

## 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: [ere@nimg.edu.ua](mailto:ere@nimg.edu.ua)

*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 электробурового оборудования. Построены 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 публікацій 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 ремонтпридатного 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 :

$$K_{II} = \frac{t_g}{T + t_g}, \quad (1)$$

де:  $t_g$  – 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 нестационарний 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 нестационарного 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 :

$$P(t) = K_I(t), \quad Q(t) = K_{II}(t). \quad (2)$$

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

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

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

№	Назва елементу	Параметр $\alpha$	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

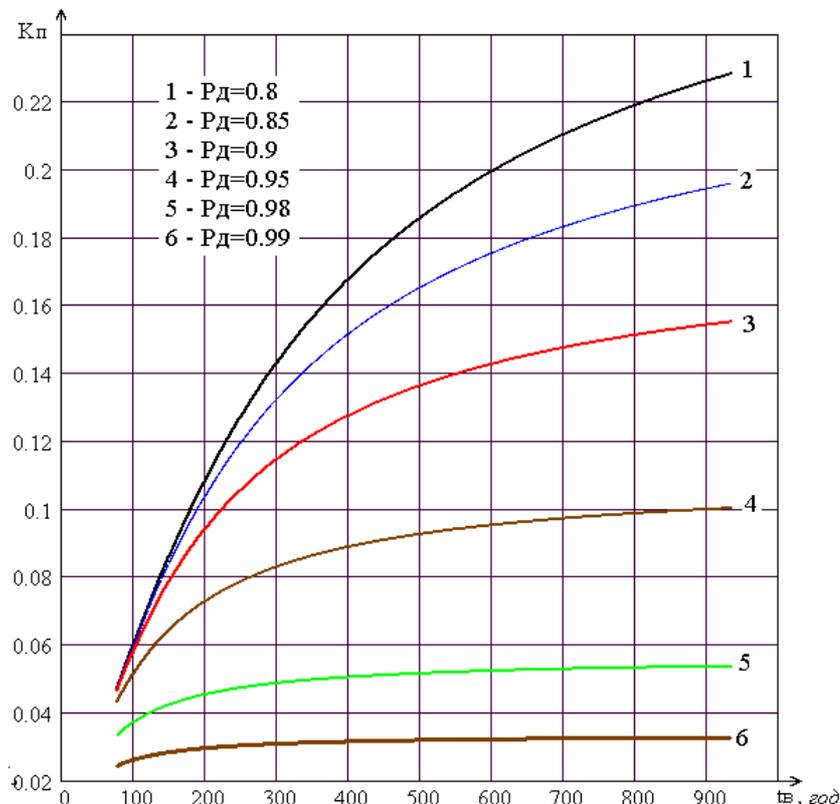


Рисунок 1 – Залежність  $K_{II} = f(t_{\epsilon})$  для знижувального бурового трансформатора

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

$$Q(t) = \frac{t_{\epsilon}}{T + t_{\epsilon}} - \frac{t_{\epsilon}}{T + t_{\epsilon}} e^{-\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t_{\epsilon}}\right)t} \quad (4)$$

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 нестационарний період експлуатації обладнання:

$$K_{II} = \frac{t_{\epsilon}}{T + t_{\epsilon}} - \frac{t_{\epsilon}}{T + t_{\epsilon}} e^{-\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t_{\epsilon}}\right)^b \alpha \cdot \ln P_{\partial}} \quad (5)$$

де:  $\alpha$ ,  $b$  – постійні розподілу Вейбула – Гнеденко, параметр масштабу і параметр форми відповідно;

$P_{\partial}$  – довірчий рівень ймовірності безвідмовної роботи.

Визначимо коефіцієнт простоювання залежно від значення часу відновлення  $t_{\epsilon}$  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  $K_{II} = f(t_{\epsilon})$  змінюється залежно від значення довірчого рівня ймовірності безвідмовної роботи  $P_{\partial}$ . За високих значень  $P_{\partial} = 0,98 \dots 0,99$  зміна величини  $t_{\epsilon}$  не суттєво впливає на значення

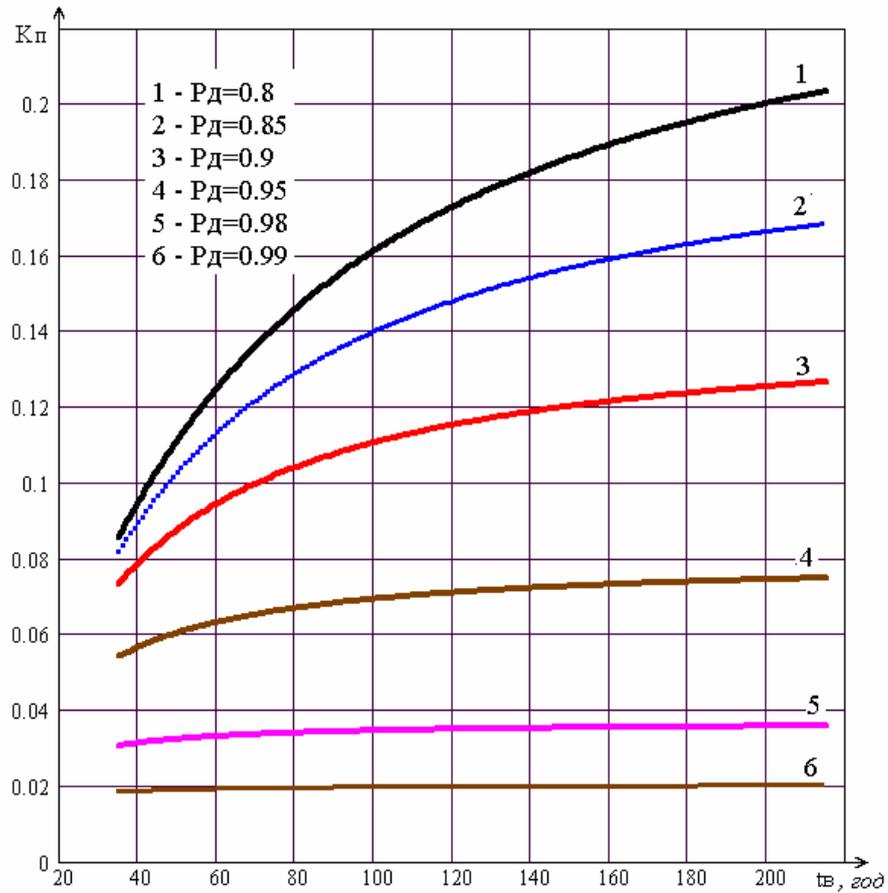


Рисунок 2 – Залежність  $K_{II} = f(t_{в})$  для станцій керування електробуром

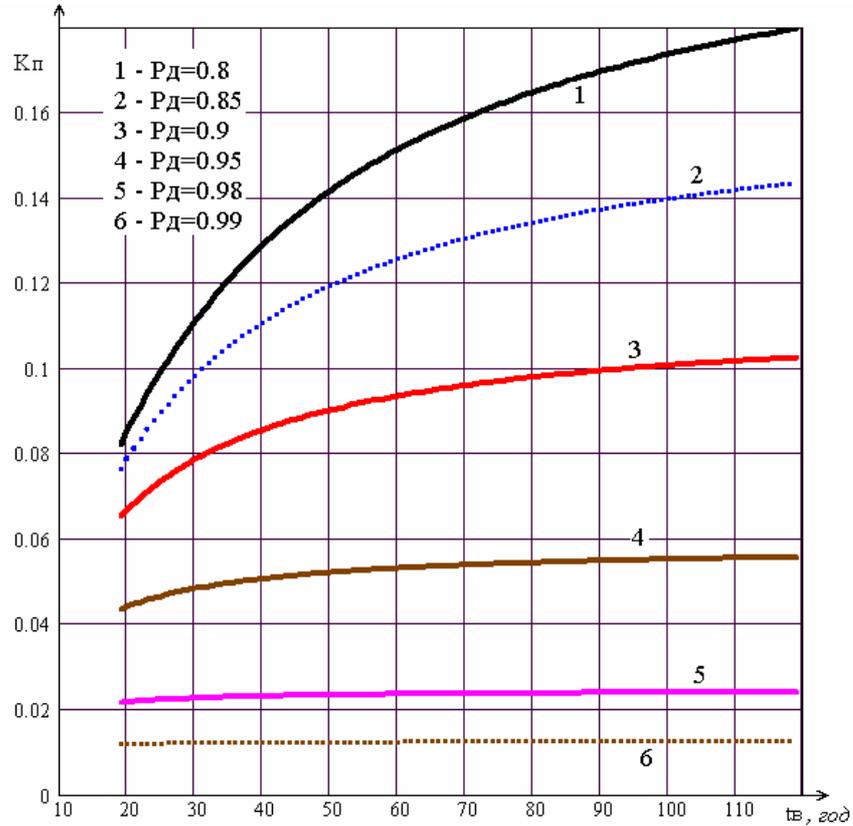


Рисунок 3 – Залежність  $K_{II} = f(t_{в})$  для струмоприймача

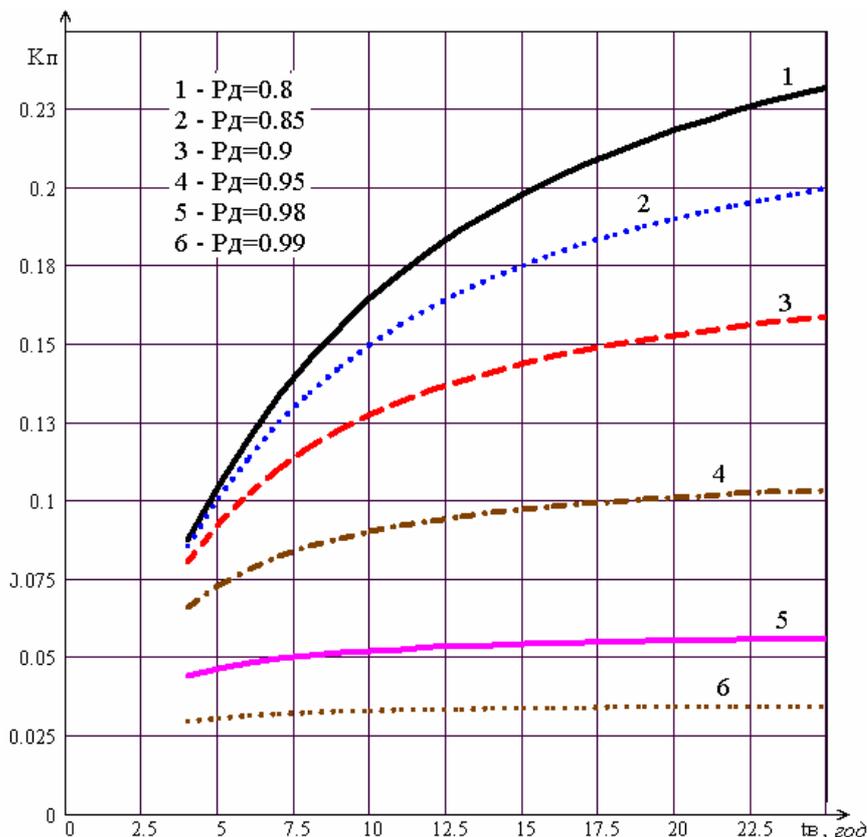


Рисунок 4 – Залежність  $K_{II} = f(t_v)$  для пристрою контролю ізоляції

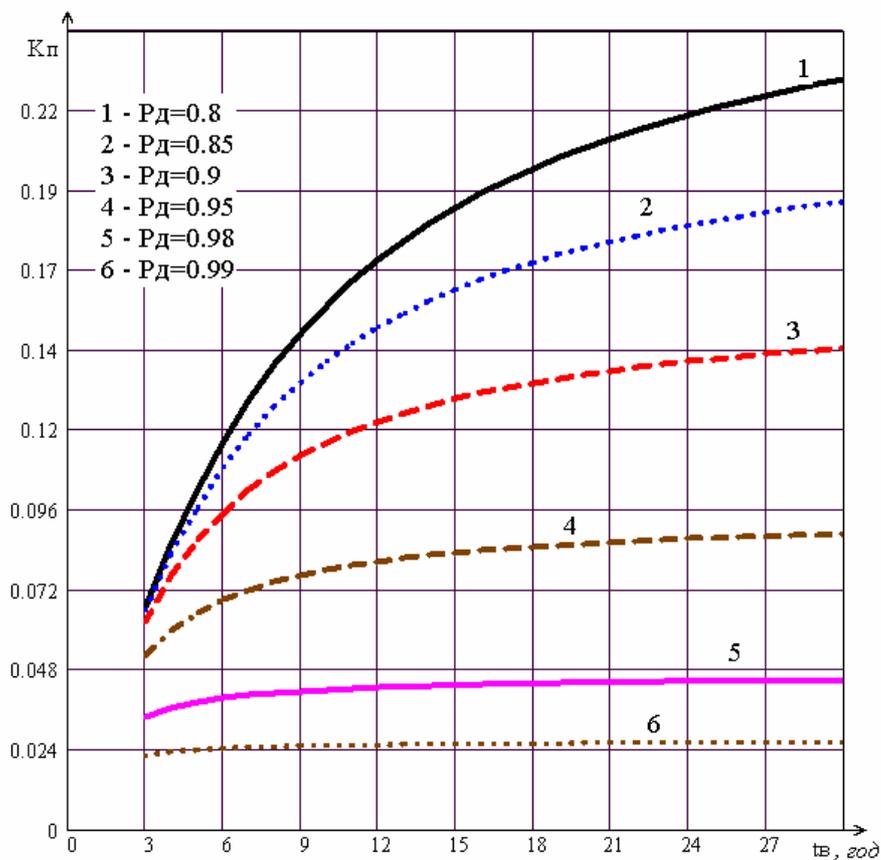


Рисунок 5 – Залежність  $K_{II} = f(t_v)$  для телеметричної системи

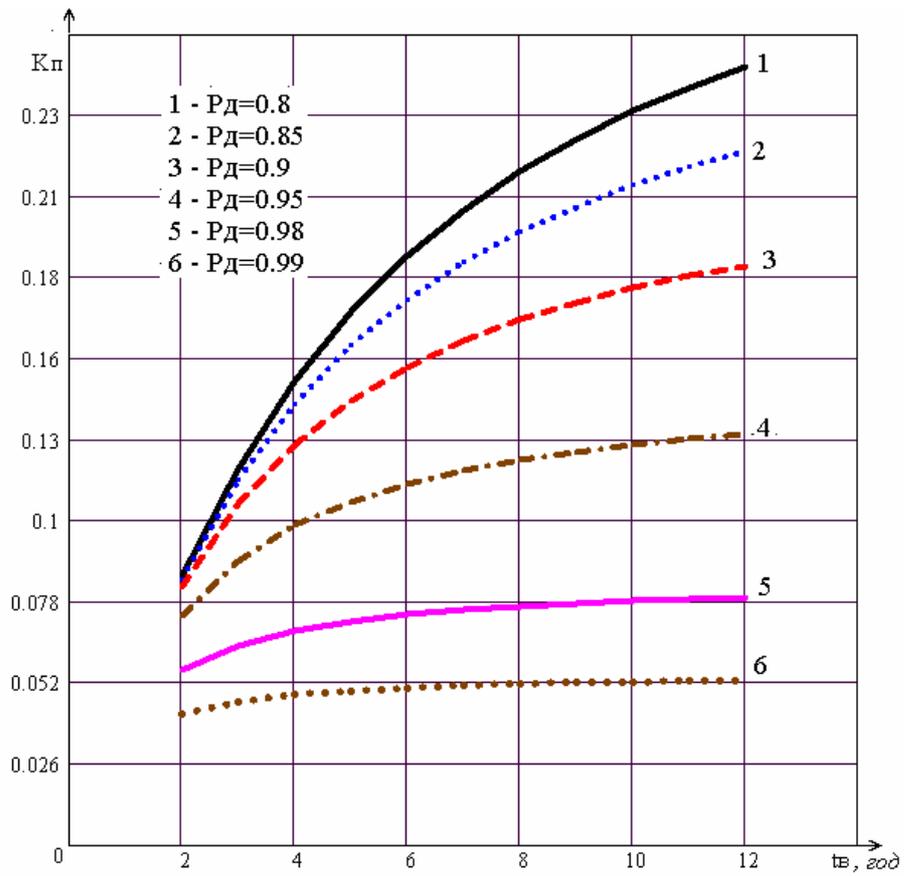


Рисунок 6 – Залежність  $K_{П} = f(t_{в})$  для електробура

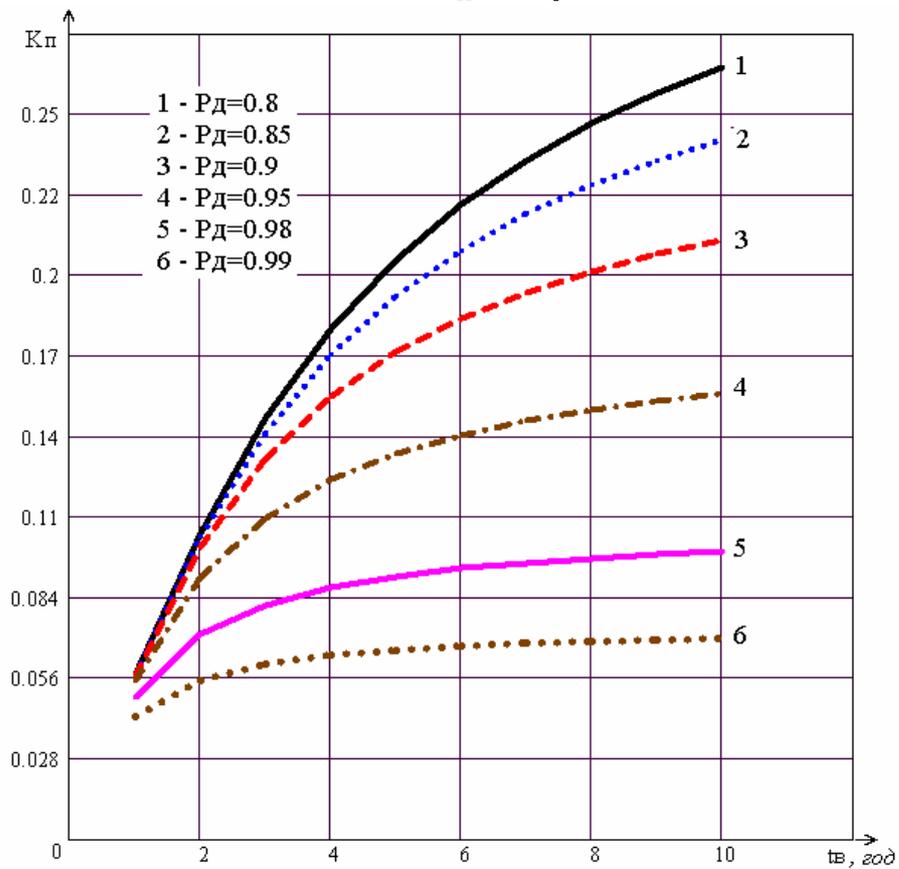


Рисунок 7 – Залежність  $K_{П} = f(t_{в})$  для кабельних секцій

коефіцієнта простоювання  $K_{\Pi}$ . 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  $K_{\Pi}$  також значною мірою залежить і від рівня довірчої ймовірності безвідмовної роботи  $P_{\partial}$ . Коефіцієнт простоювання  $K_{\Pi}$  суттєво зменшується і залишається практично стабільним за  $P_{\partial} = 0,98 \dots 0,99$ . Це підтверджують і побудовані графіки (рис. 1–7).

Одержані залежності ілюструють необхідність зменшення часу відновлення обладнання  $t_{\partial}$  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 ймовірності 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 Энергосберегающая 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 ремонтпридатного 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*