УДК 621.317.791

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОБУРА

М.Й.Федорів, У.М.Николин, А.І.Поточний, А.В.Чуйко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48003
e-mail: e p e o @ n u n g . e d u . u a

Сформульовано залежність для визначення коефіцієнта простоювання з врахуванням закону розподілу Вейбулла-Гнеденко для електробурового обладнання. Побудовано залежності коефіцієнта простоювання від часу відновлення та рівня ймовірності безвідмовної роботи.

Ключові слова: комплексні показники надійності коефіцієнт простоювання, закон Вейбулла-Гнеденко, електробурове обладнання, час відновлення.

Сформулировано зависимость для определения коэффициента простоя с учетом закона распределения Вейбулла-Гнеденко для електробурового оборудования. Построено зависимости коэффициента простоя от времени восстановления и уровня вероятности безотказной работы.

Ключевые слова: комплексные показатели надежности, коэффициент простоя, закон Вейбулла-Гнеденко, электробуровое оборудование, время восстановления.

It is formulated functional dependence of downtime ratio taking into account the Weibull-Gnedenko distributive law for electric drilling equipment. Also it is built function of downtime ratio depending of recovery time and survival probability.

Keywords: integrated reliability indicators, downtime ratio, Weibull-Gnedenko distributive law, electric drill, recovery time.

З метою оцінки кількісних характеристик властивостей, що визначають надійність об'єкта, використовують показники надійності. Відомо, що ці показники поділяються на одиничні, що характеризують одну властивість, і комплексні, що характеризують відразу декілька властивостей надійності.

На сьогодні більшість наукових публікації присвячено визначенню для різного роду обладнання одиничних показників надійності, а саме ймовірності безвідмовної роботи, ймовірності відмов, інтенсивності відмов, параметра потоку відмов, середнього часу напрацювання на відмову. Ці показники доцільно визначати з урахуванням закону розподілу відмов, який відображає механізм формування відмов. Але одиничні показники не завжди в повній мірі можуть оцінити надійність об'єкта. Наприклад, параметр потоку відмов та напрацювання на відмову хоч і характеризують надійність ремонтопридатного об'єкта, але не враховують час, необхідний на його відновлення. Такі показники не характеризують готовність об'єкта до виконання функцій у потрібний час. Тому в даному випадку доцільніше використовувати комплексні показники, а саме коефіцієнт готовності та коефіцієнт простоювання. У більшості випадків перевага віддається коефіцієнту простоювання, який відображає ймовірність того, що об'єкт в довільний момент часу перебуватиме у процесі відновлення.

У [1, 2] для визначення коефіцієнту простоювання наводиться загальновідомий вираз :

$$K_{П} = \frac{t_{в}}{T + t_{в}}, \qquad (1)$$

де: $t_{в}$ – час відновлення об'єкта;

T – середній час напрацювання на відмову.

Проте використання виразу (1) обмежене і прийнятне для стаціонарного режиму роботи об'єкта, оскільки не враховується закон розподілу, тобто нестаціонарний режим роботи [3].

Характерною рисою роботи електрообладнання системи електропостачання електробура є періодичність, тобто час від часу виконується повний цикл монтажу, експлуатації обладнання протягом певного періоду часу, демонтажу і транспортування обладнання на нове місце роботи. Цим пояснюється поєднання стаціонарного та нестаціонарного режимів роботи системи електропостачання електробура.

З точки зору надійності обладнання системи електропостачання електробура утворює послідовне логічне з'єднання елементів, функція розподілу випадкових величин яких визначається за законом Вейбула – Гнеденко [1].

Дане електрообладнання може перебувати у двох станах: у стані безвідмовної роботи $P(t)$; у стані відмови (відновлення) $Q(t)$. У стаціонарний період експлуатації можуть бути досягнуті встановлені значення :

$$P(t) = K_{Г}(t), \;\; Q(t) = K_{П}(t). \qquad (2)$$

У [4] для визначення ймовірності $P(t)$ з урахуванням закону розподілу часу безвідмовної роботи Вейбула – Гнеденко для нестаціонарного періоду експлуатації наведено залежність:

$$P(t) = \frac{T}{T + t_{в}} + \frac{t_{в}}{T + t_{в}} e^{-\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t_{в}}\right)t}. \qquad (3)$$

Таблиця 1 – Параметри розподілу Вейбула – Гнеденко і середній час напрацювання на відмову для електробурового обладнання

№	Назва елементу	Параметр α	Параметр b	Середній час напрацювання на відмову, год
1	Знижувальний трансформатор (ТР)	19729,2	1,33	1559
2	Станція керування (СК)	1039,3	1,17	358,198
3	Струмоприймач (СПр)	263,5	1,05	198,006
4	Пристрій контролю ізоляції (ПКІ)	168,7	1,35	40,926
5	Телеметрична система (ТС)	115,0	1,25	41,465
6	Електробур (ЕБ)	132,06	1,55	21,016
7	Кабельні секції (КС)	151,8	1,72	16,53

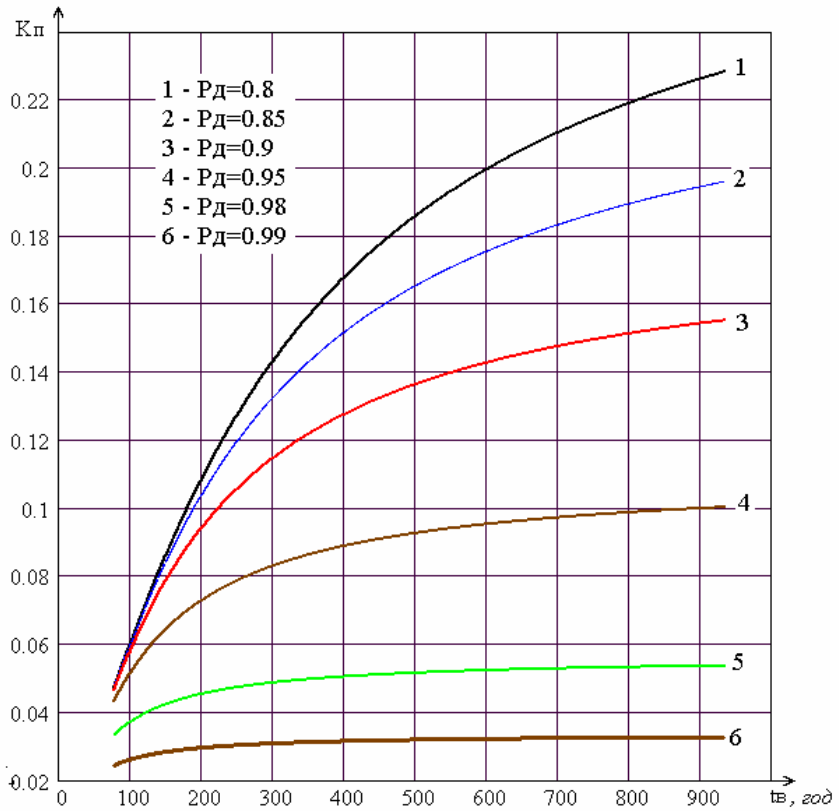

Рисунок 1 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для знижувального бурового трансформатора

Виходячи з рівності $Q(t) = 1 - P(t)$, для ймовірності $Q(t)$ в нестаціонарний період експлуатації відповідно до закону розподілу Вейбула – Гнеденко можна записати залежність :

$$Q(t) = \frac{t_в}{T + t_в} - \frac{t_в}{T + t_в} e^{-\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t_в}\right)t}. \qquad (4)$$

Визначивши з виразу ймовірності безвідмовної роботи для розподілу Вейбула – Гнеденко $P(t) = exp(-t^b \cdot \alpha^{-1})$ час t і врахувавши вирази (2) та (4), одержимо залежність для визначення коефіцієнта простоювання в нестаціонарний період експлуатації обладнання:

$$K_П = \frac{t_в}{T + t_в} - \frac{t_в}{T + t_в} e^{-\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t_в}\right)\sqrt[b]{-\alpha \cdot \ln P_д}}, \qquad (5)$$

де: α, b – постійні розподілу Вейбула – Гнеденко, параметр масштабу і параметр форми відповідно;

$P_д$ – довірчий рівень ймовірності безвідмовної роботи.

Визначимо коефіцієнт простоювання залежно від значення часу відновлення $t_в$ для електрообладнання системи електропостачання електробура за виразом (5). Значення параметрів розподілу Вейбула – Гнеденко і середнього часу напрацювання на відмову [5] наведено в табл. 1. Результати розрахунків відобразимо у вигляді графіків (рис.1–7).

З одержаних залежностей вигляд функції $K_П = f(t_в)$ змінюється залежно від значення довірчого рівня ймовірності безвідмовної роботи $P_д$. За високих значень $P_д = 0{,}98...0{,}99$ зміна величини $t_в$ не суттєво впливає на значення

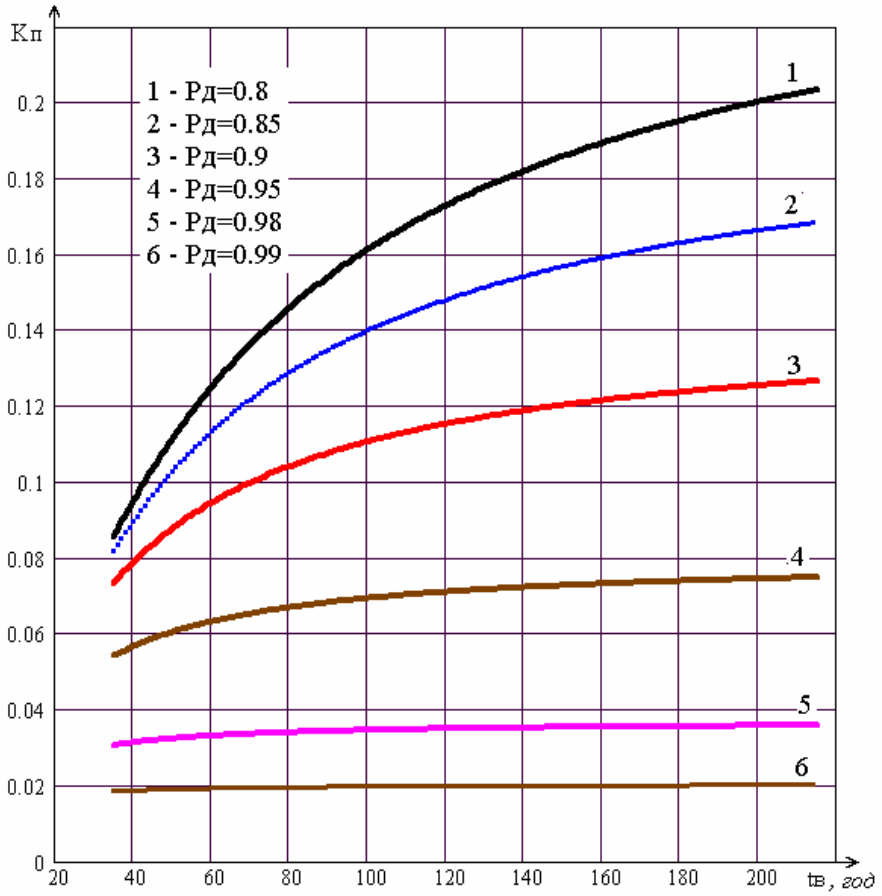

Рисунок 2 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для станції керування електробуром

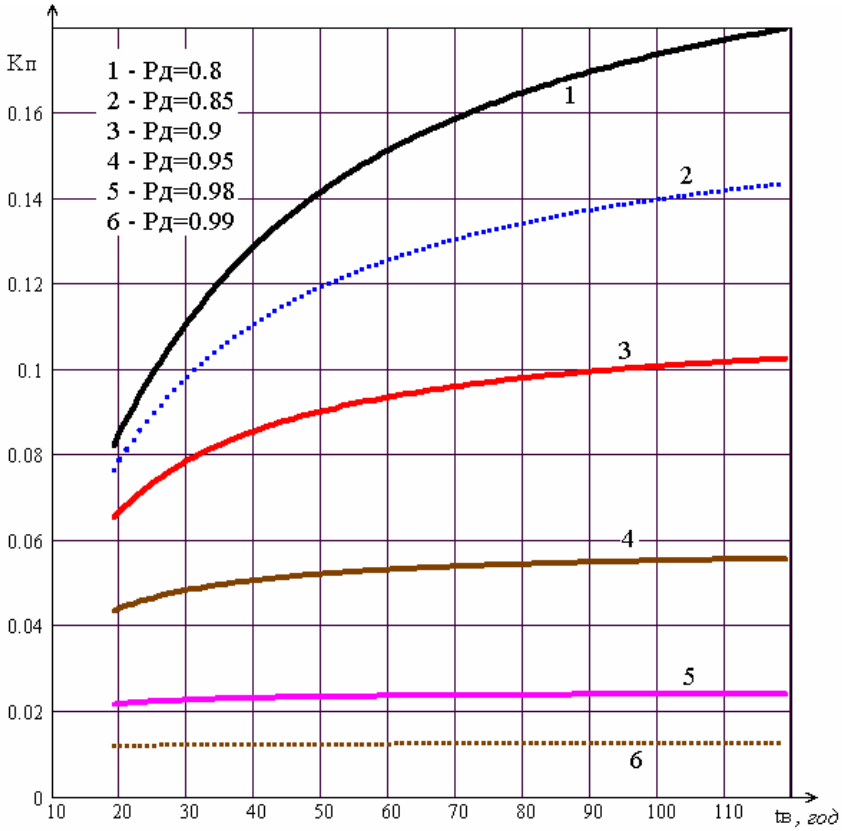

Рисунок 3 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для струмоприймача

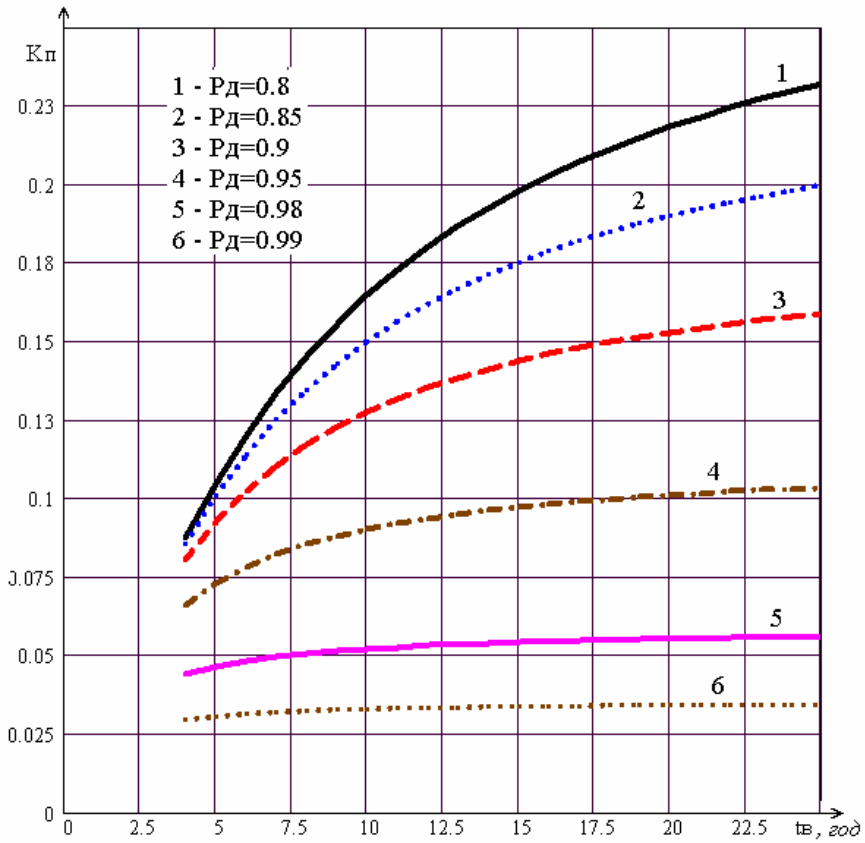

Рисунок 4 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для пристрою контролю ізоляції

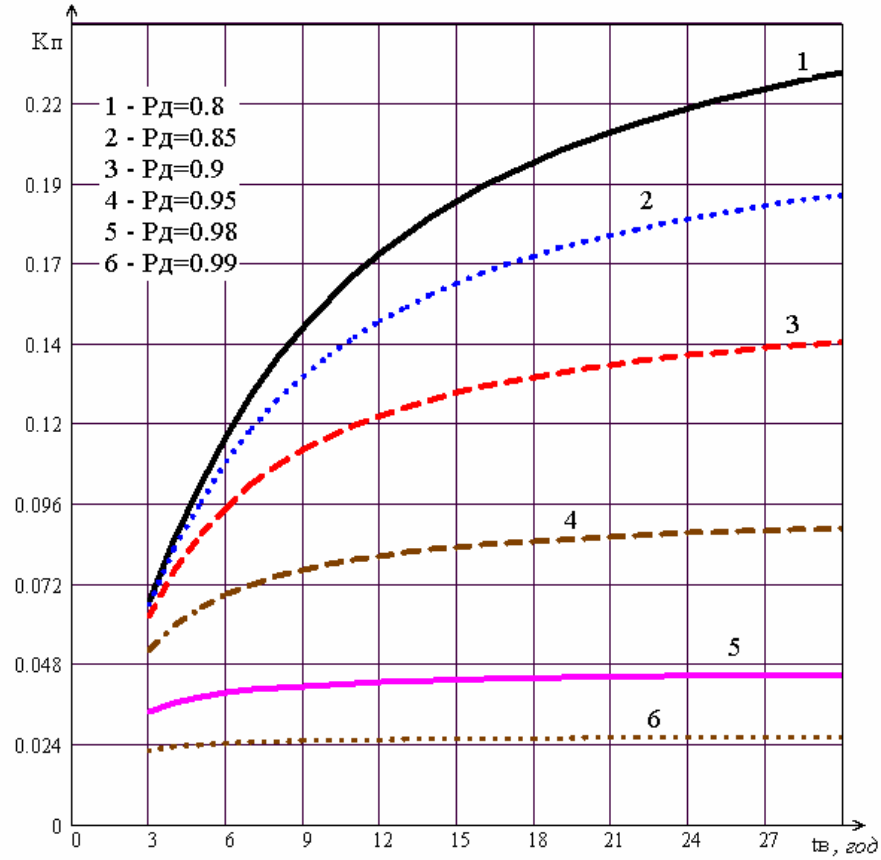

Рисунок 5 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для телеметричної системи

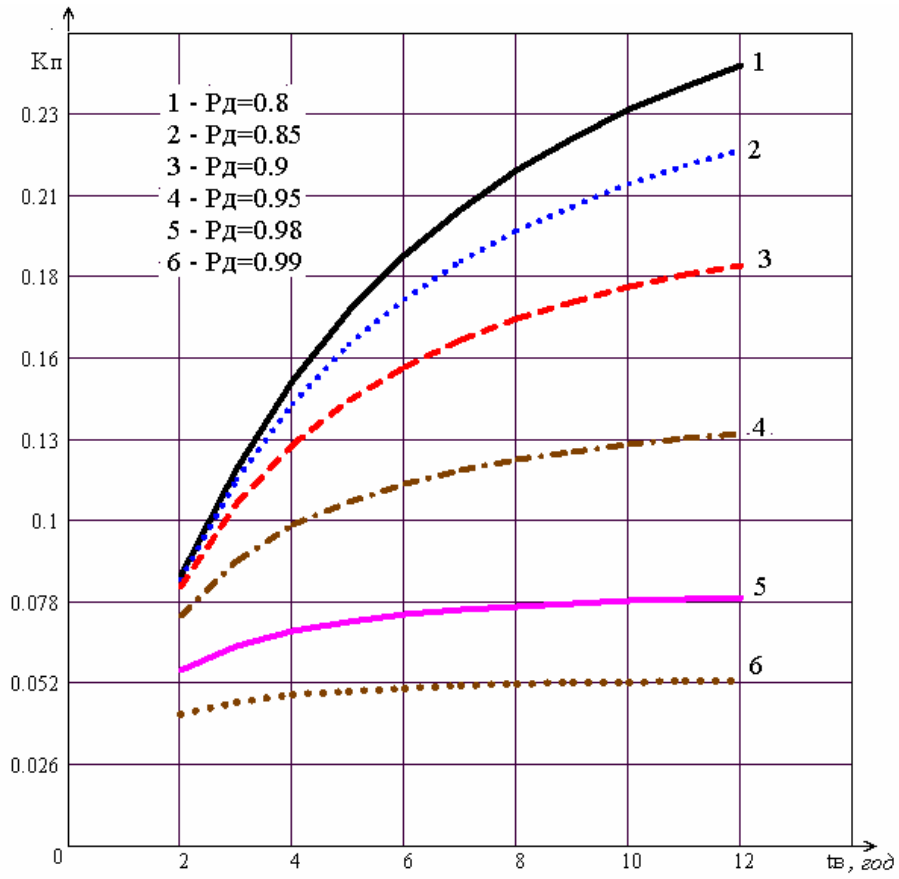

Рисунок 6 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для електробура

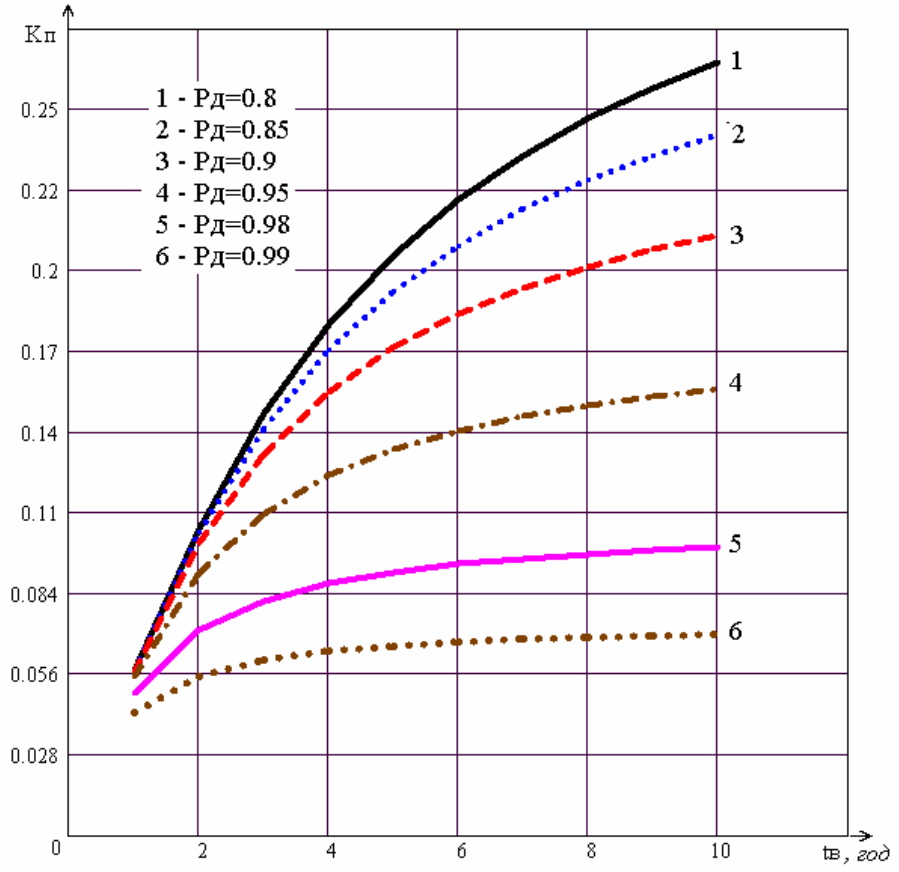

Рисунок 7 – Залежність $K_П = f(t_в)$ для кабельних секцій

коефіцієнта простоювання $K_П$. Особливо це помітно для обладнання з великим значенням середнього часу напрацювання на відмову, наприклад для бурового трансформатора, станції керування, струмоприймача (рис. 1–3).

Залежність (5) показує, що величина коефіцієнта $K_П$ також значною мірою залежить і від рівня довірчої ймовірності безвідмовної роботи $P_д$. Коефіцієнт простоювання $K_П$ суттєво зменшується і залишається практично стабільним за $P_д = 0{,}98...0{,}99$. Це підтверджують і побудовані графіки (рис.1–7).

Одержані залежності ілюструють необхідність зменшення часу відновлення обладнання $t_в$ з метою забезпечення високого рівня ймовірності безвідмовної роботи, тобто підвищення надійності складових системи електропостачання електробура.

Висновки

1. Визначено залежність, яка дає змогу проаналізувати коефіцієнт простоювання як функцію від часу відновлення та рівня імовірності безвідмовної роботи обладнання.

2. Показано, що з метою підвищення надійності електрообладнання системи електропостачання електробура потрібно зменшувати час відновлення обладнання.

3. Перспективою подальших досліджень є дослідження показників надійності обладнання з періодичним циклом роботи з урахуванням додаткових витрат часу на технічне обслуговування та ремонт.

Література

1 Надежность систем электроснабжения [Текст] / В.В.Зорин, В.В.Тисленко, Ф.Клеппель, Г.Адлер. – К.: Вища школа, 1984. – 192 с.

2 Анищенко В.А. Надежность систем электроснабжения [Текст]: учеб. Пособие / В.А.Анищенко. – Минск: УП "Технопринт", 2001. – 160 с.

3 Керимова Л.С. Оценка комплексных показателей надежности на стадии проектирования [Текст] / Л.С.Керимова // Надежность и сертификация оборудования для нефти и газа. – 2001. – № 1. – С.21-24.

4 Энегросберегающая технология электроснабжения народного хозяйства [Текст]: практ.пособие: в 5 кн.: / [под ред. В.А.Веникова]. – М.: Высш.школа, 1989. Кн.3: Надежность и эффективность сетей электрических систем / Ю.А.Фокин. – М.: Высш.школа, 1989. – 151 с. – ISBN 5-06-000455-4.

5 Аналіз надійності ремонтопридатного електрообладнання систем електропостачання бурових установок [Текст] / М.Й.Федорів, І.В.Гладь, У.М.Маскевич // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – № 19. – С.60-65.

Стаття надійшла до редакційної колегії 18.11.09
Рекомендована до друку професором ***В. С. Костишиним***