

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АЕС

А. В. Носовський, О. В. Печериця

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль
Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки (ДНТЦ ЯРБ), Київ*

Наведено опис процедури застосування методики визначення показників надійності тепло-механічного обладнання АЕС, які є необхідними вихідними даними для подальшого виконання оцінок прийнятності експлуатації зазначених виробництв з точки зору екологічної безпеки. Висвітлено питання врахування за допомогою методики пріоритетності використання узагальнених даних із дефектів та напрацювання обладнання під час оцінки показників надійності. Детально розглянуто методичний блок, присвячений застосуванню байєсівських підходів для оцінки показників надійності з урахуванням "якості" вихідних первинних даних.

Вступ

В останнє десятиріччя на урядовому рівні було прийнято комплекс рішень, які знайшли своє відображення у вітчизняній законодавчій і нормативній базі та були спрямовані на підтвердження прийнятих Україною міжнародних зобов'язань. Мова йдеться про здійснення ліцензування діяльності на різних етапах життєвого циклу енергоблоків АЕС з метою забезпечення їх експлуатації на прийнятному рівні екологічної безпеки. Неодмінним атрибутом такої діяльності є розробка звіту з аналізу безпеки (ЗАБ) енергоблоків АЕС. Слід зазначити, що через ряд об'єктивних факторів, пов'язаних з політичною та економічною ситуацією в країні, розробка ЗАБ і, зокрема, імовірнісного аналізу безпеки - ІАБ (обов'язковий додаток до ЗАБ) як для діючих енергоблоків, так і для енергоблоків, що вводяться в експлуатацію, здійснювалася в жорстких умовах (часових, забезпечення кваліфікованим персоналом тощо). При цьому ряд аспектів, у тому числі й достатньо важливих аспектів, пов'язаних з оцінкою надійності елементів систем АЕС, персоналу, частот вихідних подій аварій, не було детально опрацьовано внаслідок обмежених ресурсів. І для вирішення першочергових питань було використано спрощені підходи, що дало змогу отримати необхідні дані в наближеному вигляді. У результаті розробки ЗАБ була досягнута головна мета, яка полягала у всеосяжній оцінці рівня безпеки вітчизняних АЕС, у тому числі конкретно за допомогою ІАБ демонстрації того, що рівень безпеки конкретного енергоблока відповідає цільовим критеріям екологічної безпеки, представленим у нормативній базі верхнього рівня. Своєчасним й актуальним у даний час є комплекс робіт щодо уточнення та доповнювання інформації ЗАБ за різними напрямками.

Одним із таких напрямків є необхідність удосконалення підходів до збору та обробки первинних даних з надійності елементів систем АЕС та подальшого використання цих даних для визначення показників надійності (ПН), які у свою чергу є вихідними даними для зазначених досліджень екологічної безпеки. Вирішення цього завдання реалізовано авторами шляхом виконання досліджень та розробки науково обґрунтованих методичних підходів до використання даних із надійності під час оцінки рівня екологічної безпеки експлуатації АЕС. Етапи розробки відповідної методики визначення ПН детально розглянуто в матеріалах [1 - 5]. У цій статті виконано узагальнення роботи в цілому.

Загальна процедура застосування методики

Загальна послідовність дій щодо застосування методики проілюстрована на рис. 1 і включає в себе:

- збір і первинну обробку інформації (у тому числі оцінку цензурування вибірок);
- попередній аналіз потоку відмов з визначенням фіксованості часу виникнення відмов;

чи зафіксовано в джерелах точний час настання відмови, чи відомо лише те, що відмова виникла на відомому проміжку часу. Ця обставина впливає на вибір конкретних шляхів (планів спостережень, методів) оцінки ПН;

визначення (згідно з висунутими вимогами достовірності й точності) статистичної достатності або недостатності вихідних даних;

виконання оцінки ПН (при достатності вихідних даних) параметричними методами, що включає висунення й підтвердження гіпотези щодо функції розподілу відповідної випадкової величини. Ця процедура включає обов'язкове [6] висунення гіпотези п'яти стандартних законів розподілу (експонентного, логарифмічно-нормального, Вейбула, дифузійно-монотонного й дифузійно-немонотонного розподілів). Методика передбачає перевірку гіпотез щодо інших законів розподілу, наприклад нормального, рівномірного тощо. Підтвердження гіпотез відбувається за обов'язковими критеріями згідності [7] (Колмогорова, Пірсона, ω^2 , W). Додатково, враховуючи можливість цензурування вибірок, передбачається користування критерієм Мозеса [8];

виконання оцінки ПН непараметричними методами (при статистичній недостатності вихідних даних). При цьому методика передбачає використання байєсівських методів оцінювання ПН, а також прийняття біноміальної схеми спостережень, побудови й використання безпосередньо емпіричної функції розподілу;

одержання кінцевих результатів: оцінку інтенсивності відмов у режимі очікування; оцінку інтенсивності відмов у режимі роботи; оцінку ймовірності відмови на вимогу; оцінку середнього часу відновлення.

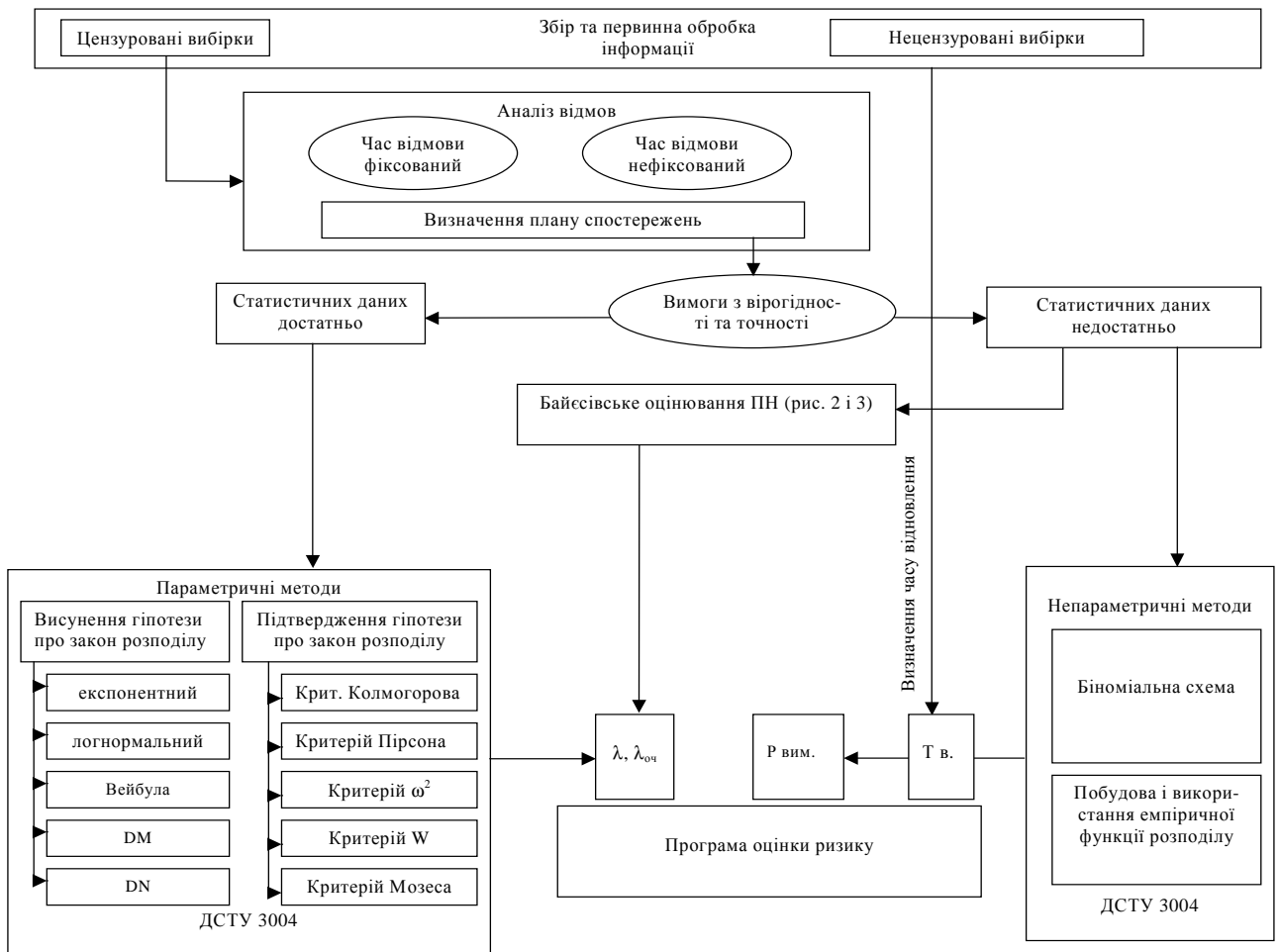


Рис. 1. Загальна схема застосування методики.

Байєсівське оцінювання показників надійності елементів систем АЕС відповідно до положень методики

Окрему увагу під час застосування методики приділено використанню байєсівських методів оцінки ПН. На рис. 2 показано пріоритетність використання інформації залежно від її "близькості" до конкретного об'єкта досліджень, яка встановлена в регулюючих вимогах [9].

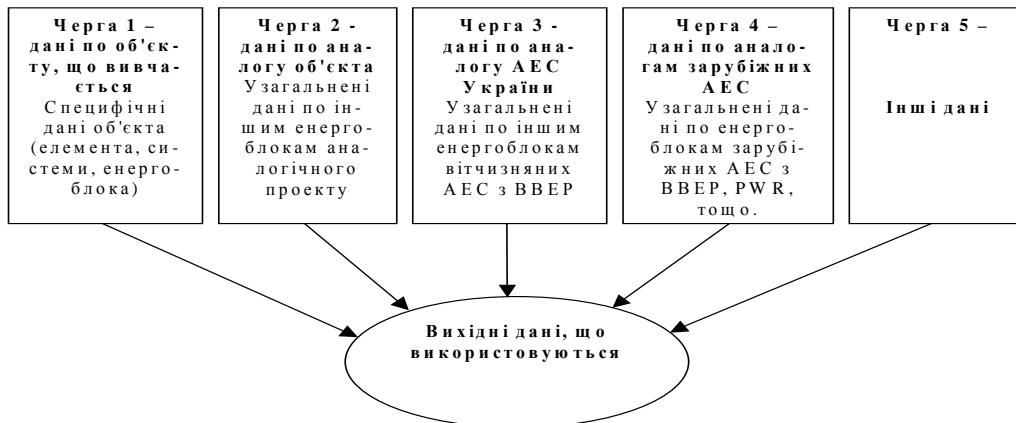


Рис. 2. Класифікація та пріоритетність використання статистичної інформації під час виконання ІАБ та інших оцінок ризику від експлуатації АЕС.

Процедуру виконання байєсівських оцінок згідно з методикою представлено на рис. 3.

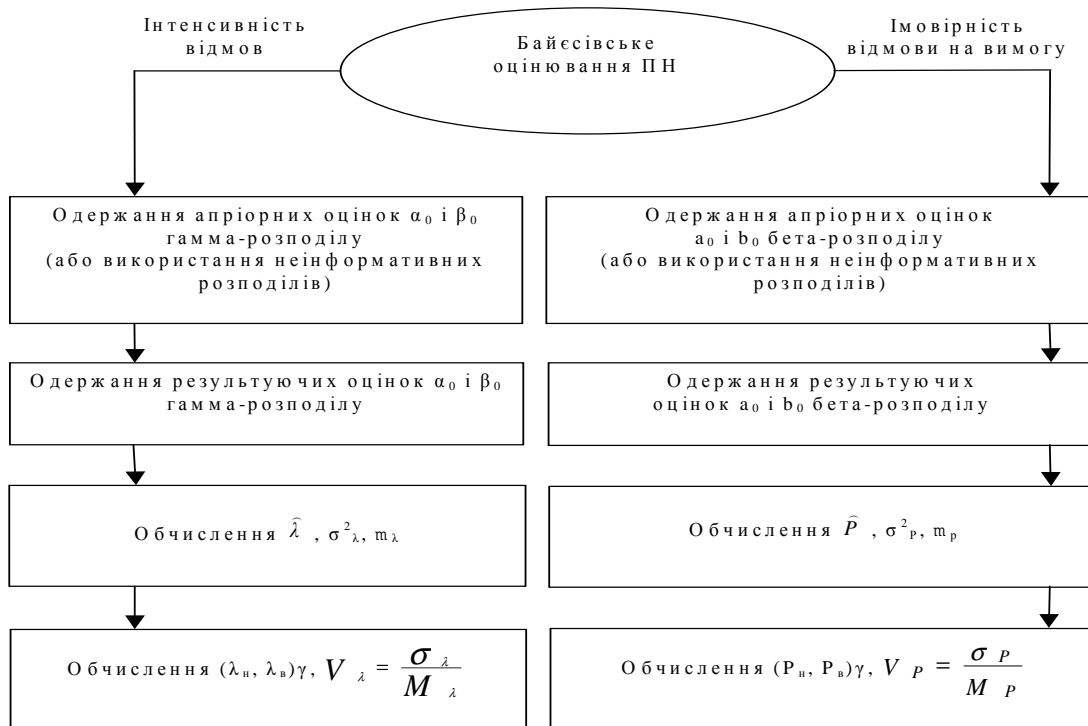


Рис. 3. Байєсівські оцінки ПН.

При такій постановці задачі визначенню підлягають імовірність відмови на вимогу та інтенсивності відмов. Для дослідження інтенсивності відмов застосовується вивчення показників гамма-розподілу, а для дослідження ймовірності відмови на вимогу – бета-розподілу. Процедуру отримання результуючих оцінок параметрів розподілу згідно з методикою про-

ілюстровано на рис. 4 і 5 на прикладі визначення показника надійності "інтенсивність відмов". Дії по отриманню значень імовірності відмови на вимогу є аналогічними.

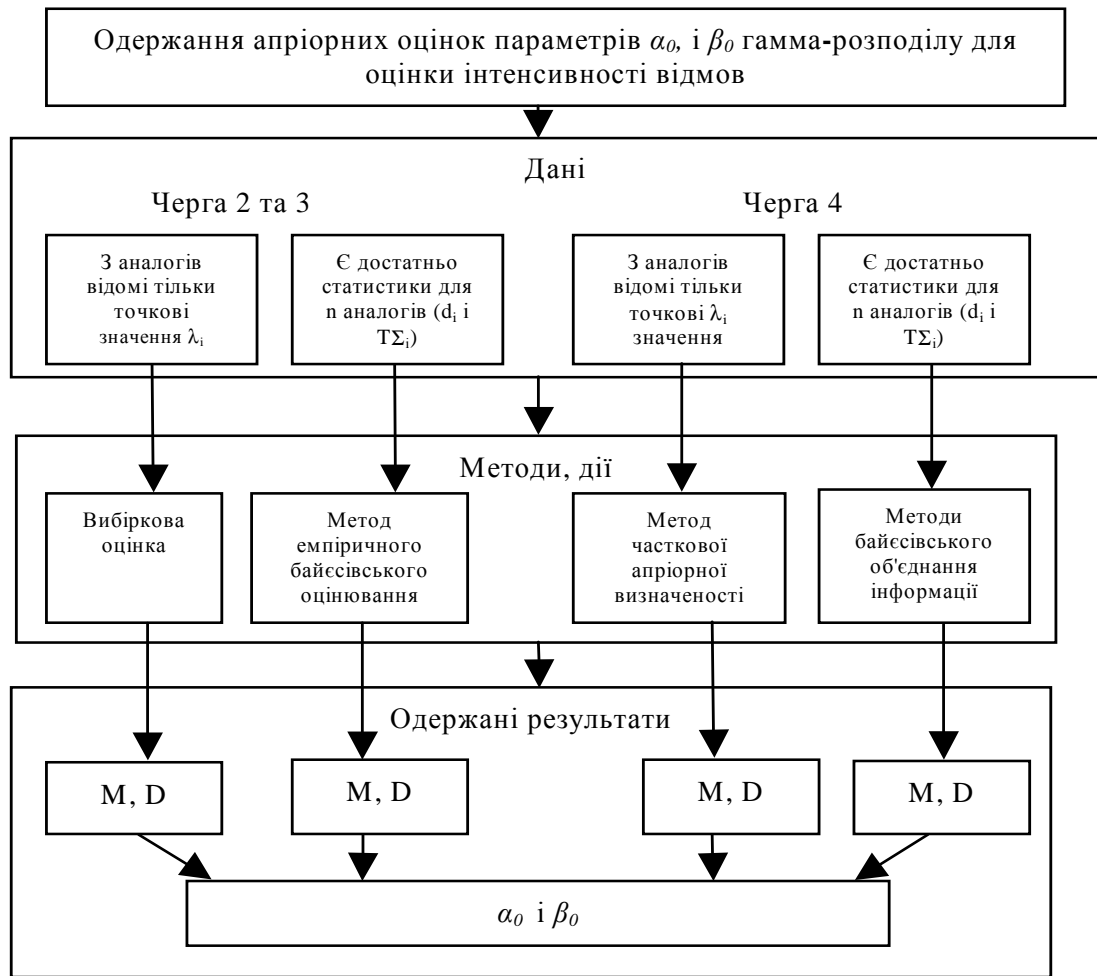


Рис. 4. Визначення апріорних параметрів гамма-розподілу для оцінки інтенсивності відмов.

На рис. 4 представлено процедуру отримання параметрів з урахуванням класифікації вихідних даних (див. рис. 3), а також того, яким саме чином представлено інформацію у відповідних джерелах узагальнених даних (тобто наведено тільки точкові значення ПН або, крім цього, у джерелах наведено значення напрацювання або кількості відмов, на підставі яких ці значення було отримано). За сукупністю цих вхідних умов обирається конкретний відомий метод оцінки параметрів:

вибіркова оцінка параметрів згідно з методом моментів (за конкретною вибіркою отримують оцінки математичного очікування та дисперсії);

метод емпіричного байєсівського оцінювання. Основна ідея цього підходу полягає у використанні під час байєсівського оцінювання замість апріорного розподілу його апроксимації, яка побудована на підставі попередніх спостережень;

лінійне поєднання інформації використовується у випадку, коли є в наявності точкові значення величин (λ_i або P_i) та достатньо статистики для визначення дисперсії цих величин.

метод часткової апріорної визначеності використовується у випадках, коли апріорний розподіл не заданий (а є, наприклад, лише апріорне значення ПН). Тоді обирають консервативний розподіл (наприклад, з найбільшою дисперсією);

методи байєсівського оцінювання інформації. Ці методи аналогічні загальній схемі байєсівського оцінювання, але застосовуються в даному випадку для визначення параметрів апріорного розподілу.

За результатами зазначених методичних дій визначаються параметри апіорного розподілу.

Таким чином, результуюча оцінка параметрів гамма-розподілу можлива при наявності статистичних даних за числом відмов d і при сумарному напрацюванні T_{Σ} . При цьому обчислюються значення α і β . Для обчислення інтервальних оцінок використовуються або обернена неповна гамма-функція, або відповідний X_1^2 -квадрат розподіл. Те ж саме стосується визначення результуючої оцінки параметрів бета-розподілу для оцінки ймовірності відмови на вимогу. У даному випадку обчислюються показники α і β .

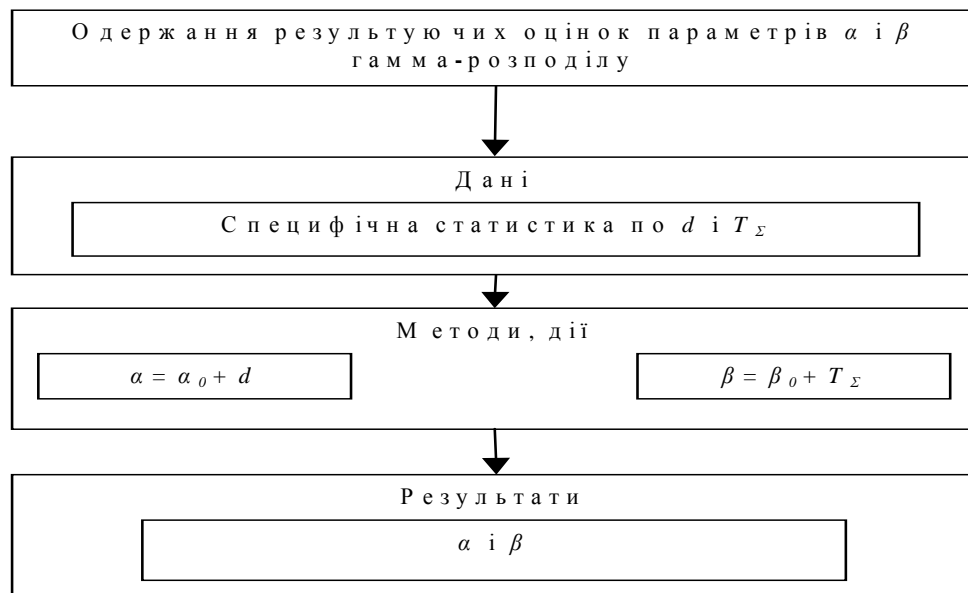


Рис. 5. Одержання результуючих оцінок параметрів α і β гамма-розподілу для оцінки інтенсивності відмов.

Висновки

Проведено дослідження підходів до поєднання специфічних та узагальнених даних з дефектів і напрацювання та використання цих даних для визначення показників надійності елементів систем, важливих для безпеки АЕС. Це дало можливість підвищити ефективність виконання оцінок рівня екологічної безпеки під час експлуатації енергоблоків АЕС України за рахунок забезпечення теоретичного обґрунтованого та структурованого процесу отримання вихідних даних з надійності елементів систем АЕС.

Отримано такі основні теоретичні й практичні результати.

1. Запропоновано конкретні шляхи поєднання специфічних та узагальнених даних для визначення показників надійності під час оцінки рівня ризику експлуатації АЕС.
2. Вирішено питання урахування пріоритетності використання узагальнених даних, яке висвітлюється у вітчизняних нормативних вимогах та відповідних міжнародних рекомендаціях.
3. Досліджено можливість використання різних байєсівських методів для об'єднання інформації в умовах цензурування вибірок для різних ПН.
4. Розроблено методику, що втілює концепцію впровадження різних байєсівських оцінок показників надійності (імовірності відмови на вимогу, інтенсивності відмов, середнього часу відновлення), які є необхідними вихідними даними для виконання оцінки ризику експлуатації АЕС.

Застосовність одержаних результатів було підтверджено під час виконання імовірнісного аналізу безпеки першого рівня 2-го енергоблока Хмельницької АЕС та 4-го енергоблока Рівненської АЕС, який, у свою чергу, є відправною точкою виконання оцінок екологічної безпеки зазначених енергоблоків та впливу аварій на майданчиках Рівненської та Хмельницької АЕС на здоров'я населення та стан екологічної обстановки в районах розміщення АЕС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Печерица А.В.* Оценка риска от эксплуатации АЭС в условиях ограниченной информации // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. - Донецк: ДонГТУ. - 2002. - Вып. 23. - С. 97 - 102.
2. *Печерица А.В., Важенин О.Н.* Практическое использование байесовских моделей для оценки риска от эксплуатации АЭС Украины // Там же. - С. 102 - 110.
3. *Печерица А.В., Важенин О.Н.* Специфика использования статистических данных для оценок риска от эксплуатации АЭС Украины // Ядерная и радиационная безопасность. - 2002. - Т 5, № 4. - С. 41 - 46.
4. *Зеленый О.В., Печерица А.В.* Углубленный анализ цензурированных исходных данных для оценки достоверности и точности в исследованиях надежности // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. - Донецк: ООО "Лебедь". - 2004. - Вып. 27. - С. 92 - 97.
5. *Зеленый О.В., Печерица А.В.* Алгоритмы получения информации с учетом приоритетности для оценок надежности // Ядерная и радиационная безопасность. - 2004. -Т. 7, № 1. - С. 41 - 48.
6. *ДСТУ 3004-95* Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. - Введ. 01.01.96. - К.: Изд-во госстандарта, 1995. - 122 с.
7. *СТ СЭВ -78* Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. - Утв. Пост. Комиссией по стандартиз. Берлин. Декабрь 1978. - Введ. в СССР 01.01.81. - Берлин: Изд-во стандартов, 1978. - 52 с.
8. *Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / В. М. Скрипник, А.Е. Назин, Ю. Г. Приходько, Ю. Н. Благовещенский.* - М.: Радио и связь, 1988. - 184 с.
9. *Методика виконання експертизи (технічної оцінки) матеріалів, які приведені у додатку до звіту з аналізу безпеки діючих енергоблоків АЕС "Імовірнісний аналіз безпеки" ГНД 306.7.02/2.048-01 / Держатомрегулювання України.* - К.: Держатомрегулювання України, 2001. - 61 с.

Надійшла до редакції 28.03.05

15 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

А. В. Носовский, А. В. Печерица

Описана процедура применения методики определения показателей надежности тепломеханического оборудования АЭС, которые, в свою очередь, являются необходимыми исходными данными для последующего выполнения оценок приемлемости эксплуатации АЭС с точки зрения экологической безопасности. Освещен вопрос учета с помощью методики приоритетности использования обобщенных данных по дефектам и наработкам оборудования для оценки показателей надежности. Детально рассмотрен методический блок, посвященный применению байесовских подходов для оценки показателей надежности с учетом "качества" исходных первичных данных.

15 METHODOLOGY FOR ESTIMATION OF RELIABILITY INDICATORS BEING APPLIED FOR ASSESSMENT OF NPP ECOLOGICAL SAFETY LEVEL

A. V. Nosovski, O. V. Pecherytsya

Procedure for application of methodology for estimation of NPP equipment reliability parameters being required as input data for consequential assessments of NPP operation acceptance from ecological safety point of view is described. Question how the priority of generic data on defects and hours/demands has to be taken into account with application of methodology is explained. Methodology provisions related to application of Bayesian approaches for estimation of reliability parameters with taking into account the "quality" of primary data is presented in details.