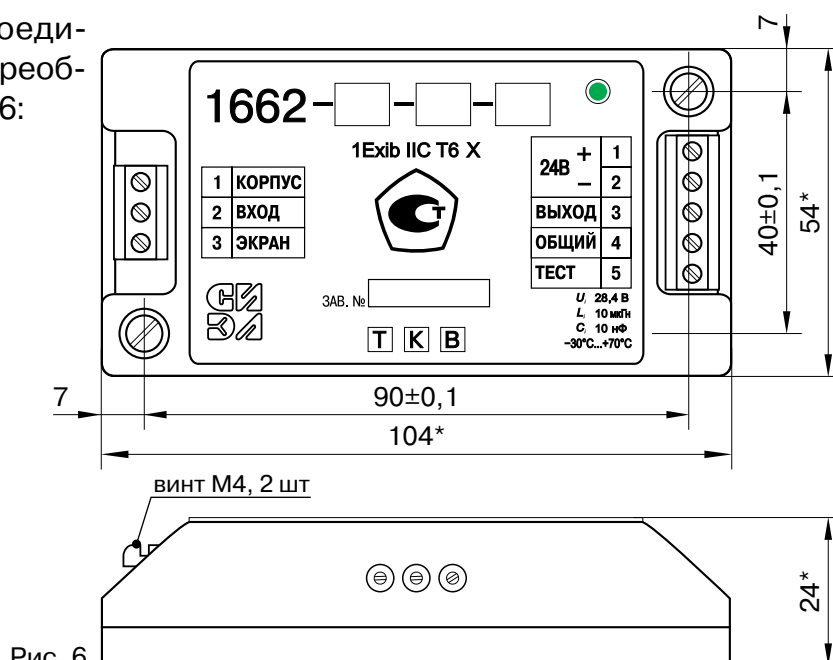


Рис. 6

6.3. Выходным сигналом генератора-преобразователя СИЭЛ-1662 является ток, пропорциональный мгновенному значению зазора.

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

- 6.4.1. Диапазон преобразования зазора для модификации СИЭЛ-1662-10-...-SC, мм от 0,3 до 2,5.
- 6.4.2. Номинальное значение коэффициента преобразования зазора для модификации СИЭЛ-1662-10-...-SC, мА/мм 7,0.
- 6.4.3. Пределы допускаемого отклонения действительного значения коэффициента преобразования зазора от номинального значения для всех модификаций, % $\pm 2,0$.
- 6.4.4. Пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования зазора для модификации СИЭЛ-1662-10-...-SC, % $\pm 4,0$.
- 6.4.5. Напряжение питания, В, постоянное от 14 до 32.
- 6.4.6. Ток потребления, мА, не более 30.
- 6.4.7. Сопротивление цепей нагрузки, Ом, не более 500.
- 6.4.8. Габаритные размеры генератора-преобразователя, мм 104x54x24;
- 6.4.9. Масса генератора-преобразователя, г, не более 150.

7. Основные характеристики измерительных каналов относительного виброперемещения вала нагнетателя.

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

7.2. Внешний вид и габаритно-присоединительные размеры генератора-преобразователя СИЭЛ–1663: рисунок 9:

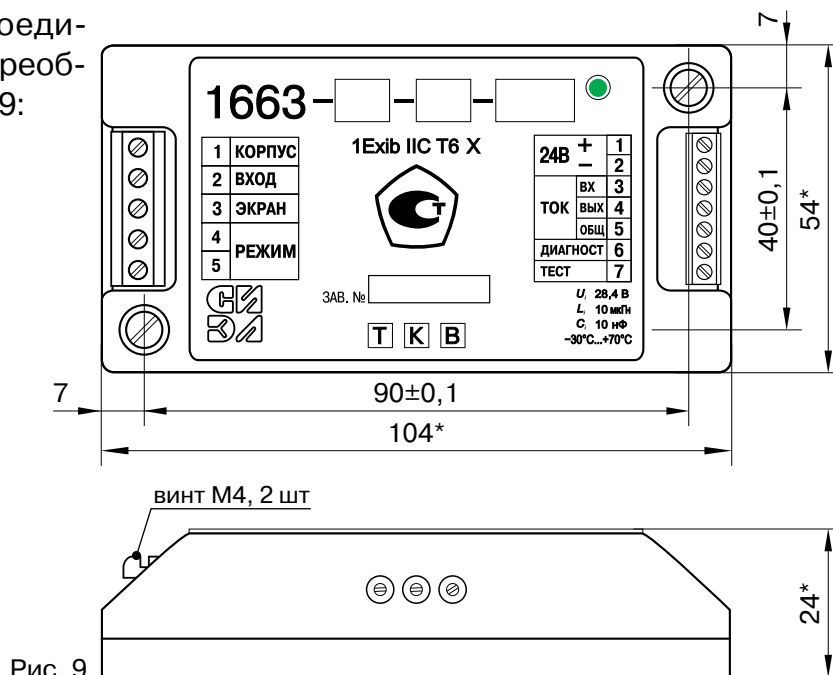


Рис. 9

7.3. 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 ВНС на монтажной коробке 1683 и используемое в задачах вибродиагностики.

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

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

СИЭЛ–1663-10-...-250 от 20 до 250;

СИЭЛ–1663-10-...-160 от 10 до 160.

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

СИЭЛ–1663-10-...-250 64.

СИЭЛ–1663-10-...-160 100.

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

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

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

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

7.4.6. Неравномерность частотной характеристики преобразования размаха относительного виброперемещения в указанном в п. 7.4.5 диапазоне, %, не более 4,0.

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

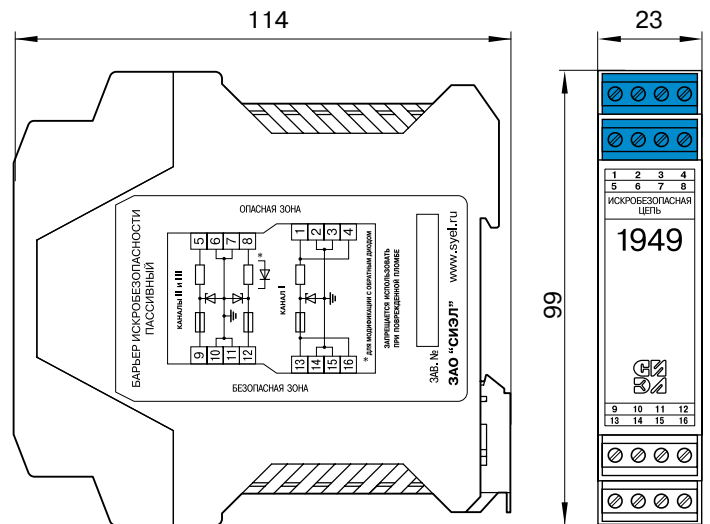
- 7.4.8. Напряжение питания, В, постоянное от 14 до 32.
- 7.4.9. Ток потребления, мА, не более 30.
- 7.4.10. Сопротивление цепей нагрузки, Ом, не более 500.
- 7.4.11. Габаритные размеры генератора-преобразователя, мм 104×54×24;
- 7.4.12. Масса генератора-преобразователя, г, не более 150.

8 Обеспечение взрывозащиты.

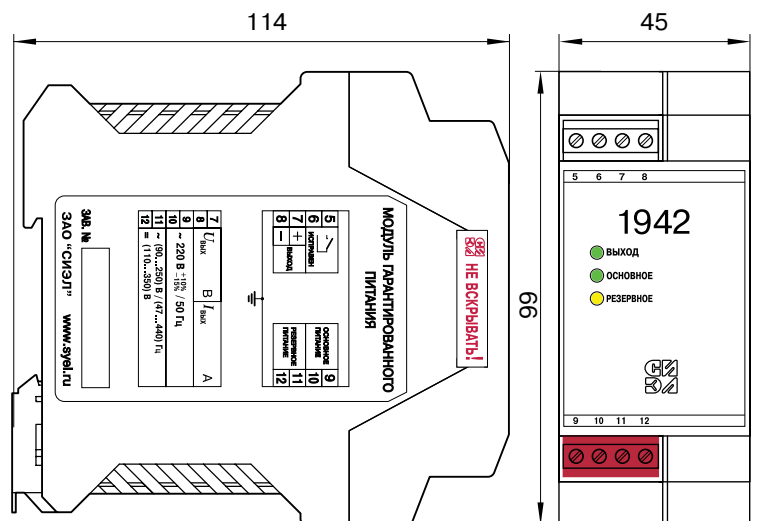
- 8.1. Измерительные каналы соответствует требованиям ГОСТ Р 51330.0 “Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования”, ГОСТ Р 51330.10 “Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь “i”, имеет маркировку взрывозащиты **1ExibIICT6 X** и могут располагаться во взрывоопасных зонах подгрупп **IIA, IIB, IIC** температурного класса **T6**.
- 8.2. Искробезопасность цепей генераторов-преобразователей обеспечивается барьерами согласно ТПКЦ.427710.002-01 ТУ.

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

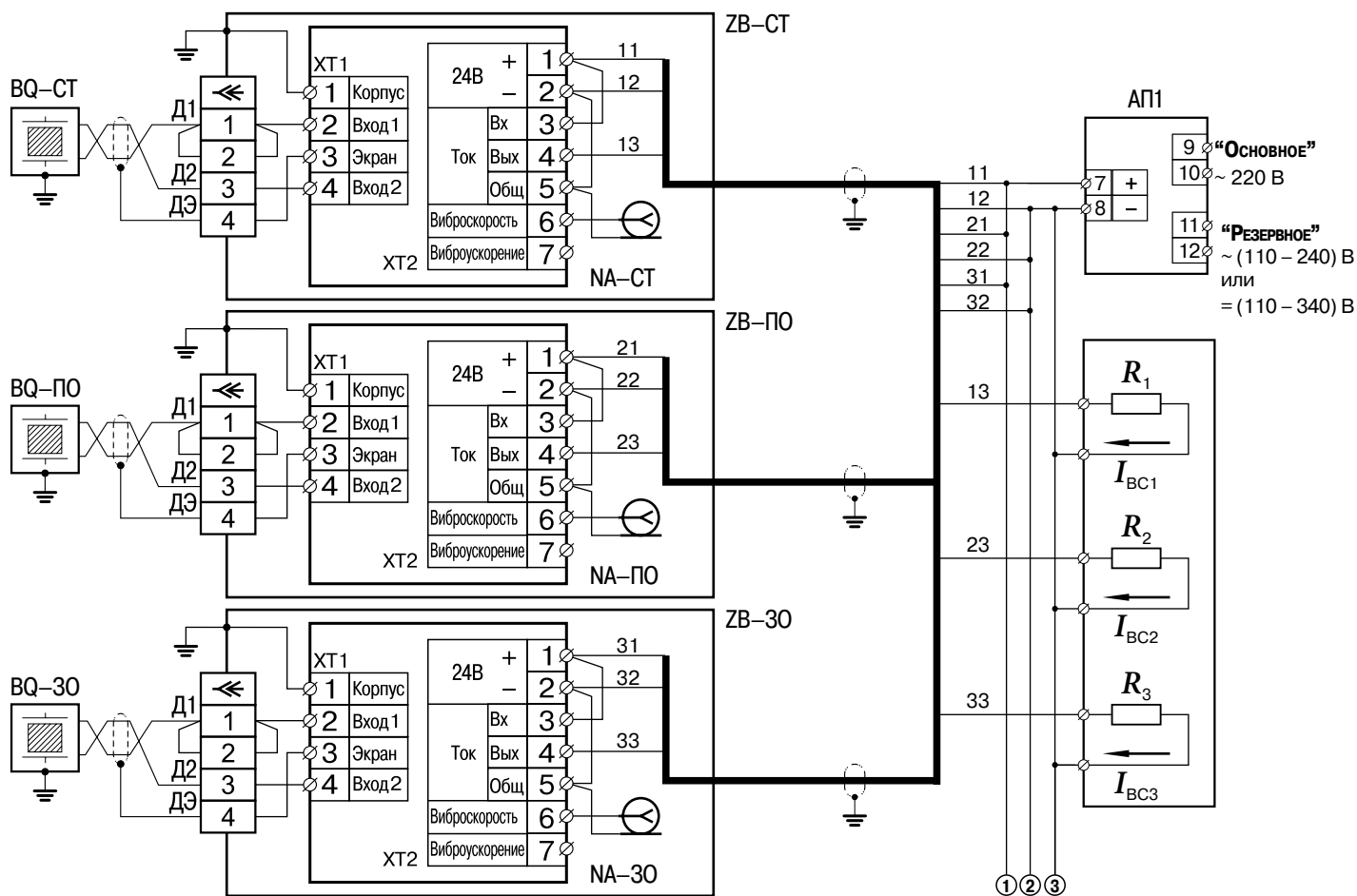
Барьеры имеют уровень взрывозащиты “особовзрывобезопасная электрическая цепь”, уровень взрывозащиты “Особовзрывобезопасный” для взрывоопасных смесей категории IIC, IIB, IIA по ГОСТ Р52350.11-2005 и маркировку взрывозащиты [Exia] IIC и [Exia] IIB/IIA по ГОСТ Р52350.0-2005.



- 9. Для питания УС и генераторов-преобразователей стабилизированным напряжением, устойчивым к переключениям и изменениям параметров напряжений на входных питающих фидерах – основном и резервном – используются один блок гарантированного питания СИЭЛ–1942, номинальная выходная мощностью 24 Вт (подробно см. ТПКЦ.423751.002 РЭ).

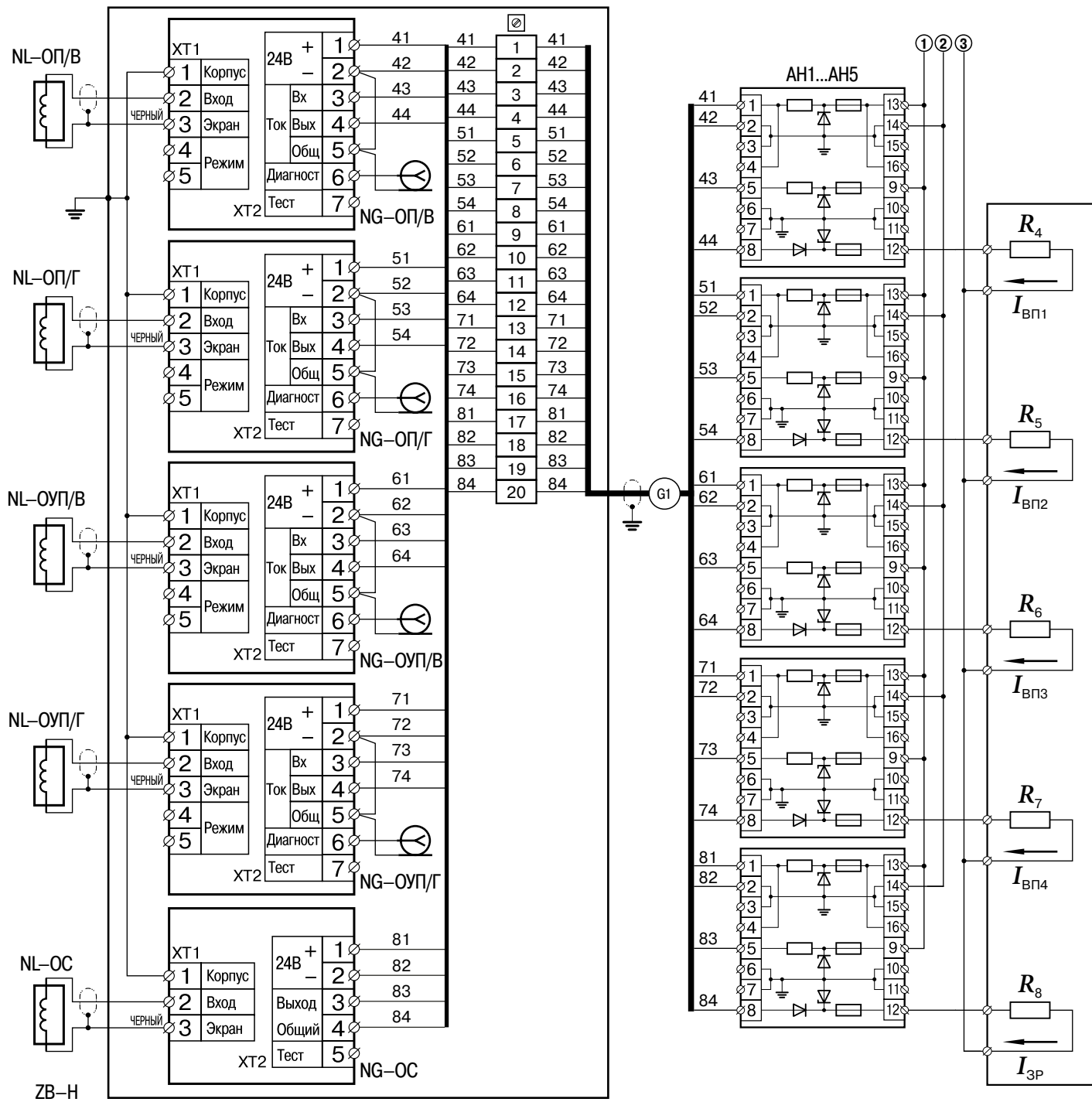


10. Рекомендуемая схема подключения измерительных каналов.



Обозначения:

- BQ-CT пьезоэлектрический вибропреобразователь (ПЭВП) измерительного канала вибро- скорости опоры свободной турбины двигателя (СТ);
- NA-CT усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости опоры СТ;
- ZB-CT коробка монтажная;
- BQ-PO ПЭВП измерительного канала виброскорости передней опоры двигателя (ПО);
- NA-PO усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости ПО;
- ZB-PO коробка монтажная;
- BQ-ZO ПЭВП измерительного канала виброскорости задней опоры двигателя (ЗО);
- NA-ZO усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости ЗО;
- ZB-ZO коробка монтажная.



Обозначения:

BQ-CT	пьезоэлектрический вибропреобразователь (ПЭВП) измерительного канала виброскорости опоры свободной турбины двигателя (СТ);
NA-CT	усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости опоры СТ;
ZB-CT	коробка монтажная;
BQ-PO	ПЭВП измерительного канала виброскорости передней опоры двигателя (ПО);
NA-PO	усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости ПО;
ZB-PO	коробка монтажная;
BQ-30	ПЭВП измерительного канала виброскорости задней опоры двигателя (ЗО);
NA-30	усилитель согласующий (УС) измерительного канала виброскорости ЗО;
ZB-30	коробка монтажная;
NL-OP/B	вихретоковый датчик измерительного канала виброперемещения вала опорного подшипника (ОП), вертикальная составляющая;
NG-OP/B	генератор-преобразователь измерительного канала виброперемещения вала ОП, вертикальная составляющая;
NL-OP/G	вихретоковый датчик измерительного канала виброперемещения вала ОП, горизонтальная составляющая;
NG-OP/G	генератор-преобразователь измерительного канала виброперемещения вала ОП, горизонтальная составляющая;
NL-OUP/B	вихретоковый датчик измерительного канала виброперемещения вала опорно-упорного подшипника (ОУП), вертикальная составляющая;
NG-OUP/B	генератор-преобразователь измерительного канала виброперемещения вала ОУП, вертикальная составляющая;
NL-OUP/G	вихретоковый датчик измерительного канала виброперемещения вала ОУП, горизонтальная составляющая;
NG-OUP/G	генератор-преобразователь измерительного канала виброперемещения вала ОУП, горизонтальная составляющая;
NL-OC	вихретоковый датчик измерительного канала осевого сдвига;
NG-OC	генератор-преобразователь измерительного канала осевого сдвига;
ZBH	коробка монтажная;
АП1	блок гарантированного питания СИЭЛ-1942.

11. Спецификация оборудования для оснащения одного ГПА.

Обозначение	Наименование	Кол-во, шт.
BQ-CT	Пьезоэлектрический вибропреобразователь МВ-44-2Б/0,24/0,15	1
NA-CT	Усилитель согласующий СИЭЛ-1657-1,0-020-160-В	1
BQ-PO, BQ-30	Пьезоэлектрический вибропреобразователь МВ-43-5Б/0,35	2
NA-PO, NA-30	Усилитель согласующий СИЭЛ-1657-0,5-010-080-В	2
ZB-CT, -PO, -30	Коробка монтажная 1684	3
NL-OP/B, NL-OP/G, NL-OUP/B, NL-OUP/G	Датчик вихретоковый СИЭЛ-166Д-10-1/7Р С1-20/35-В	4
NG-OP/B, NG-OP/G, NG-OUP/B, NG-OUP/G	Генератор-преобразователь СИЭЛ-1663-10-8-250-В	4
NL-OC	Датчик вихретоковый СИЭЛ-166Д-10-1/7Р С1-25/40-В	1
NG-OC	Генератор-преобразователь СИЭЛ-1662-10-8-SC-В	1
ZBH	Коробка монтажная 1683	1
АН1...АН5	Барьер искробезопасности СИЭЛ-1949-24-ИIC-D	5
АП1	Блок гарантированного питания СИЭЛ-1942	1

12. Расчетные значения измеряемых величин.

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

$$V_e^{ПО} \text{ [мм/с]} = \left(\frac{U_{BC2} \text{ [МВ]}}{R_2 \text{ [Ом]}} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{yc} \text{ [МА/(пКл·с)]} \cdot K_{пЭВП} \text{ [пКл/(м/с^2)]}},$$

$$V_e^{ЗО} \text{ [мм/с]} = \left(\frac{U_{BC3} \text{ [МВ]}}{R_3 \text{ [Ом]}} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{yc} \text{ [МА/(пКл·с)]} \cdot K_{пЭВП} \text{ [пКл/(м/с^2)]}},$$

$$\Delta S_{опв} \text{ [мкм]} = \left(\frac{U_{ВП1} \text{ [МВ]}}{R_4 \text{ [Ом]}} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{пр} \text{ [мКА/мкм]}},$$

$$\Delta S_{опг} \text{ [мкм]} = \left(\frac{U_{ВП2} \text{ [МВ]}}{R_5 \text{ [Ом]}} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{пр} \text{ [мКА/мкм]}},$$

$$\Delta S_{оупв} \text{ [мкм]} = \left(\frac{U_{ВП3} \text{ [МВ]}}{R_6 \text{ [Ом]}} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{пр} \text{ [мКА/мкм]}},$$

$$\Delta S_{оупг} \text{ [мкм]} = \left(\frac{U_{ВП4} \text{ [МВ]}}{R_7 \text{ [Ом]}} - 4 \right) \cdot \frac{10^3}{K_{пр} \text{ [мКА/мкм]}},$$

$$S_H \text{ [мм]} = \left(\frac{U_{ЗР} \text{ [МВ]}}{R_8 \text{ [Ом]}} - 2,2 \right) \cdot \frac{1}{K_{пЗ} \text{ [МА/мм]}},$$

- где: U_{BC1} напряжение в систему автоматики, пропорциональное СКЗ виброскорости опоры СТ (V_e^{CT});
 U_{BC2} напряжение в систему автоматики, пропорциональное СКЗ виброскорости ПО ($V_e^{ПО}$);
 U_{BC3} напряжение в систему автоматики, пропорциональное СКЗ виброскорости ЗО ($V_e^{ЗО}$);
 $U_{ВП1}$ напряжение в систему автоматики, пропорциональное вертикальной составляющей размаха относительного виброперемещения вала ОП нагнетателя ($\Delta S_{опв}$);
 $U_{ВП2}$ напряжение в систему автоматики, пропорциональное горизонтальной составляющей размаха относительного виброперемещения вала ОП нагнетателя ($\Delta S_{опг}$);
 $U_{ВП3}$ напряжение в систему автоматики, пропорциональное вертикальной составляющей размаха относительного виброперемещения вала ОУП нагнетателя ($\Delta S_{оупв}$);
 $U_{ВП4}$ напряжение в систему автоматики, пропорциональное горизонтальной составляющей размаха относительного виброперемещения вала ОУП нагнетателя ($\Delta S_{оупг}$);
 $U_{ЗР}$ напряжение в систему автоматики, пропорциональное зазору между вихретоковым датчиком и ротором нагнетателя (S_H^*);
 $R_1...R_8$ измерительные резисторы из состава устройств измерения системы автоматики;
 $K_{пЭВП}$ коэффициент преобразования ПЭВП: см. п.2;
 K_{yc} коэффициент преобразования УС: см. п.3.2.1;
 $K_{пЗ}$ коэффициент преобразования зазора: см. п.6.4.2;
 $K_{пр}$ коэффициент преобразования размаха относительного виброперемещения: см. п.7.4.2.

* при расчете осевого сдвига необходимо использовать значение зазора, соответствующее нулевому осевому сдвигу.