

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

УДК 629.113.67.05

С.В. ШУМИК, С.С. КУЧУР

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО УРОВНЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Современный этап создания автомобильных транспортных средств (АТС) характеризуется внедрением новых прогрессивных методов их проектирования, основанных на широком использовании ЭВМ, систем автоматизированного проектирования (САПР). С целью создания подсистемы САПР для расчета и прогнозирования показателей ремонтпригодности (РП) разработан метод моделирования потенциального уровня РП на ЭВМ. Приведем краткое описание метода, общая схема которого дана на рис. 1.

На основании метода зависимостей (ГОСТ 23660–79) разработана инвариантная (объектно-независимая) интегральная математическая модель (ИММ) управления. Применение системного анализа позволило учесть все конструктивные параметры, определяющие затраты труда на замену их составных частей при технической эксплуатации. По результатам отсеивающего эксперимента, проведенного методом многофакторного анализа, исходными данными для расчета являются: число предварительно снимаемых сборочных единиц (x_1), их масса (x_2) и число разбираемых при этом резьбовых крепежных пар (x_3) для обеспечения доступа к объекту технического воздействия; число разбираемых стопорений (x_4), соединений с натягом (x_5); масса заменяемой сборочной единицы (x_6); число разбираемых крепежных пар в заменяемой сборочной единице (x_7); количество (номенклатура) применяемого инструмента (x_8); характеристика рабочей позы исполнителя (x_9), оцениваемая соответствующими коэффициентами. Перечисленные параметры являются значимыми при проектировании АТС и определяются по конструкторской документации [2].

С целью повышения точности моделирования конструкция АТС условно разделена на однородные по всем параметрам x_k группы конструктивных составных частей (агрегаты, узлы, детали) — классы РП W_i [3] на основании использования основных положений теории многомерной классификации [1].

Регрессионные уравнения разработаны по каждому классу РП, внутри класса — по стадиям проектирования с учетом информации о параметрах по мере разработки проекта. Матрица ИММ управления потенциальным уровнем РП приведена в табл. 1 (1 — линейная модель; 2 — логарифмическая; 3 — сте-

пенная; 4 – экспоненциальная). Например, первое значение в первой строке в графе "Номер класса РП" относится к первому уравнению вида 1, второе – ко второму вида 2. Аналогично читается и информация относительно коэффициентов множественной корреляции.

Таким образом, ИММ управления потенциальным уровнем РП состоит из 55 частных регрессионных уравнений, дифференцированных по классам РП, стадиям проектирования в каждом классе РП. Для каждой стадии проектирования (проекты эскизный, технический, рабочий) разработано несколько моделей, что позволяет полнее учитывать данные конструкторской документации. В соответствии с анализом априорной информации о видах текущего ремонта (ТР) (под видом ТР понимается замена отказавшего агрегата, узла или детали) модели управления содержат различные комбинации конструктивных параметров и параметров, отражающих их совместное влияние. Это позволяет охватить практически все возможные виды ТР в условиях эксплуатации. Для

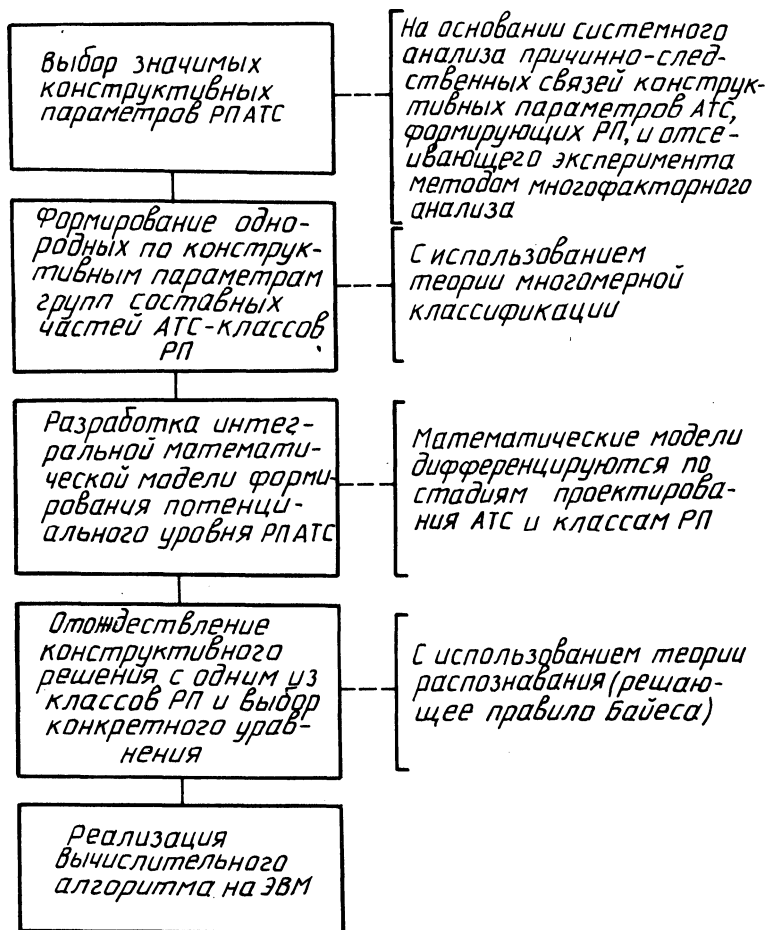


Рис. 1. Метод моделирования на ЭВМ потенциального уровня ремонтпригодности АТС

Табл. 1. Матрица интегральной математической модели управления потенциальным уровнем РП АТС

Стадия проектирования	Вид уравнения	Номер класса РП	Конструктивные параметры АТС											Коэффициент множественной корреляции
			x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_2+x_6	x_7	x_3+x_7	x_8	x_9	
Эскизный проект	1; 2	1; 2	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,77; 0,96
	1; 2	1; 2	+	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0,53; 0,64
	1; 4	1; 2	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0,75; 0,94
	1; 1	1; 2	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0,80; 0,71
	1; 3	1; 2	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0,86; 0,69
	4; 1	1; 2	+	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0,68; 0,98
Технический проект	4; 2	1; 2	+	+	+	0	0	0	0	+	0	0	+	0,97; 0,96
	4; 1	1; 2	+	+	+	0	0	+	0	+	0	0	+	0,98; 0,95
	1; 4	1; 2	+	+	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0,95; 0,96
	1; 2	1; 2	+	0	+	0	0	+	0	+	0	0	+	0,97; 0,98
	3; 1	1; 2	+	+	+	+	0	+	0	+	0	0	+	0,96; 0,98
	1; 2; 1	1; 2; 3	0	0	0	+	0	0	0	0	+	+	0	0,93; 0,95; 0,92
	1; 4	1; 2	+	0	0	+	0	0	+	0	+	0	+	0,97; 0,97
Рабочий проект	4; 1	1; 2	0	0	0	+	+	0	0	0	+	+	+	0,86; 0,97
	1; 1	1; 2	+	+	+	+	+	+	0	+	0	0	+	0,98; 0,99
	3; 1	1; 2	+	0	0	+	0	+	0	0	0	0	+	0,98; 0,96
	1; 4	1; 2	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0,69; 0,78
	4; 1	1; 2	+	0	0	+	+	0	0	0	+	+	+	0,96; 0,99
	2; 2	1; 2	+	0	0	+	0	0	0	0	+	+	0	0,91; 0,95
	2; 2	1; 2	0	0	0	0	+	0	0	0	+	+	+	0,84; 0,88
	1; 1	1; 2	+	0	0	0	0	0	+	0	+	+	+	0,97; 0,96
	2; 4; 4	1; 2; 3	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	+	0,61; 0,51; 0,59
	2; 2; 4	1; 2; 3	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	+	0,69; 0,53; 0,58
2; 3; 4	1; 2; 3	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+	0,86; 0,74; 0,73	
1; 3; 2	1; 2; 3	0	0	0	+	0	0	0	+	0	+	+	0,89; 0,66; 0,71	

выбора оптимального конструктивного решения разрабатывается ряд альтернативных вариантов по замене составных частей АТС (объектов ТР A_j), которые описываются конструктивными параметрами x_k в виде вектора технических воздействий $A_j = f(x_k)$. Каждый вектор необходимо подставить в соответствующее моделирующее уравнение ИММ. Так как конструкция АТС рассматривается как многомерный объект ТР, строгое математическое обоснование формализованного решения задачи дано с использованием статистической теории распознавания [1]. При этом классы РП W_i являются обучающей выборкой и характеризуются априорными распределениями вероятностей классов $p(W_i)$ и дискретных значений признаков x_k в каждом W_i ; $p(x_k/W_i)$.

Задача распознавания (отождествления) вектора решается на основании анализа условных вероятностей совпадения описания вектора A_j с описанием

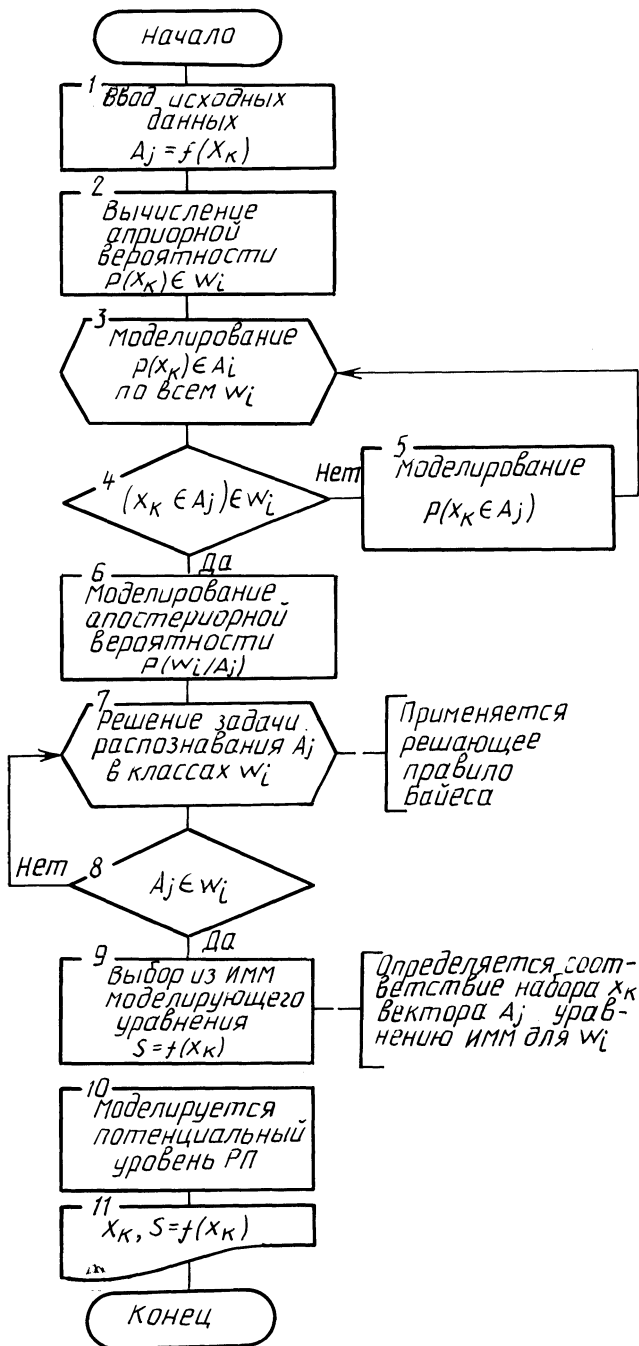


Рис. 2. Схема алгоритма прог заммы моделирования потенциального уровня РП

каждого W_i . Наиболее полно сущность его распознавания отражает решающая схема Байеса [1]

$$p(W_i/A_j) = \frac{p(W_i)p(A_j/W_i)}{\sum_{i=1}^M p(W_i)p(A_j/W_i)}$$

где $p(W_i/A_j)$ – апостериорная вероятность гипотезы о принадлежности j -й реализации к i -му классу; $p(A_j/W_i)$ – условная вероятность предъявления

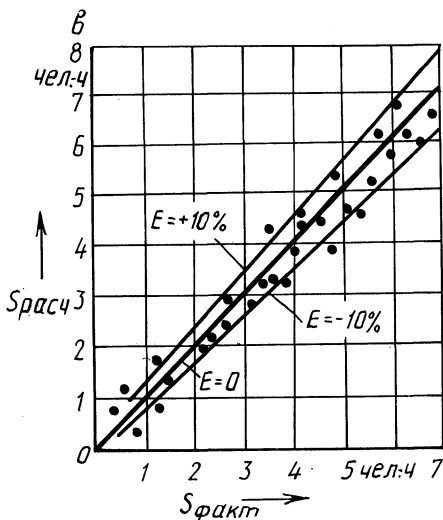
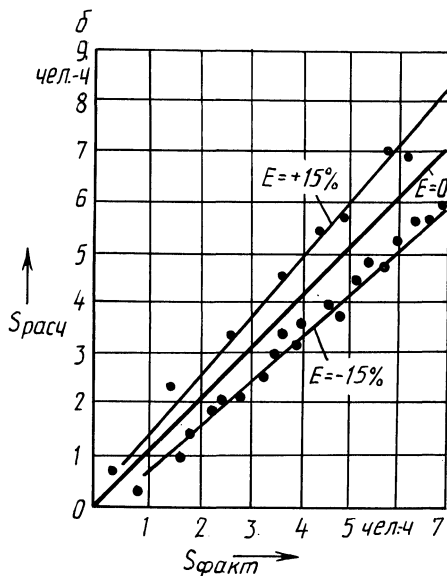
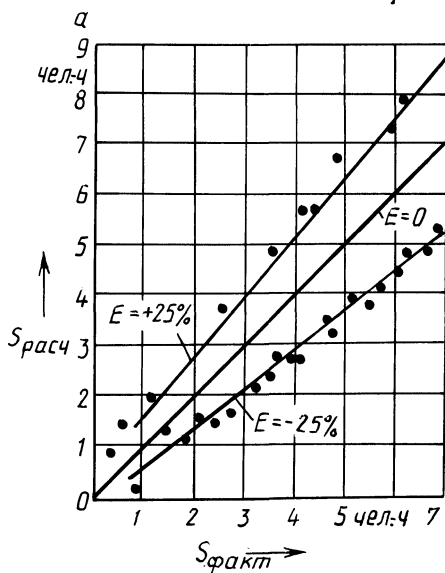


Рис. 3. К оценке точности моделирования показателей ремонтпригодности по стадиям проектирования:

а – эскизный проект ($E_э = 26\%$);
 б – технический проект ($E_т = 16,2\%$);
 в – рабочий проект ($E_р = 11,3\%$);
 $S_{расч}$ – рассчитанные (смоделированные) затраты труда; $S_{факт}$ – фактические

j -й реализации (вектора) i -го класса. В качестве критерия отождествления вектора A_j с одним из классов РП принято максимальное значение $p(W_j/A_j)$.

После отождествления вектора из ИММ выбирается конкретное моделирующее уравнение, соответствующее данному классу РП и конструктивным параметрам рассматриваемого вектора, и производится расчет затрат труда.

Рассмотренная задача решалась на ЭВМ ЕС 1035. Укрупненная схема алгоритма программы приведена на рис. 2. Входными данными является набор альтернативных конструктивных решений, описываемых вектор-реализациями технических воздействий по замене любых составных частей АТС.

Таким образом, разработанный метод моделирования потенциального уровня РП на этапе проектирования АТС основан на последовательном применении теории многомерной классификации, регрессионного анализа и статистической теории распознавания.

Применение теории многомерной классификации и разработка ИММ позволяют достаточно точно моделировать показатели РП. На рис. 3 показана оценка точности моделирования по этапам проектирования. При этом деление на этапы является довольно условным. Существенным является то, что по мере разработки проекта увеличивается число известных параметров РП и уточняются их значения. При этом ошибка моделирования на ранней стадии проекта составляет в среднем 26 %, а на стадии рабочего проекта — 11,3 %.

С точки зрения программной реализации разработанного метода моделирования наиболее существенными представляются такие ее особенности, как многомодельность и многовариантность. Это позволяет решать задачу управления потенциальным уровнем РП проведением вычислительного эксперимента. При этом математически моделируются затраты труда в различных вариантах замены конструктивных элементов АТС при их эксплуатации до проведения дорогостоящих экспериментов на макетных и опытных образцах. Вычислительный эксперимент позволяет оптимизировать и обоснованно выбирать лучший вариант конструктивного решения. Реализация разработанного метода способствует повышению качества проектируемых конструкций АТС, снижению сроков и затрат на корректировку конструкторской документации, доводку и испытания опытного образца, а также обосновывает эксплуатационные нормативы затрат труда на замену конструктивных составных частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вопросы статистической теории распознавания / Ю.Л. Барабаш, Б.В. Варский, В.Т. Зиновьев и др. — М., 1967. — 400 с. 2. Кучур С.С. Исследование влияния конструктивных факторов на трудоемкость постовых работ текущего ремонта автомобилей. — Минск, 1985. — 9 с. Деп. в ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР 11.07.85, № 326 ат-Д85. 3. Шум и к С.В., Кучур С.С., Савич А.С. Методика и результаты исследования ремонтной пригодности автомобилей с использованием теории многомерной классификации // Конструирование и эксплуатация автомобилей и тракторов. — Минск, 1987. — Вып. 2. — С. 109—114.