

УДК 629.113.011.004

ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ДЕФЕКТІВ КУЗОВА СПЕЦІАЛЬНОГО АВТОБУСА

Г.С. Гудз, проф., д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»,
М.М. Борис, доц., к.т.н., Національний лісотехнічний університет України,
м. Львів,

І.Я. Захара, к.т.н., Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу

Анотація. Описано методику і результати визначення дефектів кузова спеціального автобуса на засадах їх систематизації, статистичного та кореляційного аналізу.

Ключові слова: кузов, спеціальний автобус, дефектування, статистичний і кореляційний аналіз.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ДЕФЕКТОВ КУЗОВА СПЕЦИАЛЬНОГО АВТОБУСА

Г.С. Гудз, проф., д.т.н., Национальный университет «Львовская политехника»,
Н.М. Борис, доц., к.т.н., Национальный лесотехнический университет Украины,
г. Львов,

И.Я. Захара, к.т.н., Ивано-Франковский национальный технический университет
нефти и газа

Аннотация. Описаны методика и результаты определения дефектов кузова специального автобуса на основе их систематизации, статистического и корреляционного анализа.

Ключевые слова: кузов, специальный автобус, дефектирование, статистический и корреляционный анализ.

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP OF SPECIAL BUS BODY DEFECTS

G. Gudz, Prof., D. Sc. (Eng.), National University «Lviv Polytechnic Institute»,
M. Borys, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), Ukraine National Forestry University, Lviv,
I. Zahara, Ph. D. (Eng.), Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Abstract. The method and the results of determining special bus body defects based on their systematization, statistical and correlation analysis is described.

Key words: body, special bus, flaw detection, statistical and correlation analysis.

Вступ

Систематичне збільшення кількості спеціальних автобусів для перевезення вахтових бригад вимагає в процесі експлуатації відповідної організації їх технічного обслуговування та ремонту, зокрема кузова, що є однією з найдорожчих частин автобуса. Ремонт кузова складає 50–70 % від загального

обсягу робіт з капітального ремонту автобуса, за якого економія тільки листового матеріалу, порівняно з виготовленням нового кузова, становить 76–78 % [1]. У цьому випадку якість відремонтованих кузовів не повинна поступатися за своєю міцністю та довговічністю новим кузовам. На якість їх ремонту значною мірою впливає своєчасне виявлення дефектів, їх систематизація та ра-

ціональна організація контрольно-сортувальних робіт. Це й визначає актуальність даного дослідження.

Аналіз публікацій

Останні дослідження ремонтоздатності кузовів проведені досить давно через реструктуризацію автобусобудівної та авторемонтної галузей [2-4]. Виняток становить робота [5], у якій розглянуто ремонтоздатність кузовів легкових автомобілів з позиції пасивної безпеки, але без дефектування. У роботах [6,7] здійснено систематизацію дефектів кузова спеціальних автобусів на засадах статистично-ймовірнісного аналізу, яка потребує подальших досліджень.

Мета дослідження

Визначити взаємозв'язок дефектів кузова спеціального автобуса на засадах їх систематизації, статистичного та кореляційного аналізу.

Постановка задачі

Подефектна технологія передбачає відновлення кузова за кожним дефектом окремо. При цьому не береться до уваги дійсна кількість та комбінації дефектів контрольованого кузова. З огляду на це така технологія має такі недоліки:

- 1) неможливо забезпечити планомірне завантаження робочих місць з відновлення кузовів і ритмічну роботу підприємства, тому що за цієї технології зберігання кузовів на майданчиках очікування ремонту проводиться без обліку наявних дефектів;
- 2) комплектність партії кузовів, запущеної у виробництво, не зберігається, що негативно впливає на своєчасну подачу необхідної кількості кузовів на загальне складання;
- 3) неможливо забезпечити високу якість відновлення кузовів з кількома дефектами за технологією відновлення кожного дефекту окремо;
- 4) велика суб'єктивна роль виконавців у визначенні обсягу виконаних ремонтних робіт, що часто не відповідає дійсності та не дозволяє забезпечити економію трудових і матеріальних ресурсів;
- 5) під час усунення комплексу дефектів ускладнюється контроль якості ремонту ку-

зовів та є ймовірність пропустити неусунуті дефекти.

Незважаючи на зазначені недоліки, подефектна технологія ремонту кузовів все ще застосовується на ремонтних підприємствах. Для дослідження можливості мінімізації кількості контрольованих параметрів необхідно встановити наявність стохастичного зв'язку між цими параметрами.

Результати досліджень

Згідно з технічними умовами на капітальний ремонт кожна деталь має певну кількість контрольованих параметрів.

На рис. 1 показано місця розташування можливих дефектів кузова спеціального автобуса НЕФАЗ-4208. У табл. 1 наведено технічні умови на його контроль-сортування. Контрольовані параметри, з погляду контролездатності, вважаються однорідними. З огляду на це, проведена систематизація дефектів кузова (табл. 2) на підставі даних, отриманих ВАТ "Укравтобуспром" під час аналізу роботи низки ремонтних підприємств.

Серед показників, що характеризують зв'язок між випадковими величинами, найважливішим є коефіцієнти кореляції [8].

У результаті експериментального обстеження партії кузовів автобусів НЕФАЗ-4208-0000010-13 отримані комбінації їх дефектів (табл. 3).

На підставі даних, наведених у табл. 3, визначено ймовірності появи дефектів кузовів. Їх повторюваність наведена у табл. 4.

За кожним з параметрів визначено числові характеристики математичного сподівання $\bar{M}(x_i)$

$$\bar{M}(x_i) = \frac{\sum_i^N x_i}{N}, \quad (1)$$

де x_i – випадкова величина, що дорівнює 1 за наявності i -го дефекту кузова і 0 – за його відсутності; N – кількість кузовів, що досліджувалися.

Дисперсію $\bar{D}(x_i)$ випадкової величини розраховують за формулою [8]

$$\bar{D}(x_i) = \frac{\sum_i^N (x_i - \bar{M}(x_i))^2}{N - 1}. \quad (2)$$

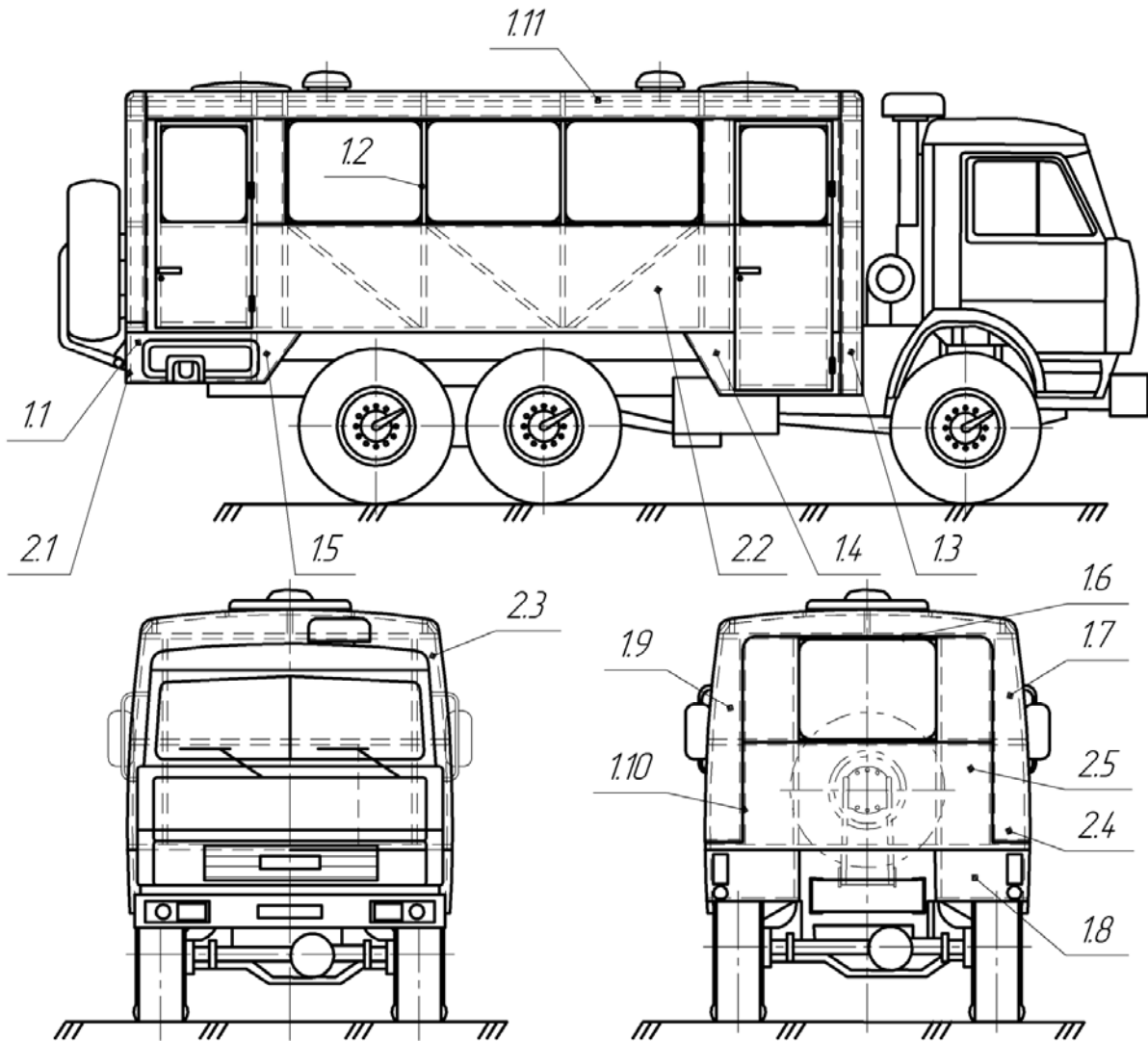


Рис. 1. Місця розташування дефектів кузова спеціального автобуса НЕФАЗ-4208-0000010-13

Таблиця 1 Дефекти кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208-0000010-13 і способи їх усунення

| Позиція за рис. 1 | Можливі дефекти | Способи усунення |
|-------------------|---|---------------------------------------|
| | 1. Суцільна корозія: | |
| 1.1 | - правої панелі задньої частини | заміна |
| 1.2 | - панелей стійок боковин, задньої частини, передньої частини | |
| 1.3 | - нижньої передньої панелі боковини | |
| 1.4 | - нижньої передньої середньої панелі боковини | |
| 1.5 | - нижньої задньої середньої панелі боковини | |
| 1.6 | - заднього надвіконного бруса | |
| 1.7 | - правої кутової панелі задньої частини | |
| 1.8 | - нижньої панелі задньої частини | |
| 1.9 | - лівої кутової панелі задньої частини | |
| 1.10 | - каркасу задка | |
| 1.11 | - панелей даху | |
| | 2. Наскрізна корозія. Вм'ятини, що не усуваються виправленням | |
| 2.1 | - нижньої частини правої задньої панелі боковини | ремонт шляхом заміни ремонтної деталі |
| 2.2 | - панелей боковин | |
| 2.3 | - передньої панелі | |
| 2.4 | - нижньої частини задніх кутових панелей | |

Закінчення табл. 1

| Позиція за рис. 1 | Можливі дефекти | Способи усунення |
|-------------------|---|--------------------------------------|
| 2.5 | - задньої панелі | |
| | 3. Тріщини на сталевих панелях | заварювання |
| | 4. Порушення зварних з'єднань | |
| | 5. Вм'ятини глибиною до 6 мм у місцях, важкодоступних для виправлення | усунення газополум'яним напилюванням |
| | 6. Погнутість або вм'ятини | правлення |

Таблиця 2 Типові дефекти кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208-0000010-13

| Номер дефекту | Найменування дефекту | Номер дефекту | Найменування дефекту |
|---------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | Корозія ферм | 6 | Пролами панелей підлоги |
| 2 | Корозія лонжеронів | 7 | Пролами сходів |
| 3 | Корозія посадкових майданчиків | 8 | Корозія панелей передньої частини |
| 4 | Провисання бортів | 9 | Корозія панелей даху |
| 5 | Провисання задка | 10 | Корозія й пролами бокових панелей |

Таблиця 3 Типові дефекти кузова вахтового автобуса НЕФАЗ-4208-0000010-13

| Виявлені дефекти | Кількість | Виявлені дефекти | Кількість |
|-------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 | 7 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 5 | 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 | 5 | 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 | 2 | 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 | 4 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 2 | 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 | 2 | 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 | 1 | 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 | 4 |
| 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 | 2 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10 | 1 | 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 | 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 | 2 |
| 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 | 1 | 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 | 1 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 | 2 |
| 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 | 1 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 | 1 | 1, 3, 4, 5, 6, 9, 10 | 1 |
| 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 | 3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 | 2 |
| 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10 | 1 | 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | 1 |
| 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 | 1 | 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10 | 2 |

Середньоквадратичне відхилення

$$\bar{\sigma}(x_i) = \sqrt{\overline{D}(x_i)}. \quad (3)$$

Враховуючи, що випадкова величина набуває значення 0 і 1, то $\bar{M}(x_i)$ збігається із частотою появи події $\bar{P}(x_i)$, тобто $\bar{M}(x_i) = \bar{P}(x_i)$. При цьому

$$\sigma(P(x_i)) = \sqrt{\frac{\bar{P}(x_i)(1 - \bar{P}(x_i))}{N}}. \quad (4)$$

Усі результати розрахунків числових характеристик за контрольованими параметрами кузова автобуса НЕФАЗ-4208-0000010-13 наведено у табл. 5.

Задавшись ймовірністю довіри $\beta = 0,95$ та похибкою $\varepsilon = 0,01$, визначено обсяг репрезентативної вибірки за дефектами

$$Nx_{i \min} = \frac{t^2 \cdot \beta \cdot \sigma^2 \bar{P}(x_i)}{\varepsilon^2}, \quad (5)$$

Таблиця 4 Повторюваність дефектів кузовів автобусів НЕФАЗ-4208-0000010-13

| Дефект | Кількість деталей, що мають i -й дефект | Дефект | Кількість деталей, що мають i -й дефект |
|--------|--|----------|--|
| x_1 | 64 | x_6 | 46 |
| x_2 | 66 | x_7 | 55 |
| x_3 | 65 | x_8 | 54 |
| x_4 | 65 | x_9 | 51 |
| x_5 | 58 | x_{10} | 44 |

Таблиця 5 Результати розрахунку числових характеристик за контрольованими параметрами кузова

| x_i | $\overline{M}(x_i)$ | $\overline{M}(x_i)$ | $\overline{D}(x_i)$ | $\overline{\sigma}(x_i)$ | $\sigma(P(x_i))$ |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| x_1 | 0,9275 | 0,9275 | 0,0682 | 0,2612 | $3,122 \cdot 10^{-2}$ |
| x_2 | 0,9565 | 0,9565 | 0,0422 | 0,2054 | 0,0246 |
| x_3 | 0,9420 | 0,9420 | 0,0554 | 0,2354 | 0,0281 |
| x_4 | 0,9420 | 0,9420 | 0,0554 | 0,2354 | 0,0281 |
| x_5 | 0,8406 | 0,8406 | 0,1358 | 0,3687 | 0,0441 |
| x_6 | 0,6667 | 0,6667 | 0,2255 | 0,4749 | 0,0567 |
| x_7 | 0,7971 | 0,7971 | 0,1641 | 0,4051 | 0,0484 |
| x_8 | 0,7826 | 0,7826 | 0,1726 | 0,4155 | 0,0497 |
| x_9 | 0,7391 | 0,7391 | 0,1957 | 0,4423 | 0,0529 |
| x_{10} | 0,6377 | 0,6377 | 0,2344 | 0,4842 | 0,0579 |

Результати розрахунку обсягу репрезентативної вибірки для усіх дефектів кузовів зведено в табл. 6.

На підставі даних табл. 6 можна зробити висновок про те, що вибірка обстежених кузовів є репрезентативною та дозволяє подальші дослідження за усіма дефектами. З урахуванням викладеного вище, були складені матриці парних зв'язків дефектів кузова, фрагмент яких наведено у табл. 6, а загальна їх кількість визначається за формулою

$$S = C_k^2 = \frac{k!}{2!(k-2)!} = \frac{10!}{2!8!} = 45,$$

де k – кількість дефектів, що досліджуються.

Таблиця 6 Результати розрахунку обсягу репрезентативної вибірки

| Дефект x_i | Обсяг $Nx_{i \min}$ | Дефект x_i | Обсяг $Nx_{i \min}$ |
|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| x_1 | 37 | x_6 | 56 |
| x_2 | 23 | x_7 | 58 |
| x_3 | 30 | x_8 | 60 |
| x_4 | 30 | x_9 | 63 |
| x_5 | 55 | x_{10} | 65 |

Користуючись матрицею парних зв'язків (табл. 7), розраховано значення критерію Пірсона для оцінки кореляційного зв'язку між дефектами кузовів

$$\chi_{ij}^2 = \frac{N(n_{ij} - n_{00} - n_{0j}n_{i0})^2}{(n_{i1} + n_{i0})(n_{j0} + n_{j1})(n_{i0} + n_{i1})(n_{j0} + n_{j1})}, \quad (6)$$

де n_{ij} – кількість деталей, що мають одночасно i -й і j -й дефекти; n_{i0} – кількість деталей, що мають i -й, але не мають j -го дефекту; n_{0j} – кількість деталей, що мають j -й дефект, але не мають i -го; n_{00} – кількість деталей, що не мають ні i -го, ні j -го дефектів; $n_{i1} + n_{i0}$ – кількість деталей, що мають i -й дефект, незалежно від наявності або відсутності j -го дефекту; $n_{j1} + n_{j0}$ – кількість деталей, що мають j -й дефект незалежно від наявності або відсутності i -го дефекту; $n_{i0} + n_{00}$ – кількість деталей, що не мають j -го дефекту; $n_{0j} + n_{00}$ – кількість деталей, що не мають i -го дефекту.

Наприклад, для зв'язку x_1 і x_2 (згідно з даними табл. 7)

$$\chi_{12}^2 = \frac{69 \cdot (61 - 0 - 3 \cdot 5)^2}{64 \cdot 66 \cdot 5 \cdot 3} = \frac{146004}{63360} = 2,3044.$$

Результати розрахунків наведено у табл. 8.

Для 5 % рівня значущості та кількості ступенів свободи $\nu = 1$ теоретичне значення критерію $\chi_{ij}^2 = 3,84$. Тоді наявність залежності між дефектами визначається нерівністю $\chi_{ij}^2 \geq 3,84$.

Закінчення табл. 9

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 40 | 0,0435 | -0,8406 | 0,058 | 0,2609 | 0,058 | 0,2609 | -0,8406 | 0,3333 | 0,3333 | 0,2174 | 0,2609 | -0,6377 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 50 | 0,0435 | 0,1594 | 0,058 | 0,2609 | 0,058 | 0,2609 | 0,1594 | -0,6667 | -0,6667 | -0,7826 | 0,2609 | 0,3623 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 60 | 0,0435 | -0,8406 | 0,058 | -0,7391 | 0,058 | -0,7391 | -0,8406 | 0,3333 | 0,3333 | 0,2174 | -0,7391 | 0,3623 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 69 | 0,0435 | 0,1594 | -0,942 | -0,7391 | 0,058 | -0,7391 | 0,1594 | 0,3333 | 0,3333 | -0,7826 | -0,7391 | 0,3623 |
| Разом | 0,4782 | | 1,0726 | | 1,1163 | | 3,3479 | | 4,6508 | | 5,5191 | |

Згідно з даними табл. 9 розраховано кореляційний момент та коефіцієнт кореляції. Результати розрахунків $K_{x_i x_j}$ та \bar{r}_{ij} для шести парних зв'язків дефектів кузовів наведено у табл. 10.

Таблиця 10 Результати розрахунків $K_{x_i x_j}$ та \bar{r}_{ij}

| $x_i x_j$ | χ_{ij}^2 | $K_{x_i x_j}$ | \bar{r}_{ij} |
|--------------|---------------|---------------|----------------|
| $x_2 x_5$ | 16,5372 | 0,007 | 0,0924 |
| $x_3 x_9$ | 12,0308 | 0,0158 | 0,1518 |
| $x_4 x_9$ | 5,2687 | 0,0164 | 0,1575 |
| $x_5 x_6$ | 6,5431 | 0,0492 | 0,2810 |
| $x_6 x_8$ | 6,1333 | 0,0684 | 0,3466 |
| $x_9 x_{10}$ | 9,9710 | 0,0812 | 0,3792 |

Перевірка наявності кореляційного зв'язку в генеральній сукупності при вибірковому \bar{r}_{ij} проведена за допомогою t -критерію Ст'юдента [8]:

$$t_{ij} = \frac{\bar{r}_{ij}}{\sqrt{1 - \bar{r}_{ij}^2}} \cdot \sqrt{N - 2}. \quad (11)$$

Результати розрахунку значення t -критерію зведено у табл. 11.

Таблиця 11 Значення t -критерію Ст'юдента

| $x_i x_j$ | t_{ij} | $x_i x_j$ | t_{ij} |
|-----------|----------|--------------|----------|
| $x_2 x_5$ | 0,76 | $x_5 x_6$ | 2,40 |
| $x_3 x_9$ | 1,26 | $x_6 x_8$ | 3,02 |
| $x_4 x_9$ | 1,31 | $x_9 x_{10}$ | 3,35 |

Порівнюючи результати розрахунків t_{ij} з табличним значенням критерію Ст'юдента для $t = 1,98$ (для 5% рівня значущості та кількості ступенів свободи 69), можемо зробити висновок, що існує кореляційний зв'язок між дефектами x_5 і x_6 , x_6 і x_8 та x_9 і x_{10} , оскільки для них розрахункове значення t -критерію є більшим за теоретичне $t = 1,98$.

Тому оптимальну схему послідовності контролю автобусного кузова можна подати у вигляді рис. 2.

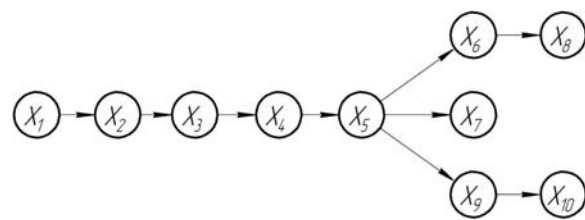


Рис. 2. Схема послідовності контролю кузова спеціального автобуса НЕФА3-4208-0000010-13

Висновок

У результаті врахування взаємозв'язку дефектів елементів кузова, можна значно зменшити кількість контрольованих параметрів і тим самим підвищити ефективність контрольно-сортувальних робіт під час ремонту.

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. Фалалеев А.П. Наукові основи відновлення властивостей пасивної безпеки під час ремонту кузовів легкових автомобілів: автореф. дис. на здобуття наук.

- ступеня докт. техн. наук: спец. 05.22.20 "Експлуатація та ремонт засобів транспорту" / А.П. Фалалеев. – К., 2013. – 36 с.
6. Гудз Г.С. Систематизація дефектів кузова спеціальних автобусів / Г.С. Гудз, М.М. Борис, І.Я. Захара. – Луцьк: Наукові нотатки Луцького НТУ, Вип. 46, 2014. – С. 117-120.
7. Гудз Г.С. Визначення характерних частот тривалості дефектування кузовів спеціальних автобусів на підставі ймовірнісної моделі / Г.С. Гудз, М.М. Борис, І.Я. Захара // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.2. – С. 137-141.
8. Дрогомирецька Х.Т. Теорія ймовірностей та математична статистика: Навч. посібник / Х.Т. Дрогомирецька, О.М. Рибинська та ін. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 396 с.
- Рецензент: В.І. Клименко, професор, к.т.н., ХНАДУ.
- Стаття надійшла до редакції 3 серпня 2015 р.
-