



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

для студентів спеціальності

133 “Галузеве машинобудування”

з дисципліни

**“Технологія виготовлення, надійність і довговічність
устаткування-2. Надійність та довговічність обладнання
хімічних виробництв”**

Київ-2017

Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” з дисципліни “Технологія виготовлення, надійність і довговічність устаткування-2. Надійність та довговічність обладнання хімічних виробництв”: [Електронний ресурс]:/ НТУУ „КПІ”; уклад. І.А. Андреев. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2017. –10 с.

*Гриф надано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету
НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”
(Протокол № 8 від 23 жовтня 2017 р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.

Відповідальний редактор Степанюк Андрій Романович, доцент, к.т.н.,

Рецензент:

Мікульонок Ігор Олегович, професор,
НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, д.т.н.

Навчальне видання

Андреев Ігор Анатолійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

для студентів спеціальності

133 “Галузеве машинобудування”

з дисципліни

“Технологія виготовлення, надійність і довговічність
устаткування-2. Надійність та довговічність обладнання хімічних
виробництв”

Зміст

Вступ.....	4
1. Завдання на розрахунково-графічну роботу.....	5
2. Приклад розрахунку.....	6
Список рекомендованої літератури.....	9

Вступ

Дисципліна «Технологія виготовлення, надійність і довговічність устаткування», яка викладається на кафедрі МАХНВ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», є завершальною у професійно-практичній підготовці фахівців з проектування та експлуатації хімічного обладнання. Дисципліна має дати майбутнім спеціалістам знання методів випробування, прогнозування, розрахунку надійності і включає основи теорій множин, графів та імовірності; розрахунки ймовірностей відмов та подій, надійності складних систем і необхідного резервування; основи випробування і прогнозування надійності.

Метою розрахунково-практичної роботи є набуття досвіду проведення розрахунків надійності і довговічності обладнання хімічних виробництв, систематизація і закріплення лекційного матеріалу.

Теоретичні положення дисципліни викладені у навчальному електронному посібнику І.А.Андрєєва «Основи надійності та довговічності обладнання хімічних виробництв», який є обов'язковою складовою цих методичних вказівок. Посібник розміщено в електронних архівах НТУУ «КПІ»: <http://library.kpi.ua:8080/handle/123456789/2468> і кафедри МАХНВ: <http://ci.kpi.ua/uk/%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%B%D1%8C%D0%BD%D0%BE-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%96-%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BA%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%B4%D1%80%D0%B8/#place>

1. Завдання на розрахунково-графічну роботу

1. Навести технологічну схему процесу, де планується застосування удосконаленого, відповідно до теми магістерської дисертації, апарата.

2. Надати опис технологічного процесу і модернізованого апарата.

3. Розробити структурну схему надійності виробництва.

4. Вивести формулу розрахунку імовірності безвідмовної роботи виробництва.

5. Знайти значення інтенсивності відмов апаратів, які використовуються у технологічному процесі.

6. Розрахувати імовірність безвідмовної роботи виробництва у часі і побудувати відповідний графік при умові, що тривалість безперервної роботи дорівнює 300 годин.

7. Використовуючи отриманий графік визначити:

залежність імовірності безвідмовної роботи виробництва після 1600 годин безперервного функціонування;

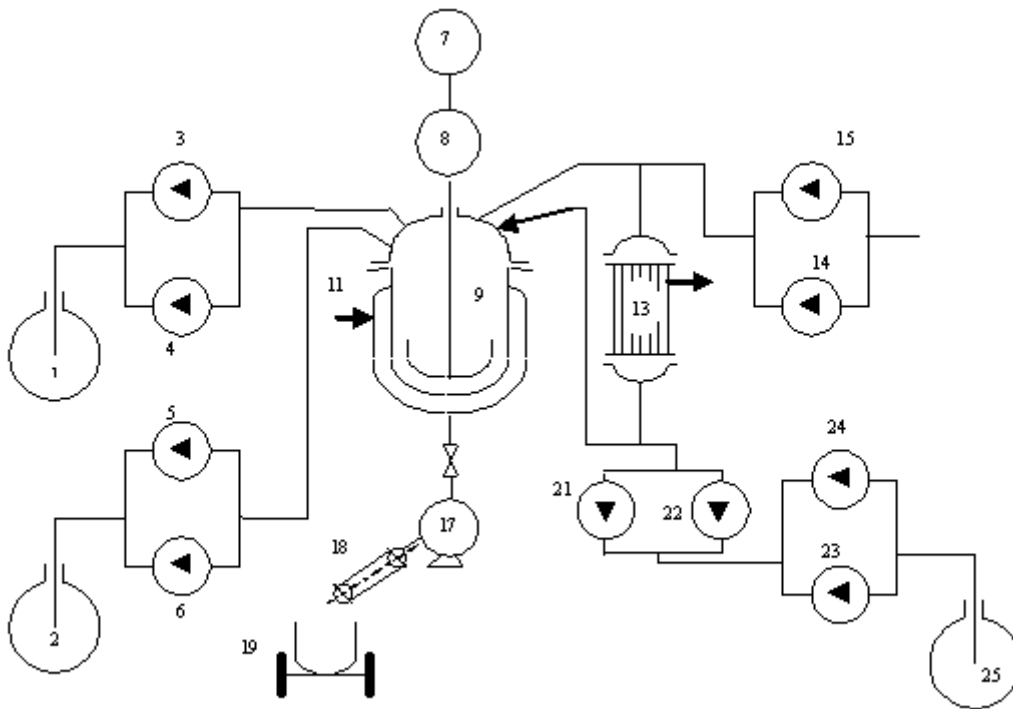
імовірність відмов після 1600 годин безперервного функціонування;

ресурс функціонування системи при умові, що її імовірність безвідмовної роботи до кінця цього терміну t_p не повинен бути нижче 0,65.

2. Приклад розрахунку

Розрахувати імовірність безвідмовної роботи цеху виробництва фенол-формальдегідної смоли.

Схема виробництва подана на рис. 2.1.



1, 2, 25 – цистерни, 3 – 6-насоси, 7 – електродвигун, 8 – редуктор, 9 – реактор, 10 – торцеве ущільнення, 11 – паропостачання, 12 – сепаратор (краплевіддільник), 13 – теплообмінник, 14, 15 – вакуумнасоси, 16 – запірний вентиль з приводом, 17 – кристалізатор, 18 – транспортер, 19 – вагонетка, 20 – система охолодження, 21, 22 – збірники конденсату, 23, 24 – конденсатні насоси.

Рис. 2.1. Схема виробництва фенолформальдегіду

Розробимо структурну схему надійності. Якщо відмова елемента спричиняє відмову всієї системи, тоді цей елемент включається у схему послідовно.

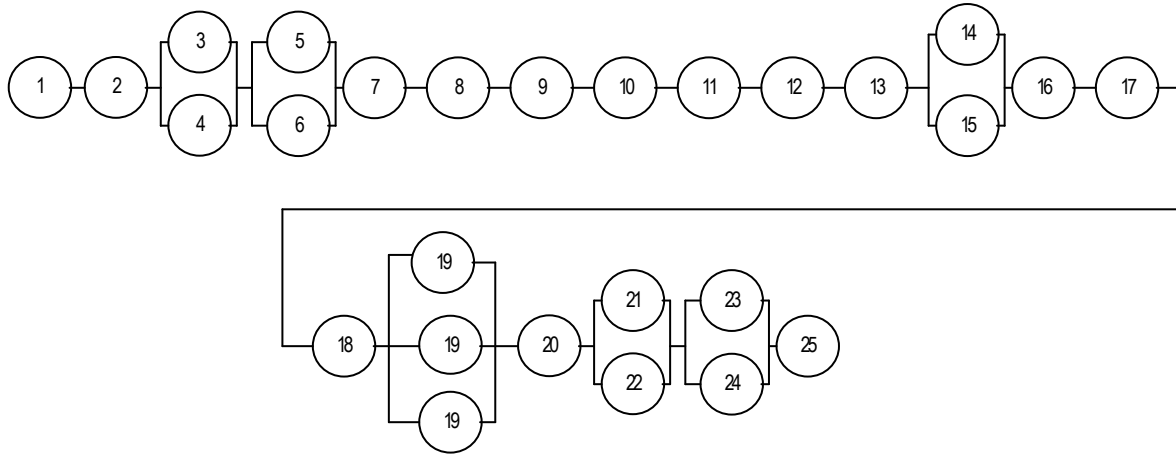


Рис. 2.2. Структурна схема виробництва фенолформальдегіду

Теоретико-множинний запис структурної схеми:

$$P_c = P_1 \cap P_2 \cap (P_3 \cup P_4) \cap (P_5 \cup P_6) \cap P_7 \cap P_8 \cap P_9 \cap P_{10} \cap P_{11} \cap P_{12} \cap P_{13} \cap \\ \cap (P_{14} \cup P_{15}) \cap P_{16} \cap P_{17} \cap P_{18} \cap \left(\bigcup_{i=1}^3 P_{19i} \right) \cap P_{20} \cap (P_{21} \cup P_{22}) \cap (P_{23} \cup P_{24}) \cap P_{25}$$

Припустимо що насоси 3-6 однакові, тобто мають однакову надійність. Також однаковою надійністю характеризуються вакуумнасоси 14,15, вагонетки 19, збірники конденсату 21,22, конденсатні насоси 23-24.

Тоді алгебраїчний запис надійності буде такий:

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{16} \cdot P_{17} \cdot P_{18} \cdot P_{20} \cdot P_{25} \cdot [1 - (1 - P_3)^2]^2 \cdot [1 - (1 - P_{14})^2] \cdot [1 - (1 - P_{19})^3] \cdot [1 - (1 - P_{21})^2] \cdot [1 - (1 - P_{23})^2]$$

Допустимо застосувати такий запис рівняння надійності $P_i = e^{-\lambda t}$, де λ - інтенсивність відмов, 1/годину.

Тоді

$$P_c = e^{-\Lambda t} \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_3 t})^2]^2 \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_4 t})^2] \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_{19} t})^3] \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_{21} t})^2] \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_{23} t})^2],$$

де $\Lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{16} + \lambda_{17} + \lambda_{18} + \lambda_{20} + \lambda_{25}$.

Якщо інтенсивності відмов мають такі значення:

$\lambda_1 = \lambda_2 = 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = \lambda_6 = 35 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_9 = 9 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_8 = 2,1 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_7 = 1,5 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{10} = 7,8 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{11} = 2,3 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{12} = 0,2 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{13} = 3,5 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{14} = \lambda_{15} = 50 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{16} = 8 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{17} = 5,3 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{18} = 2 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{19} = 10 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{20} = 8 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{21} = \lambda_{22} = 0,1 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{23} = \lambda_{24} = 45 \cdot 10^{-5}$ 1/година; $\lambda_{25} = 10^{-5}$ 1/година, тоді можна отримати чисельні величини:

$$\Lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{16} + \lambda_{17} + \lambda_{18} + \lambda_{20} + \lambda_{25} = (1 + 1 + 1,5 + 2,1 + 9 + 7,8 + 2,3 + 0,2 + 8 + 5,3 + 2 + 8 + 1) \cdot 10^{-5} = 49,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/година}$$

$$P_c = e^{-49,2 \cdot 10^{-5} t} \cdot (1 - (1 - e^{-35 \cdot 10^{-5} t})^2)^2 \cdot (1 - (1 - e^{-50 \cdot 10^{-5} t})^2) \cdot (1 - (1 - e^{-10 \cdot 10^{-5} t})^3) \cdot (1 - (1 - e^{-0,1 \cdot 10^{-5} t})^2) \cdot (1 - (1 - e^{-45 \cdot 10^{-5} t})^2)$$

За результатами розрахунків побудуємо графік залежності надійності виробництва від часу $P_c = f(t)$:

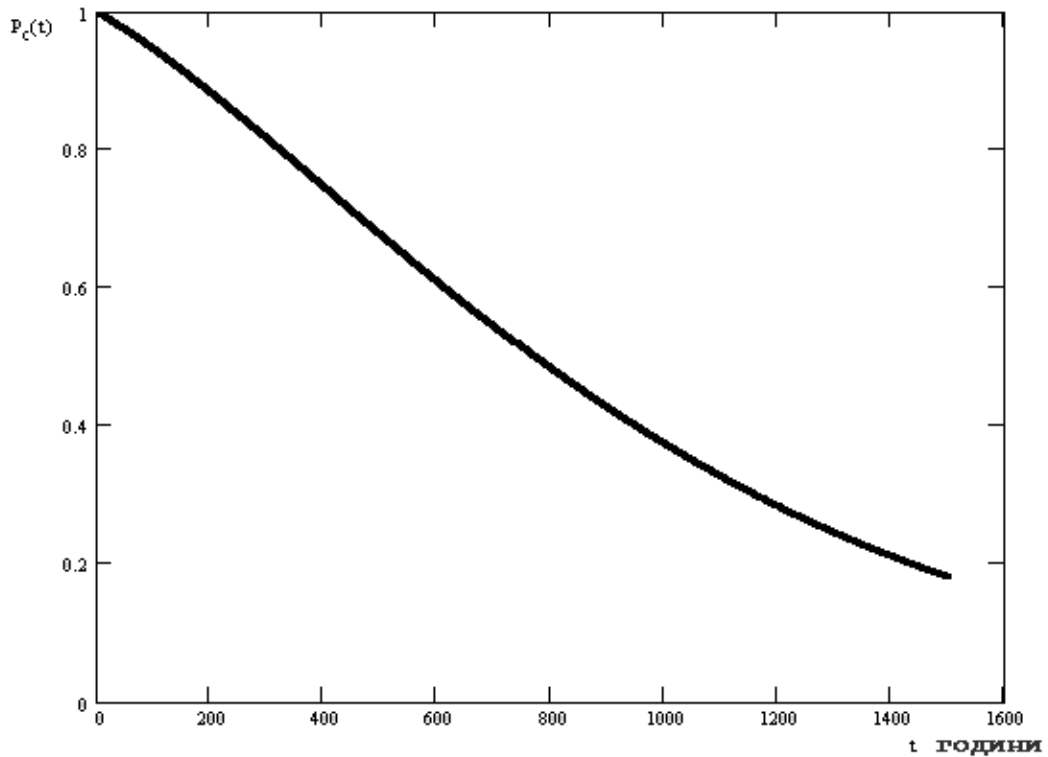


Рис. 2.3. Графік залежності імовірності безвідмовної роботи виробництва фенолформальдегіду від часу

Використовуючи отриманий графік можна визначити імовірність безвідмовної роботи виробництва та імовірність відмов після певного часу безперервного функціонування, ресурс функціонування системи t_p при необхідній імовірності безвідмовної роботи.

Список рекомендованої літератури

1. *Андреев І.А.* Основи надійності та довговічності обладнання хімічних виробництв / І.А.Андреев. – К.: НТУУ «КПІ», Електронне видання, 2013. – 124 с. – Режим доступу:

<http://library.kpi.ua:8080/handle/123456789/2468>

2. *Андреев І.А.* Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» з дисципліни «Технологія виготовлення, надійність і довговічність устаткування-2. Надійність та довговічність обладнання хімічних виробництв» / І.А.Андреев. – К.: НТУУ «КПІ», Електронне видання, 2013. – 33 с. – Режим доступу:

<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2650>

3. *Жилинский И.Б.* Основы надежности и долговечности. Конспект лекций / И.Б.Жилинский. – М.: МВ и ССО РСФСР, МИХМ, 1974. – 160 с.

4. *Андреев І.А.* Розрахунок, конструювання і надійність обладнання хімічних виробництв: Термінологічний словник / І.А.Андреев, І.О.Мікульонок. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2002. – 216 с.

5. *Жилинский И.Б.* Основы надежности и долговечности. Конспект лекций, ч.2 / И.Б.Жилинский. – М.: МВ и ССО РСФСР, МИХМ, 1976. – 154 с.

6. *Шубин В.С.* Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств / В.С.Шубин, Ю.А.Рюмин. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 359 с.