

УДК 658.52.011.56.012.3

**А.О. Харченко, доц., канд. техн. наук, Д.В. Ревенко, аспирант**

*Севастопольский национальный технический университет*

*Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053*

*E-mail: [root@sevgtu.sebastopol.ua](mailto:root@sevgtu.sebastopol.ua)*

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОРЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Анализируются производственные процессы и оборудование для ремонта и изготовления автомобильных агрегатов, предлагается методика оценки надежности и переналаживаемости оборудования с использованием пространственного размеченного графа состояний.*

### **1. АКТУАЛЬНОСТЬ**

Деятельность и развитие авторемонтных предприятий неразрывно связаны с экономическим и социальным развитием всех отраслей народного хозяйства, и прежде всего с развитием автомобильной промышленности и автомобильного транспорта, с научно - техническим прогрессом в этих отраслях. Конечный результат функционирования авторемонтных предприятий – это высокая эксплуатационная готовность автомобильного парка.

Задачами авторемонтного производства являются: проведение капитального ремонта в необходимых количествах и в наикратчайшие сроки; улучшение качества ремонта; расширение номенклатуры восстанавливаемых и изготавливаемых деталей; повышение производительности труда и рентабельности производства.

Подготовка производства на авторемонтном предприятии – это сложная иерархическая система, призванная решать ряд задач, связанных с организацией производства высокой степени гибкости, допускающей возможность непрерывного совершенствования технологического процесса ремонта и быструю переналадку на выпуск новых изделий.

Производственный процесс ремонта автомобильных узлов и агрегатов по структуре (рисунок 1) может быть разделен на две группы: 1) основные процессы; 2) вспомогательные и обслуживающие процессы.

И если вторая группа процессов достаточно малочисленна и является менее трудоемкой, то первая включает достаточно большой перечень, в котором наряду с небольшими по трудоемкости процессами (разборка, мойка, дефектовка, контроль, комплекточные работы, приработка, окраска) осуществляются также более трудоемкие процессы (сборка, восстановление и изготовление деталей). Эти более трудоемкие процессы составляют соответственно 20% и 36% от общей трудоемкости основных

процессов и от общего количества производственных рабочих – 19% и 34%.

Следовательно, повышение производительности и снижение численности производственных рабочих являются актуальной задачей автоматизации процессов изготовления и восстановления деталей, а также сборочных процессов за счет использования высокоэффективного технологического оборудования: многооперационных станков с ЧПУ, гибких производствен-

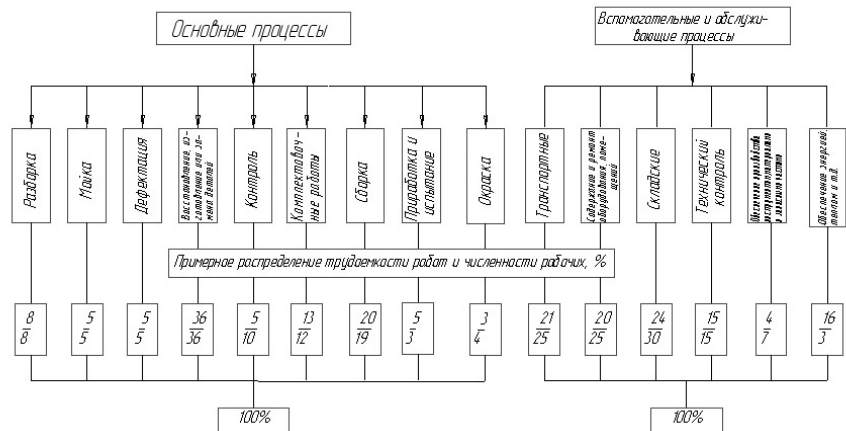


Рисунок 1 – Структура производственного процесса ремонта (изготовления) агрегатов автомобилей

ных модулей (ГПМ), на основе переналаживаемых сборочных стендов и приспособлений.

## 2. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При выборе рационального варианта технологического оборудования авторемонтного производства целесообразно использовать критерий эффективности, позволяющий учитывать надежность и переналаживаемость (гибкость) рассматриваемого объекта. Существующие модели и методы расчета указанного критерия на основе алгебры логики [1] заключаются в упрощенном представлении всех возможных состояний технологической системы станочного комплекса.

Более точные значения критерия эффективности могут быть получены при использовании для описания состояний технологического оборудования (ГПМ) пространственного размеченного графа состояний. Технологическая система ГПМ содержит следующие подсистемы: инструмент, станок, приспособление, загрузочное устройство. Эти подсистемы в процессе эксплуатации могут отказывать, восстанавливаться, получать заявки на переналадку и переналаживаться [2].

Размеченный граф состояний ГПМ изображен на рисунке 2 и в трехмерном пространстве объединяет три вида потоков отказов и заявок. Фронтальная плоскость  $XOZ$  иллюстрирует параметрические отказы системы (технологическую надежность), боковая плоскость  $YOZ$  – отказы функционирования (эксплуатационную надежность), плоскость основания  $XOY$  – потоки переналадок (гибкость) системы ГПМ.

Для описания графа состояний системы ГПМ введены следующие обозначения:

$P_{\Sigma}$  – вероятность безотказно беспереналадочной работы (состояние  $S_{\Sigma}$  на рисунке 2);

$P_1, P_2, P_{12}$  – соответственно вероятности параметрических отказов инструмента, станка, а также инструмента и станка одновременно (состояния  $S_1, S_2, S_{12}$ );

$P_3, P_4, P_{34}$  – соответственно вероятности параметрических отказов приспособления, загрузочного устройства, а также приспособления и загрузочного устройства одновременно (состояния  $S_3, S_4, S_{34}$ );

$P_{13}, P_{23}, P_{123}, P_{14}, P_{24}, P_{124}, P_{134}, P_{234}, P_{1234}$  – вероятности, характеризующие различные сочетания вышеуказанных состояний (состояния  $S_{13}, S_{23}, S_{123}, S_{14}, S_{24}, S_{124}, S_{134}, S_{234}, S_{1234}$ );

$P'_1, P'_2, P'_3, P'_4$  – вероятности поломок (выхода из строя) соответственно инструмента, станка, приспособления и загрузочного устройства (состояния  $S'_1, S'_2, S'_3, S'_4$ );

$P''_1, P''_2, P''_3, P''_4$  – вероятности переналадок соответственно инструмента; инструмента и станка; инструмента и приспособления; инструмента, станка и приспособления (состояния  $S''_1, S''_2, S''_3, S''_4$ ).

В рассматриваемых состояниях входящий поток  $\lambda$  характеризует среднее число заявок, поступающих в единицу времени. Выходящий поток  $\mu$  характеризует среднее число заявок, выполненных в единицу времени.

Состояние системы определяется совокупностью уравнений финальных вероятностей:

$$\begin{aligned}
& \Pi P_1'(\lambda_1 + \lambda_3 + \lambda_1' + \lambda_2' + \lambda_3' + \lambda_4' + \lambda_1'') = P_1 M_1 + P_3 M_3 + P_1' M_1' + P_2' M_2' + P_3' M_3' + P_4' M_4' + P_1'' M_1''; \\
& \Pi P_1'(M_1 + \lambda_3 + \lambda_2 + \lambda_4) = P_1' \lambda_1 + P_{13} M_3 + P_{12} M_2 + P_{14} M_4; \\
& \Pi P_1' M_1' = P_1' \lambda_1'; \\
& \Pi P_2' M_2' = P_1' \lambda_2'; \\
& \Pi P_3' M_3' = P_1' \lambda_3'; \\
& \Pi P_4' M_4' = P_1' \lambda_4'; \\
& \Pi P_1' M_1'' = P_1' \lambda_1''; \\
& \Pi P_2' M_2'' = P_1' \lambda_2''; \\
& \Pi P_3' M_3'' = P_1' \lambda_3''; \\
& \Pi P_{123}'(M_2' + M_3') = P_{12}' \lambda_3' + P_{13}' \lambda_2''
\end{aligned}
\tag{1}$$

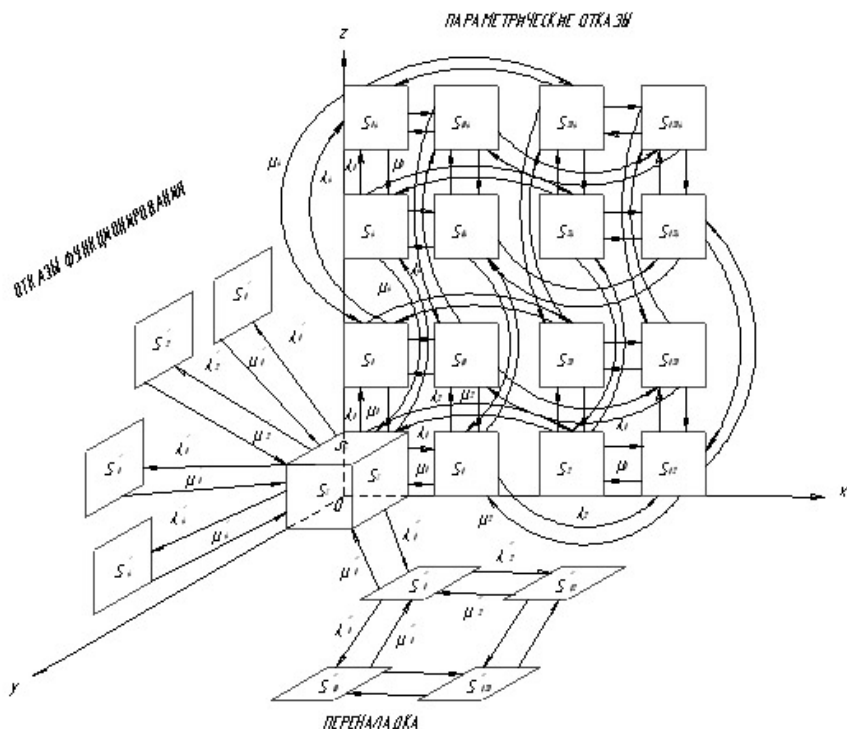


Рисунок 2 – Пространственный размеченный граф состояний ГТПМ с учетом отказов и переналадки

Система из 24 уравнений решается на ЭВМ с использованием известных численных методов.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате решения системы уравнений определяются вероятности нахождения ГПМ в каждом из состояний, из которых наиболее определяющим показателем является  $P_{\Sigma}$  – вероятность безотказно-беспереналадочной работы. В дальнейших исследованиях этот показатель целесообразно применять в качестве критерия эффективности при выборе более рационального варианта технологического оборудования для автоматизации авторемонтного производства, что позволит значительно уменьшить трудоемкость процессов изготовления деталей при ремонте узлов и агрегатов. Предложенный подход к оценке надежности и переналаживаемости основан на использовании реальных данных по параметрам эксплуатации и переналадки технологического оборудования. Внедрение методики оценки в реальное производство повысит эффективность выбора рациональных вариантов оборудования и технологических процессов, позволяющих быстро переналаживаться на выпуск новых изделий в авторемонтном производстве.

#### *Библиографический список*

1. Харченко А.О. Разработка ГПМ с учетом надежности технологических систем / А.О. Харченко. — К.: Об-во “Знание”, 1989. — 20 с.
2. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: Учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд. стер.— М.: Высш. шк., 2000. — 383 с.

*Поступила в редакцию 26.02.2004 г.*