

**ИМПУЛЬСНЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ В  
НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ  
«АРИОН»**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1. Описание и работа.....   | 6  |
| 1.1 Описание и работа импульсного рентгеновского аппарата .....     | 6  |
| 1.2 Описание и работа составных частей рентгеновского аппарата..... | 7  |
| 2. Использование по назначению.....                                 | 11 |
| 2.1 Эксплуатационные ограничения.....                               | 11 |
| 2.2 Подготовка рентгеновского аппарата к использованию.....         | 11 |
| 2.3 Использование рентгеновского аппарата.....                      | 14 |
| 3 Техническое обслуживание.....                                     | 15 |
| 3.1 Техническое обслуживание рентгеновского аппарата.....           | 15 |
| 4 Текущий ремонт.....   | 16 |
| 4.1 Общие указания.....   | 16 |
| 5 Хранение.....   | 16 |
| 6 Транспортирование.....  | 16 |
| 7 Утилизация.....   | 16 |
| 8 Символы безопасности, размещённые на аппарате.....                | 17 |

**Перед работой с рентгеновским аппаратом обязательно прочитайте  
требования по безопасности!**

«**ВНИМАНИЕ!**» Во время работы оператор должен находиться на расстоянии не менее указанного в таблице 2.1 от высоковольтного блока (ВБ) в направлении, противоположном выходу излучения в пределах конуса с углом раствора  $120^{\circ}$ , ось которого совпадает с осью ВБ, а вершина расположена в торце рентгеновской трубки.

«**ВНИМАНИЕ!**» В пульте управления (ПУ) имеются электрические цепи с напряжением до 12,5 кВ, поэтому разбирать ПУ не допускается.

«**ВНИМАНИЕ!**» В качестве основного диэлектрика в ВБ используется газ под давлением до 2 МПа, поэтому разбирать ВБ не допускается.

«**ВНИМАНИЕ!**» Не допускается эксплуатация рентгеновского аппарата при:

- наличии повреждений в сетевом шнуре ПУ;
- наличии повреждений высоковольтного соединительного кабеля (ВСК);
- нарушении целостности выходного окна рентгеновской трубки.

«**ВНИМАНИЕ!**» Во избежание поражения электрическим током запрещается отсоединение ВСК от ПУ и ВБ до окончания режима блокировки пуска, при включенном тумблере питания «ВКЛ», а так же при выключенном тумблере питания «ВКЛ», если сетевой шнур ПУ подключен к сети переменного тока с напряжением 220 В.

«**ВНИМАНИЕ!**» Рентгеновский аппарат «Арион» должен быть надежно соединен посредством присоединения заземляющей клеммы ПУ к защитному контуру заземления медным проводником желто-зеленого цвета сечением не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ .

«**ВНИМАНИЕ!**» Подключение аппарата производится только через трех полюсную розетку.

«**ВНИМАНИЕ!**» Отключающим устройством в аппарате является вилка сетевого кабеля, которую следует отключать из розетки при любых манипуляциях с разъемами ВСК.

Настоящее руководство предназначено для правильной и безопасной эксплуатации импульсных рентгеновских аппаратов для промышленной дефектоскопии в нестационарных условиях серии «Арион».

Модельный ряд серии состоит из аппаратов: «Арион-150», «Арион-200», «Арион-250», «Арион-300», «Арион-400» и «Арион-600».

Руководство определяет порядок организации и проведения работ с рентгеновскими аппаратами серии «Арион», меры по технике безопасности и промышленной санитарии.

Аппараты рентгеновские серии «Арион» представляют потенциальную опасность для здоровья людей, являясь закрытыми источниками тормозного рентгеновского излучения с максимальной энергией квантов 150-600 кэВ (в зависимости от модели аппарата). Источником тормозного рентгеновского излучения является импульсная рентгеновская трубка, расположенная в высоковольтном блоке.

Опасными факторами могут являться напряжение постоянного тока амплитудой до 12,5 кВ в пульте управления, высоковольтном соединительном кабеле и высоковольтном блоке аппарата.

Все перечисленные факторы представляют опасность только во время работы рентгеновского аппарата. При хранении и транспортировке рентгеновские аппараты не представляют опасности.

Высоковольтный блок рентгеновского аппарата наполнен смесью газов под давлением до 2 МПа. Конструкция обеспечивает надежную герметичность высоковольтного блока. Запрещается самостоятельная разборка высоковольтного блока.

## 1. Описание и работа

### 1.1 Описание и работа импульсного рентгеновского аппарата серии «Арион»

#### 1.1.1. Назначение рентгеновского аппарата

Импульсный рентгеновский аппарат «Арион» предназначен для промышленной дефектоскопии в нестационарных условиях. Аппараты предназначены для панорамного и фронтального просвечивания.

#### 1.1.2. Характеристики

Основные технические характеристики рентгеновских аппаратов серии «Арион» приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

| Параметр рентгеновского аппарата   | Арион-150      | Арион-200      | Арион-250      | Арион-300      | Арион-400      | Арион-600      |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Рабочее напряжение на аноде рентгеновской трубки, кВ, не менее   | 150            | 200            | 250            | 300            | 400            | 600            |
| Просвечиваемая толщина стали (фокусное расстояние 500 мм, пленка РТ-1 + УПВ-2, плотность 2,0), мм<br>рекомендованный режим 1500 имп<br>максимальный режим 5000 имп | 20<br>30       | 25<br>40       | 30<br>50       | 35<br>60       | 50<br>80       | 70<br>110      |
| Длительность рентгеновского импульса на полувысоте амплитуды, нс   | 2              | 2              | 2              | 2              | 1,5            | 1,5            |
| Экспозиционная доза рентгеновского излучения на расстоянии 0,5м от торца аппарата за 100 импульсов, мР, не менее   | 20             | 40             | 80             | 110            | 200            | 280            |
| Диаметр фокусного пятна, мм  | 2,3            | 2,3            | 2,3            | 2,3            | 3,0            | 3,0            |
| Гарантийный ресурс аппарата, импульсов   | $5 \cdot 10^5$ |
| Частота следования импульсов, Гц, при питании от сети переменного тока 220 В   | 20-25          | 20-25          | 15-20          | 10-15          | 4-7            | 4-7            |
| Напряжение питания:<br>- от однофазной сети переменного тока частотой $50 \pm 1$ Гц, В   | 220 $\pm$ 22   |                |                |                |                |                |
| Потребляемая мощность, ВА, не более  | 200            |                |                |                |                |                |
| Длина высоковольтного кабеля (ВСК)   | 25             | 25             | 25             | 25             | 40             | 40             |
| Габаритные размеры высоковольтного блока, мм   | 400x76x110     | 400x76x110     | 430x76x110     | 460x85x115     | 530x115x270    | 530x115x270    |
| Габаритные размеры пульта управления, мм   | 170x255x95     |                |                |                |                |                |
| Масса высоковольтного блока, кг  | 2,5            | 2,5            | 3,0            | 3,5            | 8,0            | 8,1            |
| Масса пульта управления, кг  | 1,5            |                |                |                |                |                |

### 1.1.3 Состав рентгеновского аппарата:

- высоковольтный блок (генератор высоковольтных импульсов);
- пульт управления;
- высоковольтный соединительный кабель;
- аккумулятор 12 В;
- чехол для аккумулятора;
- зарядное устройство 12 В/ 5А;
- блок преобразования напряжения - 12В в ~ 220В (для исполнения с внешним преобразователем напряжения)\*;
- пульт дистанционного управления\*;
- лампа-вспышка;
- кабель питания 220В;
- кабель питания 12В (для исполнения с внутренним преобразователем напряжения)\*;
- ЗИП комплект;
- сумка для рентгенаппарата;
- комплект эксплуатационных документов;

\* - зависит от модификации.

### 1.1.4 Устройство и работа рентгеновского аппарата

Импульсный рентгеновский аппарат «Арион» создан на основе коаксиальной двойной формирующей линии с газовой изоляцией, заряжаемой высоковольтным резонансным импульсным трансформатором с разомкнутым сердечником. Тормозное рентгеновское излучение наносекундной длительности генерируется в вакуумной трубке с холодным катодом.

Управление рентгеновским аппаратом и выбор режима его работы осуществляется с выносного пульта управления.

Режим работы рентгеновского аппарата – генерация тормозного излучения.

## 1.2 Описание и работа составных частей рентгеновского аппарата

### 1.2.1. Общие сведения

ВБ предназначен для генерации тормозного рентгеновского излучения.

ПУ предназначен для зарядки ВБ постоянным напряжением амплитудой до 15 кВ и обеспечения требуемой экспозиции рентгенографирования.

Пульт дистанционного управления (ПДУ) предназначен для запуска и остановки генерации рентгеновского излучения на расстоянии не более 800 м от ПУ (в пределах прямой видимости).

ВСК предназначен для подключения ПУ к ВБ.

### 1.2.2 Описание составных частей рентгеновского аппарата

ВБ аппаратов «Арион-150, 200, 250, 300» выполнен в виде герметичного корпуса из нержавеющей стали. Снаружи корпуса имеются ручка для транспортировки, два передних и один задний защитные колпачки, предохраняющие от повреждения рентгеновскую трубку и высоковольтный разъем для подключения ВСК, расположенный в задней части корпуса.

В корпусе ВБ, наполненном газом под давлением до 2 МПа, размещены: рентгеновская трубка, коаксиальная двойная формирующая линия, разрядный промежуток, высоковольтный резонансный импульсный трансформатор, первичные накопитель и коммутатор.

ВБ аппаратов «Арион-400» и «Арион- 600» выполнен в виде двухъярусной конструкции. В герметичном корпусе из нержавеющей стали, наполненном газом под давлением до 2 МПа, размещены: рентгеновская трубка, коаксиальная двойная формирующая линия, разрядный промежуток, высоковольтный резонансный импульсный трансформатор. В передней части герметичного корпуса излучателя имеется защитный колпачок предохраняющий от повреждения рентгеновскую трубку. Герметичный корпус, а также первичные накопитель и коммутатор, крепятся внутри корпуса из алюминиевого сплава, имеющего ручку для транспортировки и разъем для подключения ВСК.

ПУ выполнен в виде пластмассового корпуса, внутри которого размещены однотактный стабилизированный преобразователь напряжения, фильтр радиопомех DL-DZX2 (250 В/1 А) и устройство управления режимами работы. В ПУ размещен предохранитель марки ВП 4 (250 В/1 А).

На передней панели ПУ расположены:

– тумблер включения питания «ВКЛ»;

- индикатор готовности к работе «ГОТОВ»;
- кнопка запуска излучения «ПУСК»»;
- табло цифровой индикации «ЧИСЛО ИМПУЛЬСОВ»;
- кнопки увеличения и уменьшения количества импульсов.

На задней панели ПУ расположены:

- сетевой разъем «СЕТЬ 220/12 В» («СЕТЬ ~220 В» для модификаций с внешним преобразователем напряжения 12/220 В);
- клемма заземления.
- высоковольтный разъем зарядного напряжения «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ»;

ПДУ выполнен в виде компактного пластмассового корпуса, в котором размещены батарейка с передатчиком радиосигнала.

На пульте дистанционного управления расположены:

- красная кнопка запуска излучения;
- зеленая кнопка остановки излучения.

Индикатор работы ПДУ – красный светодиод, который светится при передаче радиосигнала (при нажатии одной из кнопок).

На концах ВСК расположены высоковольтные разъемы, служащие для подсоединения к ВБ и ПУ.

### 1.2.3 Работа составных частей рентгеновского аппарата

Разъемы ВСК подсоединяются к высоковольтному разъему ВБ и высоковольтному разъему зарядного напряжения «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» ПУ до упора и фиксируются накладными гайками, обеспечивая надежное электрическое соединение составных частей.

ПУ аппарата подключается с помощью сетевого шнура к сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц или с помощью кабеля питания 12 В к аккумуляторной батарее или другому источнику постоянного тока напряжением 12 В. Для модификаций без встроенного преобразователя напряжения 12/220В используется внешний преобразователь напряжения.

Разъем «Сигнализация» предназначен для подключения сигнальной лампы (220 В, 0,1 А).

Включение и выключение рентгеновского аппарата производится сетевым тумблером «ВКЛ/ВЫКЛ» на передней панели ПУ. После включения ПУ загорается индикатор «ГОТОВ» зеленого цвета. Он загорается в случае, если была выдержана полутораминутная пауза перед выключением. Если пауза не была выдержана, то на цифровом индикаторе будет произведен обратный отсчет в форме убывания количества сегментов. Рентгеновский аппарат готов к работе.

При нажатии кнопки «ПУСК» на ПУ или красной кнопки на ПДУ в течение двух секунд, индикатор «ГОТОВ» начинает моргать красным цветом в течении 10 секунд, после чего индикатор начинает гореть красным светом постоянно, сигнализируя о подаче на высоковольтный разъем постоянного напряжения амплитудой от 7 до 15 кВ (в зависимости от модели аппарата) и генерации тормозного рентгеновского излучения в ВБ. После окончания экспозиции (если выбран режим до 500 импульсов), либо по истечении отсчета 500 импульсов индикатор «ГОТОВ» гаснет и загорается желтым светом индикатор «ПАУЗА», сигнализирующий о включении блокировки повторных пусков. Индикатор «ПАУЗА» состоит из четырех сегментов на цифровом табло, последовательно гаснущих через 12-22 секунды. Таким образом, общее время блокировки составляет 50-90 секунд (время паузы больше для более мощных аппаратов). По окончании свечения последнего сегмента продолжается экспозиция на оставшееся значение количества импульсов (если выбран режим более 500 импульсов), либо зажигается индикатор «ГОТОВ» зеленого цвета. Рентгеновский аппарат может продолжить работу или быть выключен. Необходимое количество импульсов в диапазоне от 10 до 1500 набирается путем нажатия одной из кнопок расположенных справа от цифрового индикатора (↑ - увеличение количества импульсов, ↓ - уменьшение количества импульсов). Скорость увеличения или уменьшения количества импульсов можно увеличить путем длительного удержания соответствующей клавиши.

При необходимости выключения генерации рентгеновского излучения до отработки заданного количества импульсов, необходимо нажать кнопку «Стоп» на ПДУ или выключить сетевой тумблер питания блока управления.

Если выключение произведено до окончания режима блокировки, при последующем включении ПУ сразу же переводится в режим индикации «ПАУЗА», по окончании которого загорается индикатор «ГОТОВ» зеленого цвета. Рентгеновский аппарат может продолжить работу.

Постоянное зарядное напряжение подается от ПУ через ВСК на накопительный конденсатор ВБ. При срабатывании первичного коммутатора накопительный конденсатор разряжается на первичную обмотку высоковольтного резонансного импульсного трансформатора. В результате колебательных процессов на вторичной обмотке трансформатора возникает импульс высокого напряжения, заряжающий двойную формирующую линию до напряжения пробоя разрядного промежутка. На аноде рентгеновской трубки возникает импульс высокого напряжения наносекундной длительности и происходит генерация тормозного рентгеновского излучения. В рентгеновском аппарате используется трубка с холодным катодом, не требующая подогрева при подготовке к работе. Ток трубки не регулируется.

## **2. Использование по назначению**

### **2.1 Эксплуатационные ограничения**

Условия эксплуатации рентгеновского аппарата: УХЛ1 по ГОСТ 15150-69, при температурах от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , атмосферном давлении  $101,3^{+5,3}_{-25,6}$  кПа ( $760^{+40}_{-200}$  мм рт.ст.), относительной влажности воздуха до 98 % при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$  и при более низких температурах без конденсации влаги. Степень защиты аппарата IP20 по ГОСТ 14254.

### **2.2 Подготовка рентгеновского аппарата к использованию**

2.2.1 Меры безопасности при подготовке рентгеновского аппарата к использованию

2.2.1.1 Администрация организации, эксплуатирующая рентгеновские аппараты «Арион» должна обеспечить безопасные условия труда работающих в соответствии с требованиями Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2010), Основных санитарных правил

обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010), Санитарных правил «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии» СП 2.6.1.3164-14, типовых и утвержденных индивидуальных инструкций.

2.2.1.2 К работе с рентгеновским аппаратом не допускаются лица моложе 18 лет. К указанным работам могут допускаться лишь лица:

- отнесенные к персоналу группы А, прошедшие медосмотр и не имеющие медицинских противопоказаний к работе с источниками ионизирующего излучения;
- прошедшие обучение по специальности и имеющие соответствующее удостоверение;
- прошедшие обучение по правилам радиационной безопасности при проведении работ по специальности и проверку знаний и норм радиационной безопасности, а так же электробезопасности;
- имеющие не ниже III квалификационной группы по электробезопасности, аттестованные для работы на электроустановках с напряжением свыше 1000 В.

2.2.1.3 Для обеспечения требований радиационной безопасности, уровень мощности дозы в местах постоянного нахождения лиц из числа:

- персонала группы А (по НРБ-99/2010) не должен превышать 10 мкЗв/ч, при этом понимается, что продолжительность рабочего времени лиц этой группы не превышает 1700 часов за год, т.е. 36 часов в неделю.
- персонала группы Б (по НРБ-99/2010) не должен превышать 2,5 мкЗв/ч.

Продолжительность рабочего времени лиц этой группы не должна превышать 2000 часов за год, т.е. 41 час в неделю.

- населения не должен превышать более чем на 0,1 мкЗв/ч уровень естественного фона.

2.2.1.4 Примерный радиус радиационно-опасных зон, в пределах которых должно быть исключено нахождение лиц соответствующих

категорий, и подлежащий обозначению знаками радиационной опасности по ГОСТ 17925-72 при проведении работ с использованием рентгеновского аппарата в открытой местности приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

|           |                                   | Арион-150...300 | Арион-400 | Арион-600 |
|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Группа А  | По направлению пучка              | 50 м            | 80 м      | 90 м      |
|           | Перпендикулярно направлению пучка | 45 м            | 70 м      | 80 м      |
|           | Противоположно направлению пучка  | 25 м            | 40 м      | 41 м      |
| Группа Б  | Радиус зоны                       | 100 м           | 160 м     | 180 м     |
| население | Радиус зоны                       | 500 м           | 800 м     | 900 м     |

2.2.1.5 Граница зоны, опасной для пребывания в ней людей, должна быть обозначена предупредительными знаками и надписями, хорошо видимыми на расстоянии не менее 3 метров.

## 2.2.2 Подготовка рентгеновского аппарата к использованию

Рис. 1

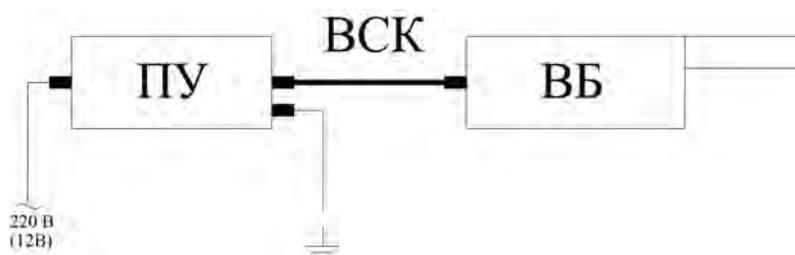


Схема подключения рентгеновского аппарата

2.2.2.1 Произвести внешний осмотр составных частей рентгеновского аппарата и проверить соблюдение мер безопасности.

2.2.2.2 Разместить ВБ в боксе биологической защиты, если это требуется.

2.2.2.3 Заземлить ПУ.

2.2.2.4 Подсоединить ПУ к ВБ с помощью ВСК.

2.2.2.5 Подсоединить сетевой кабель питания к сети переменного тока с напряжением 220 В или аккумуляторный кабель питания 12 В к аккумуляторной батарее или другому источнику постоянного тока напряжением 12 В. Для модификаций без встроенного преобразователя напряжения 12/220В используется внешний преобразователь напряжения.

2.2.2.8 Включить ПУ с помощью тумблера «ВКЛ».

2.2.2.9 По свечению тумблера «ВКЛ» и индикатора «ГОТОВ» убедиться, что рентгеновский аппарат исправен.

2.2.2.10 Отключить ПУ.

### 2.2.3 Проверка работоспособности рентгеновского аппарата

2.2.3.1 Выполнить пункт 2.2.2.

2.2.3.2 Установить индивидуальный дозиметр типа ДК-0,2 или аналогичный на расстоянии 0,5 м от переднего торца ВБ.

2.2.3.3 Установить на ПУ экспозицию 100 импульсов.

2.2.3.4 Включить ПУ с помощью тумблера «ВКЛ».

2.2.3.5 Нажать кнопку «ПУСК».

2.2.3.6 Дождаться окончания блокировки пуска рентгеновского аппарата.

2.2.3.7 Отключить ПУ.

2.2.3.8 Снять показания дозиметра и записать их в рабочий журнал (измерения проводить одним и тем же дозиметром).

2.2.3.9 Разобрать рентгеновский аппарат в обратной последовательности.

### 2.3 Использование рентгеновского аппарата

2.3.1 Установить ВБ на рабочую позицию.

2.3.2 Разместить в требуемом месте систему регистрации (систему визуализации, кассету с рентгеновской пленкой и т.п.)

2.3.3 Выполнить пункт 2.2.2, исключая пункт 2.2.2.2.

2.3.4 Установить на ПУ требуемую экспозицию.

2.3.5 Включить ПУ с помощью тумблера «ВКЛ».

2.3.6 Нажать кнопку «ПУСК» на ПУ или красную кнопку на ПДУ.

2.3.7 Дождаться окончания блокировки пуска рентгеновского аппарата.

2.3.8 Отключить ПУ.

2.3.9 Разобрать рентгеновский аппарат в обратной последовательности.

2.3.10 В случае нарушения правил эксплуатации оборудования, установленных изготовителем, оборудование может выйти из строя.

### **3 Техническое обслуживание**

#### 3.1 Техническое обслуживание рентгеновского аппарата

##### 3.1.1. Общие указания

Техническое обслуживание (ТО) рентгеновского аппарата проводится с целью предотвращения выхода дефектоскопа из строя и подтверждения его работоспособности. ТО рентгеновского аппарата состоит из ежедневного и периодического.

##### 3.1.2 Меры безопасности

Меры безопасности согласно пункту 2.2.1.

##### 3.1.3 Порядок технического обслуживания рентгеновского аппарата

3.1.3.1 ТО проводится ежедневно или перед каждым рабочим циклом и заключается во внешнем осмотре рентгеновского аппарата.

3.1.3.2 Периодическое ТО выполняется раз в 3 месяца. Проводится внешний осмотр и проверка работоспособности рентгеновского аппарата согласно пункту 2.2.3. При показании дозиметра менее значений, указанных в таблице 2.2, рентгеновский аппарат считается неисправным.

Таблица 2.2.

| Модель аппарата         | Арион-150 | Арион-200 | Арион-250 | Арион-300 | Арион-400 | Арион-600 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Экспозиционная доза, мР | 12        | 30        | 60        | 90        | 140       | 250       |

## **4 Текущий ремонт**

### **4.1 Общие указания**

Рентгеновский аппарат не требует текущего ремонта. В случае выхода его из строя ремонт может быть осуществлен только разработчиком аппарата.

## **5 Хранение**

5.1. В части воздействия климатических факторов внешней среды хранение рентгеновских аппаратов относится к условию 1 по ГОСТ 15150-69.

5.2 В складских помещениях, где хранятся рентгеновские аппараты, должна обеспечиваться температура воздуха от +5° С до +40° С и относительной влажности не более 80 % при температуре +25° С, при более низкой температуре – без конденсации влаги.

5.3 Хранение рентгеновских аппаратов производится в упаковке в складских помещениях, защищающих от воздействия атмосферных осадков, при отсутствии в воздухе паров кислот, щелочей и других примесей, вызывающих коррозию и разрушение изоляционных материалов.

## **6 Транспортирование**

6.1 Транспортирование рентгеновских аппаратов в части воздействия климатических факторов внешней среды должно осуществляться по условиям хранения 5 ГОСТ 15150-69.

6.2 Транспортирование рентгеновских аппаратов должно осуществляться в крытых транспортных средствах (авиатранспортом – в отапливаемых герметизированных отсеках) в соответствии с требованиями правил, действующих на данном виде транспорта.

## **7 Утилизация**

7.1 После выработки ресурса рентгеновский аппарат подлежит утилизации, для чего он должен быть отправлен на предприятие-изготовитель.

## 8 Символы безопасности, нанесенные на аппарат



- Радиационная опасность



- Опасное напряжение





