

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



**МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра гірничих машин та інжинірингу**

**НАДІЙНІСТЬ ГІРНИЧИХ МАШИН І КОМПЛЕКСІВ.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТІВ ПРИ ВИКОНАННІ РОЗРАХУНКОВОГО ЗАВДАННЯ  
«ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ  
ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДО ГІРНИЧИХ МАШИН»**

для студентів напрямів підготовки 6.050503 Машинобудування, 6.050301  
Гірництво та спеціальності 8(7).05050309 «Гірничі машини та комплекси»

**Дніпропетровськ**  
**НГУ**  
**2014**

Надійність гірничих машин і комплексів. Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів при виконанні розрахункового завдання «Визначення раціональної кількості запасних частин до гірничих машин» для студентів напрямів підготовки 6.050503, 6.050301 та спеціальності 8(7).05050309 – Автор: Є.С. Запара. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2014. – 18 с.

Автор:

Є.С. Запара, канд. техн. наук, доц.

Затверджено до видання редакційною радою НГУ (довідка від 18.12.2014) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.050503 Машинобудування (протокол № 1 від 25.11.2014).

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи студентів напрямів підготовки 6.050503 Машинобудування, 6.050301 Гірництво та спеціальності 8(7).05050309 «Гірничі машини та комплекси» під час самостійної роботи при виконанні розрахункового завдання «Визначення раціональної кількості запасних частин до гірничих машин» та підготовки до модульних контролів за результатами практичних занять з нормативної дисципліни «Надійність гірничих машин і комплексів».

Розглянуто теоретичні відомості про визначати раціональної кількості запасних частин на різні періоди експлуатації гірничих машин та обладнання. закони розподілу випадкових величин, що застосовують при розрахунку. Подано рекомендації до розв'язання практичних задач та приклад розрахунку для конкретних умов гірничого виробництва.

Наведено критерії оцінювання виконання розрахункового завдання.

Друкується в редакційній обробці автора.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гірничих машин та інжинірингу, д-р техн. наук, проф. К.С. Заболотний.

## ВСТУП

Освітньо-кваліфікаційні характеристики напряму підготовки 6.050503 Машинобудування та спеціальності 8(7).05050309 «Гірничі машини та комплекси» передбачають наступні професійні функції, пов'язані з плануванням ремонтів і відновлення працездатного стану машин: «Розвиток механічного господарства гірничого підприємства, удосконалення експлуатації та ремонту гірничого обладнання, підвищення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів виробничої ділянки»; «Прогнозування експлуатаційної продуктивності та надійності функціональних машин, що використовуються на виробничій ділянці, на період наступної експлуатації до настання граничного стану». Зазначені професійні функції потребують умінь виконувати відповідні задачі діяльності: «Використовуючи нормативно-технічну документацію та норми витрачання запасних частин і матеріалів розробляти річні плани матеріально-технічного постачання з визначенням потреби виробничої ділянки у обладнанні, кабельних виробів, канатах, металу, запасних частинах, паливно-мастильних матеріалах» та «Використовуючи статистичні дані про експлуатаційну надійність і динаміку витрат запасних частин, матеріалів і інструменту машин за допомогою відповідних методів прогнозувати їх залишковий ресурс, розраховувати раціональні кількості запасних частин до устаткування та періоди поповнення запасів». Ці задачі діяльності фахівця потребують умінь визначати можливу кількість відмов обладнання та відповідний об'єм запасних частин до нього з наперед заданою нормованою ймовірністю забезпечення гарантії їх достатності на різні періоди експлуатації обладнання. Насамперед це стосується швидкозношуваних інструментів і деталей гірничих машин: різці вуглевидобувних і прохідницьких комбайнів, шарошки, буровий інструмент, робочі поверхні грохотів, щоки дробарок, вакуум-фільтри, підшипники, тощо. Також важливе значення має визначення кількості резервних складових одиниць елементів вибійної техніки: механізмів переміщення комбайнів, їх електричних двигунів, секцій механізованого кріплення, приводних блоків скребкових конвеєрів; збагачувального обладнання: аераторів флотаційних машин, пульсаторів та вивантажувачів відсаджувальних машин, та таке інше. При контролі якості продукції підприємств виникає потреба у визначенні раціонального об'єму вибірки продукції. Таким чином, метою даних методичних рекомендацій є засвоєння майбутніми фахівцями математичних засад і формування практичних навичок у вмінні визначати раціональну кількість запасних частин до обладнання, що експлуатується, на будь який наперед заданий період і об'єм вибірки продукції при контролі її якості .

Перелічені задачі вирішують за допомогою методів математичної статистики в розробці яких вагомий внесок зробили видатні вчені-механіки: Бернуллі та Пуасон.

# 1. МАТЕМАТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

Принцип розрахунку раціональної кількості запасних частин до обладнання полягає в тому, що визначають кількість відповідних елементів, котрі можуть вийти з ладу впродовж терміна експлуатації, на який треба застатися запчастинами, з наперед призначеною ймовірністю гарантії забезпечення їх достатності. Останню призначають таким чином: для дослідних зразків обладнання та складових одиниць серійних машин – 0,8; для серійних машин і комплексів – 0,9; для важливих об'єктів безперервного виробництва – 0,95. Розрахунки ведуть за допомогою біноміального закону розподілу випадкових величин і закону Пуасона.

## 1.1. Біноміальний закон розподілу випадкових величин

Дискретна випадкова величина  $X$  вважається розподіленою за біноміальним законом, якщо її можливі значення  $0, 1, 2, \dots, n$ , а ймовірність того, що  $X = m$ , визначається формулою Я. Бернуллі (теорема з повторення дослідів) [1]:

$$P(X=m) = P_{m,n} = C_n^m p^m q^{n-m}, \quad (1)$$

де  $C_n^m$  - кількість сполучень із  $n$  елементів по  $m$  одиниць;  $n$  - загальна кількість елементів чи дослідів, що повторюються;  $m$  - кількість подій (наприклад, відмов), ймовірність появи котрої треба визначити;  $p$  - ймовірність появи події, що цікавить, у кожному окремому досліді;  $q$  - ймовірність протилежної події (у прикладі безвідмовної роботи),  $q = 1-p$ .

Кількість сполучень обчислюють за наступною формулою:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}. \quad (2)$$

Таким чином, ця формула визначає ймовірність того, що деяка подія  $A$  (наприклад, відмова машини) виникне рівно  $m$  раз, якщо виконується  $n$  незалежних дослідів, у кожному з яких ймовірність появи події  $A$  дорівнює  $p$ .

Математичне очікування та дисперсія випадкових величин, що розподілені за біноміальним законом, визначаються відповідно за формулами:

$$m_x = np, \quad (3)$$

$$D_x = npq. \quad (4)$$

На рис. 1 наведені багатокутники біноміального розподілу при зміні його параметрів  $p$  і  $n$ .

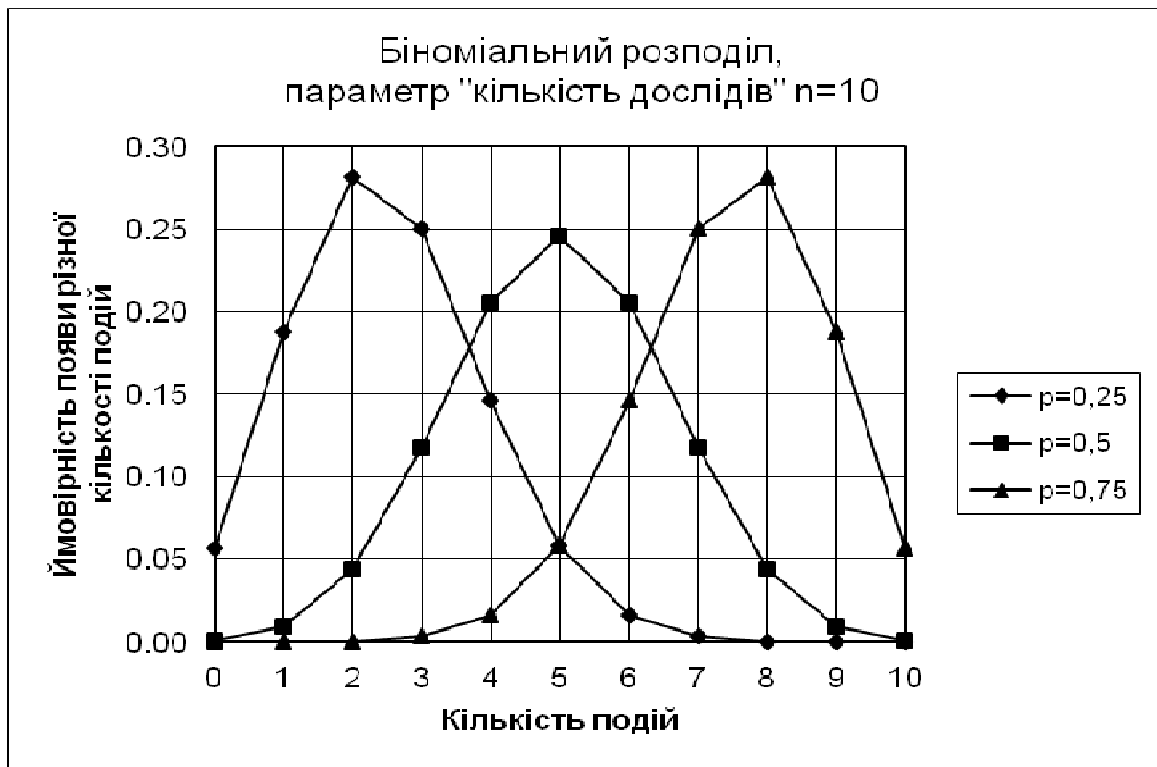


Рис. 1. Біноміальний розподіл при  $n=10$  і зміні ймовірності появи події в одному випробуванні

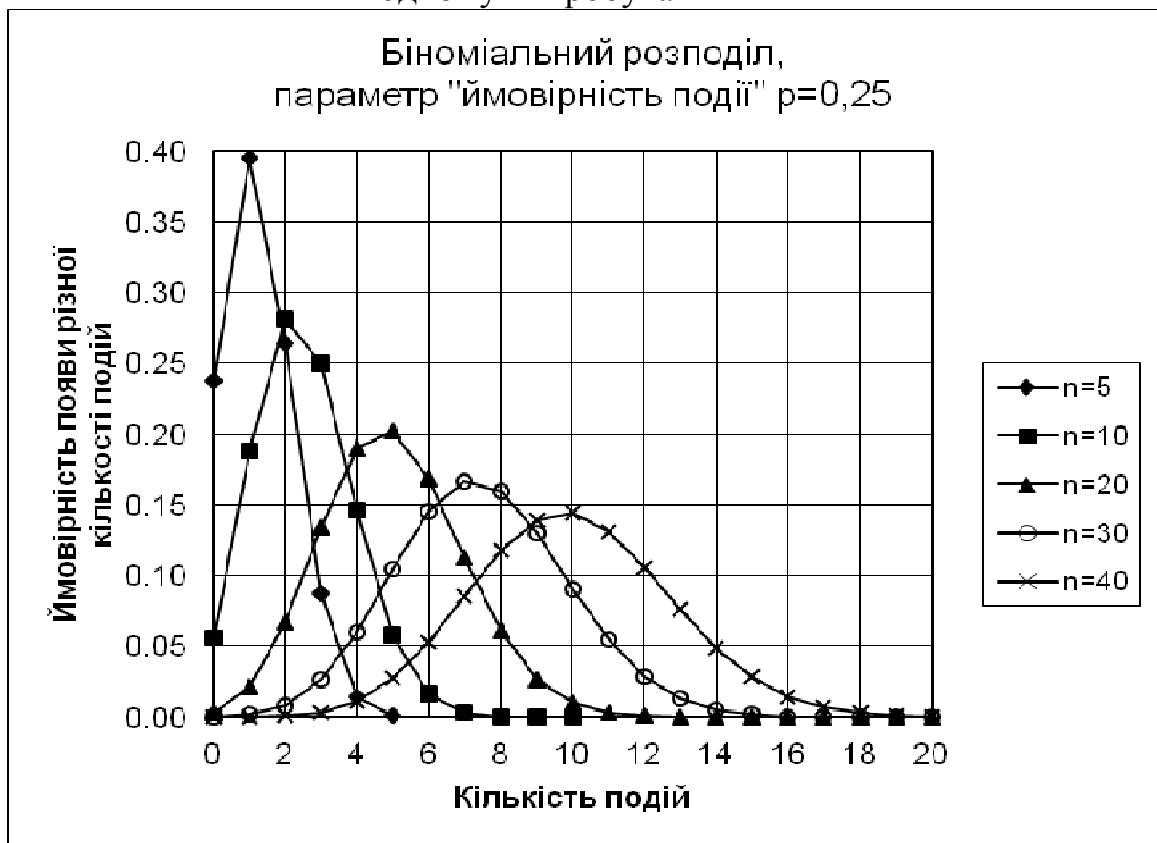


Рис. 2. Біноміальний розподіл при зміні кількості проведених дослідів і ймовірності появи події в одному досліді  $p=0,25$

Як бачимо при значенні параметра  $p=0,5$  розподіл є симетричним відносно математичного очікування. У випадку рішення задач надійності

ймовірність відмови, на щастя, звичайно менше 0,5 (тобто  $p < 0,5$ ) розподіл має позитивну скошеність, яка збільшується зі зменшенням цього параметру і навпаки – якщо  $p > 0,5$  розподіл має негативну скошеність, яка збільшується зі збільшенням цієї ймовірності. Збільшення параметра  $n$ , який в нашому випадку відображує кількість дослідів чи кількість одночасно працюючих однорідних технічних об'єктів, які можуть відмовити чи не відмовити за деякий наперед визначений час призводить до розтягування розподілу вздовж вісі абсцис з одночасним зменшенням скошеності і поступовим наближенням кривої розподілу до симетричного виду нормального закону. Як відомо при  $n \rightarrow \infty$  біноміальний розподіл трансформується в нормальний.

## 1.2. Закон розподілу випадкових величин Пуасона

Розподіл Пуасона являє собою граничний випадок біноміального коли кількість проведених дослідів  $n$  наближається до нескінченності, а ймовірність появи події в одному випробуванні  $p$  – до нуля таким чином, що добуток  $np$  зберігає постійне значення  $a$ , яке дорівнює кількості подій (відмов обладнання) на протязі деякого часу:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} np = a, \quad \text{при цьому } a > 0.$$

У такому випадку ймовірність того, що відмови (чи інші події) з'являться рівно  $m$  раз у нескінченно довгій серії дослідів визначають наступним чином

$$P(X=m) = P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (5)$$

де  $a$  – параметр розподілу Пуасона.

Таким чином, дискретна випадкова величина  $X$  зветься розподіленою за законом Пуасона, якщо її можливі значення 0, 1, 2, 3 ...,  $m$ , ..., а ймовірність того, що  $X = m$ , визначається формулою (5).

Математичне очікування та дисперсія випадкової величини, що розподілена за законом Пуасона, дорівнюють його параметру:

$$m_x = D_x = a.$$

Розподіл Пуасона описує кількість подій (відмов), що відбуваються в однакові проміжки часу, чи на однакових відрізках простору за умови, що події відбуваються незалежно одна від одної з постійною середньою інтенсивністю.

У зв'язку з тим, що ймовірність подій при цьому законі незначна ( $p \rightarrow 0$ ) його іноді звать «законом рідких явищ». Вплив зміни параметра розподілу на вигляд його багатокутника наведено на рис. 3. Як бачимо зростання середньої кількості відмов упродовж заданого проміжку часу (параметр  $a$ ) значна позитивна скошеність розподілу зменшується, він розтягується вздовж вісі кількості відмов за цей проміжок часу і багатокутник виглядає більш симетричним.

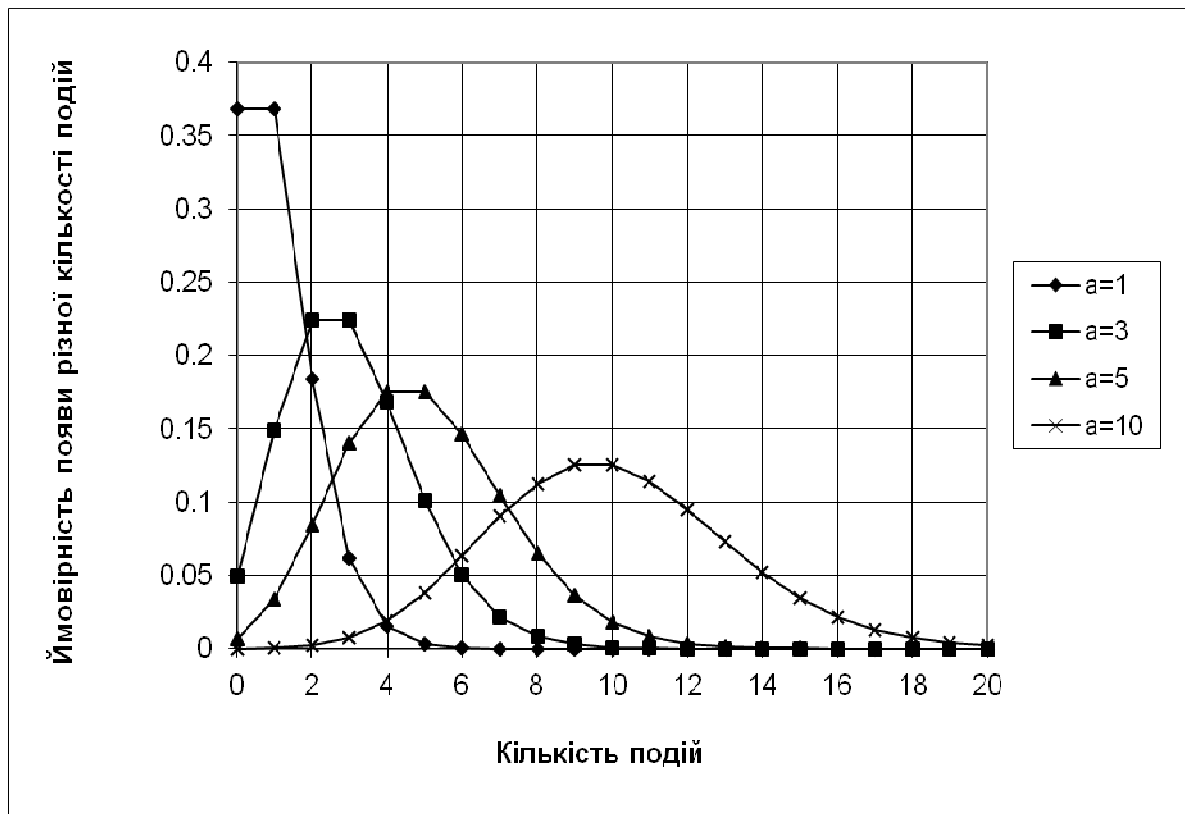


Рис. 3. Пуассонівський розподіл випадкових величин при різних значеннях параметра

## 2. ПОТІКИ ВІДМОВ МАШИН І ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Потоком відмов* зветься послідовність відмов, які трапляються одна за одною у випадкові моменти часу.

*Інтенсивністю (щільністю) потоку відмов* зветься середня кількість відмов упродовж одиниці часу.

У загальному вигляді функція інтенсивності відмов за дуже короткий проміжок часу при умові, що до цього відрізка часу відмов не було, має вигляд:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (6)$$

де  $f(t)$  - щільність розподілу терміну безвідмовної роботи,  $P(t)$  - функція ймовірності безвідмовної роботи (вона також зветься кривою спаду та функцією надійності), яка являє собою протилежну функцію до функції розподілу терміну безвідмовної роботи:

$$P(t) = 1 - F(t), \quad (7)$$

де  $F(t)$  - функція розподілу терміну безвідмовної роботи.

Інтенсивність відмов, що притаманна багатьом явищам, має «коритообразну» форму (рис. 4).

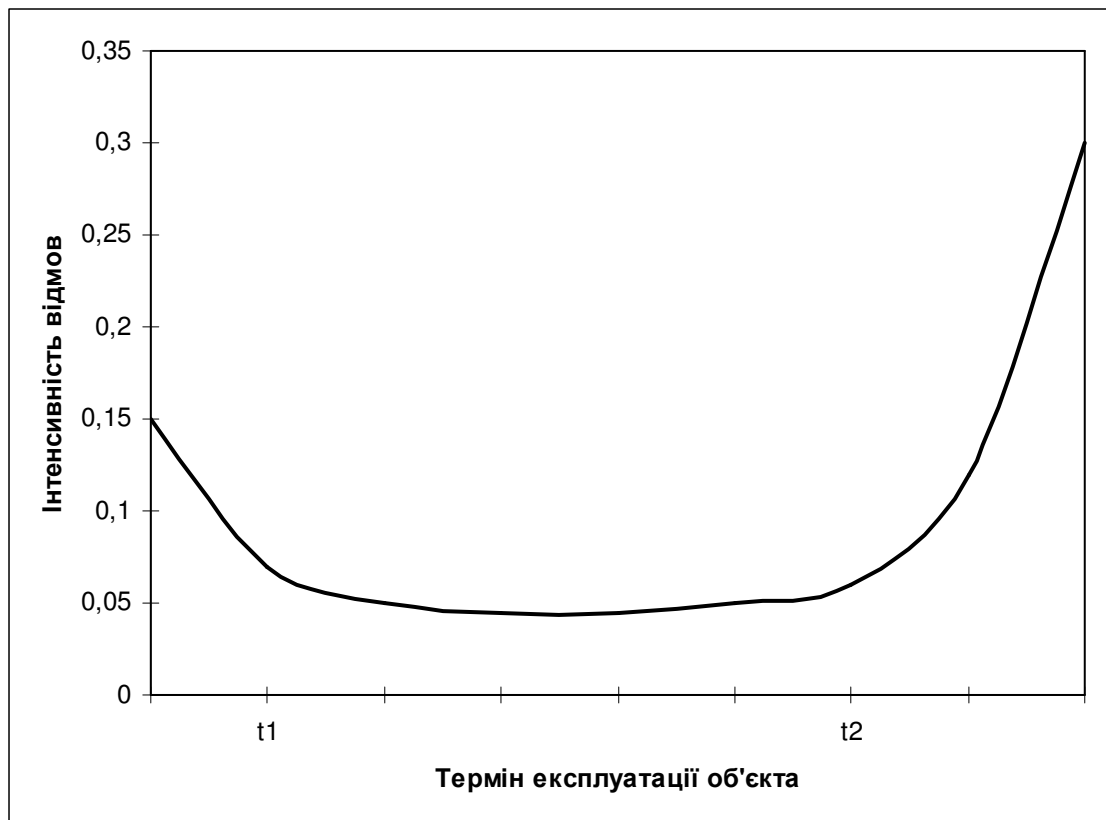


Рис. 4. Інтенсивність відмов обладнання з часом його використання

Для початкового періоду експлуатації об'єктів до моменту  $t_1$  інтенсивність відмов відносно завищена внаслідок припрацювання деталей машин і вибуття з ладу дефектних елементів. Потім інтенсивність відмов залишається приблизно постійною на відносно низькому рівні до моменту  $t_2$ , після чого вона зростає внаслідок появи зносних відмов, відмов унаслідок утомленості матеріалів і наближення граничного стану об'єкта.

При проектуванні нових гірничих і збагачувальних машин виконують аналіз кривих інтенсивності відмов при експлуатації найближчих аналогів об'єкта, що створюється. Це дозволяє таким чином розрахувати довговічність елементів нової машини, щоб їх моменти  $t_2$  групувалися одночасно та припадали на проміжні чи капітальні ремонти. Також бажано, щоб досягнення граничного стану елементами об'єкта теж збігалось в часі.

Розглянемо класифікацію потоків відмов машин, котрі можуть виникати при експлуатації різноманітних комплексів технологічного устаткування.

Потік зветься *поток без післядії*, якщо ймовірність появи на будь-якому проміжку часу тієї чи іншої кількості відмов не залежить від того, яка кількість відмов з'явилася на іншому проміжку часу, який не перетинається з даним. На практиці такий потік відмов формується тоді, коли кількість елементів, які потенційно можуть відмовити, достатньо велика за для того, щоб декількох нових елементів, котрі з'явилися замість вибулих з ладу в попередній проміжок часу, змінили картину розподілу ймовірностей появи відмов у подальшому. В інших випадках потік відмов має післядію.



Потік відмов зветься *ординарним*, якщо ймовірність появи на елементарному проміжку часу  $\Delta t$  двох і більше відмов знехтувано мала в порівнянні з ймовірністю появи однієї відмови. Ознакою такого потоку відмов є відсутність практично одночасного виходу з ладу елементів, потік відмов яких розглядається.

Ординарний потік відмов без післядії зветься *пуасоновським потоком*. При цьому кількість відмов, що припадає на будь-який проміжок часу  $(t_0, t_0 + \tau)$ , розподілено за законом Пуасона. У цьому разі параметр  $a$  являє собою математичне очікування кількості відмов, що припадає на цей проміжок:

$$a = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} \lambda(t) dt \quad (8)$$

Якщо функція інтенсивності відмов (6) постійна в часі, пуасоновський потік зветься *стаціонарним пуасоновським* чи *простішим потоком відмов*. Для простішого потоку кількість відмов, що припадають на будь-який проміжок часу  $\tau$ , розподілено за законом Пуасона (5) з параметром, визначеним за формулою (8):  $a = \lambda \tau$ .

Простіший потік відмов формується коли експлуатується велика кількість різноманітних машин і обладнання, котрі за своєю більшістю пройшли період приробки, іноді виходять з ладу, підлягають відновленню працездатного стану, технічному обслуговуванню й не досягли свого граничного стану. Таким вимогам, зазвичай, відповідають умови експлуатації вибійного обладнання, магістрального транспорту гірничих підприємств, збагачувального устаткування гірничо-збагачувальних комбінатів.

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДО ГІРНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ

Як зазначалося раніше, раціональну кількість запасних частин на будь-який наперед заданий термін визначають за кількістю можливих відмов цих елементів упродовж цього часу. Кількість можливих відмов розраховують за допомогою законів Пуасона чи біноміального в залежності від фізики формування потоку відмов і наявних вихідних даних.

У разі наявності кількості елементів об'єкта, що знаходяться в експлуатації і можуть відмовити, тобто є можливість точно визначити кількість випробувань, у тлумаченні теореми з повторення дослідів, і ймовірність відмови елемента впродовж терміна, на який треба визначити кількість запасних частин, використовують біноміальний розподіл випадкових величин.

У випадках, коли умови експлуатації, з урахуванням впливу системи відбудови працездатного стану, формують простіший потік відмов, чи коли в експлуатації знаходиться значна кількість елементів, для котрих треба закласти резерв, і, в тлумаченні теореми з повторення дослідів, кількість елементів (тобто дослідів) збільшується в зв'язку із заміною відмовивших елементів і яка

може сягати нескінченності, використовують закон розподілу Пуасона. Цей закон також можливо використовувати для розрахунку раціональної кількості запасних частин і контролю якості продукції замість біноміального розподілу в випадках коли ймовірність відмови чи доля браку не перевищує 0,1. При цьому похибка не перевищує похибки звичайних інженерних розрахунків.

#### 4. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

Умова завдання: досвід експлуатації деякої марки різців вуглевидобувних комбайнів на шахті з міцним вугіллям, що містить тверді вкраплення, свідчить, що за місяць (90 видобувних змін) виходе з ладу в середньому 390 різців на один комбайн. Спостереження та опитування робітників дозволило встановити, що вихід з ладу різців трапляється випадково незалежно від часу доби та декади місяця; заміна зламаних різців виконується негайно; одночасного виходу різців з ладу не спостерігалось. Визначити кількості різців, котрі необхідно мати на видобувній ділянці шахти, щоб комбайн мав можливість відпрацювати зміну та добу (3 зміни) без простоїв за відсутністю різців з ймовірністю забезпечення резерву 95 %. Тривалість зміни 6 годин.

Спочатку визначимо параметр потоку відмов різців – тобто його інтенсивність:

$$\lambda = \frac{390}{90 * 6} = 0.7222 \text{ відмов за годину.}$$

З'ясуємо вид потоку відмов, який має місце. Виходячи з того, що інтенсивність відмов різців значно менша за кількість різців, розташованих на робочих органах комбайну, і заміна зламаних різців виконується негайно, тобто вихід з ладу різця не збільшує навантаження на сусідні різці та, відповідно, не змінює ймовірність їх відмови, можливо припустити про наявність потоку відмов без післядії. У зв'язку з тим, що одночасного виходу різців з ладу не спостерігалось, потоку відмов можна віднести до ординарних. Незалежність інтенсивності потоку відмов різців від часу доби та декади місяця свідчить про стаціонарність потоку відмов. Підсумовуючи наведене, можна зробити висновок, що має місце простіший потік відмов різців. Тому кількість відмов, що припадають на проміжок часу довжиною в одну зміну, розподілено за законом Пуасона з параметром:

$$a = \lambda \tau = 0,7222 * 6 = 4,333 \text{ відмов упродовж зміни.}$$

Якщо оцінити ймовірність відмови різця впродовж зміни, для чого треба визначити співвідношення середньої кількості відмов упродовж зміни  $a$  до кількості різців на комбайні. отримаємо значення менше ніж 0,1, що є додатковим аргументом у правомочності застосування закону Пуасона. Тобто розподіл можливої кількості відмов різців у зміну має наступний вигляд:

$$P_m = \frac{4.333^m}{m!} e^{-4.333},$$

де:  $m$  – кількість різців, що може відмовити впродовж зміни;  $\tau$  - тривалість зміни.

Складемо ряд розподілу та побудуємо відповідну функцію розподілу (табл. 1.). При цьому задаємо можливу кількість відмов різців у зміну ( $m$ ), розраховуємо відповідні ймовірності  $P_m$  і відповідне значення функції розподілу  $F(m)$  кількості відмов різців у зміну. Розрахунки можна виконувати калькулятором. Однак більш зручно це робити в програмі Excel за допомогою функції «Пуасон». Середнє очікуване значення є параметр  $a$ , логічне значення при визначенні ймовірності заданої кількості відмов (вантажна функція розподілу) обирають  $\theta$  при визначенні функції розподілу  $F(m)$  обирають  $1$ .

Таблица 1

Ряд розподілу кількості відмов різців у зміну

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pm	0.0131	0.0569	0.1232	0.178	0.1928	0.1671	0.1207	0.0747	0.0405	0.0195	0.0084
F(m)	0.0131	0.07	0.1932	0.3712	0.564	0.7311	0.8518	0.9265	0.967	0.9865	0.9949



Аналіз результатів розрахунку дозволяє зробити висновок, що машиністу комбайна для забезпечення безперервної роботи впродовж зміни з ймовірністю 95 % треба мати 8 різців (при цьому значенні функції розподілу  $F(m)$  перетинає рівень ймовірності забезпечення резерву 0,95).

Аналогічно визначимо параметр закону Пуасона для випадку розрахунку кількості резервних різців на добу:

$$a = \lambda \tau = 0,7222 * 6 * 3 = 13 \text{ відмов упродовж доби.}$$

Розподіл можливої кількості відмов різців за добу:

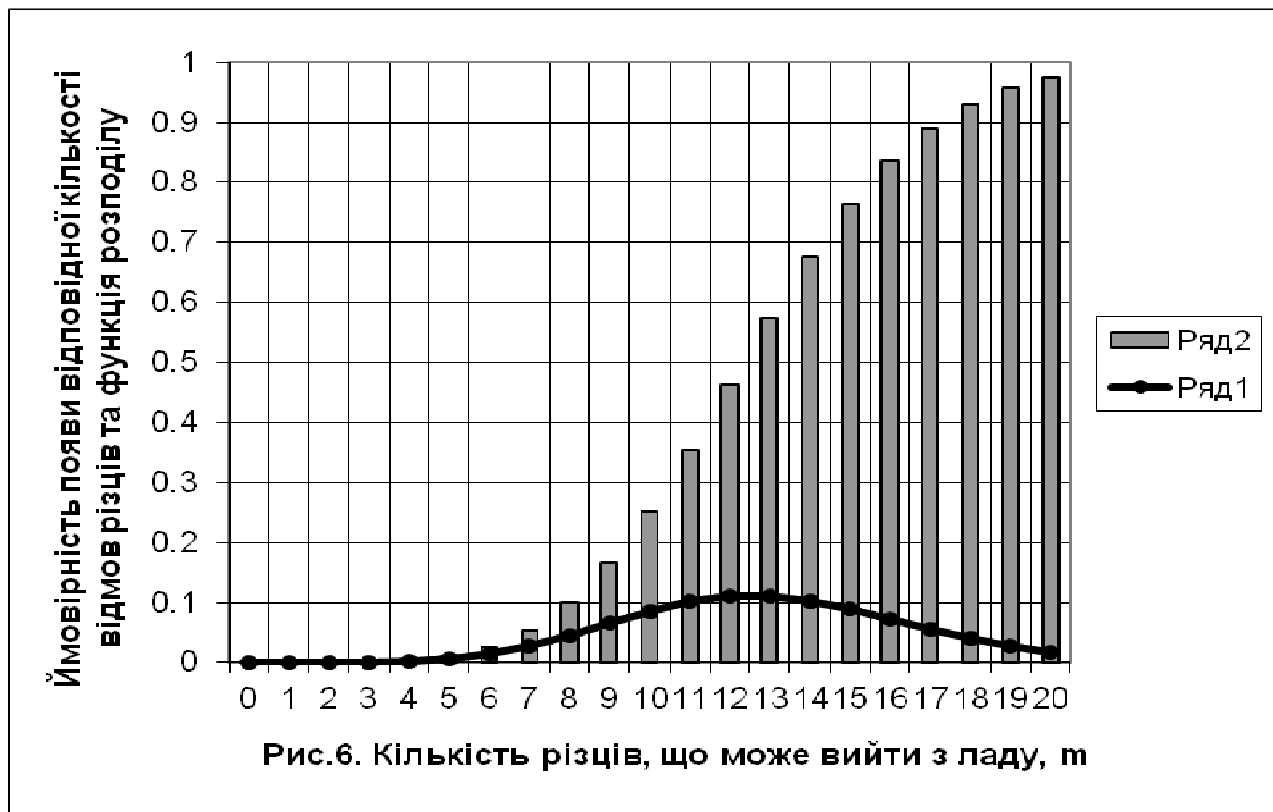
$$P_m = \frac{13^m}{m!} e^{-13},$$

Розрахуємо ряд розподілу кількості відмов різців упродовж доби (табл. 2.).

## Ряд розподілу кількості відмов різців упродовж доби

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pm	2E-06	3E-05	0.0002	0.0008	0.0027	0.007	0.0152	0.0281	0.0457	0.0661	0.0859
F(m)	2E-06	3E-05	0.0002	0.0011	0.0037	0.0107	0.0259	0.054	0.0998	0.1658	0.2517

m	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pm	0.1015	0.1099	0.1099	0.1021	0.0885	0.0719	0.055	0.0397	0.0272	0.0177
F(m)	0.3532	0.4631	0.573	0.6751	0.7636	0.8355	0.8905	0.9302	0.9573	0.975



Таким чином для забезпечення безперервної роботи комбайна впродовж доби (Звидобувної зміни) з ймовірністю 95 % треба мати 19 різців.

Треба звернути увагу на те, що результат розрахунку резерву на 3 зміни не втричі більше ніж на 1 зміну так як закон Пуасона автоматично враховує період часу, на який визначаємо запасні різці (зазначений результат пояснюється тим фактом, що після кожної зміни в середньому будуть залишатися невикористаних приблизно 3 різця та запас на подальшу роботу повинен бути меншим).

На підставі наведених розрахунків можна зробити практичний висновок: чим на більший період ми розраховуємо резерв тим меншим має бути коефіцієнт його запасу в порівнянні із середніми витратами елементів, що резервуються.

## 5. ЗАДАЧІ ТА ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1. На шахті планується використовувати 8 очисних комбайнів одного типу. Практика експлуатації цих комбайнів в аналогічних гірничо-геологічних умовах показала, що кількість відмов механізмів подачі комбайнів, що вимагають їх заміни, в середньому становить  $n$  в рік на один комбайн. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних механізмів подачі комбайна, яке повинна мати служба механіка на один квартал, щоб з імовірністю не меншою 95% була забезпечена робота шахти без простоїв через відсутність запасних елементів. Побудувати функцію розподілу кількості запасних механізмів подачі.

Варіанти: 1)  $n = 1,2$ ; 2)  $n = 0,8$ ; 3)  $n = 1,6$ .

2. На шахті використовується 880 секцій механізованого кріплення деякого типу. Експлуатація цього кріплення показала, що в середньому за рік виходить з ладу  $n$  таких секцій. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних секцій механізованого кріплення, яку повинна замовити шахта на найближчий місяць, щоб з імовірністю не меншою 98% була забезпечена робота шахти без простоїв через відсутність запасних елементів. Побудувати функцію розподілу кількості запасних секцій механізованого кріплення.

Варіанти: 1)  $n = 40$ ; 2)  $n = 120$ ; 3)  $n = 90$ .

3. Досвід експлуатації деякої марки очисного комбайна показав, що пускач його двигуна виходить з ладу в середньому раз на рік. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних пускачів, яке повинна мати служба механіка ділянки на найближчий рік, щоб з імовірністю 96% забезпечити безперебійну роботу очисних вибоїв, якщо на ділянці використовується  $n$  комбайнів. Побудувати багатокутник розподілу кількості відмов пускачів на рік.

Варіанти: 1)  $n = 4$ ; 2)  $n = 5$ ; 3)  $n = 7$ .

4. Досвід експлуатації системи автоматичного управління очисного комбайна «УРАН» показав, що її електрична частина відмовляє в середньому 1,2 рази в квартал. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних електричних частин системи «УРАН», яке необхідно мати на найближчий місяць, щоб з імовірністю 90% забезпечити безперебійну роботу шахти, якщо в ній експлуатується  $n$  комбайнів. Побудувати функцію розподілу кількості відмов на місяць системи автоматичного управління.

Варіанти: 1)  $n = 12$ ; 2)  $n = 9$ ; 3)  $n = 16$ .

5. Експлуатація очисних комбайнів з ланцюговим тяговим органом на похилих пластах показала, що обрив ланцюга трапляється в середньому  $n$  раз на місяць. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість з'єднувальних ланок ланцюга, яке повинен мати машиніст комбайна, щоб з імовірністю 98% можна було усунути відмову протягом кварталу. Побудувати багатокутник розподілу числа обривів ланцюга на місяць.

Варіанти: 1)  $n = 1$ ; 2)  $n = 1,3$ ; 3)  $n = 0,9$ .

6. Експлуатація очисного комбайна деякого типу показала, що робочі параметри гідроциліндрів, керуючих становищем виконавчого органу, виходять за допустимі межі в середньому через 9 місяців. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних гідроциліндрів, яке повинна мати служба механіка шахти, щоб з імовірністю 98% забезпечити можливість їх заміни протягом року, якщо на шахті експлуатується  $n$  комбайнів даного типу, що мають по 2 гідроциліндра. Побудувати функцію розподілу кількості запасних гідроциліндрів.

Варіанти: 1)  $n = 4$ ; 2)  $n = 3$ ; 3)  $n = 2$ .

7. Експлуатація електродвигунів очисних комбайнів деякого типу показала, що їхні відмови спостерігаються в середньому раз в  $n$  місяців. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних електродвигунів, яке має бути на шахті, щоб з імовірністю 97% забезпечити можливість їх заміни протягом року, на шахті експлуатується 5 комбайнів. Побудувати функцію розподілу кількості запасних електродвигунів.

Варіанти: 1)  $n = 9$ ; 2)  $n = 8$ ; 3)  $n = 10$ .

8. Експлуатація гідроприводу навантажувальної машини показала, що гідроциліндри повороту і підйому скребкового конвеєра мають середній ресурс  $n$  місяців. Інтенсивність відмов постійна. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних гідроциліндрів, яке повинна мати служба механіка шахти, щоб з імовірністю 97% забезпечити можливість їх заміни протягом року. На шахті використовується 2 вантажні машини, кожна з яких має по 4 гідроциліндра. Побудувати багатокутник розподілу кількості запасних гідроциліндрів на рік.

Варіанти: 1)  $n = 8$ ; 2)  $n = 9$ ; 3)  $n = 10$ .

9. Експлуатація навантажувальних машин показала, що за рік відмовило  $n$  роликів нагортаючих лап. Інтенсивність відмов можна вважати постійною. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість

запасних роликів, яке має бути на шахті, щоб протягом місяця з ймовірністю 96% забезпечити роботу навантажувальних машин без простоїв через відсутність запасних елементів. Побудувати функцію розподілу кількості запасних роликів на місяць.

Варіанти: 1)  $n = 32$ ; 2)  $n = 35$ ; 3)  $n = 38$ .

10. Відмови гідронасосів навантажувальних машин спостерігаються раз на два місяці. Інтенсивність відмов постійна. Спостереження та опитування працівників показало, що вихід з ладу зазначених елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного пошкодження не спостерігалось. Визначити кількість запасних гідронасосів, яке повинна мати шахта, для того щоб з ймовірністю 98% забезпечити безперебійну роботу навантажувальних машин протягом кварталу. На шахті використовується  $n$  машин. Побудувати багатокутник розподілу кількості запасних гідронасосів.

Варіанти: 1)  $n = 3$ ; 2)  $n = 5$ ; 3)  $n = 7$ .

11. На шахті планується використати  $n$  забійних скребкових конвеєрів одного типу. Практика експлуатації цих конвеєрів у аналогічних гірничо-геологічних умовах показала, що кількість відмов конвеєрів унаслідок зносу приводної зірочки, яка потребує подальшої її заміни, в середньому складає три відмови в рік на один конвеєр. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити кількість запасних зірочок, яку повинна мати служба механіка на один квартал, щоб з ймовірністю не менше за 90% забезпечити безперебійну роботу шахти. Побудувати функцію розподілу кількості запасних зірочок.

Варіанти: 1)  $n = 8$ ; 2)  $n = 9$ ; 3)  $n = 7$ .

12. Ланцюг скребкового конвеєра має 2000 ланок. Експлуатація конвеєра показала, що в середньому виходить з ладу  $n$  ланок у рік. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити кількість запасних ланок на місяць, щоб з ймовірністю 90% забезпечити безперебійну роботу шахти. Побудувати функцію розподілу кількості запасних ланок ланцюга

Варіанти: 1)  $n = 38$ ; 2)  $n = 200$ ; 3)  $n = 96$ .

13. Грохот має 300 гумово-стрічковими струнними ситами. Практика експлуатації цих сит в аналогічних умовах показала, що кількість поривів струн, викликаних випадковими чинниками фізичного характеру, складає  $n$  у рік на один грохот. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити кількість запасних струн, яку необхідно мати на місяць, щоб з ймовірністю 95% забезпечити безперебійну роботу грохоту. Побудувати функцію розподілу кількості запасних сит.

Варіанти: 1)  $n = 90$ ; 2)  $n = 120$ ; 3)  $n = 60$ .

14. Відмова лопатей розвантажувального пристрою спостерігається в середньому 2,5 разу в квартал. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити кількість запасних лопатей розвантажувального пристрою, який необхідно мати для того, щоб з імовірністю 90% забезпечити безперебійну роботу  $n$  відсаджувальних машин упродовж місяця, якщо відомо, що кожна машина має три розвантажувальні пристрої. Побудувати функцію розподілу кількості запасних елементів на вказаний

Варіанти: 1)  $n = 1$ ; 2)  $n = 2$ ; 3)  $n = 3$ .

15. Порив сита на грохотах тонкого грохотіння відбувається в середньому раз у два місяці. Грохот має 4 сита. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити кількість запасних сит, яка має бути у відділенні фабрики, щоб з імовірністю 90% їх вистачило для  $n$  грохотів на місяць. Побудувати функцію розподілу кількості запасних елементів на вказаний період.

Варіанти: 1)  $n = 2$ ; 2)  $n = 3$ ; 3)  $n = 4$ ; 4)  $n = 5$ .

16. Із-за несприятливого поєднання зовнішніх і внутрішніх чинників впродовж року в середньому виходить з ладу 22 елементи футерування на одну дробарку. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити кількість запасних елементів футерування, яке потрібне на місяць, щоб з імовірністю 95% їх вистачило для безперебійної роботи  $n$  дробарок. Побудувати функцію розподілу кількості запасних елементів на вказаний

Варіанти: 1)  $n = 2$ ; 2)  $n = 3$ ; 3)  $n = 4$ ; 4)  $n = 5$ .

17. Катки важкосередовищних сепараторів відділення збагачувальної фабрики за даними спостережень мають потік відмов з інтенсивністю 2,1 відмови в місяць. Спостереження і опитування працівників показало, що вихід з ладу вказаних елементів відбувається випадково, незалежно від часу доби і декади місяця, одночасного виходу з ладу не спостерігалось. Визначити необхідну кількість запасних катків на  $n$  місяців, щоб забезпечити безперебійну роботу відділення фабрики з імовірністю 85%. Побудувати функцію розподілу кількості запасних елементів на вказаний

Варіанти: 1)  $n = 2$ ; 2)  $n = 3$ ; 3)  $n = 4$ ; 4)  $n = 5$ .



## 5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Оцінка результатів виконання індивідуального розрахункового завдання з дисципліни «Надійність гірничих машин та комплексів» здійснюється наступним чином:

1. Якщо завдання виконано у повному обсязі, на підставі класифікації потоку відмов, що має місце в запропонованій виробничій ситуації, обґрунтовано використання того чи іншого закону розподілу кількості відмов упродовж заданого періоду, виконані розрахунки та отримані вірні відповіді стосовно об'єму резерву, робота оцінюється в 90-100 балів у залежності від доповіді при її захисті;
2. Якщо завдання виконано у повному обсязі, є зауваження стосовно класифікації потоку відмов, що має місце в запропонованій виробничій ситуації чи до обґрунтування використаного закону розподілу кількості відмов упродовж заданого періоду, а виконані розрахунки стосовно об'єму резерву є вірними, робота оцінюється в 82-89 балів у залежності від доповіді при її захисті;
3. Якщо завдання виконано не у повному обсязі чи є зауваження стосовно класифікації потоку відмов чи не обґрунтовано використання закону розподілу кількості відмов упродовж заданого періоду, а виконані розрахунки стосовно об'єму резерву є вірними, робота оцінюється в 74-81 балів у залежності від доповіді при її захисті;
4. Якщо завдання виконано не у повному обсязі, відсутня класифікація потоку відмов чи не обґрунтовано використання закону розподілу кількості відмов упродовж заданого періоду, а виконані розрахунки стосовно об'єму резерву є вірними, робота оцінюється в 64-73 балів у залежності від доповіді при її захисті;
5. Якщо завдання виконано не у повному обсязі, відсутня класифікація потоку відмов, не обґрунтовано використання закону розподілу кількості відмов упродовж заданого періоду, а виконані розрахунки стосовно об'єму резерву є вірними, робота оцінюється в 60-63 балів у залежності від доповіді при її захисті;
6. Якщо завдання виконано не у повному обсязі, відсутня класифікація потоку відмов, не обґрунтовано використання закону розподілу кількості відмов упродовж заданого періоду, а виконані розрахунки стосовно об'єму резерву не вірні, робота оцінюється в 35-59 балів у залежності від доповіді при її захисті;
7. Якщо завдання виконано повністю не вірно робота оцінюється в 0-34 балів у залежності від доповіді при її захисті.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник для студентів напряму „Інженерна механіка”. – К.: Либідь, 2003. – 424 с
2. Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и надежность средств комплексной механизации: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1986. - 208 с.
3. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин: Учебное пособие для машиностр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с: ил
4. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. - М.: Машиностроение. 1986. - 224 с., ил.
5. Красников Ю.Д., Солод С.В., Хазанов Х.И. Повышение надежности горных выемочных машин. - М.: Недра, 1989. - 215 с.: ил.