

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РЕМОНТИРУЕМЫХ ВАГОНОВ И ИХ УЗЛОВ

В статье показано математическое описание ремонтируемых вагонов и их узлов, используемое при технологическом проектировании объектов и процессов вагоноремонтного производства. Описана общая методика вариантного проектирования, формализованы группы процедур, структура информационных моделей и типовые задачи проектирования.

Ключевые слова: технологические процессы, автосцепное устройство вагонов, подвижной состав, технологическая документация

EDN: RJOCQO



К.А. Сергеев



О.И. Мироненко

Математическое описание конструкции вагона (или его узла) представим в виде:

$$S(K) = \langle K, R^k, C^k \rangle \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} K &= \{K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_n\}; \\ R^k &= \{R^k_1, R^k_2, \dots, R^k_i, \dots, R^k_n\}; \\ C^k &= \{C^k_1, C^k_2, \dots, C^k_i, \dots, C^k_n\}; \\ K_i &= \{k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{ij}, \dots, k_{iM_i}\}, (k_{ij} K_i, 1 < j < M^k_i); \\ R^k_i &= \{r^k_{i1}, r^k_{i2}, \dots, r^k_{ij}, \dots, r^k_{iS_i}\}, (r^k_{ij} R^k_i, 1 < j < S^k_i); \\ C^k_i &= \{c^k_{i1}, c^k_{i2}, \dots, c^k_{ij}, \dots, c^k_{iF_i}\}, (c^k_{ij} C^k_i, 1 < j < F^k_i). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где K — элементы вагона;

Сергеев Константин Александрович, доктор технических наук, доцент кафедры «Нетяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: технологическая подготовка производства вагоноремонтных предприятий. Автор 137 научных работ, в том числе двух монографий.

Мироненко Олег Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Нетяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: динамика систем, организация вагонной отрасли, дистанционные образовательные технологии. Автор 26 научных работ, в том числе четырех учебных пособий.

Кривич Ольга Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, начальник Учебного отдела учебно-методического многофункционального центра Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение эффективности технологической подготовки вагоноремонтного производства, оценка потребительских свойств продукции железнодорожного транспорта. Автор 55 научных работ.

R^k — связи между элементами;

C_i^k — свойства элементов;

$K_1 = \{k_{11}, k_{12}, \dots, k_{1j}, \dots, k_{1M_1}\}$ — элементы уровня №1, ($k_{1j} \in K_1, 1 < j < M_1^k$);

$K_2 = \{k_{21}, k_{22}, \dots, k_{2j}, \dots, k_{2M_2}\}$ — элементы уровня №2, ($k_{2j} \in K_2, 1 < j < M_2^k$);

$K_i = \{k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{ij}, \dots, k_{iM_i}\}$ — элементы уровня № $\langle i \rangle$, ($k_{ij} \in K_i, 1 < j < M_i^k$);

$K_n = \{k_{n1}, k_{n2}, \dots, k_{nj}, \dots, k_{nM_n}\}$ — элементы уровня № $\langle n \rangle$, ($k_{nj} \in K_n, 1 < j < M_n^k$);

M_i^k — количество элементов уровня № $\langle i \rangle$.

$R_1^k = \{r_{11}^k, r_{12}^k, \dots, r_{1j}^k, \dots, r_{1S_1}^k\}$ — связи элементов уровня №1, ($r_{1j}^k \in R_1^k, 1 < j < S_1^k$);

$R_2^k = \{r_{21}^k, r_{22}^k, \dots, r_{2j}^k, \dots, r_{2S_2}^k\}$ — связи элементов уровня №2, ($r_{2j}^k \in R_2^k, 1 < j < S_2^k$);

$R_i^k = \{r_{i1}^k, r_{i2}^k, \dots, r_{ij}^k, \dots, r_{iS_i}^k\}$ — связи элементов уровня № $\langle i \rangle$, ($r_{ij}^k \in R_i^k, 1 < j < S_i^k$);

$R_n^k = \{r_{n1}^k, r_{n2}^k, \dots, r_{nj}^k, \dots, r_{nS_n}^k\}$ — связи элементов уровня № $\langle n \rangle$, ($r_{nj}^k \in R_n^k, 1 < j < S_n^k$);

S_i^k — количество связей уровня № $\langle i \rangle$.

$C_1^k = \{c_{11}^k, c_{12}^k, \dots, c_{1j}^k, \dots, c_{1F_1}^k\}$ — свойства элементов уровня №1, ($c_{1j}^k \in C_1^k, 1 < j < F_1^k$);

$C_2^k = \{c_{21}^k, c_{22}^k, \dots, c_{2j}^k, \dots, c_{2F_2}^k\}$ — свойства элементов уровня №2, ($c_{2j}^k \in C_2^k, 1 < j < F_2^k$);

$C_i^k = \{c_{i1}^k, c_{i2}^k, \dots, c_{ij}^k, \dots, c_{iF_i}^k\}$ — свойства элементов уровня № $\langle i \rangle$, ($c_{ij}^k \in C_i^k, 1 < j < F_i^k$);

$C_n^k = \{c_{n1}^k, c_{n2}^k, \dots, c_{nj}^k, \dots, c_{nF_n}^k\}$ — свойства элементов уровня № $\langle n \rangle$, ($c_{nj}^k \in C_n^k, 1 < j < F_n^k$);

F_i^k — количество свойств уровня № $\langle i \rangle$.

k_{ij} — обозначение элемента № $\langle j \rangle$ на уровне № $\langle i \rangle$;

$r_{ij}^k = \{r_{ij}^{k(1)}, r_{ij}^{k(2)}, \dots, r_{ij}^{k(\alpha)}\}$ — связи элемента № $\langle j \rangle$ на уровне № $\langle i \rangle$;

$c_{ij}^k = \{c_{ij}^{k(1)}, c_{ij}^{k(2)}, \dots, c_{ij}^{k(\beta)}\}$ — свойства элемента № $\langle j \rangle$ на уровне № $\langle i \rangle$;

(α) — количество связей элемента № $\langle j \rangle$ на уровне № $\langle i \rangle$;

(β) — количество свойств элемента № $\langle j \rangle$ на уровне № $\langle i \rangle$.

Формула (3) описывает свойства вагона на уровне связей

$$R^k = \begin{pmatrix} k_1 & k_2 & \dots & k_j & \dots & k_n \\ (k_1, k_1) & (k_1, k_2) & \dots & (k_1, k_j) & \dots & (k_1, k_n) & k_1 \\ (k_2, k_1) & (k_2, k_2) & \dots & (k_2, k_j) & \dots & (k_2, k_n) & k_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (k_i, k_1) & (k_i, k_2) & \dots & (k_i, k_j) & \dots & (k_i, k_n) & k_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (k_n, k_1) & (k_n, k_2) & \dots & (k_n, k_j) & \dots & (k_n, k_n) & k_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

где $(k_1, k_2) = r_{12}^k$ — связь элементов k_1 и k_2 ;

$(k_1, k_j) = r_{1j}^k$ — связь элементов k_1 и k_j ;

$(k_n, k_1) = r_{n1}^k$ — связь элементов k_n и k_1 ;

$(k_i, k_j) = r_{ij}^k$ — связь элементов k_i и k_j .

Связи между элементами опишем графом (4):

$$G_R^k = \langle K, R^k \rangle, \quad (4)$$

где K — элементы вагона;

R^k — связи между элементами.

На рис. 1, 2 приведены структурная схема структуры автосцепного устройства и граф, являющийся математическим описанием этой структуры.

По вышеизложенной методике может быть создано математическое описание как вагона в целом так и любого его узла. Матрицы смежности и инцидентий графа, являющиеся математическим (цифровым) описанием конструкции, позволяют хранить и передавать в электронном виде качественные (структурные) характеристики вагона и его составных частей. На базе этого описания технолог вагоноремонтного предприятия может наиболее эффективным образом выполнять разузлование конструкции и планировать состав комплектов технологической документации на ремонт вагонов. 

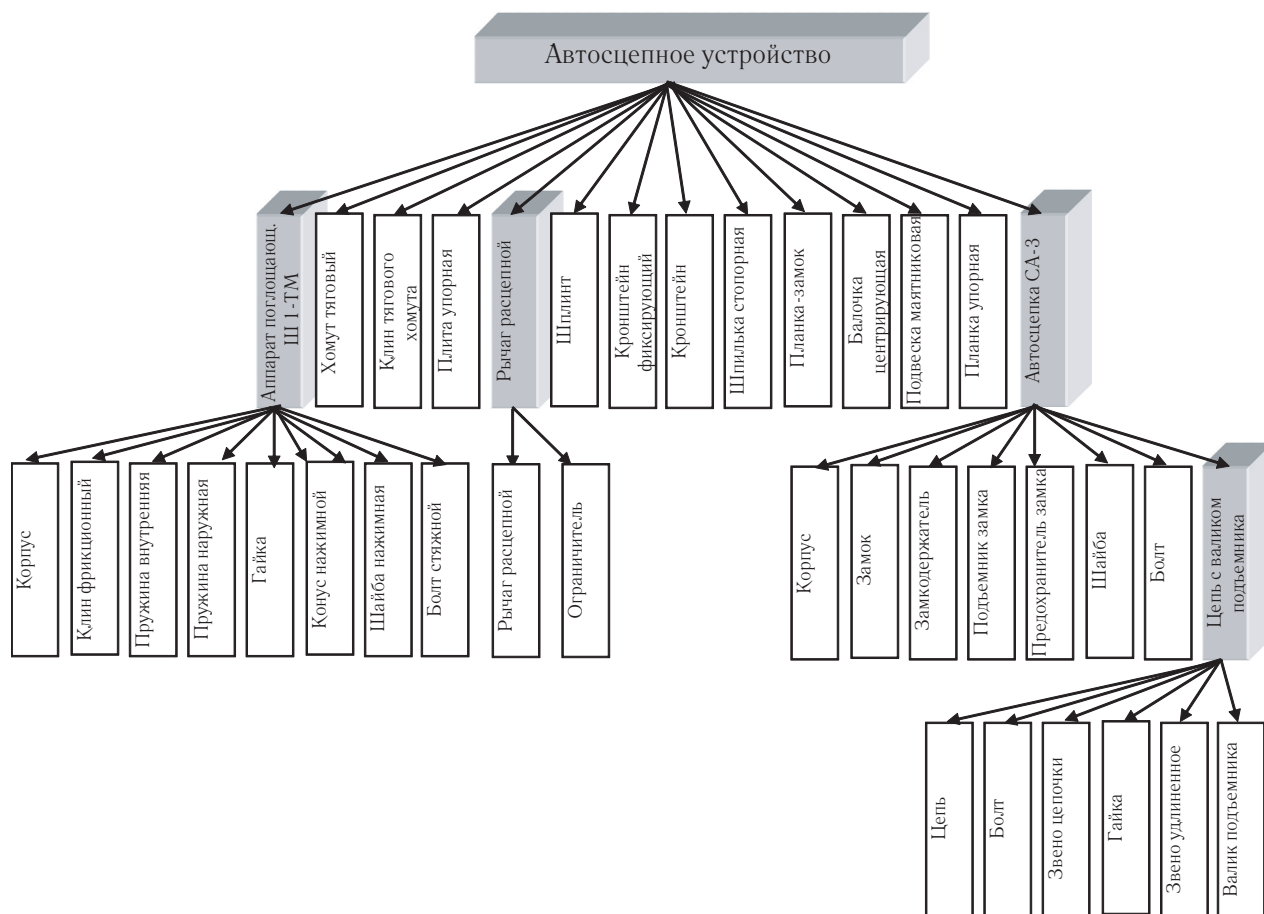


Рис. 1. Структурная схема автосцепного устройства

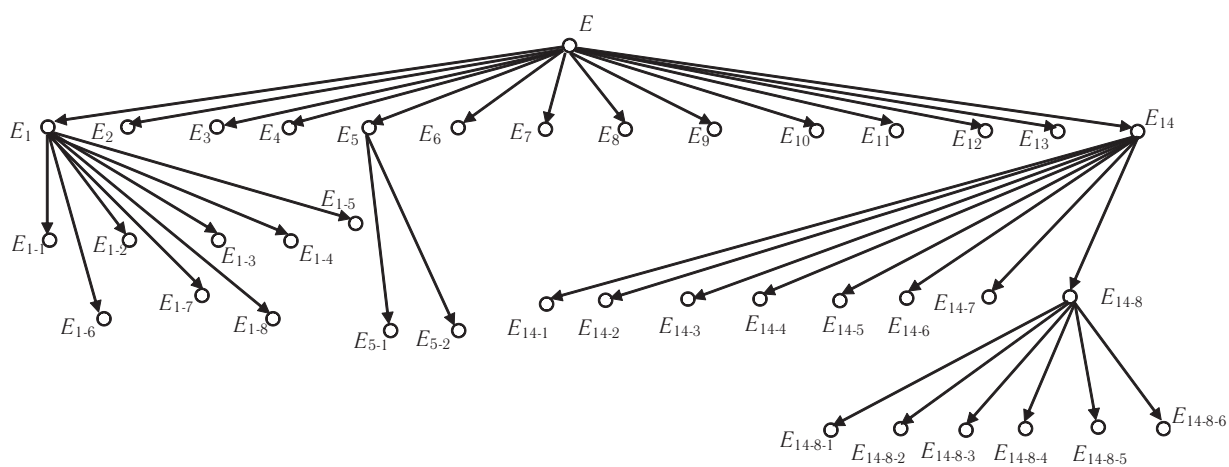


Рис. 2. Граф структуры автосцепного устройства:

$E - E_{14-8-6}$ — элементы автосцепного устройства.

E	E_9	E_{1-1}	E_{5-2}	E_{14-8-1}
E_1	E_{10}	E_{1-2}	E_{14-1}	E_{14-8-2}
E_2	E_{11}	E_{1-3}	E_{14-2}	E_{14-8-3}
E_3	E_{12}	E_{1-4}	E_{14-3}	E_{14-8-4}
E_4	E_{13}	E_{1-5}	E_{14-4}	E_{14-8-5}
E_5	E_{14}	E_{1-6}	E_{14-5}	E_{14-8-6}
E_6		E_{1-7}	E_{14-6}	
E_7		E_{1-8}	E_{14-7}	
E_8		E_{5-1}	E_{14-8}	

Рис. 2. Окончание