УДК 629.113.011.004

ГУДЗ Г.С., докт.техн.наук, професор,
ОСТАШУК М.М., канд.техн. наук, доцент,
Національний університет «Львівська політехніка»
КОРОЛЕВИЧ Л.М., ст. викладач,
НКЦ у м. Львові Національного транспортного університету

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ДЕФЕКТУВАННЯ АВТОБУСНИХ КУЗОВІВ НА ЗАСАДАХ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ

Викладено принципи систематизації дефектів автобусних кузовів та методику і результати визначення раціональної тривалості їх дефектування на засадах ймовірнісно-статистичного підходу.
The principles of systematization of bus bodies' defects, the methods and results of determination of their rational lasting of defectation on the grounds of probability-statistical approach are explained.

Вступ. Систематичне збільшення кількості автобусів в експлуатації вимагає відповідної організації їх технічного обслуговування та ремонту, в тому числі й кузова, який є найдорожчою складовою частиною автобуса. Тому збереженню кузова в належному технічному стані для забезпечення своєчасного капітального ремонту надається винятково велике значення.

Постановка проблеми. Ремонт кузова складає 50—70% від загального обсягу робіт з капітального ремонту автобуса, при якому економія тільки листового металу, у порівнянні з виготовленням нового кузова, становить 76—78% [1]. При цьому якість відремонтованих кузовів не повинна поступатися за своєю міцністю й довговічністю новому кузову.

На якість ремонту у значній мірі впливає своєчасне виявлення дефектів, їх систематизація та раціональна організація робіт контрольно-сортувальних дільниць автобусоремонтних заводів (цехів). Це й визначає актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження ремонтопридатності кузовів проводились досить давно [2, 3, 4] за причини тимчасової перерви у масовому випуску вітчизняних автобусів. На сьогодні ситуація налагоджується, і тому виникла потреба повернутись до аналогічних досліджень.

Мета статті. Метою роботи є дослідження дефектів кузовів вітчизняних автобусів, їх систематизація та визначення раціонального часу їх дефектування під час ремонту на засадах ймовірнісно-статистичного підходу.

Матеріали та результати дослідження. Дефектування деталей – специфічна складова технологічного процесу капітального ремонту автомобілів, яка відсутня при їх виготовленні.

Дефектувальні роботи передбачають виконання трьох груп операцій: контроль деталей та вузлів розібраних автомобілів з метою виявлення їх якісного стану – дефектування; сортування деталей або вузлів на «придатні без ремонту», «ті, що підлягають ремонту» та «непридатні». Нагромадження інформації про результати контролю та сортування необхідне для оперативного керування виробництвом, розрахунку коефіцієнтів заміни та

ремонту.

Для аналізу й прогнозування доцільності виду організації системи контролю або її підсистем необхідна формалізація виробничого процесу, тобто побудова чіткого математичного опису процесу з необхідним ступенем наближення до дійсності, а також розроблення математичної моделі функціонування дільниці контролю-сортування деталей ремонтного фонду.

Якщо уявити собі надходження початкового матеріалу на вхід виробничої системи як деяку вимогу, що змушує систему функціонувати відповідно до правил технології, то можна констатувати, що система обслуговує цю вимогу. Таким чином, виробничий процес можна представити як процес масового обслуговування.

Загальною особливістю всіх задач, пов'язаних з масовим обслуговуванням, є випадковий характер досліджуваних явищ, які показують, що процес контролю-сортування може бути представлений як функціонування системи масового обслуговування (рис.1).

Основними елементами цієї системи є: контрольований параметр; група контрольованих параметрів (деталь); дисципліна черги; контролер-дефектувальник; механізм контролю-сортування; вхідний потік контрольованих параметрів; структура вхідного потоку; потік вимірювань.

Формулювання логічної моделі задачі масового обслуговування полягає в конкретному визначенні основних елементів.

У процесі дефектування кожен контрольований параметр є заявкою на обслуговування. Згідно з технічними умовами на капітальний ремонт кожна деталь має певну кількість контрольованих параметрів. На рис. 2 показані місця розташування можливих дефектів кузова автобуса Богдан А-144, та наведені ТУ на його контроль-сортування. Контрольовані параметри, з погляду контролепридатності, вважаються однорідними. З огляду на це проведена систематизація дефектів кузовів (табл. 1 та 2) на підставі даних, отриманих у ВАТ «Укравтобуспром» (м. Львів) при аналізі роботи низки автобусоремонтних заводів.

Кузови із групою контрольованих параметрів, що надходять із розбиральної дільниці, мають певний обсяг місць для очікування своєї черги на дефектування. При цьому кількість кузовів, що накопичились, обмежена. Кузови вибираються для контролю-сортування за порядком їх надходження. Вибір будь-якого параметра кузова для контролю рівноймовірний.

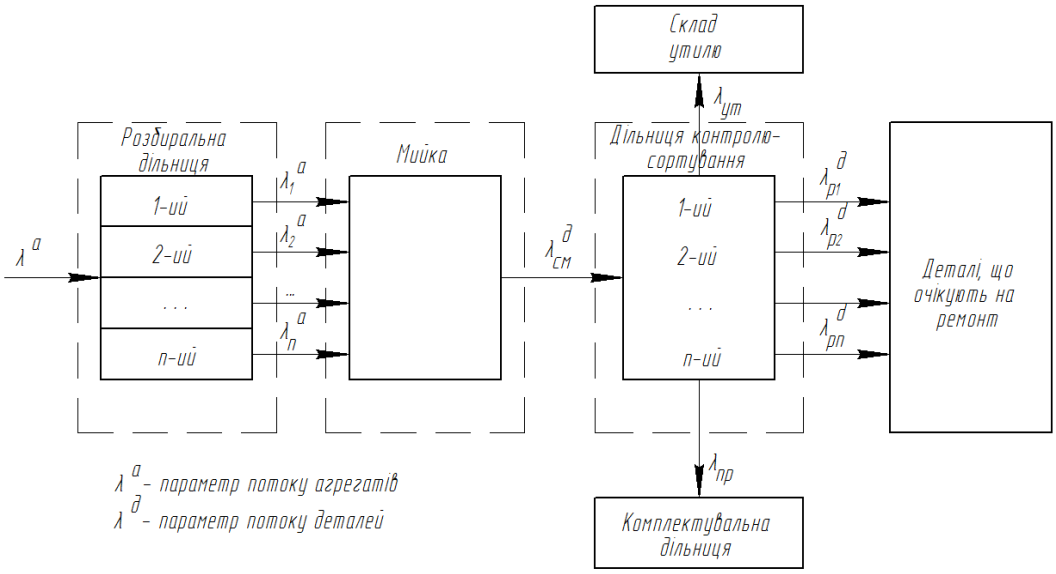

Рис. 1. Схема потоків ремонтного фонду в розбиральному цеху автобусоремонтного заводу

Обслуговування контрольованого параметра проводиться контролерами-дефектувальниками, які мають однакову продуктивність і, з погляду задоволення заявки на вимірювання і контроль, є однорідними. Система є повнодоступною, надійною. Надходить до контролера один кузов.

Організація виробничого процесу на ремонтному підприємстві така, що кузов може знаходитися на дільниці контролю-сортування якийсь певний час. Система не допускає великого скупчення кузовів, що вимагають дефектування. Обсяг і ефективність контрольно-сортувальних робіт залежить від часу перебування деталі на дільниці контролю-сортування (рис. 3). Час перебування кузова на дільниці контролю-сортування залежить від темпу їх надходження (особливо, в умовах застосування конвеєрів), кількості місць для накопичення кузовів, потреби інших цехів у кузовах тощо.

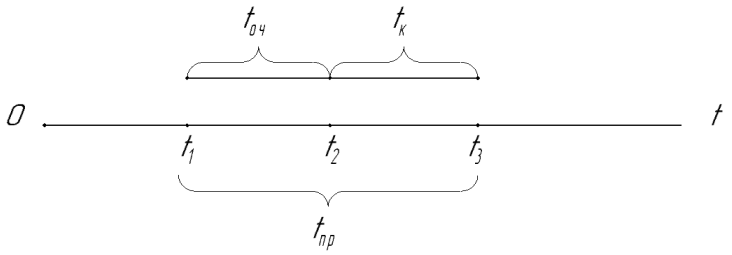

Рис. 3. Зображення тривалості перебування кузова на дільниці контролю-сортування: $t_{оч}$ — час очікування контролю-сортування; $t_{пр}$ — час перебування кузова (групи контрольованих параметрів) на дільниці; $t_к$ — час контролю параметра.

Таким чином

$$t_{пр} = t_{оч} + t_к \quad (1)$$

Таблиця 1

Дефекти кузова автобуса Богдан А144 та способи їх усунення

Позиція по ескізу	Можливі дефекти	Способи усунення
	1. Суцільна корозія:	
1.1.	правої панелі задньої частини	замінити
1.2.	панелей стійок боковин, задній частині, передній частині	замінити
1.3.	нижньої передньої панелі боковини	замінити
1.4.	нижньої передньої середньої панелі боковини	замінити
1.5.	нижньої задньої середньої панелі боковини	замінити
1.6.	нижньої задньої панелі боковини	замінити
1.7.	заднього надвіконного бруса	замінити
1.8.	правої кутової панелі задньої частини	замінити
1.9.	нижньої панелі задньої частини	замінити
1.10	лівої кутової панелі задньої частини	замінити
1.11.	каркасу мотовідсіку	замінити
1.12.	нижньої правої кутової панелі передньої частини	замінити
1.13.	панелей даху	замінити
	2. Наскрізна корозія. Вм'ятини, що не усуваються виправленням	

2.1.	нижньої частини правої задньої панелі боковини	ремонтувати постановкою ремонтної деталі
2.2.	панелей боковин	—»—
2.3.	передньої панелі	—»—
2.4.	нижньої частини задніх кутових панелей	—»—
2.5.	задньої панелі	—»—
	3. Тріщини на сталевих панелях	заварити
	4. Порушення зварних з'єднань	заварити
	5. Вм'ятини глибиною менше 6 мм у місцях, важкодоступних для виправлення	усунути газополум’яним напилюванням
	6. Погнутість або вм'ятини	правити

Таблиця 2

Типові дефекти кузова автобуса Богдан А144

Номер дефекту	Найменування дефекту	Номер дефекту	Найменування дефекту
1	Корозія ферм	6	Пролами панелей підлоги
2	Корозія лонжеронів	7	Пролами колісних арок
3	Корозія посадкових майданчиків	8	Корозія панелей передньої частини
4	Провисання бортів	9	Корозія панелей даху
5	Провисання мотовідсіку	10	Корозія й пролами бічних панелей

Природно, що у випадку збільшення часу очікування контролю, зменшується час контролю. Якщо виникає ситуація, коли час очікування контролю більший або наближається до часу перебування кузова в системі, то кузов контролюється не за всіма параметрами, передбаченими ТУ, тобто контролер-дефектувальник починає «поспішати» — у зв'язку із цим зменшується час контролю й збільшується ймовірність помилки об'єктивної оцінки стану деталей.

Дослідження вхідного потоку кузовів полягає у наступній експериментальній перевірці попередніх теоретичних припущень:

— підтвердити правомірність надходження випадкового числа кузовів за певний проміжок часу;

— підтвердити правомірність розгляду проміжків часу між надходженнями кузовів і якість випадкової величини;

— підтвердити гіпотезу, висунуту у результаті аналізу потоку, про закон розподілу кількості кузовів за певний проміжок часу й проміжків часу між їхніми надходженнями.

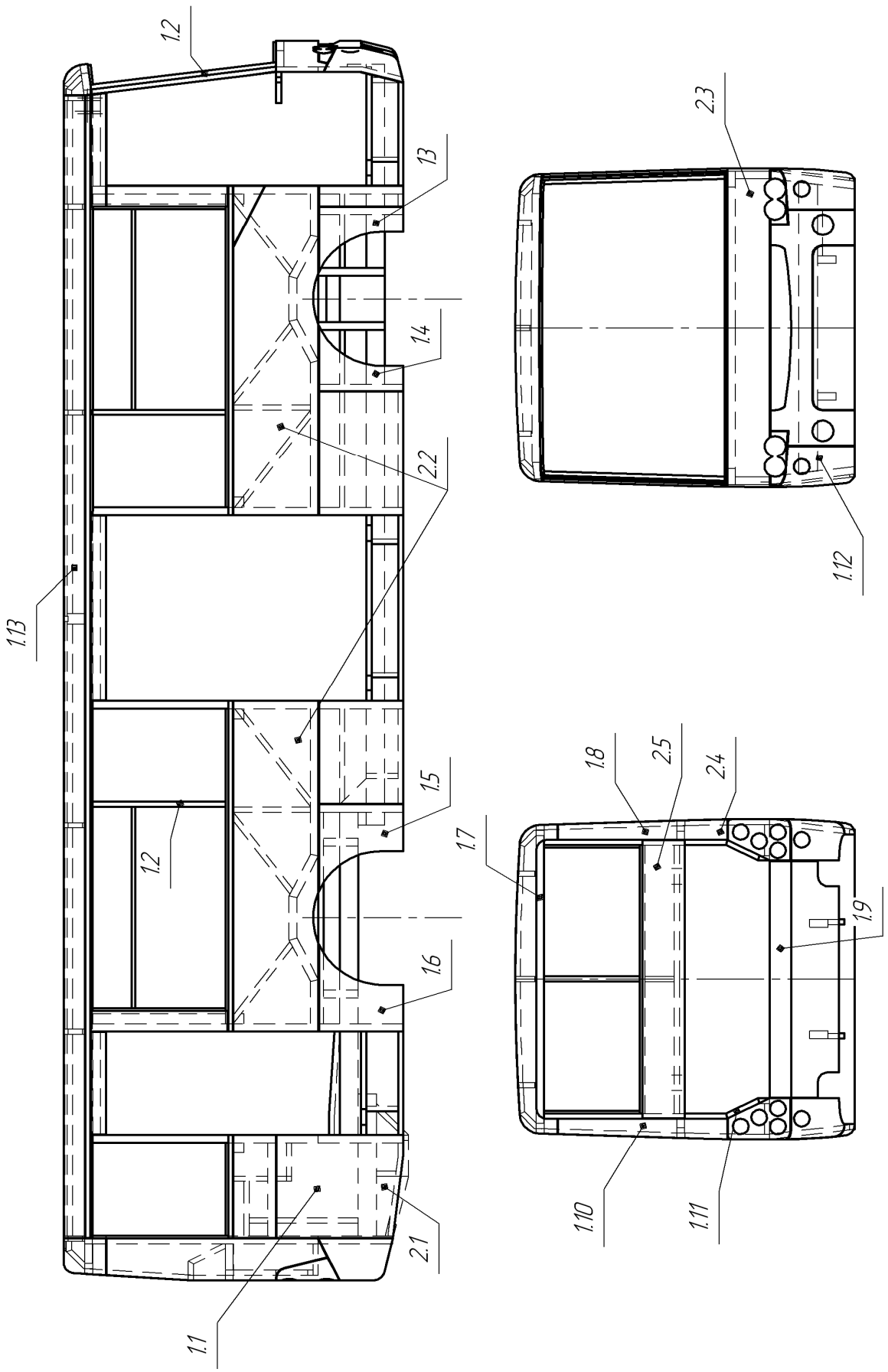

Рис. 2. Місця розташування дефектів кузова автобуса Богдан А144

Таким чином, для дослідження вхідного потоку необхідно вивчити процес надходження кузовів на дефектування. У нормальних умовах роботи цеху кузови будуть надходити через малі проміжки часу й, мабуть, рідкими будуть великі перерви між їх надходженням. Проміжки часу надходження кузовів будуть залежати як від об'єктивних чинників (темпів і стабільності надходження об'єктів ремонту, стану оснащеності розбиральних постів, кількості робочих місць тощо), так і від суб'єктивних чинників: індивідуальних відмінностей характеристик окремих робітників, віку, кваліфікації, стажу роботи слюсарів-розбиральників тощо. Усі ці чинники призводять до варіації проміжків часу між надходженнями кузовів і дозволяють розглядати їх як випадкові величини. Отже, можна говорити про надходження через випадкові проміжки часу кузовів із групою контрольованих параметрів з випадковою їхньою кількістю. Кількість контрольованих параметрів може бути від одного до якого-небудь кінцевого числа.

Процес надходження автобусних кузовів з дільниці їх розбирання досліджуємо спеціальним спостереженням за поточним часом. У табл. 3 наведена відомість частоти надходження і часу перебування кузовів автобусів БОГДАН А-144 на дільницях контролю-сортування за один робочий місяць (69 шт.).

Сукупність визначених у процесі досліджень фіксованих значень випадкової величини представляє собою вибірку певного обсягу *N*. Визначення основних характеристик отриманої вибірки проводиться у послідовності, зображеній на рис. 4.

Розглянемо процедуру статистичного опрацювання випадкових величин (масив дослідних даних, що наведений у табл. 3.) для випадку нормального закону розподілу, якому вони підпорядковані.

Групування даних починаємо з виявлення найбільшого x_{max} і найменшого x_{min} значень випадкової величини. Наближену кількість інтервалів групування знаходимо, використовуючи залежність

$$n = 1{,}15[0{,}42(N \quad 1)^2]^{0{,}27} = 1{,}15 \cdot 1942{,}08^{0{,}27} = 1{,}15 \cdot 7{,}72 = 8{,}88 \quad (2)$$

де *N*=69 – величина вибірки.

Отримане значення кількості інтервалів заокруглюємо до цілого числа, тобто приймаємо *n*=9. Як правило, *n*=9–12.

Таблиця 3.

Зведена відомість проведення спостережень за дефектуванням кузова автобусів Богдан А144

Порядковий № кузова	Моменти надходжень кузовів, хв.	Моменти відходу кузовів, хв	Час між надходженням кузовів, хв.	Час перебування кузова на дільниці, хв	Час контролю кузова, хв	Кількість контрольованих параметрів	Час контролю одного параметра, хв	Наявність дефектів (за табл. 2)
1	7,30	13,04	–	334	284	10	28,40	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
2	12,52	17,48	322	296	274	9	30,44	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
3	17,56	22,30	304	274	270	9	30,00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
4	–	–	324	298	244	9	27,11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
5	–	–	310	284	271	9	30,11	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10

6	–	–	318	289	247	9	27,44	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10
7	–	–	375	360	262	9	29,11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10
8	–	–	275	248	247	8	30,835	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9
9	–	–	279	251	236	8	29,50	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10
10	–	–	370	345	278	10	27,80	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
…	…	…	…	…	…	…	…	…
66	–	–	271	240	239	8	29,875	1, 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9
67	–	–	281	242	220	7	31,43	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9
68	–	–	275	243	209	7	29,86	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10
69	–	–	282	241	188	7	26,86	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10

Ширину інтервалу групування визначаємо за формулою[5]

$$h = \frac{x_{max} - x_1}{n}. \qquad (3)$$

Оскільки $x_{max} = 300, x_{min} = 180$, то бажано, щоб крайні значення потрапили в інтервал, приймаємо $x_1 - 170$ і тоді

$$h = \frac{300 - 170}{9} = \frac{130}{9} = 14{,}44.$$

Приймаємо *h*=15

Рис. 4. Послідовність опрацювання емпіричних даних випадкової величини

Розрахунок емпіричних показників розподілу проводимо у табличній формі(табл. 4). Для цього розбиваємо масив експериментальних даних на 9

інтервалів, визначаючи потрапляння кожного значення x_i в конкретний інтервал j (j= 1,2,…9), та фіксуємо кількість потраплянь x_i в кожному інтервалі (значення m_j). Тоді ймовірність потрапляння значень x_i в j-інтервал визначається за формулою[4]

$$r_j = \frac{m_j}{N}, \qquad (4)$$

де r_j – ймовірність попадання значень x_i в j-інтервал;

N – величина вибірки.

Густина розподілу емпіричної ймовірності випадкової величини [4]

$$f_e(x) = \frac{r_j}{h}. \qquad (5)$$

Для побудови гістограми емпіричного розподілу на осі абсцис відкладаємо у вибраному масштабі інтервали x_j і, прийнявши їх за основу, будуємо прямокутники, висота яких рівна густині ймовірності даного інтервалу, оскільки

$$\sum_{j=0}^{n} \square = f_e(x) \cdot h = 1. \qquad (6)$$

Таблиця 4

Розрахунок імовірності та густини ймовірності розподілу ймовірності випадкової величини

Параметр	Позна–чення	Номер інтервалу								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ширина інтервалу	h	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Границі інтервалу	xi x_i+h_1	170 185	185 200	200 215	215 230	230 245	245 260	260 275	275 290	290 305
Середина інтервалу	x_j	177,5	192,5	207,5	222,5	237,5	252,5	267,5	282,5	297,5
Частота	m_j	3	5	7	8	17	10	9	6	4
Ймовірність	r_j	0,0435	0,0725	0,1014	0,1159	0,2464	0,1449	0,1304	0,0870	0,0580
Густина	f_{e_j}	$2{,}9\cdot10^{-3}$	$4{,}8\cdot10^{-3}$	$6{,}8\cdot10^{-3}$	$7{,}7\cdot10^{-3}$	$1{,}64\cdot10^{-2}$	$9{,}7\cdot10^{-3}$	$8{,}7\cdot10^{-3}$	$5{,}8\cdot10^{-3}$	$3{,}9\cdot10^{-3}$

Розрахунок базується на визначенні оцінки математичного сподівання $M(x)$ та середньоквадратичного відхилення σ_x випадкової величини x_i. Для цього застосовуємо табличну форму (табл. 5), використовуючи співвідношення:

– математичне сподівання

$$M(x) = \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} x_j \cdot m_j = \frac{16582{,}5}{69} = 240{,}3; \qquad (7)$$

– середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N}(\bar{x}_j - \bar{x})\cdot m_j}{N-1}} = \sqrt{\frac{65373{,}96}{68}} = 31{,}01. \qquad (8)$$

Побічним (непрямим) підтвердженням прийнятої гіпотези про нормальний закон розподілу випадкової величини є оцінка коефіцієнту варіації, що характеризує розсіювання випадкової величини у відносних одиницях

$$V(x) = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \frac{31{,}01}{240{,}3} = 0{,}13. \qquad (9)$$

Густина нормального закону розподілу випадкової величини [4]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_j - x)}{2\sigma_x^2}} \qquad (10)$$

Розрахунок координат теоретичної кривої нормального закону розподілу наведено у табл. 5 (стовпчик 8).

Узгодженість між теоретичним і емпіричним розподілами випадкової величини оцінюється за допомогою критерію χ^2 Пірсона:

$$\chi^2 = n \sum_{j=0}^{N} \frac{f_e(x_j) - f(x_j)}{f(x_j)} \cdot h = 69 \cdot 0{,}06726 = 4{,}64 \quad (11)$$

Чим менше значення χ^2, тим краще узгодження між емпіричним і теоретичним розподілом. Максимально допустиме значення критерію узгодження базується на встановленні деякої допустимої ймовірності прийняття гіпотези про те, що вибірка належить теоретичному розподілу (в нашому випадку – нормальному закону).

У більшості випадків приймають, що розрахункове значення χ^2 критерію Пірсона не перевищує табульоване, що відповідає ймовірності узгодження p=0,05 для відомої кількості ступенів свободи

$$k = n - s - 1, \quad (12)$$

де s – кількість параметрів закону розподілу (для нормального закону s =2)

Отримане значення χ^2 близьке до табульованого[4], що відповідає ймовірності узгодження p=0,59. Ця ймовірність більша за 0,05, і підтверджує гіпотезу про нормальний закон розподілу випадкової величини.

Таблиця 5

Розрахунок оцінок параметрів та координат теоретичної кривої нормального закону розподілу

j	$\bar{x}_j$	m_j	$\bar{x}_j m_j$	$\bar{x}_j - x_j$	$(\bar{x}_j - x_j)^2 m_j$	$f_e(x_j)$	$f(x_j)$	$\frac{[f_e(x_j) - f(x_j)]^2}{f(x_j)} h$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	177,5	3	532,5	–62,8	11831,52	0,0029	0,0017	0,01271
2	192,5	5	962,5	–47,8	11424,20	0,0048	0,0039	0,00312
3	207,5	7	1452,5	–32,8	7530,88	0,0068	0,0073	0,00051
4	222,5	8	1780,0	–17,8	2534,72	0,0077	0,0109	0,01409
5	237,5	17	4037,5	–2,8	133,28	0,0164	0,0128	0,01519
6	252,5	10	2525,0	12,2	1488,40	0,0097	0,0119	0,00611
7	267,5	9	2407,5	27,2	6658,56	0,0087	0,0088	0,00002
8	282,5	6	1695,0	42,2	10685,04	0,0058	0,0051	0,00144
9	297,5	4	1190,0	57,2	13087,36	0,0039	0,0024	0,01407
Разом	–	69	165825	–	6573,96	–	–	0,06726

За розрахунковими даними, наведеними у табл. 5, побудована гістограма розподілу і крива розподілу експериментальних частот проміжків часу контролю кузова автобуса (рис. 5).

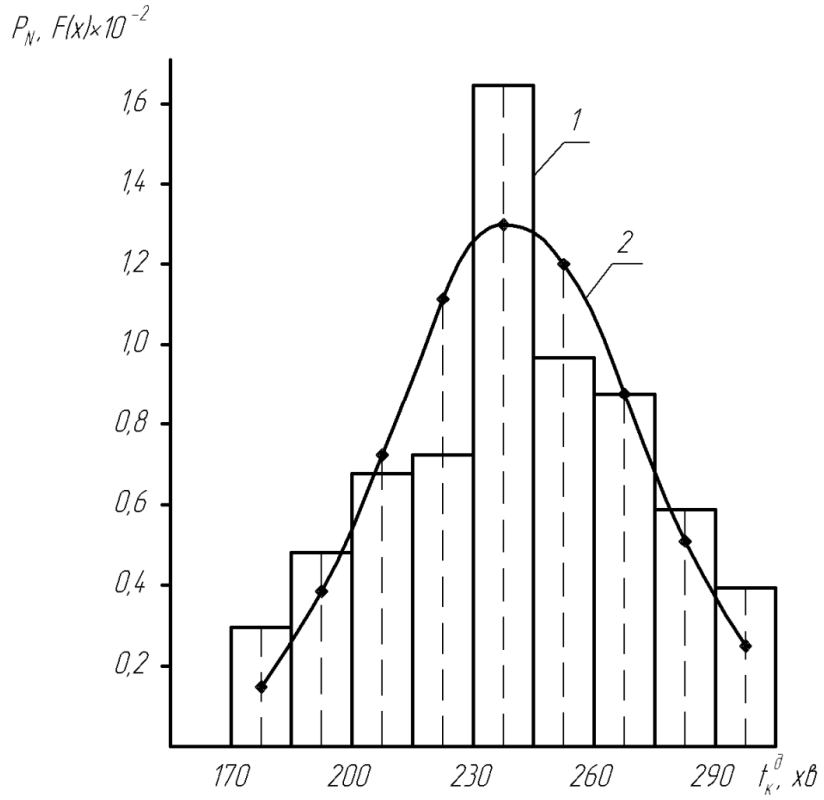

Рис. 5. Гістограма розподілу експериментальних частот проміжків часу контролю кузова автобуса Богдан А-144 (1) та теоретична крива нормального закону розподілу, що її вирівнює (2).

Висновок. Визначений закон розподілу часу дефектування кузова. Надалі, проаналізувавши закони розподілу інших параметрів, що характеризують перебування автобусних кузовів на дільниці контролю-сортування, а також провівши на цій основі мінімізацію числа контрольованих параметрів кузовів при дефектній технології їх ремонту, можна значно підвищити ефективність контрольно-сортувальних дільниць автобусоремонтних цехів (заводів).

Література

1. *Кац А.М., Автомобильные кузова / А.М. Кац. - М., Транспорт, 1980.– 272 с.*

2. *Малышев Г.А. Ремонт автобусных кузовов / Г.А. Малышев, Л. С. Брейтерман - М., Автотрансиздат, 1983, 235 с.*

3. *Малышев Г.А. Теория авторемонтного производства / Г.А. Малышев - М., «Транспорт», 1977. – 224 с.*

4. *Дехтеринский Л.В. Статистические методы оценки состояния ремфонда / Л.В. Дехтеринский, В.П. Крюков. - М., ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1989. 107 с.*

5. *Дрогомирецька Х.Т. Теорія ймовірностей та математична статистика. / Х.Т. Дрогомирецька та ін. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 396 с.*