



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
авиационных материалов



# ПРИПОИ



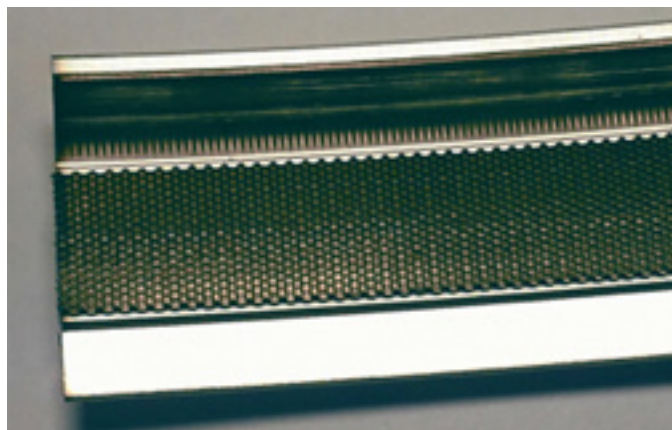
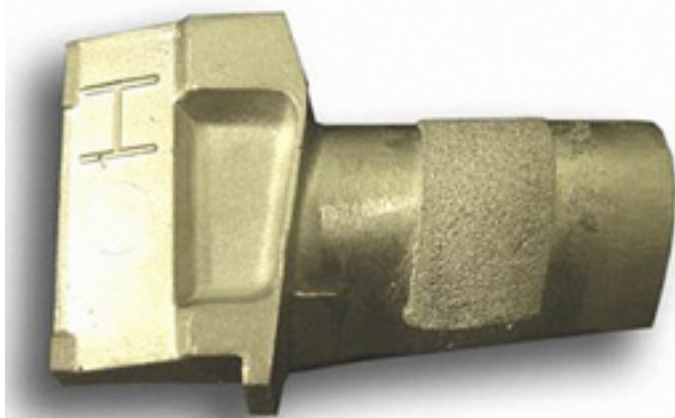


**ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

## РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

В НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ разработана широкая номенклатура припоев для пайки сталей и сплавов на основе меди, никеля, титана. Припои производства НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ обладают уникальным комплексом технологических и эксплуатационных характеристик и обеспечивают получение паяных соединений различных материалов с высоким уровнем служебных характеристик на уровне соединяемых материалов и высоким уровнем коррозионной стойкости в различных условиях эксплуатации.

Припои НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ широко применяются в различных отраслях современной промышленности, в том числе при изготовлении деталей и узлов авиационной техники. В частности, припои НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ применяются для ответственных и высоконагруженных деталей ГТД, таких как: рабочие лопатки, сопловые лопатки, блоки сопловых аппаратов, топливные коллекторы, теплообменники, уплотнительные элементы горячего тракта, а также их ремонта.





# ПРИПОИ

|   |    |
|---|----|
| <b>ПОЛУФАБРИКАТЫ ПРИПОЕВ</b> .....  | 5  |
| <b>ПРИПОИ ПРОИЗВОДСТВА НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» – ВИАМ</b> .....   | 6  |
| Припой на основе меди ВПр1.....   | 7  |
| Припой на основе меди ВПр2.....   | 8  |
| Припой на основе меди ВПр4.....   | 9  |
| Припой на основе никеля ВПр7.....   | 10 |
| Припои на основе никеля ВПр11 и ВПр11-40Н.....  | 11 |
| Припой на основе титана ВПр16.....  | 12 |
| Припой на основе титана ВПр28.....  | 13 |
| Припой на основе никеля ВПр24.....  | 14 |
| Припой на основе никеля ВПр27.....  | 15 |
| Припой на основе никеля ВПр36.....  | 16 |
| Припой на основе никеля ВПр37.....  | 17 |
| Припой на основе никеля ВПр42.....  | 18 |
| Припой на основе никеля ВПр44.....  | 19 |
| Припой на основе никеля ВПр50.....  | 20 |
| Припой на основе олова ВПр35.....   | 21 |
| Припой на основе свинца ВПр40.....  | 22 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b>   |    |
| Виды климатического исполнения и категории размещения паяных соединений<br>в соответствии с ГОСТ 15150–69 и СТО 1 90368–2019. |    |
| Характеристика условий эксплуатации отдельных зон изделия.....  | 23 |

## ПОЛУФАБРИКАТЫ ПРИПОЕВ

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ выпускает полуфабрикаты припоев в виде:

### ЛИСТ, ПОЛОСА, ФОЛЬГА

- ширина – от 50 до 100 мм;
- толщина – от 0,1 до 2,0 мм;
- минимальная партия поставки – 15 кг;
- срок изготовления – 3 месяца.

### ПОРОШОК

| Гранулометрический состав |                    |
|---------------------------|--------------------|
| Класс                     | Размер частиц, мкм |
| 1                         | 10–40              |
| 2                         | 40–100             |
| 3                         | 10–200             |
| 4                         | 10–100             |

- форма гранул – сферическая;
- содержание кислорода – не более 0,010 % (по массе);
- минимальная партия поставки – 10 кг;
- срок изготовления – 3 месяца.

### ПОРОШКОВАЯ ЛЕНТА НА ОРГАНИЧЕСКОМ СВЯЗУЮЩЕМ

- срок хранения 12 месяцев;
- толщина – от 0,3 до 5,0 мм;
- ширина – от 50 до 200 мм;
- длина – от 100 до 300 мм;
- может поставляться с клеевым слоем для надежной фиксации на изделии;
- пластичная – минимальный радиус изгиба не более 1,0 мм;
- минимальная партия поставки – 5 кг;
- срок изготовления – 3 месяца.

### ПРОВОЛОКА

- сечение – круглое;
- диаметр – от 1,0 до 2,0 мм (с шагом 0,1 мм); 3,0 мм; 5,0 мм; 10,0 мм;
- минимальная партия поставки – 15 кг;
- срок изготовления – 3 месяца.

### АМОРФНАЯ ЛЕНТА

- толщина – от 20 до 50 мкм;
- ширина – от 10 до 30 мм;
- минимальная партия поставки – 0,1 кг;
- срок изготовления – 3 месяца.



## ПРИПОИ ПРОИЗВОДСТВА НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» – ВИАМ



| Припой           | Полуфабрикат | Паяемые материалы  | Температура, °С |                 |
|------------------|--------------|--|-----------------|-----------------|
|                  |              |  | пайки           | рабочая         |
| ВПр1             | Л            | Коррозионностойкие стали   | 1140–1190       | 600             |
| ВПр2             | Л            | Коррозионностойкие стали   | 1000–1070       | 600             |
| ВПр4             | Л, П, ЛП     | Коррозионностойкие стали и никелевые сплавы                      | 1050–1080       | 600             |
| ВПр7             | Л            | Коррозионностойкие стали и никелевые сплавы                      | 1160–1180       | 600             |
| ВПр11, ВПр11-40Н | П, ЛП        | Никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС6, ВЖ98, ЭИ868, ЭИ867, ЭИ435 | 1050–1120       | 800             |
| ВПр16            | П, ЛП, А     | Титановые сплавы   | 920–970         | 500             |
| ВПр28            | П, ЛП, А     | Титановые сплавы   | 850–870         | 500             |
| ВПр24            | П, ЛП        | Никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС6, ВЖЛ12                     | 1200–1240       | 1050            |
| ВПр27            | П, ЛП, А     | Никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС6, ВЖЛ12, ВЖЛ14              | 1130–1200       | 1000            |
| ВПр36            | П, ЛП        | Никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС26, ЖС30, ЖС32               | 1250–1280       | 1150            |
| ВПр37            | П, ЛП        | Никелевые жаропрочные сплавы типа ВКНА                           | 1280–1300       | 1200            |
| ВПр42            | П, ЛП, А     | Никелевые жаропрочные сплавы типа ЭИ435, ВЖЛ12, ЖС6, ВЖ98        | 1120–1160       | 1000            |
| ВПр44            | П, ЛП        | Никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС32, ЖС36, ВЖМ4               | 1260–1280       | 1150            |
| ВПр50            | П, ЛП, А     | Коррозионностойкие стали и никелевые жаропрочные сплавы          | 1130–1160       | 1000            |
| ВПр35            | Пр           | Черные и цветные металлы и металлические покрытия                | 230–300         | От –70 до +180  |
| ВПр40            | Пр           | Черные и цветные металлы   | 300–400         | От –196 до +250 |

Виды полуфабрикатов:

Л – лист, полоса, фольга;

П – порошок;

ЛП – порошковая лента на органическом связующем;

Пр – проволока;

А – аморфная лента.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ ВПр1

Нормативная документация:

ОСТ1 90082–88 «Полосы припоев марок ВПр1, ВПр2, ВПр4 и ВПр7».

Полуфабрикаты:

– полосы.

### Содержание основных легирующих элементов, % (по массе)

| Cu     | Ni        | Fe      | Si      | B       |
|--------|-----------|---------|---------|---------|
| Основа | 27,0–30,0 | 0,1–1,5 | 1,5–2,0 | 0,1–0,3 |

|   |           |
|---|-----------|
| Температура пайки, °C                     | 1140–1190 |
| Рабочая температура паяных соединений, °C | <600      |

Плотность: 8 680 кг/м<sup>3</sup>.

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ X18H9T

| Температура испытания, °C | -70     | 20      | 200     | 400     | 600    |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| $\tau_{ср}$ , МПа         | 430–580 | 370–500 | 300–400 | 190–220 | 90–160 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением):  
О3; О1.

Способы пайки:

- в печах с защитной атмосферой;
- индукционным нагревом на воздухе или в защитной атмосфере;
- ацетиленокислородным пламенем.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- коррозионностойкие стали.

Применение:

- арматура трубопроводов, детали турбины и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ ВПр2

Нормативная документация:  
ОСТ1 90082–88 «Полосы припоев марок ВПр1, ВПр2, ВПр4 и ВПр7».

Полуфабрикаты:  
– полосы.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |         |           |         |           |         |
|--|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| Cu   | Ni      | Mn        | Fe      | Li        | Si      |
| Основа   | 5,0–6,0 | 22,0–26,0 | 0,8–1,2 | 0,15–0,25 | 0,1–0,5 |
| Температура пайки, °С                                  |         |           |         | 1000–1070 |         |
| Рабочая температура паяных соединений, °С              |         |           |         | <600      |         |

Плотность: 8 130 кг/м<sup>3</sup>.

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛЕЙ X15H9Ю И X17H5M3

| Температура испытания, °С  | -60     | 20      | 200     | 400     | 500     | 600     |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\tau_{ср}$ (X15H9Ю), МПа  | 250–300 | 210–300 | 200–300 | 190–240 | 120–200 | 120–140 |
| $\tau_{ср}$ (X17H5M3), МПа | 190–300 | 210–250 | 190–250 | 210–230 | 90–130  | –       |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением):  
О3; О1.

Способы пайки:

- в печах с защитной атмосферой;
- индукционным нагревом на воздухе или в защитной атмосфере.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- коррозионностойкие стали.

Применение:

- теплообменники и др.



## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ ВПр4

Нормативная документация:

ОСТ1 90082–88 «Полосы припоев марок ВПр1, ВПр2, ВПр4 и ВПр7»;

ТУ 1-595-4-1411–2013 «Порошок припоя марки ВПр4 на основе меди»;

ТУ 1-595-4-1529–2015 «Ленты порошкового припоя на основе меди марки ВПр4 на органическом связующем».

Полуфабрикаты:

– полосы, порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |           |           |         |         |         |           |         |           |
|--|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| Cu   | Ni        | Mn        | Co      | Fe      | Si      | B         | P       | Ti        |
| Основа   | 28,0–30,0 | 27,0–30,0 | 4,0–6,0 | 1,0–1,5 | 0,8–1,2 | 0,15–0,25 | 0,1–0,2 | 0,05–0,12 |

|   |           |
|---|-----------|
| Температура пайки, °C                     | 1050–1080 |
| Рабочая температура паяных соединений, °C | <600      |

Плотность: 8 680 кг/м<sup>3</sup>.

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ X18H9T

| Температура испытания, °C | -70     | 20      | 200     | 400     | 600     |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\tau_{ср}$ , МПа         | 450–520 | 330–400 | 290–330 | 260–310 | 130–180 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): ОЗ; О1.

Способы пайки:

- в печах с защитной атмосферой;
- индукционным нагревом на воздухе или в защитной атмосфере.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- коррозионностойкие стали и никелевые сплавы.

Применение:

- элементы топливных коллекторов, детали компрессора, турбины, спрямляющие аппараты, диффузоры и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр7

Нормативная документация:

ОСТ1 90082–88 «Полосы припоев марок ВПр1, ВПр2, ВПр4 и ВПр7».

Полуфабрикаты:

– полосы.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |           |           |         |         |           |         |
|--|-----------|-----------|---------|---------|-----------|---------|
| Ni   | Mn        | Co        | Nb      | Si      | B         | Fe      |
| Основа   | 32,0–35,0 | 10,0–11,0 | 2,0–2,5 | 0,8–1,2 | 0,07–0,2  | 0,1–0,8 |
| Температура пайки, °С                                  |           |           |         |         | 1160–1180 |         |
| Рабочая температура паяных соединений, °С              |           |           |         |         | <600      |         |

Плотность: 7 930 кг/м<sup>3</sup>.

### ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ X18H10T

| Температура испытания, °С | -196    | -70     | 20      | 200     | 400     | 600     |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\tau_{ср}$ , МПа         | 540–610 | 450–540 | 450–520 | 430–450 | 370–400 | 210–330 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; В3.

Способы пайки:

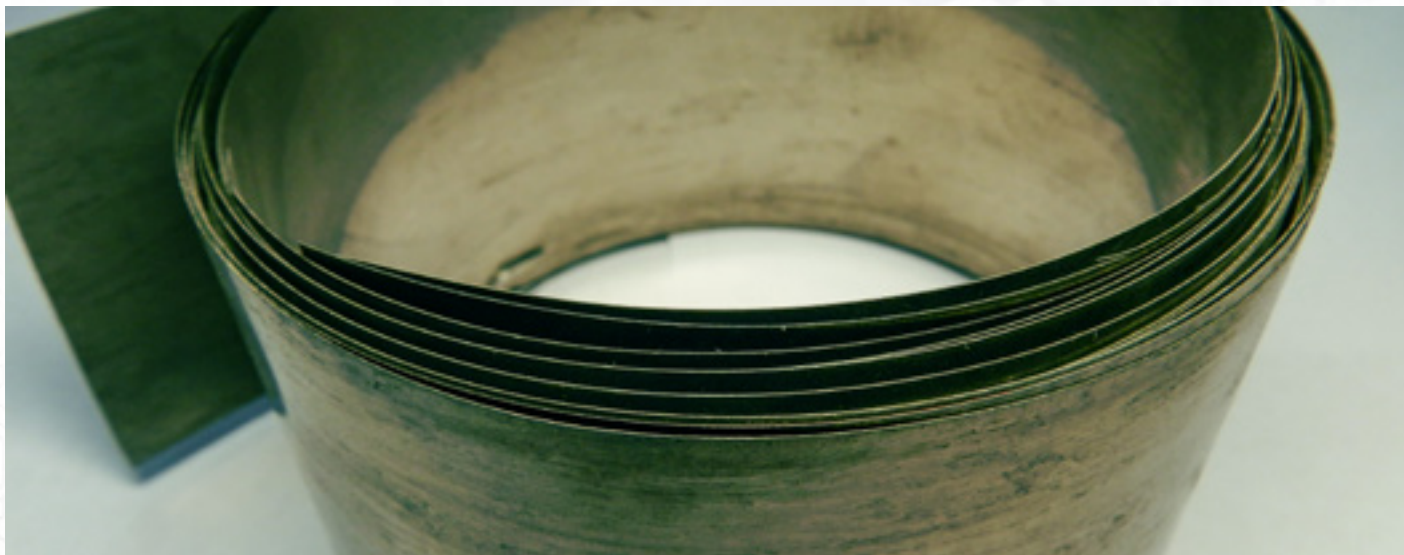
- в печах с защитной атмосферой;
- индукционным нагревом на воздухе или в защитной атмосфере.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- коррозионностойкие стали.

Применение:

- элементы топливных коллекторов, детали компрессора, турбины, спрямляющие аппараты, диффузоры и др.



## ПРИПОИ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр11 И ВПр11-40Н

Нормативная документация:  
ТУ 1-595-4-1392–2016 «Припой марки ВПр11-40Н».

Полуфабрикаты:  
– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |        |           |         |         |         |         |         |
|--|--------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Припой   | Ni     | Cr        | C       | Si      | B       | Fe      | Al      |
| ВПр11  | Основа | 14,0–16,0 | 0,5–0,6 | 4,0–5,0 | 2,0–3,0 | 3,0–5,0 | 0,1–1,0 |
| Наполнитель  | Основа | –         | –       | 1,8–2,2 | 0,6–1,2 | –       | –       |

|   |           |
|---|-----------|
| Температура пайки припоя ВПр11, °С        | 1050–1100 |
| Температура пайки припоя ВПр11-40Н, °С    | 1080–1120 |
| Рабочая температура паяных соединений, °С | <800      |

Твердость припоя HRC: 58–60.  
Твердость наполнителя HRC: 90.

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВОВ ЭИ867 И ВЖ98

| Температура испытания, °С           | 20   | 800 | 900     |
|-------------------------------------|------|-----|---------|
| $\tau_{cp}$ (ЭИ867 – ВПр11), МПа    | >200 | 180 | 155     |
| $\tau_{cp}$ (ВЖ98 – ВПр11-40Н), МПа | >460 | –   | 155–165 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением):  
О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:

- в печах в вакууме и с защитной атмосферой;
- индукционным нагревом на воздухе или в защитной атмосфере.

Рекомендуемые паемые материалы:

- никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС6, ВЖ98, ЭИ868, ЭИ867 и ЭИ435.

Применение:

- детали турбины, сопловые лопатки турбины, сотовые уплотнения и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА ВПр16

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-662–2019 «Порошки припоев ВПр16, ВПр28»;

ТУ 1-595-16-778–2004 «Аморфная лента припоя марки ВПр16».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем, аморфные ленты.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |           |          |           |
|--|-----------|----------|-----------|
| Ti   | Zr        | Ni       | Cu        |
| Основа   | 11,0–14,0 | 8,0–10,0 | 21,0–24,0 |
| Температура пайки, °C                                  |           |          | 920–970   |
| Рабочая температура паяных соединений, °C              |           |          | <500      |

Плотность: 5 770 кг/м<sup>3</sup>.

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА ОТ4

| Температура испытания, °C | 20      | 200     | 400  | 600  |
|---------------------------|---------|---------|------|------|
| $\tau_{cp}$ , МПа         | 360–420 | 240–250 | >320 | >320 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): ОЗ; О1; О5; ВЗ; В1; В5.

Способы пайки:

- в печи в вакууме или аргоне;
- индукционным нагревом в среде аргона.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- титановые сплавы.

Применение:

- трубопроводы, детали компрессора и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА ВПр28

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-662–2019 «Порошки припоев ВПр16, ВПр28»;

ТУ 1-595-16-865–2005 «Припой марки ВПр28 в виде аморфной ленты».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем, аморфные ленты.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |           |           |           |         |
|--|-----------|-----------|-----------|---------|
| Ti   | Zr        | Ni        | Cu        | Hf      |
| Основа   | 21,0–25,0 | 13,0–18,0 | 14,0–19,0 | 0,1–0,3 |

|   |         |
|---|---------|
| Температура пайки, °C                     | 850–870 |
| Рабочая температура паяных соединений, °C | <500    |

Плотность: 6 180 кг/м<sup>3</sup>.

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА ВТ14

| Температура испытания, °C | 20      | 200     | 400     | 600     |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| $\tau_{ср}$ , МПа         | 360–410 | 240–250 | 220–238 | 180–190 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): ОЗ; О1; О5; ВЗ; В1; В5.

Способы пайки:

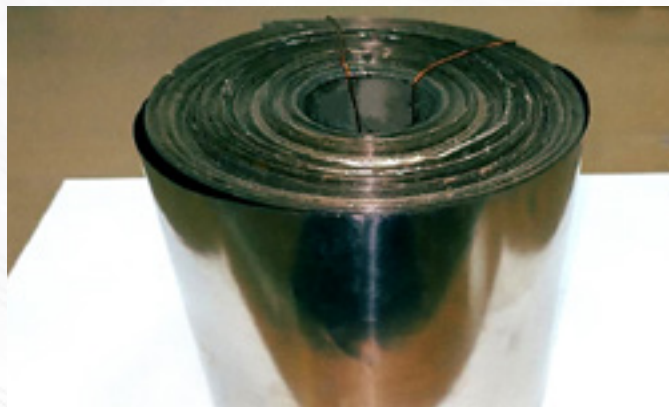
- в печи в вакууме или аргоне;
- индукционным нагревом в среде аргона.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- титановые сплавы.

Применение:

- трубопроводы, детали компрессора и др.



## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр24

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-1218–2011 «Порошок припоя марки ВПр24»;

ТУ 1-595-4-1219–2011 «Лента порошкового припоя марки ВПр24 на органической связке».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем.

### Содержание основных легирующих элементов, % (по массе)

| Ni     | Cr      | Al      | Mo      | W       | Nb        | Si      | Co      | B         | Ti        | C         | Fe        | Cu        |
|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Основа | 6,0–7,0 | 4,0–5,0 | 1,6–2,0 | 8,5–9,5 | 10,0–11,0 | 2,5–3,0 | 8,5–9,5 | 0,25–0,35 | 0,05–0,25 | 0,05–0,15 | 0,10–0,15 | 0,07–0,12 |

Температура пайки, °С

1200–1240

Рабочая температура паяных соединений, °С

<1050

Плотность: 9 226 кг/м<sup>3</sup>.

Твердость припоя НRC: 54–56.

### ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА ЖС6У БЕЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

| Температура испытания, °С | 20      | 900     | 1000    | 1050    |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| $\sigma_b$ , МПа          | 860–870 | 750–780 | 480–510 | 410–450 |

### ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

| Паяемый материал | $\sigma_{40}^{975^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{900^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{950^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{1000^\circ}$ , МПа |
|------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ЖС6У             | 160–170                         | 210–220                          | 160–170                          | 60                                |
| ЖС6У (Т0)        | 180–190                         | 240–250                          | 180–190                          | –                                 |
| ВЖЛ12У           | 140                             | –                                | –                                | –                                 |
| ВЖЛ12У (Т0)      | 180                             | –                                | –                                | –                                 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:

– в печи в вакууме.

Рекомендуемые паяемые материалы:

– никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС6 и ВЖЛ12.

Применение:

– рабочие лопатки, сопловые лопатки, спрямляющие аппараты и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр27

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-1021–2016 «Припой марки ВПр27»;

ТУ 1-595-6-204–2012 «Аморфная лента припоя марки ВПр27».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем, аморфные ленты.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |         |         |         |          |         |          |         |
|--|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Ni   | Cr      | Al      | Mo      | W        | Nb      | Co       | B       |
| Основа   | 8,0–9,0 | 1,5–2,0 | 1,5–2,0 | 9,0–10,0 | 1,0–2,0 | 9,0–10,0 | 2,5–3,3 |

|   |           |
|---|-----------|
| Температура пайки, °C                     | 1130–1200 |
| Рабочая температура паяных соединений, °C | <1000     |

Плотность: 9 420 кг/м<sup>3</sup>.

## ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА ЖС6У

| $\sigma_{100}^{900}$ , МПа | $\sigma_{40}^{975}$ , МПа |
|----------------------------|---------------------------|
| 180–200                    | 130–150                   |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:

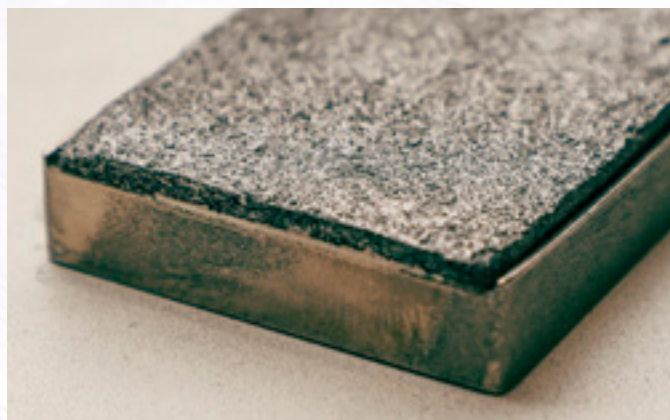
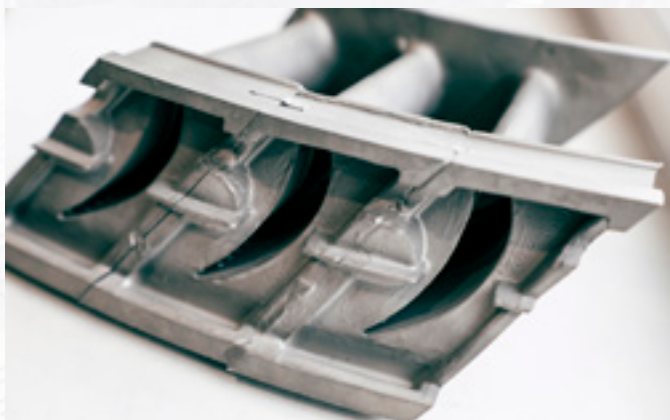
– в печи в вакууме.

Рекомендуемые паяемые материалы:

– никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС6, ВЖЛ12 и ВЖЛ14.

Применение:

– рабочие лопатки, сопловые лопатки, спрямляющие аппараты и др.



## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр36

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-1232–2011 «Порошок припоя марки ВПр36»;

ТУ 1-595-4-1233–2011 «Лента порошкового припоя марки ВПр36 на органической связке».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем.

### Содержание основных легирующих элементов, % (по массе)

| Ni     | Cr       | Al      | Mo      | W       | Nb      | Co       | B       | Si        | C         | Fe      |
|--------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|-----------|-----------|---------|
| Основа | 8,0–10,0 | 4,0–6,0 | 1,8–2,2 | 4,0–5,0 | 3,0–5,0 | 8,0–10,0 | 1,1–1,3 | 0,05–0,15 | 0,05–0,15 | 0,1–0,5 |

Температура пайки, °С

1250–1280

Рабочая температура паяных соединений, °С

<1150

Плотность: 8 260 кг/м<sup>3</sup>.

Твердость припоя HRC: 35–45.

## ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

| Паяемый материал | $\sigma_B^{1000^\circ}$ , МПа | $\sigma_B^{1100^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{1000^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{1100^\circ}$ , МПа |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ЖС26             | –                             | –                             | –                                 | 40–50                             |
| ЖС30             | 500–590                       | 350–370                       | 100–120                           | –                                 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:

– в печи в вакууме.

Рекомендуемые паяемые материалы:

– никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС26, ЖС30 и ЖС32.

Применение:

– рабочие лопатки, сопловые лопатки и др.



## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр37

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-1393–2013 «Порошок высокотемпературного припоя марки ВПр37»;

ТУ 1-595-4-1524–2015 «Ленты порошкового припоя марки ВПр37 на органическом связующем».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |           |         |         |         |           |          |           |          |
|--|-----------|---------|---------|---------|-----------|----------|-----------|----------|
| Ni   | Cr        | Al      | Ti      | W       | Co        | Mo       | Si        | Fe       |
| Основа   | 28,0–30,0 | 7,7–8,5 | 0,8–1,2 | 1,4–2,0 | 0,15–0,50 | 0,06–0,2 | 0,06–0,15 | 0,07–0,2 |
| Температура пайки, °С                                  |           |         |         |         |           |          | 1280–1300 |          |
| Рабочая температура паяных соединений, °С              |           |         |         |         |           |          | <1200     |          |

## ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

| Паяемый материал | $\sigma_{\text{в}}^{1000^\circ}$ , МПа | $\sigma_{\text{в}}^{1100^\circ}$ , МПа | $\sigma_{\text{в}}^{1150^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{1000^\circ}$ , МПа |
|------------------|--|--|--|-----------------------------------|
| ВКНА-25          | 500–560                                | 360–390                                | 260–300                                | –                                 |
| ВИНЗ             | 450–500                                | 300–350                                | 215–260                                | –                                 |
| ВКНА-1ВР         | 450–490                                | –                                      | –                                      | 55–65                             |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): ОЗ; О1; О5; ВЗ; В1; В5.

Способы пайки:

– в печи в вакууме.

Рекомендуемые паяемые материалы:

– никелевые жаропрочные сплавы типа ВКНА.

Применение:

– рабочие лопатки, сопловые лопатки, спрямляющие аппараты и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр42

Нормативная документация:  
ТУ 1-595-4-1237–2011 «Порошок припоя марки ВПр42».

Полуфабрикаты:  
– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем, аморфные ленты.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |         |         |         |         |         |         |           |         |           |           |           |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Ni   | Cr      | Al      | Mo      | W       | Nb      | Si      | Co        | B       | Ti        | C         | Fe        |
| Основа   | 8,0–9,0 | 1,3–2,0 | 1,0–1,5 | 4,0–7,8 | 1,1–1,3 | 5,5–7,5 | 13,0–15,0 | 1,1–1,3 | 0,5–1,2   | 0,05–0,15 | 0,05–0,15 |
| Температура пайки, °С                                  |         |         |         |         |         |         |           |         | 1120–1160 |           |           |
| Рабочая температура паяных соединений, °С              |         |         |         |         |         |         |           |         | <1000     |           |           |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:  
– в печи в вакууме или аргоне.

Рекомендуемые паяемые материалы:  
– никелевые жаропрочные сплавы типа ЭИ435, ВЖЛ12, ЖС6 и ВЖ98.

Применение:  
– сопловые лопатки, диффузоры, сотовые уплотнения и др.



## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр44

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-969–2006 «Порошок припоя марки ВПр44»;

ТУ 1-595-4-1236–2011 «Порошок припоя марки ВПр44».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем.

### Содержание основных легирующих элементов, % (по массе)

| Ni     | Cr        | Al       | Mo      | W       | Si      | Co       | B       | C         |
|--------|-----------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|-----------|
| Основа | 13,0–14,0 | 8,0–10,0 | 1,2–1,5 | 1,2–1,5 | 0,1–0,4 | 8,0–10,0 | 0,9–1,1 | 0,05–0,15 |

Температура пайки, °C

1260–1280

Рабочая температура паяных соединений, °C

<1150

### ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

| Паяемый материал | $\sigma_{\text{в}}^{1000^\circ}$ , МПа | $\sigma_{\text{в}}^{1100^\circ}$ , МПа | $\sigma_{\text{в}}^{1150^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{1000^\circ}$ , МПа | $\sigma_{100}^{1100^\circ}$ , МПа |
|------------------|--|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ЖС36             | 680–720                                | –                                      | –                                      | 180–210                           | >40                               |
| ЖС40             | 590–620                                | –                                      | –                                      | –                                 | –                                 |
| ЖС32             | –                                      | 350–460                                | 220–260                                | 180–210                           | >60                               |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением):  
О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:

– в печи в вакууме.

Рекомендуемые паяемые материалы:

– никелевые жаропрочные сплавы типа ЖС32, ЖС36 и ВЖМ4.

Применение:

– рабочие лопатки, сопловые лопатки и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ВПр50

Нормативная документация:

ТУ 1-595-4-1234–2011 «Порошок припоя марки ВПр50»;

ТУ 1-595-4-1235–2011 «Лента порошкового припоя марки ВПр50 на органической связке».

Полуфабрикаты:

– порошок, ленты порошкового припоя на органическом связующем, аморфные ленты.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |           |         |         |         |           |         |
|--|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| Ni   | Cr        | Mo      | Nb      | Si      | Co        | B       |
| Основа   | 18,0–20,0 | 5,0–6,0 | 0,9–1,4 | 5,5–6,5 | 8,0–10,0  | 1,2–1,5 |
| Температура пайки, °C                                  |           |         |         |         | 1130–1160 |         |
| Рабочая температура паяных соединений, °C              |           |         |         |         | <1000     |         |

## ПРОЧНОСТЬ НА СРЕЗ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА ЭИ437Б

| Температура испытания, °C | 20   | 400  | 600  | 800  |
|---------------------------|------|------|------|------|
| $\tau_{ср}$ , МПа         | >250 | >250 | >250 | >250 |

## ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА 12Х18Н10Т

| Температура испытания, °C | 20      | 200     |
|---------------------------|---------|---------|
| $\tau_{ср}$ , МПа         | 180–210 | 160–190 |
| $\sigma_B$ , МПа          | 250–300 | 230–270 |

### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; О5; В3; В1; В5.

Способы пайки:

- в печи в вакууме или аргоне;
- индукционным нагревом в защитной атмосфере.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- коррозионностойкие стали и никелевые жаропрочные сплавы.

Применение:

- трубопроводы, сопловые лопатки, теплообменники, сотовые уплотнения др.



Отсутствие следов коррозии паяных соединений из сплава 12Х18Н10Т после испытаний в камере солевого тумана в течение 6 месяцев

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ ОЛОВА ВПр35

Нормативная документация:  
ТУ 1-595-ВФ-295–98 «Припой марки ВПр35».

Полуфабрикаты:  
– проволока.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |         |         |         |         |          |           | Примеси (не более) |       |           |
|--|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|--------------------|-------|-----------|
| Sn   | Bi      | Sb      | Cu      | Ni      | Pb       | Ce        | Fe                 | Zn    | Остальные |
| Основа   | 2,0–2,5 | 0,7–0,9 | 0,4–0,6 | 0,1–0,5 | 0,15–0,4 | 0,01–0,05 | 0,1                | 0,005 | 0,25      |

|   |                |
|---|----------------|
| Температура пайки, °C                     | 230–300        |
| Рабочая температура паяных соединений, °C | От –70 до +180 |

Плотность: 7 530 кг/м<sup>3</sup>.

Удельное электросопротивление: 15,2·10<sup>-6</sup> Ом·см.

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

| Показатели                             | Значения показателей для паяных соединений, выполненных припоями |             |         |        |       |
|--|--|-------------|---------|--------|-------|
|  | ПОССу40-0,5  | ПОССу61-0,5 | ПСрОСу8 | ПСрМ05 | ВПр35 |
| $\tau_{ср}$ ( $T_{исп} = -70$ °C), МПа | 55–95  | 50–75       | 68–72   | 70–77  | 68–74 |
| $\tau_{ср}$ ( $T_{исп} = 20$ °C), МПа  | 30–40  | 29–33       | 63–67   | 70–75  | 68–74 |
| $\sigma_{в}$ ( $T_{исп} = 20$ °C), МПа | 37–40  | 35–38       | 70–80   | 45–55  | 80–90 |
| $\tau_{ср}$ ( $T_{исп} = 180$ °C), МПа | 10–13  | 10–12       | 20–24   | 0–5    | 27–30 |
| Относительное удлинение, %             | –  | –           | 9–18    | 21–26  | 27–34 |

### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ УСКОРЕННЫЕ КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА БАЗЕ 6 МЕСЯЦЕВ

| Условия испытаний             | Снижение прочности, %, паяных соединений, выполненных припоями |             |         |        |       |
|-------------------------------|--|-------------|---------|--------|-------|
|                               | ПОССу40-0,5  | ПОССу61-0,5 | ПСрОСу8 | ПСрМ05 | ВПр35 |
| В камере тропического климата | 31,0   | 28,0        | 8,0     | 14,0   | 2,0   |
| В камере солевого тумана      | 36,0   | 32,0        | 18,0    | 26,0   | 8,0   |

#### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): О3; О1; В3.

Способы пайки:

- паяльником, горелкой;
- погружением;
- индукционным нагревом.

Рекомендуемые паяемые материалы:

- черные и цветные металлы.

Применение:

- детали приборов, радио- и электроаппаратуры, фильтры, теплообменники, корпуса приборов и др.

## ПРИПОЙ НА ОСНОВЕ СВИНЦА ВПр40

Нормативная документация:  
ТУ 1.595-ВФ-298–90 «Припой марки ВПр40».

Полуфабрикаты:  
– проволока.

| Содержание основных легирующих элементов, % (по массе) |         |         |         |         |         |            |             |             |             |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Pb   | Sn      | Bi      | Ni      | Sb      | In      | Ce         | Cu          | Zn          | Na          |
| Основа   | 4,5–6,0 | 2,0–2,5 | 0,1–0,3 | 0,4–0,6 | 1,0–1,5 | 0,005–0,05 | 0,001–0,002 | 0,001–0,002 | 0,001–0,002 |

|   |                 |
|---|-----------------|
| Температура пайки, °C                     | 300–400         |
| Рабочая температура паяных соединений, °C | От –196 до +250 |

Плотность: 10 900 кг/м<sup>3</sup>.

Удельное электросопротивление: 25,2·10<sup>-6</sup> Ом·см.

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

| Показатели                              | Значения показателей для паяных соединений, выполненных припоями |          |        |       |
|---|--|----------|--------|-------|
|   | ПСр1,5   | ПСрИн1,5 | ПСр2,5 | ВПр40 |
| $\tau_{ср}$ ( $T_{исп} = -196$ °C), МПа | 45–48  | 45–48    | 55–75  | 63–65 |
| $\tau_{ср}$ ( $T_{исп} = 20$ °C), МПа   | 30–32  | 30–32    | 30–32  | 37–40 |
| $\sigma_{в}$ ( $T_{исп} = 20$ °C), МПа  | –  | 40–44    | 38–42  | 48–50 |
| $\tau_{ср}$ ( $T_{исп} = 250$ °C), МПа  | 7–10   | 7–15     | 10–12  | 15–18 |
| Относительное удлинение, %              | 20–26  | 24       | 24–30  | 27–32 |

### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ УСКОРЕННЫЕ КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА БАЗЕ 6 МЕСЯЦЕВ

| Условия испытаний             | Снижение прочности, %, паяных соединений, выполненных припоями |          |        |       |
|-------------------------------|--|----------|--------|-------|
|                               | ПСр1,5   | ПСрИн1,5 | ПСр2,5 | ВПр40 |
| В камере тропического климата | –  | 0        | 3,0    | 0     |
| В камере солевого тумана      | 10   | 7,0      | 18,0   | 3,0   |
| В дистиллированной воде       | –  | 6,0      | 8,0    | 0     |

#### Коррозионная стойкость паяных соединений

Условия эксплуатации паяных соединений без антикоррозионной защиты (в соответствии с Приложением): ОЗ; О1; ВЗ.

Способы пайки:

- паяльником, горелкой;
- погружением;
- индукционным нагревом.

Рекомендуемые паяемые материалы:  
черные и цветные металлы.

Применение:

- детали приборов, радио- и электроаппаратуры, фильтры, теплообменники, корпуса приборов и др.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ВИДЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ И КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ 15150-69 И СТО 1 90368-2019

| Виды исполнения изделий |  |             | Категории размещения узлов и деталей в изделии (зоны)  |             |
|-------------------------|--|-------------|--|-------------|
| Название                | Назначение   | Обозначение | Характеристика   | Обозначение |
| Общеклиматическое       | Для эксплуатации на суше, включая тропический и холодный климат, без воздействия морского тумана, морской воды, ядохимикатов   | О           | Наружная поверхность изделий   | 1           |
|                         |  |             | Внутренний набор выше подпольного пространства и другие отсеки, где отсутствует скопление конденсата   | 3           |
|                         |  |             | Нижняя часть фюзеляжа, в том числе внутренняя поверхность подпольного пространства, а также другие отсеки, где возможно скопление конденсата                                   | 5           |
| Всеклиматическое        | Для эксплуатации на суше и на море в любом макроклиматическом районе, включая морской, тропический и холодный климат, при периодическом или постоянном воздействии морского тумана, морской воды, ядохимикатов | В           | Наружная поверхность изделий   | 1           |
|                         |  |             | Внутренний набор выше подпольного пространства и другие отсеки, где отсутствует скопление конденсата   | 3           |
|                         |  |             | Нижняя часть фюзеляжа, в том числе внутренняя поверхность подпольного пространства, а также другие отсеки, где возможно скопление конденсата с повышенным содержанием хлоридов | 5           |

### ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЗОН ИЗДЕЛИЯ

| Вид исполнения и категория размещения | Характеристика  |
|---------------------------------------|---|
| О3                                    | Воздушная среда во внутренних отсеках изделий, в том числе выше подпольного пространства, с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий во время стоянок. Среда характеризуется существенным уменьшением воздействия солнечной радиации, песка и пыли по сравнению с открытой атмосферой, а также отсутствием прямого воздействия атмосферных осадков и возможности скопления конденсата |
| О1                                    | Влажная атмосфера, включая тропическую.<br>Прямое воздействие атмосферных осадков и солнечной радиации  |
| О5                                    | Возможность скопления конденсата в нижней части фюзеляжа, в том числе в подпольном пространстве изделий, а также других отсеках изделий   |
| В3                                    | Воздушная среда во внутренних отсеках изделий при эксплуатации на море или вблизи моря, при отсутствии скопления конденсата, в том числе выше подпольного пространства. Существенное уменьшение воздействия солнечной радиации, песка, пыли по сравнению с открытой атмосферой  |
| В1                                    | Морская атмосфера и (или) периодическое воздействие морской воды, а также прямое воздействие атмосферных осадков и солнечной радиации   |
| В5                                    | Возможность скопления конденсата с повышенным содержанием хлоридов в нижней части фюзеляжа, в том числе в подпольном пространстве, а также в других отсеках изделий, имеющих сообщение с наружной атмосферой  |











**ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
авиационных материалов



**ПРИПОИ**

НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ  
Россия, 105005, Москва, ул. Радио, 17  
Тел.: +7 (499) 261-86-77, факс: +7 (499) 267-86-09  
E-mail: [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)  
[www.viam.ru](http://www.viam.ru)