

Державне підприємство  
«Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»

НА НАЕК "Енергоатом"  
ФОРМАТОВИЙ КОДЕКС

**СТАНДАРТ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА  
«НАЦІОНАЛЬНА АТОМНА ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧА КОМПАНІЯ  
«ЕНЕРГОАТОМ»**

---

**Технічне обслуговування та ремонт  
ТРУБОПРОВІДНА АРМАТУРА. КРИТЕРІЇ ПРАЦЕЗДАТНОГО  
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ**

**СОУ НАЕК 043:2016**

НА НАЕК  
ОРИГІНАЛ

Київ  
2016

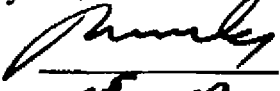
**ПЕРЕДМОВА**

- 1 РОЗРОБЛЕНО: ТОВ «Науково-дослідний інжиніринговий центр арматуробудування» НДІЦА
- 2 РОЗРОБНИКИ: В.А. Ананьєвський (керівник розробки), С.В. Луговський
- 3 ЗАТВЕРДЖЕНО: наказ ДП «НАЕК «Енергоатом» від 27.09.2016 № 845
- 4 ДАТА ВВЕДЕННЯ В ДІЮ: 20.10.2016
- 5 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ
- 6 ПЕРЕВІРКА: ~~20.10.2014~~ 28.12.2016
- 7 КОД КНДК: 2.20.40
- 8 ПІДРОЗДІЛ, ЩО ЗДІЙСНЮЄ ВЕДЕННЯ НД: відділ технологічного та нормативного супроводження ремонтів дирекції з ремонту *видавчої дирекції з виробництва та ремонтів (змінено, зч. №1)*
- 9 МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ОРИГІНАЛУ НД: відділ стандартизації департаменту з управління документацією та стандартизації *видавчої дирекції з якості та управління*

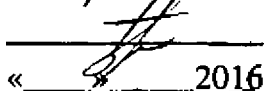
Цей стандарт заборонено повністю або частково відтворювати, тиражувати та розповсюджувати у комерційних цілях без згоди ДП «НАЕК «Енергоатом»

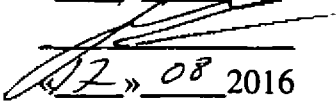
**АРКУШ ПОГОДЖЕННЯ СОУ НАЕК 043:2016**

**Технічне обслуговування та ремонт. Трубопровідна арматура. Критерії працездатного функціонального стану**

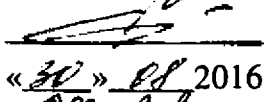
Перший віце-президент – технічний директор  О.В. Шавлаков  
« 05 » 09 2016

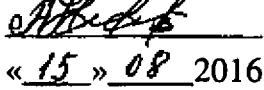
Генеральний інспектор – директор з безпеки  Д.В. Білей  
« 02 » 09 2016

Заступник генерального інспектора – директор з нагляду за безпекою  В.П. Новіков  
« 02 » 09 2016

Виконавчий директор з виробництва  В.А. Кравець  
« 02 » 08 2016

 Виконавчий директор з якості та управління  С.О. Бриль  
« 15 » 09 2016

Директор з ремонту  В.В. Урбанський  
« 30 » 08 2016

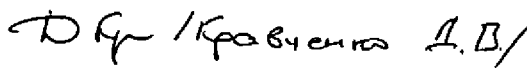

Начальник відділу стандартизації ДУДС ВДЯУ  А.А. Нелепов  
« 15 » 08 2016


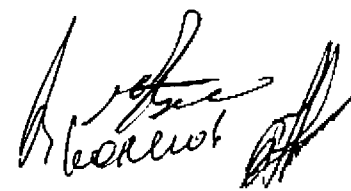
ВП ЗАЕС Лист від 23.05.2016 № 63-98/12417

ВП РАЕС Лист від 11.07.2016 № 031/5762

ВП ЮУАЕС Лист від 26.05.2016 № 17/7484

ВП ХАЕС Лист від 16.12.2015 № 38-05/728-11580

 Д.Кр /Кравченко Д.В./  
 М/к Радовиц  
18.08.2016

 С.Кравець  
 В.Кравець

**ЗМІСТ**

1	Сфера застосування .....	1
2	Нормативні посилання .....	2
3	Терміни та визначення понять .....	4
4	Позначки та скорочення.....	10
5	Оцінка працездатності арматури.....	11
6	Визначення працездатності за функціональними параметрами.....	14
7	Оцінка розрахункового залишкового ресурсу за критеріями працездатного функціонального стану.....	22
8	Перехід на стратегію ТОіР за технічним станом.....	24
	Додаток А. Класифікація арматури.....	25
	Додаток Б. Типові граничні стани арматури.....	26
	Додаток В. Методи кількісного аналізу надійності механічних систем.....	29
	Додаток Г. Види інформаційних карт.....	42
	Додаток Д. Бібліографія.....	44
	Аркуш реєстрації змін.....	45

**СТАНДАРТ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА  
«НАЦІОНАЛЬНА АТОМНА ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧА КОМПАНІЯ  
«ЕНЕРГОАТОМ»**

---

**Технічне обслуговування та ремонт  
ТРУБОПРОВІДНА АРМАТУРА. КРИТЕРІЇ ПРАЦЕЗДАТНОГО  
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ**

---

## **1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1. Цей стандарт встановлює:

- критерії працездатності трубопровідної арматури;
- перелік функціональних параметрів, що визначають функцію об'єкту та його основні технічні характеристики для побудови n-мірної функціональної моделі працездатного стану трубопровідної арматури з встановленими межами параметрів для забезпечення умови безвідмовності;
  - методи, за якими визначаються показники працездатності трубопровідної арматури і за допомогою яких здійснюється контроль у режимі постійного і дискретного моніторингу значень функціональних параметрів, включаючи момент досягнення допустимого критичного працездатного стану;
  - вимоги до оцінювання працездатності трубопровідної арматури.

1.2. Вимоги цього стандарту поширюються на трубопровідну арматуру, що експлуатується ВП АЕС, і відноситься до груп В. С згідно з НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання й трубопроводів атомних станцій» (відповідно до 2, 3 класів безпеки згідно з НП 306.2.141-2008 «Загальні положення безпеки атомних станцій») та трубопровідну арматуру 4 класу безпеки згідно з НП 306.2.141-2008 «Загальні положення безпеки атомних станцій». *(змінено, зм. № 1)*

1.3. Цей стандарт застосовується під час проведення технічного діагностування і оцінки технічного стану об'єктів контролю, у т.ч. у разі неможливості демонтування/вирізання трубопровідної арматури для перевірки на випробувальному стенді.

1.4. Перелік обладнання, до якого застосовуються положення цього стандарту, розробляється для кожного ВП АЕС з урахуванням особливостей проєкту, досвіду експлуатації і вимог СОУ ІАЕК 113:2016 «Техническое обслуживание и ремонт. Организация ремонта оборудования атомных электростанций по техническому состоянию».

1.5. Вимоги цього стандарту є обов'язковими для персоналу всіх підрозділів ДП «ІАЕК «Енергоатом», задіяного у виконанні діагностики та управління ресурсом трубопровідної арматури.

1.6. На основі цього стандарту розробляються робочі програми технічного діагностування трубопровідної арматури за переліком визначених критеріїв функціонального працездатного стану.

1.7. Вимоги і положення цього стандарту використовуються під час розробки стратегії та окремих заходів для переходу на технічне обслуговування і ремонт трубопровідної арматури по технічному стану.

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ *(змінено, зм. № 1)*

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи.

ПП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій

НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання й трубопроводів атомних станцій»

ДСТУ 1.1:2015 Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів

ДСТУ 2374-94 Розрахунки на міцність та випробування технічних виробів. Акустична смісія. Терміни та визначення

ДСТУ 2389-94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення

ДСТУ 2611-94 Арматура трубопровідна загальнопромислового призначення. Терміни та визначення

ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення

ДСТУ 3278-95 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення

ДСТУ 4227-2003 Пастанови щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки

ДСТУ ГОСТ 12.2.085:2007 Посудини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги щодо безпеки

ДСТУ EN 13306:2019 Технічне обслуговування. Термінологія технічного обслуговування (EN 13306:2017, IDT)

ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT)

ОГТ-87 Арматура для оборудования и трубопроводов АЭС. Общие технические требования с изменением № 1 от 1991 г.

СОУ НАЕК 009:2013 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий визуальный и измерительный. Методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭС

СОУ ПАЕК 014:2013 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий капиллярный. Методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭС

СОУ НАЕК 027:2014 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий ультразвуковой. Методика контроля основных материалов (полуфабрикатов)

СОУ НАЕК 028:2014 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий ультразвуковой. Методика измерения толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий

СОУ НАЕК 032:2014 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий ультразвуковой. Методика контроля сварных соединений и наплавов

СОУ НАЕК 050:2015 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий радиографический. Методика контроля сварных соединений и наплавов

СОУ НАЕК 051:2015 Технічне обслуговування і ремонт. Застосування модернізованого акустико-емісійного методу діагностування для оцінки технічного стану трубопроводів та обладнання енергоблоків АЕС

СОУ НАЕК 066:2015 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий магнитопорошковый. Методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавов

СОУ НАЕК 071:2015 Техническое обслуживание и ремонт. Контроль неразрушающий. Методика контроля герметичности. Газовые и жидкостные методы

СОУ НАЕК 080:2014 Эксплуатация технологического комплекса. Долгосрочная эксплуатация действующих энергоблоков АЭС. Общие положения

СОУ НАЕК 113:2016 Техническое обслуживание и ремонт. Организация ремонта оборудования атомных электростанций по техническому состоянию

СОУ НАЕК 158:2020 «Обеспечение технической безопасности. Технические требования к устройству и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР»

### 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

#### 3.1 акустична емісія

Випромінювання об'єктом випробовування акустичних (пружних) хвиль (ДСТУ 4227)

#### 3.2 акустико-емісійний метод

Метод контролю та діагностики, що ґрунтується на аналізі параметрів пружних хвиль акустичної емісії (ДСТУ 2374)

#### 3.3 аналіз надійності

Систематизоване дослідження з метою визначення впливу на надійність об'єкта особливостей конструкції, технологічних процесів виробництва, умов експлуатації, технічного обслуговування та ремонту, а також визначення досягнутого рівня надійності при виконанні запланованих заходів щодо забезпечення і підвищення надійності та оцінка ефективності цих заходів (ДСТУ 2860)

#### 3.4 аналіз несправностей

Логічне та систематичне дослідження об'єкта для ідентифікації та аналізу імовірності виникнення, причин та наслідків потенційних несправностей (ДСТУ 2860)

#### 3.5 аналіз відмов

Логічне і систематичне дослідження об'єкта, що відмовив, для ідентифікації та аналізу особливостей виникнення відмов, їх причин та наслідків (ДСТУ 2860)

#### 3.6 Арматура (трубопровідна загальнопромислового призначення)

Сукупність пристроїв та приладів, установлених на трубопроводах та місткостях, які забезпечують керування потоком робочого середовища шляхом змінювання прохідного перетину (ДСТУ 2611)

#### 3.7 безвідмовність

Властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи паробітку (ДСТУ 2860)

#### 3.8 відмова

Подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта.

Примітка. «Відмова» є подія, на відміну від «несправності», що є станом та причиною відмови (ДСТУ 2860)

#### 3.9 відповідність

Виконання вимоги (ДСТУ ISO 9000)



**3.10 візуалізація**

Представлення фізичного явища або процесу у формі, зручній для зорового сприйняття (використовується в цьому стандарті)

**3.11 візуальний контроль**

Органолептичний контроль, що здійснюється органами зору (використовується в цьому стандарті) *(змінено, зм. № 1)*

**3.12 визначальний функціональний параметр**

Параметр, що характеризує якість функціонування виробу (використовується в цьому стандарті)

**3.13 вимога**

Сформульовані потреба чи очікування, загальнозрозумілі чи обов'язкові (ДСТУ ISO 9000)

**3.14 граничний стан**

Стан об'єкту, за яким його подальша експлуатація недопустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне (ДСТУ 2860)

**3.15 деградована відмова**

Відмова, спричинена процесами деградації в об'єкті при дотриманні усіх встановлених правил і (чи) норм його проектування, виготовлення та експлуатації (ДСТУ 2860)

**3.16 дефект**

Кожна окрема невідповідність об'єкта встановленим вимогам (ДСТУ 2860)

**3.17 діагностика**

Технічне спостереження за системами (елементами) з метою визначення і/або прогнозування можливості виконання передбачених функцій (ІШ 306.2.141-2008)

**3.18 довговічність**

Властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту (ДСТУ 2860)

**3.19 допустимий граничний працездатний стан**

Стан об'єкту, при якому числові значення хоч би одного з параметрів працездатності досягають граничного значення, але не має відмови (використовується в цьому стандарті)

**3.20 елемент перекривальний**

Частина затвору арматури, як правило, рухома та пов'язана з приводом, яка, дозволяє у взаємодії з сідлом здійснювати керування потоком робочого середовища шляхом змінювання прохідного перетину (ДСТУ 2611)

**3.21 експлуатація**

Стадія життєвого циклу виробу, на якій реалізується, підтримується і відновлюється його якість

**Примітка.** Експлуатація виробу включає загалом введення в експлуатацію, використання за призначенням, транспортування, зберігання, технічне обслуговування, ремонт (використовується в цьому стандарті) *(змінено, зм. № 1)*

### **3.22 ефект Кайзера**

Відсутність акустичної емісії в матеріалі, що навантажуються доти, доки не перевищений рівень попереднього навантаження (ДСТУ 2374)

### **3.23 залишковий ресурс працездатного стану**

Сумарне напруження об'єкта від моменту контролю його технічного стану до переходу до допустимого граничного працездатного стану (використовується в цьому стандарті)

### **3.24 імовірність безвідмовної роботи**

Імовірність того, що протягом заданого напруження відмова об'єкта не виникне (ДСТУ 2860)

### **3.25 критерій граничний стану**

Ознака чи сукупність ознак граничного стану об'єкта, встановлених нормативною та (чи) конструкторською (проектною) документацією (ДСТУ 2860)

### **3.26 критерій відмови**

Заздалегідь обумовлені ознаки порушення працездатного стану, за якими приймають рішення за фактом порушення відмови (використовується в цьому стандарті)

### **3.27 надійність**

Властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

**Примітка 1.** Надійність є комплексною властивістю, що, залежно від призначення об'єкта і умов його застосування, може містити у собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність чи певні поєднання цих властивостей.

**Примітка 2.** Наведений термін використовують лише для загального не кількісного опису вказаних властивостей (ДСТУ 2860)

### **3.28 напруження**

Тривалість чи обсяг роботи об'єкта.

**Примітка.** Напруження може бути як неперервною величиною (тривалість роботи в годинах тощо) так і цілочисельною величиною (кількість робочих циклів, запусків тощо) (ДСТУ 2860)

### **3.29 напружено-деформований стан конструкції**

Енергетична характеристика рівноважного стану виробу, яка відображає безперервний зв'язок деформацій та напружень, як результат взаємодії зовнішніх та внутрішніх сил або полів (СОУ НАЕК 051)

### **3.30 непрацездатний стан**

Стан об'єкта, за яким він не здатний виконувати хоч би одну з потрібних функцій (ДСТУ 2860)

**3.31 несправність**

Стан об'єкта, за яким він нездатний виконувати хоч би одну із заданих функцій об'єкта.

**Примітка.** Несправність часто є наслідком відмови об'єкта, але може бути й без неї (ДСТУ 2860)

**3.32 нормативний документ**

Документ, що встановлює правила, настанови чи характеристики щодо діяльності або її результатів

**Примітка 1.** Термін «нормативний документ» є родовим терміном, що охоплює такі поняття, як «стандарт», «технічні умови», «настанова (правила)» та «регламент».

**Примітка 2.** Під «документом» слід розуміти будь-який носій із записаною в ньому або на його поверхні інформацією.

**Примітка 3.** Терміни та позначення різного виду нормативних документів визначено з огляду на те, щоб назва документу відповідала його суті (ДСТУ 1.1)

**3.33 обстеження обладнання**

Комплекс заходів, спрямований на підтвердження працездатного стану обладнання, виявлення дефектів, пошкоджень, отримання необхідної і достатньої інформації про об'єкт обстеження (наприклад, якісних і (або) кількісних даних, що характеризують його надійність) (використовується в цьому стандарті)

**3.34 працездатний стан**

Стан об'єкта, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції (ДСТУ 2860)

**3.35 призначений термін служби**

Календарна тривалість експлуатації, при досягненні якої експлуатація об'єкту повинна бути припинена незалежно від його технічного стану (використовується в цьому стандарті) *(змінено, зм. № 1)*

**3.36 протікання**

Проникнення речовини із герметизованої внутрішньої порожнини об'єкту через течу внаслідок дії повного або парціального тиску (використовується в цьому стандарті).

**3.37 натікання**

Накопичення рідини внаслідок її протікання (використовується в цьому стандарті)

**3.38 показник надійності**

Кількісна характеристика однієї чи декількох із тих властивостей, які в сукупності складають надійність об'єкта (ДСТУ 2860)

**3.39 пошкодження**

Подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта, коли зберігається його працездатність (ДСТУ 2860)

**3.40 резервування**

Спосіб забезпечення надійності об'єкта за рахунок використання додаткових засобів та (або) можливостей, надлишкових відносно мінімально необхідних для виконання потрібних функцій (ДСТУ 2860)

**3.40.1 резервування загальне**

Резервування, в якому резервується об'єкт в цілому (ДСТУ 2860)

**3.40.2 резервування змішане**

Поєднання різних видів резервування в одному об'єкті (ДСТУ 2860)

**3.40.3 навантажувальне резервування**

Резервування, при якому використовується здатність елементів об'єкта сприймати додаткові навантаження поверх номінальних (ДСТУ 2860)

**3.40.4 функціональне резервування**

Резервування, при якому використовується здатність елементів об'єкта виконувати додаткові функції (ДСТУ 2860)

**3.41 ресурс**

Сумарний наробіток об'єкта від початку його експлуатації чи поновлення після ремонту до переходу в граничний стан (ДСТУ 2860)

**3.42 розрахунковий залишковий ресурс**

Визначений розрахунком ресурс на період контролю об'єкта з урахуванням умов експлуатації, запасів функціонування і оцінки працездатності (використовується в цьому стандарті)

**3.43 руйнування**

Розділення матеріалу об'єкта на частини з повною втратою його міцності та працездатності (ДСТУ 2860)

**3.44 справність**

Стан об'єкта, за яким він здатний виконувати усі задані функції об'єкта (ДСТУ 2860)

**3.45 функціонування виробу**

Проявлення властивостей виробу у відповідності до його призначення (використовується в цьому стандарті)

**3.46 старіння**

Поступове, незворотне змінювання властивостей об'єкта, спричинене хімічними та (чи) фізичними процесами, що самочинно протікають в матеріалах (ДСТУ 2860)

**3.47 термін служби**

Календарна тривалість експлуатації об'єкта від початку чи її поновлення після ремонту до переходу в граничний стан (ДСТУ 2860)

**3.48 технічне діагностування**

Визначення технічного стану об'єкта з означеною (заданою) точністю.

Примітка 1. Завданнями технічного діагностування є:

- контроль технічного стану;
- пошук місця та визначення причин відмови (несправності);
- прогнозування технічного стану (ДСТУ 2389)

### 3.49 технічна документація

Сукупність документів, необхідних і достатніх для безпосереднього використання на усіх стадіях життєвого циклу продукції.

Примітка. До технічної документації належить конструкторська, технологічна, програмна документація, технічне завдання на розроблення продукції тощо (ДСТУ 3278)

### 3.50 технічне обслуговування

Поєднання всіх технічних, організаційних і керівних дій протягом життєвого циклу виробу, призначених для підтримування або відновлення стану, у якому виріб може виконувати потрібні функції (ДСТУ EN 13306)

### 3.51 технічний стан об'єкта

Стан, який характеризується в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, установлених технічною документацією на об'єкт (ДСТУ 2389)

### 3.52 тривалість працездатного стану

Інтервал часу, протягом якого виріб знаходиться в працездатному стані (використовується в цьому стандарті)

### 3.53 функціональний параметр

Параметр, що визначає функцію об'єкту та його основних технічних характеристик (використовується в цьому стандарті)

## 4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

### 4.1 Познаки

$\sigma_{\max}$  – максимальне напруження, МПа

$\sigma_B (R_m)$  – тимчасовий опір (межа міцності при розтягуванні), МПа

$\sigma_{0,2} (R_{0,2})$  – межа текучості умовна (відповідає напруженню, за якого залишкова деформація в матеріалі досягає 0,2% на довжині випробувального зразка), МПа

$\sigma_{-1}$  – межа витривалості, МПа

$[\sigma]$  – номінальне допустиме напруження, МПа

$\sigma_{0,01}$  – умовна межа пружності з допусками на залишкову деформацію 0,01%, МПа

$\sigma_{0,05}$  – умовна межа пружності з допусками на залишкову деформацію 0,05%, МПа

$a_N$  – накопичене пошкодження втоми

$\delta$  – деформація, мм

$P_n$  – номінальний тиск, Па

$P_p$  – розрахунковий тиск, Па

$P_h$  – тиск гідравлічних випробувань, Па

Rz 40 – значення шорсткості

$N_0$  – кількість циклів до появи тріщин конструкційного матеріалу об'єкту діагностування

- T** – значення температури, °C
- DN** – умовний прохід арматури
- $a_N$  – накопичене пошкодження втоми
- Q<sub>y</sub>** – зусилля ущільнення, Н
- $\zeta$  – коефіцієнт опору середовища
- F<sub>0</sub>** – функція нормального розподілу випадкової величини (функція Гауса)
- U<sub>0</sub>** – вибіркова квантиль
- R** – випадкова величина, яка визначає міцність конструкції
- S** – випадкова величина, яка визначає діюче на конструкцію навантаження
- V<sub>R</sub>** – коефіцієнт варіації міцності
- V<sub>S</sub>** – коефіцієнт варіації навантаження
- P<sub>p</sub>** – розрахунковий тиск, Па
- V<sub>пр</sub>** – швидкість протікання, мм<sup>3</sup>/с
- P<sub>з</sub>** – тиск настройки запобіжного клапана, Па
- P<sub>п.в.</sub>** – тиск повного відкриття запобіжного клапана, Па
- P<sub>з</sub>** – тиск закриття (зворотної посадки) запобіжного клапана, Па
- M<sub>кр</sub>** – крутильний момент, Н·м

#### 4.2 Скорочення

<b>АЕ</b>	- акустична емісія
<b>АЕС</b>	- атомна електрична станція
<b>ВП</b>	- відокремлений підрозділ державного підприємства «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»
<b>ВП АЕС</b>	- відокремлені підрозділи ДП «НАЕК «Енергоатом»: «Запорізька АЕС», «Южно-Українська АЕС», «Рівненська АЕС», «Хмельницька АЕС»
<b>ВК</b>	- візуальний контроль
<b>ГЗ.</b>	- герметичність у затворі згідно з КД
<b>ЗВФ</b>	- зовнішні впливаючі фактори
<b>ЗКН</b>	- зони концентрації напружень
<b>ІБР</b>	- імовірність безвідмовної роботи
<b>ІВК</b>	- інформаційно-вимірювальний комплекс
<b>КД</b>	- конструкторська документація
<b>КК</b>	- капілярний контроль
<b>МПМ</b>	- магнітна пам'ять металу

<b>НД</b>	- нормативний документ
<b>НДС</b>	- напружено-деформований стан
<b>НК</b>	- неруйнівний контроль
<b>ПЗР</b>	- проектний залишковий ресурс
<b>РЗР</b>	- розрахунковий залишковий ресурс
<b>ППР</b>	- планово-попереджувальний ремонт
<b>СР</b>	- середній ремонт
<b>КР</b>	- капітальний ремонт
<b>CAN 2.2</b>	- назва програмних кодів, які погоджено листом Держатомрегулювання України від 02.07.2014 № 15-11/4265 і використовується для обґрунтування безпеки ЯУ ДП «НАЕК «Енергоатом»
<b>ЦИКЛ 2.2</b>	
<b>ПСЕ</b>	- продовження строку експлуатації
<b>ТА</b>	- трубопровідна арматура
<b>ТЗ</b>	- технічне завдання
<b>ТОіР</b>	- технічне обслуговування і ремонт
<b>УЗК</b>	- ультразвуковий контроль
<b>ФП</b>	- функціональний параметр
<b>ФП<sub>гр</sub></b>	- допустиме граничне значення функціонального параметру для працездатного стану
<b>ФП<sub>р</sub></b>	- розрахункове значення функціонального параметру
<b>ЯУ</b>	- ядерна установка

## **5 ОЦІНКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АРМАТУРИ**

**5.1** Особливістю трубопровідної арматури, як групи обладнання, що безпосередньо керує параметрами робочого середовища у трубопровідних системах, є різноманітність видів, типів, типорозмірів та різноманітність робочих параметрів. Класифікація ТА за видами і типами наведена в додатку А.

**5.2** До недоліків діючих НД та КД для трубопровідної арматури відноситься таке:

- регламентуються тільки критерії граничних станів та відмов (див. додаток Б), що свідчать про виникнення непрацездатного стану виробу або стану після якого подальша експлуатація виробу забороняється. При цьому критерії граничного стану мають тільки якісний характер або посилання на НД та КД, які не мають числових критеріїв.

- діюча нормативна база оцінки надійності ТА розроблена тільки на основі аналізу надійності методами математичної статистики. При цьому розглядаються тільки статистика відмов та сумарне напрацювання ТА (див. В.1.1 додатку В), повністю відсутня оцінка працездатності, що була би заснована на принципах

безвідмовності та недопущення граничних станів та відмов ТА. Альтернативний статистичному методу кількісний аналіз надійності механічних систем - відсутній.

**5.3** Найбільш точними з точки зору аналізу працездатності механічних систем, до яких належить ТА, є методи аналізу, що засновані на аналізі моделей функціонування виробів, які побудовані на двох основних принципах функціональних методів:

а) подання ТА в вигляді  $n$ -функціональної моделі нормованого комплексу функціональних параметрів;

б) поточна оцінка нормованих чисельних значень функціональних параметрів та їх допустимих значень  $\Phi P_{гр}$ , які визначають за допомогою діагностичних методів.

При цьому допустиме значення функціональних параметрів  $(\Phi P_{гр})_n$  ніколи не повинні досягати зони граничних станів та відмов (див. рисунок 5.1).

**5.3.1** Умова безвідмовності  $n$ -вимірної моделі ТА (5.3, а) з функціональними параметрами  $\Phi P_1(t)$ ,  $\Phi P_2(t)$ ,  $\Phi P_i(t)$ ,...  $\Phi P_n(t)$  задається за допомогою «моделей неперевикнення типу «функціональний параметр-поле допуску», які застосовуються при аналізі надійності механічних систем [2, 3]. Функціональні параметри мають допустимі значення  $[\Phi P_1(t)]$ ,  $[\Phi P_2(t)]$ ,  $[\Phi P_i(t)]$ ,  $[\Phi P_n(t)]$  за запасом функціонування. Числовим показником допустимих значень кожного  $i$ -го функціонального параметру є величина допустимого граничного працездатного стану  $\Phi P_{гр}$ , перевищення якого є ознакою можливості порушення працездатності об'єкту. Типові граничні стани ТА за функціональними параметрами наведено у додатку Б.

У загальному випадку умову безвідмовності щодо функціонального параметру  $\Phi P_i(t)$ , що розглядається, може бути сформульовано як вимогу неперевикнення ним певного граничного рівня  $[\Phi P_i(t)] = \Phi P_{гр}$ .

**5.3.2** Оцінка числових значень функціональних параметрів (5.3, б) із застосуванням активних і пасивних методів НК і діагностики (УЗК, акустико-емісійного методу, методу магнітної пам'яті металу, теплового контролю тощо, рекомендованих ДСТУ 4223 і [1]).

Застосування методу акустико-емісійного діагностування здійснюється у відповідності до положень ДСТУ 4227, СОУ НАЕК 051 із урахуванням [1, 6, 7, 8].

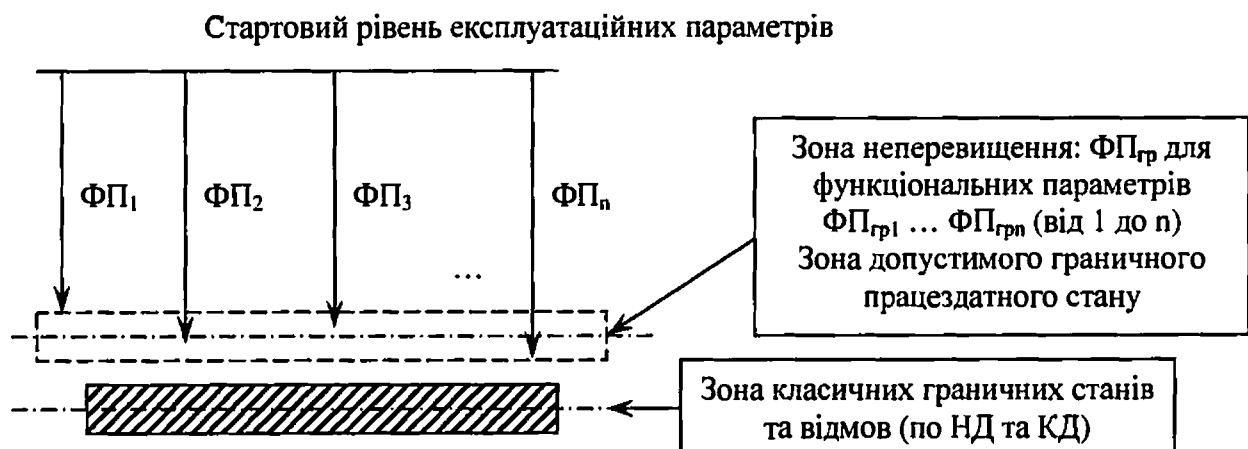


Рисунок 5.1 Схема неперевикнення граничного стану працездатності функціональних параметрів



**5.4** Оптимізація числових значень функціональних параметрів з метою недопущення їх граничних станів досить складна задача. З одного боку ФП повинні забезпечувати працездатність арматури за рахунок достатнього резервування (функціонального, навантажувального, змішаного) її основних елементів (корпус, затвор, ланки кінематичного ланцюга від приводу до затвору тощо). З іншого боку ФП повинні дозволяти проведення ефективного діагностування технічного стану об'єкту. При досягненні значень граничного рівня  $\Phi P_{гр}$ , хоча б за одним параметром, експлуатація повинна бути припинена для прийняття рішення про:

- встановлення причини досягнення граничного рівня  $\Phi P_{гр}$ ;
- встановлення можливості ПСЕ об'єкту з перепризначенням меж граничного стану у сторону розширення допустимого значення;
- припинення подальшої експлуатації об'єкту.

**5.5** Незважаючи на чисельність видів, типів, типорозмірів, усю ТА можна представити узагальненою моделлю обмеженої кількості ФП, які впливають на стан її працездатності.

Функціональні параметри працездатності арматури умовно підрозділяються на загальні та спеціальні для окремих видів ТА.

#### **5.5.1.1** Загальними ФП є:

- $\Phi P_1$  – конструктивна міцність (цілісність) корпусних деталей та складальних одиниць ТА;
- $\Phi P_2$  – герметичність відносно зовнішнього середовища;
- $\Phi P_3$  – герметичність в затворі;
- $\Phi P_4$  – стабільність зусилля (моменту) ущільнення у затворі від приводу.

#### **5.5.1.2** Спеціальні критерії:

- $\Phi P_5$  – тиск настройки та тиск зворотної посадки, при якому клапан забезпечує задану герметичність, і плавність ходу запобіжної арматури;
- $\Phi P_6$  – закриття під дією зворотного потоку із заданою герметичністю та відкриття при прямому потоці для затворів та клапанів зворотних;
- $\Phi P_7$  – розрахунковий залишковий ресурс.

**5.5.2** Функціональні параметри і критерій неперевищення допустимих меж встановлені з урахуванням конструкції арматури і досвіду її експлуатації та наведені у розділі 6 цього стандарту.

## 6 ВИЗНАЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

### 6.1 Функціональний параметр ФП<sub>1</sub> «Конструктивна міцність (цілісність)»

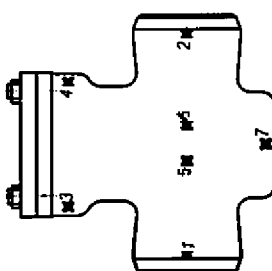
Відноситься до корпусних деталей та їх елементів(кришок, нагубків, внутрішніх силових деталей тощо).

Таблиця 6.1 – Функціональний параметр «Конструктивна міцність (цілісність)»

ФП	Умова працездатності	Умова неперевищення граничного рівня ФП <sub>гр</sub> продовження умов працездатності	Граничний стан ФП <sub>гр</sub>	Методи діагностування та контролю	Результати діагностування
ФП <sub>1</sub> Параметр $\sigma_{\max}$ - максимальне напруження, визначається при розрахунку НДС (СОУ НАЕК 051) або кодів CAN 2.2 і ЦИЛ 2.2	1. Для статичних навантажень $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$ 2. Для циклічних навантажень $\sigma_{\max} \leq \sigma_{-1}$	1. $\sigma_{\max} \leq \sigma_{0,2}$ 2. $\sigma_{\max} \leq \sigma_{-1}$ накопичення пошкодження практично відсутнє $[a_N] = 0-0,05$ <b>Примітка.</b> Накопичене пошкодження втими $a_N$ визначається згідно з 8.3.3 СОУ НАЕК 051 або 5.6.19 ПНАЭ Г-7-002-86	1. $\sigma_{\max} \leq \sigma_{0,2}$ при додатковій умові рівень накопичень пошкодження має зростати: $a_N \geq 0,05$ ФП <sub>гр</sub> – стан граничний (див. рисунок 5.1), стан близький до непрацездатного. В металі протікає інтенсивний процес пластичної деформації та (або) повзучості метала	Метод АЕ діагностування  Метод НК згідно з: СОУ НАЕК 009, СОУ НАЕК 014, СОУ НАЕК 027, СОУ НАЕК 028, СОУ НАЕК 032, СОУ НАЕК 050, СОУ НАЕК 066	Сигнали АЕ слабкі. Джерела АЕ згідно з ДСТУ 4227 відносяться до I або II класу. Має місце ефект Кайзера. При ФП <sub>гр</sub> експлуатація повинна бути припинена оскільки діагностується різна інтенсифікація АЕ сигналів, фіксуються сигнали, які відносяться до джерел С і D за технологією MONPAS або до III класу. Подальша експлуатація об'єкту небезпечна, але після дослідження атестованими методами НК об'єкт може мати можливість подальшої експлуатації (або ремонту, заміни обладнання тощо).

6.2 Функціональний параметр ФП<sub>2</sub> «Герметичність відносно зовнішнього середовища» (змінено, зм. № 1)

Таблиця 6.2 – Функціональний параметр «Герметичність відносно зовнішнього середовища»

ФП	Умова працездатності	Граничний стан ФП <sub>гр</sub>	Методи діагностування та аналізу	Результати діагностування	Примітка
ФП <sub>2</sub> Протікання (швидкість протікання V <sub>пр</sub> )	Відсутність будь-якого протікання через корпусні деталі, зварювальні з'єднання, ущільнення тощо.	Крапельне протікання	Метод АЕ діагностування. (безперервна емісія, сигнали низької амплітуди та великої тривалості (>10 мс)). При виявленні протікання з'ясувати причину та перевірити течу будь-яким додатковим методом, прийнятим на АЕС, звукові сигнали, візуально: паріння, крапельне протікання, струменем.  Додатково перевірка методами НК (капілярний контроль, компресійно-люмінесцентний метод тощо згідно з СОУ НАЕК 071)	Відсутність АЕ сигналу свідчить про відсутність протікання. Поява слабого АЕ сигналу I або II класу згідно з ДСТУ 4227 свідчить про наявність протікання  Додатковий неруйнівний контроль показує місця протікання.	Загальна схема встановлення АЕ-датчиків (для ФП <sub>1</sub> , ФП <sub>2</sub> , ФП <sub>3</sub> і ФП <sub>4</sub> )   Уточнюється для конкретної конфігурації виробу згідно з КД. Рекомендовано встановлювати: 1) по одному датчику на входному та вихідному патрубках (1, 2); 2) по одному датчику (вхід и вихід) в зоні затвору (5, 6); 3) поблизу кришки (3, 4); 4) унизу корпусу (7).

### 6.3 Функціональний параметр ФП<sub>3</sub> «Герметичність в затворі» (допустиме протікання у затворі).

Умови працездатності об'єкту по протіканню в затворі:

- протікання не повинно перевищувати норм чинних НД;
- протікання не повинно перевищувати норм, що встановлені проектною (конструкторською) документацією для робочого середовища під час експлуатації арматури.

У разі відсутності норм для протікань в НД (проектної, конструкторської документації), вказані норми визначаються під час проведення приймально-здавальних випробувань арматури і фіксуються в експлуатаційній документації.

Таблиця 6.3 – Функціональний параметр «Герметичність в затворі» (допустиме протікання у затворі).

ФП	Умова працездатності	Граничний стан ФП <sub>гр</sub>	Методи діагностування та аналізу	Результати діагностування	Примітка
ФП <sub>3</sub>	1 Відсутність протікань для класу 1  2 Неперевищення регламентованих протікань для класів 1, 2	для 1 класу ФП <sub>3гр</sub> = 0  Для 2, 3 класів ФП <sub>3гр</sub> не перевищує норм згідно з експлуатаційною документацією для відповідної арматури (змінено, зм. № 1)	Метод АЕ діагностування синхронно з вимірюванням інформаційних сигналів: температури вихідного трубопроводу, витрати робочого середовища, витрати дренажів.	Ресстрація і ідентифікація з діапазонами протікань АЕ сигналів.  Ресстрація і ідентифікація з діапазонами протікань температурних і витратних вимірювань.	АЕ фіксуються синхронно з вимірюванням інформаційних сигналів.  Норми протікань згідно з НД, КД (ТУ), технічним паспортом

#### 6.4 Функціональний параметр ФП<sub>4</sub> «Стабільність зусилля ущільнення у затворі від приводу»

Таблиця 6.4 – Функціональний параметр «Стабільність зусилля ущільнення у затворі від приводу»

ФП	Умова працездатності	Граничний стан ФП <sub>гр</sub>	Методи діагностування та аналізу	Результати діагностування	Примітка
ФП <sub>4</sub>	Плавність ходу кінематичного ланцюга від приводу до затвору. Стабільність зусилля ущільнення, відхилення від нормованого значення не більше ніж $\pm 5\%$ . Відсутність заїдання, заклинювання і інших перешкод.	ФП <sub>4гр</sub> = $\pm 5\%$	Метод АЕ діагностування синхронно з вимірюванням інформаційних сигналів за допомогою акустичних датчиків апаратного комплексу згідно з COY HAEK 051. Для електроприводної арматури діагностування шляхом реєстрації струмових характеристик електроприводу.	АЕ сигнали під час стабільного ходу приводу слабкі	

6.5 Функціональний параметр ФП<sub>5</sub> для запобіжної арматури «Тиск настройки та тиск зворотної посадки»Таблиця 6.5 – Функціональний параметр ФП<sub>5</sub> для запобіжної арматури «Тиск настройки та тиск зворотної посадки»

ФП	Умова безвідмовності	Граничний стан ФП <sub>р</sub>	Методи діагностування та аналізу	Результати АЕ діагностування	Примітка
ФП <sub>5</sub>	$R_p \leq R_{nv} \leq 1,15 R_n$ $R_3 > 0,9 R_n$ Стабільність тиску при повному відкритті та зворотної посадки Плавність ходу приводу	Згідно з умовами безвідмовності	Візуальне спостереження за плавністю ходу приводу. Метод АЕ діагностування синхронно з фіксацією інформаційних параметрів.	Повинні відповідати вимогам НД, в т.ч. СОУ HAEK 158 (змінено, зм. № 1)	Для запобіжних пристроїв, які підпадають під дію СОУ HAEK 158 (змінено, зм. № 1)
	1 При $R_p \leq 0,03$ МПа $R_{nv} \leq R_p + 0,05$ МПа. 2 При $R_p$ от 3,0 МПа до 6,0 МПа $R_{nv} \leq 1,15 R_p$ . 3 При $R_p > 6,0$ МПа $R_{nv} \leq 1,1 R_p$ $R_3 (0,8-0,95) R_n$ Плавність ходу приводу			Для запобіжних пристроїв, які підпадають під дію ДСТУ ГОСТ 12.2.085	
Примітка. Приклад графіку ідентифікації робочих процесів у запобіжному клапані за АЕ сигналами наведено на рисунку 6.5.1					

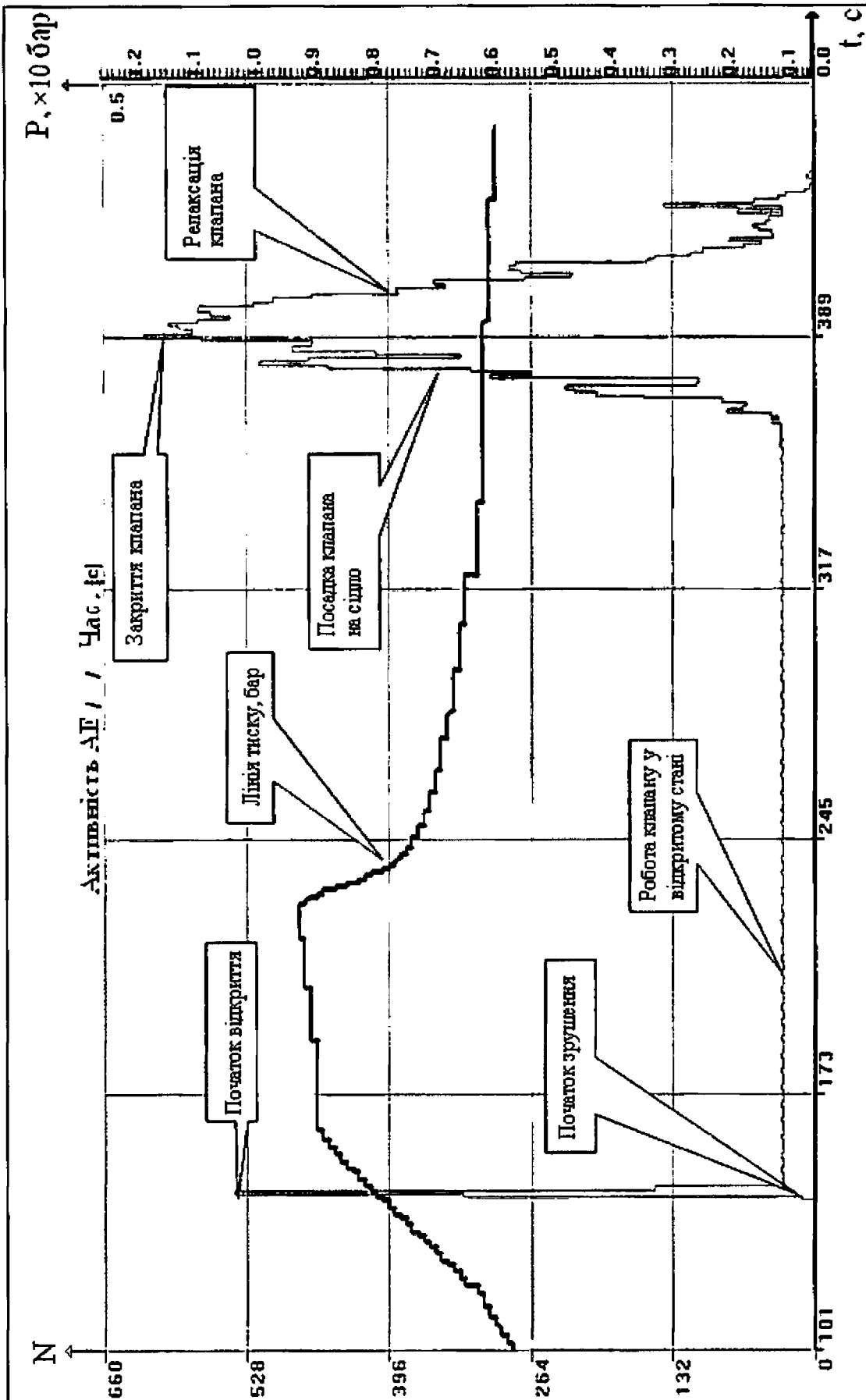


Рисунок 6.5.1 - Графік ідентифікації робочих процесів у запобіжному клапані за сигналами АЕ

### 6.6 Функціональний параметр ФП<sub>6</sub> для затворів та клапанів зворотних «Закриття під дією зворотного потоку із заданою герметичністю та відкриття при прямому потоці»

Таблиця 6.6 – Функціональний параметр «Закриття під дією зворотного потоку із заданою герметичністю та відкриття при прямому потоці»

ФП	Умова безвідмовності	Граничний стан ФП <sub>пр</sub>	Методи діагностування та аналізу	Результати АЕ діагностування	Примітка
ФП <sub>6</sub>	Повне відкриття/закриття зворотного клапану (затвору)  Протікання у затворі не більше ніж нормується НД	Перепад тиску для відкриття не більш ніж 0,03 МПа.  Повернення в початковий стан (закриття) після припинення руху середовища в прямому напрямку.  Для загальнопромислової арматури згідно з експлуатаційною документацією для арматури, що підпадає під дію ОТГ-87 згідно з 3.10 ОТГ-87 (змінено, зм. № 1)	Метод АЕ діагностування  Випробування арматури	Відображаються графіком згідно зі зразком, що наведено на рисунку 6.5.1.	Фактичне мінімальне значення встановлюється під час проведення випробувань дослідних зразків та вказується в ТУ (паспорті)



**6.7 Функціональний параметр ФП<sub>7</sub> «Розрахунковий залишковий ресурс»**

Таблиця 6.7 – Функціональний параметр «Розрахунковий залишковий ресурс»

ФП	Умова безвідмовності	Функціональне резервування	Графічний стан ФП <sub>гр</sub>	Методи діагностування та аналізу	Результати АЕ діагностування	Примітка
ФП <sub>7</sub>	Напрацьований ресурс менше проектного. Відсутні порушення працездатного стану.	1 Функціональне резервування кратне 1,25 і вище <sup>1)</sup> 2 Числове значення РЗР відповідає критерію ПФС за довговічністю <sup>2)</sup> 3 Функціональне резервування кратне 0,8 <sup>3)</sup> 4 Функціональне резервування кратне 0,5 і нижче <sup>4)</sup>	ФП <sub>гр</sub> = 0,8 ПЗР		Оформлюються по формі Інформаційної карти 2 додатку Г	Підтримка працездатного функціонального стану можлива  Підтримка працездатного функціонального стану без ремонту не можлива
<p><b>Примітка 1.</b> РЗР <math>\geq 1,25</math> ПЗР. Дефекти, пошкодження, несправності, відмови за період спостережень не виявлені. Конструктивна міцність не порушена. Відсутні нерегламентовані протікання і циклічне накопичення пошкоджень.</p> <p><b>Примітка 2.</b> РЗР = ПЗР. Виявлені дефекти і пошкодження, але без розвитку у часі. Причини виникнення дефектів і пошкоджень не визначено. Напруження не перевищують допустимих значень. Відсутні нерегламентовані протікання і циклічне накопичення пошкоджень.</p> <p><b>Примітка 3.</b> РЗР = 0,8 ПЗР. Потрібен постійний моніторинг працездатності за всіма ФП. Мають місце деградаційні процеси. Відмови відсутні. Дефекти/ пошкодження між собою не пов'язані. Фіксується збільшення напружень без перевищення допустимих значень.</p> <p><b>Примітка 4.</b> РЗР = 0,5 ПЗР. Відмови відсутні. Має місце зростання деградаційних процесів, кількості дефектів та пошкоджень у т.ч. циклічних пошкоджень. Подальша експлуатація неприпустима</p>						

## **7 ОЦІНКА РОЗРАХУНКОВОГО ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЗА КРИТЕРІЯМИ ПРАЦЕЗДАТНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ**

**7.1** У чинній НД практично відсутні методи кількісної оцінки залишкового ресурсу, в тому числі і методами діагностування. При цьому в ОТТ-87 наведені дані по чисельним значенням призначеного ресурсу ТА за 4 роки. Визначення «залишкового ресурсу» наведені або у неявній формі, або не конкретизовані за станом та не пов'язані з настанням «граничного стану».

**7.2** Оцінка залишкового ресурсу (див. таблицю 6.7) повинна проводитися на засадах визначення та аналізу функціональних параметрів об'єкту з урахуванням їх припустимих границь.

При цьому повинні використовуватися такі засоби резервування, які застосовуються на практиці:

- навантажувальне резервування (тиск, температура та інші робочі характеристики при експлуатації нижчі, ніж у проектній документації);
- часове резервування (напрацювання за регламентований строк служби у декілька разів менше за проектне);
- загального резервування (запірна та відсічна ТА, що працює у режимі очікування, запобіжні та деякі зворотні клапани тощо).

Загальна схема оцінки залишкового ресурсу наведена у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Оцінка залишкового ресурсу ТА з урахуванням функціональних параметрів

Оцінка працездатності в період проведення ремонту/зупинки енергоблоку	Необхідність прийняття рішення	Класифікація періоду зупинки	Оцінка залишкового ресурсу	Обґрунтування	Примітка
1 Дефекти, пошкодження, несправності не виявлені. Усі ФП не перевищують своїх граничних значень (знаходяться у межах регламентованих звичень). Для ФП <sub>1</sub> , ФП <sub>2</sub> , ФП <sub>3</sub> , ФП <sub>4</sub> знаходження в межах регламентованих значень підтверджено засобами діагностування.	Не вимагається	1 ППР, СР, КР	РЗР ≥ ПЗР	Є резервування за функціональним параметром або загальном по виробу	Призначення нового залишкового ресурсу ТА. Кратність «п» визначається залежно від строку призначення, за результатами робіт по ПСЕ
2 Загальні дефекти, пошкодження, несправності не виявлені. ФП <sub>1</sub> і ФП <sub>2</sub> знаходяться у межах регламентованих значень, що підтверджено засобами діагностування. Допустимі граничні значення ФП <sub>3</sub> і/або ФП <sub>4</sub> не перевищують нормованих меж	Об'єм операцій без демонтажу ТА з трубопроводу: - зняття кришки; - ВК, КК; - очищення від бруду. Рішення про ПСЕ, або про демонтаж та ремонт ТА.	2 Проектний ресурс (за КД та НД) виробів вичерпаний, ПЗР=0 Під час будь-якої зупинки, включаючи примусову (див. пункт 3 графи 1)	Можливе перепризначення залишкового ресурсу РЗР ≥ n·ПЗР		1 Можливі прояви незначних факторів (забруднення, що викликали заклинювання або негерметичність у сідлі), після усунення яких можливо ПСЕ у режимі працездатного стану
3 Незалежно від загального стану основні критерії ФП <sub>1</sub> та ФП <sub>2</sub> мають значення ФП <sub>гр</sub> більше зарегламентованого у розділі 6, експлуатація призупиняється незалежно від стану інших ФП	ТА направляють в ремонт	Будь-яка	Ресурс вичерпано	Втрата працездатного стану незалежно від досягнення ФП значень ФП <sub>гр</sub> або відмови	

## **8 ПЕРЕХІД НА СТРАТЕГІЮ ТОіР ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ**

**8.1** Визначення працездатного стану ТА повинно передбачати оцінку поточних значень функціональних параметрів із застосуванням діагностичних процедур. Такий підхід передбачено СОУ НАЕК 080 і СОУ НАЕК 113 для визначення залишкового ресурсу ТА і прийняття рішення про застосування відповідних ремонтних процедур або збільшення міжремонтних періодів.

**8.2** Цим стандартом встановлюється, що критерієм працездатності трубопровідної арматури є неперевищення визначеними функціональними параметрами допустимих границь  $\Phi_{Пгр}$ .

**8.3** В цьому стандарті основний акцент для трубопровідної арматури робиться на використанні методів неперевищення граничного працездатного стану (див. рисунок 5.1) та недопущення роботи до відмов, тобто «досягнення граничних станів та відмов».

При цьому необхідно підтримувати стан працездатності ТА (допустимі значення «критеріїв працездатного функціонального стану») відповідним ресурсом функціональних параметрів та достатнім технічним обслуговуванням.

**8.4** Результати технічного діагностування та оцінки поточних значень функціональних параметрів згідно з проведеними випробуваннями/вимірами або розрахунками мають бути враховані у разі прийняття рішення про перевід ТА на ремонт за технічним станом.



## ДОДАТОК Б (довідковий)

### ТИПОВІ ГРАНИЧНІ СТАНИ АРМАТУРИ

#### Б.1 Визначення граничних станів арматури

Б.1.1 Відмова арматури передують такі граничні стани:

- зменшення товщини стінок арматури до допустимого (бракувального) значення;
- порушення герметичності щодо зовнішнього середовища - поява наскрізних тріщин корпусних деталей, і (або) їх неприпустимі деформації і руйнування;
- руйнування або неприпустимі деформації місць і поверхонь ущільнень, включаючи рухомі ущільнення - сальфонні або сальникові, щодо зовнішнього середовища;
- зміна стану ущільнювальних поверхонь (поява подряпин, слідів схоплювання, каверн, наднормативне спотворення мікроструктури, руйнування поверхонь), що призводить до появи наднормативних протікань;
- порушення геометричної форми деталей, що перешкоджає нормальному функціонуванню;
- заклинювання ланок кінематичних ланцюгів арматури;
- зміна сполучених розмірів (процеси зношування або корозійно-механічного руйнування), що перешкоджає функціонуванню;
- незворотні зміни розмірів металевих і неметалевих матеріалів внаслідок старіння;
- знос або руйнування робочих поверхонь регулюючих органів регулювальної арматури і регуляторів;
- вихід з допусків розмірів елементів затвора запобіжної арматури, порушення її силової установки на задані тиски спрацьовування і зворотної посадки запобіжних клапанів;
- невідповідність вимогам КД щодо кріплення арматури у т.ч. кріпильних деталей (болтів, гайок тощо), а саме: деформації, механічне руйнування або корозія нарізі, невідповідність нарізі нарізним калібрам, округлення бокових ребер болтів і гайок;
- руйнування ізоляції електричних дротів;
- руйнування сигналізаторів і (або) їх електричних ланцюгів і кінематичних схем;
- відсутність електричних сигналів в процесі вмикання та вимикання приводів.

Б.1.2 Методику розрахункової оцінки механічних характеристик конструкції виробу методом кінцевого моделювання та поєднання результатів цієї оцінки з результатами АЕ діагностування викладено у СОУ НАЕК 051.

Застосування розрахунково-апаратної діагностики можливо як на працюючому обладнанні, так і у період зупинок для виконання ремонту у т.ч. без демонтажу та розбирання арматури.

**Б.1.3 Товщина стінки арматури на час обстеження повинна бути не менш ніж бракувальне значення з урахуванням додатку на корозійний та ерозійний знос на час призначеного залишкового ресурсу (чергової ревізії).**

Прогнозування залишкового ресурса товщини корпусу арматури виконується для арматури, стан металу якої за результатами діагностування та НК визначений як задовільний.

Оцінка залишкового ресурсу товщини корпусу арматури, для якої основним фактором пошкодження є корозія, виконується згідно з формулою:

$$T_{\text{зал}} = k ( S_{\text{ф}} - S_{\text{брак}} ) / V_{\text{ф}}$$

де  $T_{\text{зал}}$  – залишковий ресурс елемента, рік;

$S_{\text{ф}}$  – фактична товщина стінки корпусу, мм;

$S_{\text{брак}}$  – бракувальна товщина стінки корпусу, мм;

$k$  – коефіцієнт, який враховує класифікацію арматури та строк її експлуатації;

$V_{\text{ф}}$  – фактична швидкість корозійного і ерозійного зносу, мм/рік.

Рекомендується для арматури, що була в експлуатації до 20 років включно приймати числове значення  $k = 1,00$ ; з 20 до 30 років –  $k = 0,95$ ; більш ніж 30 років –  $k = 0,90$ .

Бракувальне значення товщини корпусу арматури може прийматися згідно з нормами КД, паспортом, або із розрахунком по фактичним властивостям металу.

Фактична швидкість корозії визначається на підставі результату аналізу накопичених власником обладнання даних товщинометрії.

Якщо за результатами розрахунку залишковий ресурс перевищує 10 років, то величина вказаного ресурсу встановлюється рівною 10 років.

## **Б.4 Критерії відмов арматури**

### **Б.4.1 Функціональні:**

- втрата герметичності арматури по відношенню до зовнішнього середовища по основному металу корпусних деталей (в т.ч. зварним з'єднанням):
  - а) руйнування з викидом робочого середовища;
  - б) потіння, крапельне чи газове протікання;
- втрата герметичності арматури по відношенню до зовнішнього середовища по защілювачу:
  - а) руйнування або втрата герметизуючих властивостей защілювача з викидом робочого середовища в атмосферу;
  - б) втрата герметичності защілювача, що не може бути усунуто підтягненням;
    - втрата герметичності по сільфонному ущільненню;
    - втрата герметичності в затворі понад встановленої в КД границі;
    - втрата герметичності по відношенню до зовнішнього середовища по нерухомим з'єднанням:
      - а) руйнування ущільнення;
      - б) втрата герметичності, що не може бути усунуто підтягненням;
- невиконання функції «відкриття-закриття»;
- непередбачені регламентом роботи виконання функції «відкриття-закриття»;

- відмови електроприводів:
  - а) не спрацювання електроприводу по керуючому сигналу;
  - б) не передбачене спрацювання електроприводу (без керуючого сигналу);
  - в) наднормативна зміна електричних параметрів електроприводу і невідача сигналів спрацювання.

#### Б.4.2 Параметричні:

- невідповідність часу спрацювання нормам КД (для відсічної арматури);
- невідповідність гідравлічних і гідродинамічних характеристик арматури, нормам КД;
- наднормативне відхилення параметрів регулювання від норм КД (для регуляторів та регулюючої арматури);
- невідповідність комплексу точностних характеристик робочих параметрів при регулюванні і дроселюванні, заданим в КД;
- вихід з допусків значень тисків спрацювання і зворотної посадки запобіжної арматури.

Б.4.3 Перелік відмов може уточнюватися в залежності від виду і типу арматури та умов її експлуатації.



## ДОДАТОК В (довідковий)

### МЕТОДИ КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ НАДІЙНОСТІ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

#### В.1 Групи кількісного методу аналізу надійності

Існує дві основні групи кількісного методу аналізу надійності:

- статистичний;
- функціональний.

В.1.1 До першої групи відносяться традиційні методи кількісного аналізу надійності, що засновані на статистичних моделях оцінки вибірок випадкових значень напрацювань та відмов (далі в тексті - статистичні методи).

При цьому використовуються поняття імовірності безвідмовної роботи, - інтенсивності відмов (функція  $\lambda$ ) і заданого періоду безвідмовної роботи.

Для оцінок показників надійності достатньо інформації про кількість відмов і сумарного напрацювання. Контроль працездатного стану може бути обмежений заходами, що дозволяють реєструвати тільки факти відмов. Математичний апарат цього методу застосовується для прогнозування показників на етапі проектування.

В.1.2 До другої групи кількісного методу надійності аналізу відносяться методи, що засновані на аналізі моделей функціонування виробів (функціональні методи) найбільш переважні для механічних систем [9, 10]

Механічні системи характеризуються значно меншою мірою стандартизації та уніфікації елементної бази, на відміну, наприклад, від виробів радіоелектроніки.

Елементна база ТА являє собою здебільшого оригінальні деталі та вузли. Однакові деталі одного та того ж виду, типу, типорозміру ТА можуть відрізнятися матеріалами, геометричними параметрами, технологією виготовлення, схемою та допустимими величинами зовнішніх факторів впливу, у тому числі навантаженнями робочих середовищ.

Але таблиці довідкових даних про інтенсивність відмов елементів механічних систем у НД часто мають такий самий вигляд, як й аналогічні таблиці для радіоелементів, тобто, кожному найменуванню елемента відповідає одиничне значення  $\lambda$ .

Використання такої довідкової інформації призводить до того, що розрахунок очікуваного значення імовірності безвідмовної роботи механічної системи вже на етапі проектування часто проводиться без урахування основних факторів, які фізично визначають її безвідмовність. При цьому мають місце випадки, коли основна частина проектних розрахунків (міцності, гідродинамічні тощо) виконується без будь-якого зв'язку з кількісним аналізом та розрахунком надійності, що перетворює останній у формальну процедуру.

Особливості виробництва та застосування високонадійної ТА як механічної системи потребує застосування функціональних методів кількісного аналізу надійності.

В.1.2.1 Функціональні методи кількісного аналізу надійності базуються на моделях неперевищення. Залежно від фізичної сутності процесу втрати працездатності їх поділяють на такі: навантаження-міцність, «параметр-поле допуску».

В.1.2.2 Умови успішного функціонування ТА може бути представлено як умови знаходження значень кожного з її основних функціональних параметрів у певній

області. У загальному випадку умова безвідмовності щодо розглянутого функціонального параметру  $Y(t)$  може бути сформульована як вимога неперевищення ним деякого граничного рівня  $[Y(t)]$ . Останній може бути заданий у ймовірнісному вимірі або у вигляді детермінованої величини. У цьому стандарті обрано модель «параметр-поле допуску»

Методи неперевищення можуть бути типу «навантаження-міцність».

У загальному випадку поняття «навантаження» і «міцність» необхідно трактувати ширше, ніж в буквальному сенсі: «навантаження» об'єднує дію факторів, що сприяють прояву відмови, а «міцність» - дія факторів, що перешкоджають появі відмов. Обидва зазначених поняття можуть бути використані в їх безпосередньому значенні.

В.1.2.3 До переваги функціональних моделей можна віднести наявність зв'язку між моделями неперевищення з імовірністю безвідмовної роботи.

Нехай  $R$  і  $S$  - випадкові величини, перша з яких визначає міцність конструкції, а друга - діюче на неї навантаження. Умова не руйнування конструкції під дією навантаження має такий вигляд

$$R - S > 0 \quad (B.1)$$

Відповідно, імовірність не руйнування конструкції можна записати:

$$P = P\{R - S > 0\} \quad (B.2)$$

Для ілюстрації можливостей функціональних методів кількісного аналізу надійності розглянемо як приклад випадок, коли навантаження  $S$  і міцність  $R$  є незалежними випадковими величинами, розподіленими по нормальному закону.

Якщо оцінка імовірність незруйнування  $P$  проводиться за результатами випробувань, то вона може бути визначена згідно з формулою (B.3):

$$P = F_0(U_0) \quad (B.3)$$

де  $F_0(U_0)$  - функція нормального розподілу;

$U_0$  - вибіркова квантиль.

Вибіркова квантиль

$$U_0 = \frac{\bar{m}_R - \bar{m}_S}{\sqrt{S_R^2 + S_S^2}}, \quad (B.4)$$

де  $\bar{m}_R, \bar{m}_S$  і  $S_R, S_S$  - вибіркові характеристики математичного очікування (середніх значень) та середніх квадратичних відхилень параметрів міцності та навантаження відповідно.

Тоді імовірність неруйнування розраховується згідно з формулою (B.5):

$$P = F_0(U_0) = F_0\left(\frac{\bar{m}_R - \bar{m}_S}{\sqrt{S_R^2 + S_S^2}}\right) \quad (B.5)$$

Рівняння (B.4) називається рівнянням зв'язку. Рівняння зв'язку може бути використане на етапі проектування для розрахунку очікуваного значення ймовірності безвідмовної роботи та вирішення інших завдань.

Рівняння зв'язку

$$U_0 = \frac{n-1}{\sqrt{V_R^2 n^2 + V_S^2}}, \quad (B.6)$$

де  $n = \frac{\bar{m}_R}{\bar{m}_S}$  - коефіцієнт запасу;

$V_R = \frac{S_R}{\bar{m}_R}$  - коефіцієнт варіації міцності;

$V_S = \frac{S_S}{\bar{m}_S}$  - коефіцієнт варіації навантаження

Рівняння зв'язку (В.5) та (В.6) дозволяють вирішувати зворотну задачу: визначати необхідні значення функціональних параметрів і коефіцієнтів запасу залежно від заданого значення ІБР.

## **В.2 Проектний розрахунок показників безвідмовності**

### **В.2.1 Загальні положення**

**В.2.1.1** Виконання проектного розрахунку показників безвідмовності має такі цілі:

- попередня оцінка очікуваного рівня безвідмовності виробу;
- виявлення слабких ланок конструкції, які лімітують безвідмовність;
- аналіз можливості виконання вимог до значень показників безвідмовності, які задані у ТЗ;
- оцінка варіанту вибраної структурної схеми виробу.

**В.2.1.2** Розрахунок показників безвідмовності здійснюється розрахунковим методом на основі моделі надійності, що вибрана.

**В.2.1.3** Проектний розрахунок показників безвідмовності є розрахунком очікуваного значення ІБР протягом заданого періоду функціонування.

**В.2.1.4** Для проведення розрахунків використовується така вихідна інформація:

- технічна (конструкторська) документація на виріб: заводські креслення, технічне завдання тощо;
- заданий період, для якого потрібно визначити показники безвідмовності;
- режим роботи арматури;
- інтенсивність відмов або ІБР вузлів та деталей арматури;
- критерії відмов та граничних станів арматури;
- граничні значення параметрів функціонування, що відповідають відмові або граничному стану;
- силовий розрахунок і розрахунок на міцність арматури;
- довідкова інформація про коефіцієнти варіації аналогічних вихідних параметрів виробів - прототипів і механічних властивостей конструкційних матеріалів.

**В.2.1.5** Основні припущення, які приймаються при розрахунку:

- відмови елементів є подіями випадковими та незалежними;
- ідентичні деталі мають однакову інтенсивність відмов;
- виключаються періоди приробітку та зносу;
- розподілення значень параметрів працездатності виробів і механічних характеристик конструкційних матеріалів підлягають нормальному закону розподілу.

**В.2.1.6** Недоліком традиційних моделей розрахунку показників безвідмовності арматури на етапі проектування вважається відсутність взаємозв'язку між цими моделями з однієї сторони та рештою технічними розрахунками – з іншої.

Під час розгляду процесу функціонування механічного вузла необхідно враховувати комплекс фізичних параметрів – параметрів стану, які визначають якість його функціонування.

### **В.3 Методика розрахунку імовірності безвідмовної роботи виробу**

**В.3.1** Імовірність безвідмовної роботи виробу впродовж заданого періоду  $t$  визначається за формулою:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t), \quad (\text{В.7})$$

де:  $P_1(t)$  – імовірність неруйнування найбільш слабкого вузлу або елемента конструкції арматури під дією експлуатаційних навантажень протягом заданого періоду  $t$ ;

$P_2(t)$  – імовірність того, що жоден функціональний параметр протягом заданого періоду  $t$  не вийде за межі, що зазначені в технічному завданні.

$P_1(t)$  визначається імовірністю неруйнування найбільш слабкої ланки протягом періоду  $t$ .

$$P_1(t) = \min_i P_{1i}(t), \quad (\text{В.8})$$

де  $P_{1i}(t)$  – ймовірність не руйнування  $i$ -го елемента або вузлу арматури впродовж періоду  $t$ .

Імовірність невиходу параметру визначального функціонального параметру за припустимі границі за період часу  $t$  із врахуванням можливих змін під дією експлуатаційних факторів  $P_2(t)$  визначається згідно з формулою В.9.

$$P_2(t) = \min_j P_{2j}(t), \quad (\text{В.9})$$

де  $P_{2j}(t)$  – ймовірність не виходу числових значень  $j$ -го функціонального параметру за межі допуску за період часу  $t$ .

Найбільш слабкий елемент визначається по результатам статистичних досліджень відмов або по результатам розрахунків міцності.

Руйнування не відбудеться, якщо для будь якої точки виробу еквівалентна напруга від чинних навантажень буде меншою, ніж напруга руйнування.

У відповідності до [13] кількісні значення показників безвідмовності арматури для АЕС повинні бути не меншими від вказаних в таблиці В.1. Для арматури, що не вказана в таблиці В.1, величина ІБР встановлюється за погодженням з Експлуатуючою організацією.

Таблиця В.1 – Рекомендовані значення ІБР арматури для АЕС

Від (тип) арматури	ІБР за період до КР, не менш ніж
<b>Арматура запірної систем нормальної експлуатації, в тому числі:</b>	
- електроприводна з електромагнітним приводом (ЕМП)	0,95
- електроприводна з проміжним редуктором	0,93
- з ручним управлінням	0,98
- з ручним управлінням з проміжним редуктором	0,96
- з ручним дистанційним управлінням	0,96
- з ручним дистанційним управлінням з проміжним редуктором	0,94
<b>Арматура регулююча:</b>	
- систем безпеки	0,96
- систем нормальної експлуатації, важливих для безпеки	0,94
- других систем нормальної експлуатації	0,90
<b>Арматура (окрім регулюючої) систем безпеки</b>	0,995 на 25 циклів
<b>Електроприводи і ЕМП арматури систем безпеки</b>	0,998 на 25 циклів
<b>Електроприводи і ЕМП арматури інших систем</b>	0,98

### В.3.2 Розрахунок імовірності $P_{11}$

Вихідні дані для розрахунку імовірності невиходу визначального функціонального параметра за допустимі границі надані у таблиці В.2.

Таблиця В.2 – Форма таблиці вихідних даних для розрахунку

№ п/п	Найменування параметра функціонування	Середнє значення параметра	Обмеження параметра $[y^a], [y^b]$	Коефіцієнт варіації параметра	Коефіцієнт варіації обмеження	Запас працездатності параметра	Розрахункова формула для квантиля нормального розподілу	Позначення співмножників, які входять у формулу	Квантиль нормального розподілу	Імовірність невиходу визначального функціонального параметра за допустимі границі

При цьому згідно з рекомендаціями [13]:

- значення напруження приймаються на підставі розрахунків на міцність;
- значення коефіцієнту варіації міцності визначається згідно з таблицею В.3 із врахуванням матеріалу виробу;
- значення коефіцієнту варіації навантаження визначається згідно з таблицею В.3 із врахуванням виду навантаження. Якщо такі дані відсутні, то вихідне числове значення вибирається на інтервалі  $[0,2 - 0,3]$ ;
- значення функції нормального розподілу наведено у таблиці В.4. (можуть використовуватися інші статистичні довідники).

Розрахунок імовірності неруйнування виробу  $P_{11}$  виконується з використанням моделі неперевикнення типу «навантаження-міцність» за формулою:

$$P_{\bar{u}} = F(U_1), \quad (\text{B.10})$$

де  $U_1$  - квантиль функції нормованого нормального розподілу,

$$U_1 = \frac{m_R - m_S}{\sqrt{S_R^2 + S_S^2}}, \quad (\text{B.11})$$

де  $m_R$  та  $m_S$  – очікувані середні значення міцності  $R$  і навантаження  $S$  відповідно, що є незалежні та нормально розподілені;

$S_R$  та  $S_S$  – очікувані середні квадратичні відхилення міцності та навантаження, відповідно.

Вираз (B.11) може бути використано у безрозмірній формі з використанням коефіцієнтів варіації величин:

$$U_1 = \frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{V_R^2 \cdot \bar{n}^2 + V_S^2}}, \quad (\text{B.12})$$

де коефіцієнт запас міцності за середнім значенням розраховується згідно B.12

$$\bar{n} = \frac{m_R}{m_S} > 1; \quad (\text{B.13})$$

$$v_R = \frac{S_R}{m_R}; \quad (\text{B.14})$$

$$v_S = \frac{S_S}{m_S}, \quad (\text{B.15})$$

де  $v_R$  та  $v_S$  – коефіцієнти варіації міцності та навантаження.

$S_R$  та  $S_S$  визначаються за формулами:

$$S_R = v_R \cdot m_R \quad (\text{B.16})$$

$$S_S = v_S \cdot m_S, \quad (\text{B.17})$$

де  $v_R$  та  $v_S$  визначають згідно з таблицею B.3 або за іншими результатами експериментального відпрацювання виробів-аналогів.

Розв'язання рівняння B.11 і нерівності B.8 дає можливість визначити вказаний коефіцієнт запасу міцності всього виробу (арматури).

Таблиця В.3 – Значення дослідних коефіцієнтів варіації  $\nu_R$  та  $\nu_S$  для основних параметрів функціонування і механічних властивостей конструкційних матеріалів

Найменування параметра	Значення коефіцієнтів варіації для розрахунку		
	мінімум	середнє	максимум
1	2	3	4
Гідравлічний опір	0,06	0,12	0,25
Час спрацювання	0,10	0,23	0,35
Протікання в затворі	0,08	0,27	0,39
Мінімальна напруга спрацювання	0,10	0,20	0,30
Струм (напруга) відпускання електромагнітного приводу	0,02	0,04	0,07
Мінімальний струм (напруга) відпускання електромагнітного приводу	0,01	0,04	0,07
Споживана потужність електромагнітного приводу	0,04	0,06	0,09
Стабільність вихідного тиску регулятора тиску	0,01	0,025	0,04
Тиск початку відкривання зворотного клапану	0,10	0,15	0,20
Тиск настроювання запобіжного клапану	0,02	0,04	0,08
1	2	3	4
Тиск повного відкриття запобіжного зворотного клапану	0,02	0,03	0,04
Тиск зворотного садіння запобіжного клапану	0,03	0,05	0,07
Коефіцієнт пропускної спроможності регулюючих клапанів	0,10	0,25	0,40
Коефіцієнт витрати	0,08	0,18	0,32
Зусилля випресування суваку	0,10	0,15	0,20
Зусилля стикування роз'ємних елементів	0,02	0,03	0,04
Межа міцності сталі	0,06	0,12	0,18
Межа міцності титанових сплавів	0,02	0,04	0,06
Межа міцності алюмінієвих сплавів	0,042	0,12	0,21

#### В.4 Методика вибору слабких ланок конструкції

Слабкі ланки визначаються по виробу-прототипу або за даними розрахунку на міцність (тобто, - ті, які мають найменший запас міцності або плинності).

Якщо очікувані середні значення міцності  $R$  і навантаження  $S$   $m_R$  і  $m_S$  подані у навантаженнях, їхні значення визначають за результатами відповідних розрахунків на міцність. Якщо це неможливо, то при визначенні очікуваних значень  $m_R$  і  $m_S$ , потрібно керуватися нижченаведеними рекомендаціями.

### В.4.1 Вибір $m_R$

При циклічному прикладанні навантаження значення  $m_R$  вибирається залежно від типу деформації деталі та асиметрії циклу зміни напруження згідно з таблицею В.4.

Таблиця В.4 – Вибір значення  $m_R$

Тип деформації	Асиметрія циклу	
	Симетричний цикл	Пульсуючий цикл
1 Розтягнення-стискання	$m_R = \sigma_{-1P} = 0,36 \sigma_B$	$m_R = \sigma_{0P} = 0,5 \sigma_B \leq \sigma_T$
2 Згин	$m_R = \sigma_{-1} = 0,43 \sigma_B$	$m_R = \sigma_0 = 0,6 \sigma_B \leq \sigma_T$
3 Кручення	$m_R = \tau_{-1} = 0,22 \sigma_B$	$m_R = \tau_0 = 0,3 \sigma_B \leq \sigma_T$

### В.4.2 Вибір $m_S$

Напруження від діючих напружень  $m_S = \sigma$  визначається у небезпечному перерізі деталі. Ознаками небезпечного перерізу є:

- мінімальна площа поперечного перерізу;
- наявність концентраторів напружень.

Якщо у якості небезпечного розглядаються більш за один переріз, то за розрахунковий приймається переріз, який відповідає умові:

$$\sigma = \sigma_{\max} = \max (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n) \quad (\text{В.18})$$

У загальному випадку  $m_S = \sigma$  визначається за формулою:

$$\sigma = \sigma_{ст} \cdot K_f \cdot K_{дин} \cdot \dots \quad (\text{В.19})$$

де  $\sigma_{ст}$  – номінальне статичне напруження у перерізі деталі;

$K_f$  – коефіцієнт концентрації напружень, який визначається за графіками та формулами залежно від геометричних параметрів концентратора та деталі;

$K_{дин}$  – коефіцієнт динамічності, який враховує характер застосування навантаження.

При статичному застосуванні навантаження  $K_{дин} = 1$ ; при ударному застосуванні навантаження значення  $K_{дин}$  розраховується за певною методикою залежно від маси та щільності тіл, які співударяються, швидкості їх зближення, яка досягнута до моменту зіткнення.

## В.5 Розрахунок ймовірностей $P_2$

В.5.1 Імовірності  $P_2$  розраховуються з використанням моделі неперевикнення «параметр - поле допуску».

$P_{2j}(t)$  – ймовірність не виходу числових значень  $j$ -го функціонального параметру за межі допуску за період часу  $t$ , визначається за формулами В.20, В.21, В.22.

- у випадку обмеження функціонального параметру зверху



$$P_{2j}(t) = F\left(\frac{y_u - v_{yj}}{y_j \cdot v_{yj}}\right) \quad (\text{B.20})$$

- у випадку обмеження функціонального параметру знизу

$$P_{2j}(t) = F\left(\frac{y_j - y_u}{y_j \cdot v_{yj}}\right) \quad (\text{B.21})$$

- у випадку обмеження функціонального параметру знизу і зверху

$$P_{2j}(t) = F\left(\frac{y_u - y_u}{y_j \cdot v_{yj}}\right) \quad (\text{B.22})$$

де  $F(\dots)$  - функція нормального розподілу, яка визначається згідно з таблицею В.5 або офіційними статистичними таблицями;

$y_j$  - очікуване середнє значення функціонального параметру в довільний момент часу (визначається за результатами розрахунків або задається апіорі);

$y_u, y_n$  - відповідно верхня і нижня припустима межа числових значень функціонального параметру (визначається згідно з ОТТ-87, ОСТ 26-07-1375-82 [15], експлуатаційною документацією) (змінено, зм. № 1);

$v_{yj}$  - коефіцієнт варіації функціонального параметру, визначається згідно з таблицею В.3 або на підставі експлуатаційної статистики.

В.5.2 Розрахункові залежності для обчислення деяких квантилів за окремими функціональними параметрами, що визначені в [18], наведено у таблиці В.6.

В.5.3 Приклад розрахунку показників безвідмовності клапана зворотного згідно [14] наведено в розділі В.6.

Приклади розрахунку ймовірностей неруйнування елементів конструкції арматури наведено в В.7.

Таблиця В.5- Функція нормального розподілу  $P = F(U)$

U \ P	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08
0.0	0.50000	0.50398	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71556	0.71904
0.6	0.72575	0.72575	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175
0.7	0.75804	0.75804	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230
0.8	0.78814	0.78814	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057
0.9	0.81594	0.81594	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84850	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91309	0.91466	0.91621
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92786	0.92922	0.93056
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96857	0.96926	0.96995
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.9 <sup>9</sup> 0097	0.9 <sup>9</sup> 0358	0.9 <sup>9</sup> 0613	0.9 <sup>9</sup> 0863	0.9 <sup>9</sup> 1105	0.9 <sup>9</sup> 1344
2.4	0.9 <sup>9</sup> 1803	0.9 <sup>9</sup> 2024	0.9 <sup>9</sup> 2240	0.9 <sup>9</sup> 2451	0.9 <sup>9</sup> 2656	0.9 <sup>9</sup> 2857	0.9 <sup>9</sup> 3056	0.9 <sup>9</sup> 3244	0.9 <sup>9</sup> 3431
2.5	0.9 <sup>9</sup> 3790	0.9 <sup>9</sup> 3963	0.9 <sup>9</sup> 4132	0.9 <sup>9</sup> 4297	0.9 <sup>9</sup> 4457	0.9 <sup>9</sup> 4614	0.9 <sup>9</sup> 4766	0.9 <sup>9</sup> 4915	0.9 <sup>9</sup> 6060
2.6	0.9 <sup>9</sup> 5339	0.9 <sup>9</sup> 5473	0.9 <sup>9</sup> 5604	0.9 <sup>9</sup> 5731	0.9 <sup>9</sup> 5855	0.9 <sup>9</sup> 5975	0.9 <sup>9</sup> 6093	0.9 <sup>9</sup> 6207	0.9 <sup>9</sup> 6319
2.7	0.9 <sup>9</sup> 6533	0.9 <sup>9</sup> 6636	0.9 <sup>9</sup> 6736	0.9 <sup>9</sup> 6833	0.9 <sup>9</sup> 6928	0.9 <sup>9</sup> 7020	0.9 <sup>9</sup> 7110	0.9 <sup>9</sup> 7197	0.9 <sup>9</sup> 7282
2.8	0.9 <sup>9</sup> 7445	0.9 <sup>9</sup> 7523	0.9 <sup>9</sup> 7599	0.9 <sup>9</sup> 7673	0.9 <sup>9</sup> 7744	0.9 <sup>9</sup> 7814	0.9 <sup>9</sup> 7882	0.9 <sup>9</sup> 7948	0.9 <sup>9</sup> 8012
2.9	0.9 <sup>9</sup> 8134	0.9 <sup>9</sup> 8193	0.9 <sup>9</sup> 8250	0.9 <sup>9</sup> 8305	0.9 <sup>9</sup> 8359	0.9 <sup>9</sup> 8411	0.9 <sup>9</sup> 8462	0.9 <sup>9</sup> 8511	0.9 <sup>9</sup> 8559
3.0	0.9 <sup>9</sup> 8650	0.9 <sup>9</sup> 8694	0.9 <sup>9</sup> 8736	0.9 <sup>9</sup> 8777	0.9 <sup>9</sup> 8817	0.9 <sup>9</sup> 8856	0.9 <sup>9</sup> 8893	0.9 <sup>9</sup> 8930	0.9 <sup>9</sup> 8965
3.1	0.9 <sup>9</sup> 0324	0.9 <sup>9</sup> 0646	0.9 <sup>9</sup> 0957	0.9 <sup>9</sup> 1260	0.9 <sup>9</sup> 1553	0.9 <sup>9</sup> 1836	0.9 <sup>9</sup> 2112	0.9 <sup>9</sup> 2378	0.9 <sup>9</sup> 2636
3.2	0.9 <sup>9</sup> 3129	0.9 <sup>9</sup> 3363	0.9 <sup>9</sup> 3590	0.9 <sup>9</sup> 3810	0.9 <sup>9</sup> 4024	0.9 <sup>9</sup> 4230	0.9 <sup>9</sup> 4429	0.9 <sup>9</sup> 4623	0.9 <sup>9</sup> 4810
3.3	0.9 <sup>9</sup> 5166	0.9 <sup>9</sup> 5335	0.9 <sup>9</sup> 5499	0.9 <sup>9</sup> 5658	0.9 <sup>9</sup> 5811	0.9 <sup>9</sup> 5959	0.9 <sup>9</sup> 6103	0.9 <sup>9</sup> 6242	0.9 <sup>9</sup> 6376
3.4	0.9 <sup>9</sup> 6631	0.9 <sup>9</sup> 6752	0.9 <sup>9</sup> 6869	0.9 <sup>9</sup> 6982	0.9 <sup>9</sup> 7091	0.9 <sup>9</sup> 7197	0.9 <sup>9</sup> 7299	0.9 <sup>9</sup> 7398	0.9 <sup>9</sup> 7493
3.5	0.9 <sup>9</sup> 7674	0.9 <sup>9</sup> 7759	0.9 <sup>9</sup> 7842	0.9 <sup>9</sup> 7922	0.9 <sup>9</sup> 7999	0.9 <sup>9</sup> 8074	0.9 <sup>9</sup> 8146	0.9 <sup>9</sup> 8215	0.9 <sup>9</sup> 8282
3.6	0.9 <sup>9</sup> 8409	0.9 <sup>9</sup> 8469	0.9 <sup>9</sup> 8527	0.9 <sup>9</sup> 8583	0.9 <sup>9</sup> 8637	0.9 <sup>9</sup> 8689	0.9 <sup>9</sup> 8739	0.9 <sup>9</sup> 8787	0.9 <sup>9</sup> 8834
3.7	0.9 <sup>9</sup> 8922	0.9 <sup>9</sup> 8964	0.9 <sup>9</sup> 0039	0.9 <sup>9</sup> 0426	0.9 <sup>9</sup> 0799	0.9 <sup>9</sup> 1158	0.9 <sup>9</sup> 1504	0.9 <sup>9</sup> 1838	0.9 <sup>9</sup> 2159
3.8	0.9 <sup>9</sup> 2765	0.9 <sup>9</sup> 3052	0.9 <sup>9</sup> 3327	0.9 <sup>9</sup> 3593	0.9 <sup>9</sup> 3848	0.9 <sup>9</sup> 4094	0.9 <sup>9</sup> 4331	0.9 <sup>9</sup> 4558	0.9 <sup>9</sup> 4777
3.9	0.9 <sup>9</sup> 5190	0.9 <sup>9</sup> 5385	0.9 <sup>9</sup> 5573	0.9 <sup>9</sup> 5753	0.9 <sup>9</sup> 5926	0.9 <sup>9</sup> 6092	0.9 <sup>9</sup> 6253	0.9 <sup>9</sup> 6406	0.9 <sup>9</sup> 6554
4.0	0.9 <sup>9</sup> 6833	0.9 <sup>9</sup> 6964	0.9 <sup>9</sup> 7090	0.9 <sup>9</sup> 7211	0.9 <sup>9</sup> 7327	0.9 <sup>9</sup> 7439	0.9 <sup>9</sup> 7546	0.9 <sup>9</sup> 7649	0.9 <sup>9</sup> 7748
4.1	0.9 <sup>9</sup> 7934	0.9 <sup>9</sup> 8022	0.9 <sup>9</sup> 8106	0.9 <sup>9</sup> 8186	0.9 <sup>9</sup> 8263	0.9 <sup>9</sup> 8338	0.9 <sup>9</sup> 8409	0.9 <sup>9</sup> 8477	0.9 <sup>9</sup> 8542
4.2	0.9 <sup>9</sup> 8665	0.9 <sup>9</sup> 8723	0.9 <sup>9</sup> 8778	0.9 <sup>9</sup> 8832	0.9 <sup>9</sup> 8883	0.9 <sup>9</sup> 8931	0.9 <sup>9</sup> 8978	0.9 <sup>9</sup> 0226	0.9 <sup>9</sup> 0655
4.3	0.9 <sup>9</sup> 1460	0.9 <sup>9</sup> 1837	0.9 <sup>9</sup> 2199	0.9 <sup>9</sup> 2545	0.9 <sup>9</sup> 2876	0.9 <sup>9</sup> 3193	0.9 <sup>9</sup> 3497	0.9 <sup>9</sup> 3788	0.9 <sup>9</sup> 4066
4.4	0.9 <sup>9</sup> 4587	0.9 <sup>9</sup> 4831	0.9 <sup>9</sup> 5065	0.9 <sup>9</sup> 5288	0.9 <sup>9</sup> 5502	0.9 <sup>9</sup> 5706	0.9 <sup>9</sup> 5902	0.9 <sup>9</sup> 6089	0.9 <sup>9</sup> 6268
4.5	0.9 <sup>9</sup> 6602	0.9 <sup>9</sup> 6759	0.9 <sup>9</sup> 6908	0.9 <sup>9</sup> 7051	0.9 <sup>9</sup> 7187	0.9 <sup>9</sup> 7318	0.9 <sup>9</sup> 7442	0.9 <sup>9</sup> 7561	0.9 <sup>9</sup> 7665
4.6	0.9 <sup>9</sup> 7888	0.9 <sup>9</sup> 7987	0.9 <sup>9</sup> 8081	0.9 <sup>9</sup> 8172	0.9 <sup>9</sup> 8258	0.9 <sup>9</sup> 8340	0.9 <sup>9</sup> 8419	0.9 <sup>9</sup> 8494	0.9 <sup>9</sup> 8566
4.7	0.9 <sup>9</sup> 8699	0.9 <sup>9</sup> 8761	0.9 <sup>9</sup> 8821	0.9 <sup>9</sup> 8877	0.9 <sup>9</sup> 8931	0.9 <sup>9</sup> 8983	0.9 <sup>9</sup> 0320	0.9 <sup>9</sup> 0789	0.9 <sup>9</sup> 1235
4.8	0.9 <sup>9</sup> 2067	0.9 <sup>9</sup> 2453	0.9 <sup>9</sup> 2822	0.9 <sup>9</sup> 3173	0.9 <sup>9</sup> 3508	0.9 <sup>9</sup> 3827	0.9 <sup>9</sup> 4131	0.9 <sup>9</sup> 4420	0.9 <sup>9</sup> 4696
4.9	0.9 <sup>9</sup> 5208	0.9 <sup>9</sup> 5446	0.9 <sup>9</sup> 5673	0.9 <sup>9</sup> 5889	0.9 <sup>9</sup> 6094	0.9 <sup>9</sup> 6289	0.9 <sup>9</sup> 6475	0.9 <sup>9</sup> 6652	0.9 <sup>9</sup> 6821
5.0	0.9 <sup>9</sup> 7133	0.9 <sup>9</sup> 7288	0.9 <sup>9</sup> 7416	0.9 <sup>9</sup> 7548	0.9 <sup>9</sup> 7672	0.9 <sup>9</sup> 7791	0.9 <sup>9</sup> 7904	0.9 <sup>9</sup> 8011	0.9 <sup>9</sup> 8113
5.1	0.9 <sup>9</sup> 8302	0.9 <sup>9</sup> 8389	0.9 <sup>9</sup> 8472	0.9 <sup>9</sup> 8551	0.9 <sup>9</sup> 8626	0.9 <sup>9</sup> 8698	0.9 <sup>9</sup> 8765	0.9 <sup>9</sup> 8830	0.9 <sup>9</sup> 8891
5.2	0.9 <sup>9</sup> 0036	0.9 <sup>9</sup> 0558	0.9 <sup>9</sup> 1054	0.9 <sup>9</sup> 1524	0.9 <sup>9</sup> 1971	0.9 <sup>9</sup> 2395	0.9 <sup>9</sup> 2797	0.9 <sup>9</sup> 3179	0.9 <sup>9</sup> 3541
5.3	0.9 <sup>9</sup> 4210	0.9 <sup>9</sup> 4519	0.9 <sup>9</sup> 4812	0.9 <sup>9</sup> 5089	0.9 <sup>9</sup> 5353	0.9 <sup>9</sup> 5602	0.9 <sup>9</sup> 5839	0.9 <sup>9</sup> 6063	0.9 <sup>9</sup> 6276
5.4	0.9 <sup>9</sup> 6668	0.9 <sup>9</sup> 6849	0.9 <sup>9</sup> 7020	0.9 <sup>9</sup> 7182	0.9 <sup>9</sup> 7336	0.9 <sup>9</sup> 7482	0.9 <sup>9</sup> 7619	0.9 <sup>9</sup> 7750	0.9 <sup>9</sup> 7873
5.5	0.9 <sup>9</sup> 8101	0.9 <sup>9</sup> 8206	0.9 <sup>9</sup> 8305	0.9 <sup>9</sup> 8399	0.9 <sup>9</sup> 8488	0.9 <sup>9</sup> 8572	0.9 <sup>9</sup> 8651	0.9 <sup>9</sup> 8726	0.9 <sup>9</sup> 8797
5.6	0.9 <sup>9</sup> 8928	0.9 <sup>9</sup> 8988	0.9 <sup>9</sup> 9045	0.9 <sup>9</sup> 9099	0.9 <sup>9</sup> 9150	0.9 <sup>9</sup> 9198	0.9 <sup>9</sup> 9243	0.9 <sup>9</sup> 9286	0.9 <sup>9</sup> 9327
5.7	0.9 <sup>9</sup> 9402	0.9 <sup>9</sup> 9435	0.9 <sup>9</sup> 9467	0.9 <sup>9</sup> 9498	0.9 <sup>9</sup> 9527	0.9 <sup>9</sup> 9554	0.9 <sup>9</sup> 9579	0.9 <sup>9</sup> 9604	0.9 <sup>9</sup> 9626
5.8	0.9 <sup>9</sup> 9668	0.9 <sup>9</sup> 9688	0.9 <sup>9</sup> 9706	0.9 <sup>9</sup> 9723	0.9 <sup>9</sup> 9739	0.9 <sup>9</sup> 9754	0.9 <sup>9</sup> 9769	0.9 <sup>9</sup> 9782	0.9 <sup>9</sup> 9795
5.9	0.9 <sup>9</sup> 9818	0.9 <sup>9</sup> 9829	0.9 <sup>9</sup> 9839	0.9 <sup>9</sup> 9849	0.9 <sup>9</sup> 9857	0.9 <sup>9</sup> 9866	0.9 <sup>9</sup> 9878	0.9 <sup>9</sup> 9881	0.9 <sup>9</sup> 9888
6.0	0.9 <sup>9</sup> 9901	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця В.6 - Розрахункові залежності для обчислення квантилів

Найменування критерію	Розрахункові формули для квантилів нормального розподілу за заданим критерію	Позначення співмножників, що входять у формули
Зношування поверхонь деталей, що труться	$U_p = \frac{n-1}{\sqrt{n^2 V_\Delta^2 + v_j^2}}$ $V_\Delta = \frac{\sigma_n}{\Delta}$ $\Delta = (h_{\text{поч}} - h_{\text{гран}}) - \text{при зменшенні розміру}$ $\Delta = (h_{\text{пред}} - h_{\text{нач}}) - \text{при збільшенні розміру}$ $n = \frac{\Delta}{Jv_t}$	$V_\Delta$ - коефіцієнт варіації розміру деталі; $\sigma_n$ - середнє квадратичне відхилення початкового розміру; $h_{\text{поч}}$ - початковий розмір; $h_{\text{гран}}$ - гранично припустимі значення розміру у разі зношування; $n$ - коефіцієнт запасу працездатності за зношуванням; $J$ - середнє значення інтенсивності зношування; $v$ - швидкість відносного переміщення поверхонь, що труться; $t$ - час роботи поверхонь, що труться; $V_j$ - коефіцієнт варіації інтенсивності зношування
Міцність деталі	$U_p = \frac{n-1}{\sqrt{n^2 \cdot V_t^2 + V_p^2}}$ $n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{зм}}}$	$n$ - коефіцієнт запасу працездатності за середнім значенням граници текучості $\sigma_t$ та еквівалентного напруження $\sigma_{\text{зм}}$ ; $V_p$ - коефіцієнт варіації тиску; $V_t$ - коефіцієнт варіації межі плинності
Опір зварного шву	$U_p = \frac{n-1}{\sqrt{n^2 V_{-1}^2 + V_a^2}}$ $n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a}$	$n$ - коефіцієнт запасу міцності за середнім напруженням; $V_{-1}$ - коефіцієнт варіації граници витривалості зварної деталі; $V_a$ - коефіцієнт варіації навантаження; $\sigma_{-1}$ - середнє значення граници витривалості діючих напружень; $\sigma_a$ - середнє значення діючих навантажень
Не зруйнування підшипнику котіння	$U_p = \frac{n-1}{\sqrt{n^2 \cdot V_c^2 + V_p^2}}$ $n = \frac{\bar{C}}{PL^{1/S}}$	$n$ - коефіцієнт запасу працездатності за середніми навантаженнями; $\bar{C}$ - середнє значення динамічної вантажопідйомності (визначається за допомогою довідника-каталогу); $P$ - середнє значення динамічного еквівалентного навантаження;
		$V_c, V_p$ - коефіцієнти варіації для динамічної вантажопідйомності та динамічного еквівалентного навантаження відповідно; $V_c = 0,25$ для роликкових підшипників; $V_c = 0,27$ для шарикових підшипників; $L$ - заданий ресурс, млн. об.; $S = 3$ для шарикових підшипників; $S = 3,3$ для роликкових підшипників; $\bar{C} = 1,46 \cdot C$ для роликкових підшипників; $\bar{C} = 1,52 \cdot C$ для шарикових підшипників

### В.6 Приклад розрахунку показників безвідмовності клапана (затвору) зворотного креслення К44136.100.

В.6.1 Завданням розрахунку визначення безвідмовної роботи клапану впродовж гарантійного строку 8000 год (250 циклів).

В.6.2 Вихідні дані:

- збиральне креслення виробу;
- результати силового розрахунку та розрахунку міцності клапану;
- коефіцієнти варіації параметрів працездатності і механічних властивостей матеріалів, використаних у конструкції клапану.

В.6.3 Міцність і навантаження розподілені згідно з законом Гауса.

В.6.4 Розрахунок показників безвідмовності

Імовірність безвідмовної роботи клапана розраховується за формулами (В.7-В.22) з використанням вихідних даних у т.ч. тих, що наведено в таблицях В.3 і В.4.

Результати розрахунку на міцність клапана зворотного зведено в таблицях В.7. і В.8.

Таблиця В.7 – Розрахунок імовірності неруйнування клапану

Найменування деталі і напруження	Матеріал	Розрахункове напруження, кгс/см <sup>2</sup>	Допустиме напруження кгс/см <sup>2</sup>	Запас міцності	Коефіцієнти варіації міцності/навантаження	U <sub>1</sub>	P <sub>11(t)</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Фланець. Осьові напруження	Сталь 12Х18Н9Т	153	332	2,17	0,2/0,20	3,56	0,9998
Фланець. Кільцеві напруження	Сталь 12Х18Н9Т	89	173	1,94	0,2/0,20	3,06	0,9988
Фланець. Радіальні напруження	Сталь 12Х18Н9Т	111	173	1,56	0,2/0,20	2,04	0,9847
Корпус Приведені напруження по внутрішній поверхні	Сталь 12Х18Н9Т	416	1333	3,20	0,2/0,20	5,08	0,9999
Кришка. Напруження у середній частині кришки	Сталь 12Х18Н9Т	1213	1730	1,41	0,2/0,20	1,57	0,94179
Захлопка. Максимальне напруження в центрі	Сталь 12Х18Н9Т	1224	1730	1,41	0,2/0,20	1,57	0,94179

Таблиця В.8 – Розрахунок імовірності невиходу значень параметрів працездатності клапану за допустимі межі.

Функціональний параметр	Середнє значення параметру	Обмеження параметру, $У_n$	Коефіцієнт варіації параметру	$U_i = \frac{y_n - v_{2y}}{y_j \cdot v_{2y}}$	$P_{2j}(t) = F(U_i)$
1	2	3	4	5	6
Герметичність в затворі	40 см <sup>3</sup> /хв.	120 см <sup>3</sup> /хв. згідно з експлуатаційною документацією (змінено, зм. № 1)	0,27	7,41	0,99999999
Тиск відкриття клапану	46 кгс/см <sup>2</sup> згідно з силовим розрахунком	180 кгс/см <sup>2</sup> згідно з [15, 16]	0,15	19,42	0,99999999
Коефіцієнт гідравлічного опору	1,3	2,7	0,25	4,31	0,9999

У відповідності до В.8 та даних восьмої колонки таблиці В.6 визначасмо імовірність  $P_1(t) = 0,94179$ .

У відповідності до В.9 та даних шостої колонки таблиці В.8 визначасмо імовірність  $P_2(t) = 0,9999$ .

У відповідності до В.7 визначасмо імовірність безвідмовної роботи клапану зворотного  $P(t) = 0,94179 \times 0,9999 = 0,9417$ .

Розрахунок може бути уточнено випробуваннями на надійність і аналізом експлуатаційної статистики.

**ДОДАТОК Г**  
(довідковий)

**ВИДИ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАРТ**

**Інформаційна карта № 1.**  
**Результати аналізу експлуатаційної документації з трубопровідної арматури**

№ з/п	Найменування обладнання і трубопроводів.	Оперативне позначення	Заводське позначення	Навність КД	Рік (дата) виготовлення	Рік введення в експлуатацію	Дата закінчення строку служби	Решми використання арматури (НВ, НЗ)	Фіксована кількість виявлених дефектів, пошкоджень в арматурі	Фіксована кількість відмов арматури, зокрема по причинах граничних станів (відмов) корпусів								Відомості про обстеження, обстеження, ремонт				Ресурс згідно з ТУ і (або) ОТТ-87	Величина проектного залишкового ресурсу
										З початку експлуатації *	Дата фіксації	За останні 4 роки *	Дата фіксації	Після відкриття, розбирання, ремонту *	Дата фіксації	Класифікація відмови внаслідок виникнення (конструкційна, виробнича, деградаційна)	Обстеження (техобслуговування) - кількість за строк експлуатації	Ремонт, відкриття - кількість за строк експлуатації	Модернізації або заміни	18	19		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

ВІЙМАЛЬНА ЧАСТИНА  
КОРПУС

\* Значення відмов проставляються в стовпцях у вигляді дробу -

**Інформаційна карта № 2.  
Результати розрахунку надійності і РЗР трубопровідної арматури**

№ п/п	Найменування обладнання, трубопроводів	Цех	Оперативне позначення	Заводське позначення	Лазва групи	DN	PN	P <sub>p</sub>	Клас безпеки згідно з ОПБ	Група згідно з ПНАЭ Г-7-008	Матеріал корпусу	Рік введення в експлуатацію	Дата закінчення строку єлужби	ресурс згідно з ТУ або ОТТ-87	Направлення з початку експлуатації, в циклах	Направлення за останні 4 роки, в циклах	Призначення направлення за останні 4 роки згідно з ОТТ-87	Величина проектного залишкового ресурсу (ПЗР)	Величина розрахункового залишкового ресурсу, в циклах	Рекомендоване ПСЕ, в роках
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

**ДОДАТОК Д**  
(довідковий)  
**БІБЛІОГРАФІЯ**

- 1 ДСТУ 4046-2001 Обладнання технологічне нафтопереробне, нафтохімічних та хімічних виробництв. Технічне діагностування. Загальні технічні вимоги.
- 2 ГОСТ 9544-2005 Арматура трубопроводная запорная. Нормы герметичности затворов.
- 3 ГОСТ Р 27.002-2009 ИЕС 60050 (191:1990-12 (NEQ) Надежность в технике. Термины и определения.
- 4 ГОСТ Р 52720-2007 Арматура трубопроводная. Термины и определения.
- 5 ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс - методов. Общие требования.
- 6 СО 153-34.0-20.673-2009 Рекомендации по контролю технического состояния трубопроводов тепловых сетей методом акустической томографии.
- 7 СОУ 11.2-30019775-114:2007 Промислові трубопроводи. Технічне діагностування. Метод.
- 8 Трубопроводи пари та гарячої води промислових підприємств. Інструкція з експертного обстеження (технічному діагностуванню).
- 9 В.В. Хильчевский, А.Е. Ситников, В.А. Ананьевский. Надежность трубопроводной пневмо-гидроарматуры, Москва. "Машиностроение", 1989.
- 10 Е.Б. Волков, Р.С.Судаков, Т.А. Сырицин. Основы теории надежности ракетных двигателей. М., 1974 "Машиностроение".
- 11 Дудьев В.П. Психомоторика словарь, 2008.
- 12 СТ ЦКБА 043-2008 Арматура трубопроводная. Порядок нормирования и контроля надежности и безопасности.
- 13 СТ ЦКБА 008-2014 Арматура трубопроводная. Расчет и оценка надежности и безопасности на этапе проектирования.
- 14 РД 24-207-06-90 Арматура трубопроводная. Расчет показателей надежности на этапе проектирования.
- 15 ОСТ 26-07-1375-82 Арматура трубопроводная. Затворы с уплотнением из фторопласта-4. Конструкция и технические требования.
- 16 СТ ЦКБА 055-2008 Арматура трубопроводная. Затворы с уплотнением из фторопласта-4 и композиционных материалов. Технические требования и методы крепления уплотнительных колец.
- 17 ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
- 18 Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах. Том IV-3 Надежность машин, Москва, Машиностроение 2003.



