

## СИНТЕЗ ПРОЦЕССОВ И СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Иванов В.П.*

Полоцкий государственный университет  
Полоцк, Республика Беларусь

**Введение.** Стараниями народившегося бизнеса обусловлено много нареканий и недоверия к индустриальному ремонту машин в борьбе за место на рынке. Тезис о том, что машина после пяти лет использования должна быть утилизирована, а вместо нее изготовлена новая машина, не подтвержден ни теоретически, ни практически. Только состоятельному владельцу позволительно после такого срока использования сбывать ее менее состоятельным владельцам, в том числе в третьи страны, и приобрести новую машину. Трудно представить, как можно в масштабах отрасли промышленности спустя такой срок использования заменить парк машин на новый. Использование остаточного ресурса машин после достижения ими предельного состояния является экономически эффективным.

В настоящее время человечеству для удовлетворения своих потребностей требуется невозобновляемых природных ресурсов на одну треть больше, чем может обеспечить Земля [1]. Одним из вариантов существенного уменьшения их потребления является реновация техники, необходимость которой подчеркивает также тот факт, что даже с учетом естественной выбраковки деталей (до 20 %) при ремонте машин потребление первичных природных ресурсов и загрязнение окружающей среды снижаются в 5–10 раз по сравнению с одноименными показателями при их изготовлении.

Технологическая подготовка производства к ремонту отдельных агрегатов машин (двигателей, агрегатов трансмиссии, систем электрооборудования и питания и др.) связана с большими объемами разработки технологической и конструкторской документации и последующим изготовлением средств ремонта [2]. В практике проектирования процессов и средств ремонта недостаточно просматриваются их методы, синтезирующие наряду с выполнением предписанных функций и новые технические решения.

**Методы исследования.** При описании предлагаемого метода синтеза процессов и средств ремонта изделий использованы морфологический анализ Ф. Цвики [3] и динамическое программирование [4].

**Основная часть.** Схема принятия технических решений при проектировании процессов и средств ремонта приведена на рисунке 1. Карточка действующих в производстве и приведенных в литературе процессов и средств ремонта способствует использованию в проектировании проверенных передовых и эффективных технических решений.

Декомпозиция с последующей классификацией процессов (операций) и средств ремонта (однофункциональных механизмов) с помощью морфологического анализа позволяет унифицировать элементы и сформировать из них мо-

дули, что уменьшает трудоемкость и длительность подготовки производства, расширяет масштабы применения прогрессивных средств и процессов, реализует политику ресурсосбережения и обеспечивает гибкость производства. Необходимость технологической унификации заключается в уменьшении числа видов процессов и средств, близких по содержанию и устройству, соответственно. Диалектическая связь между процессами и средствами заключается в том, процессы являются функциями материальных объектов – СТО.

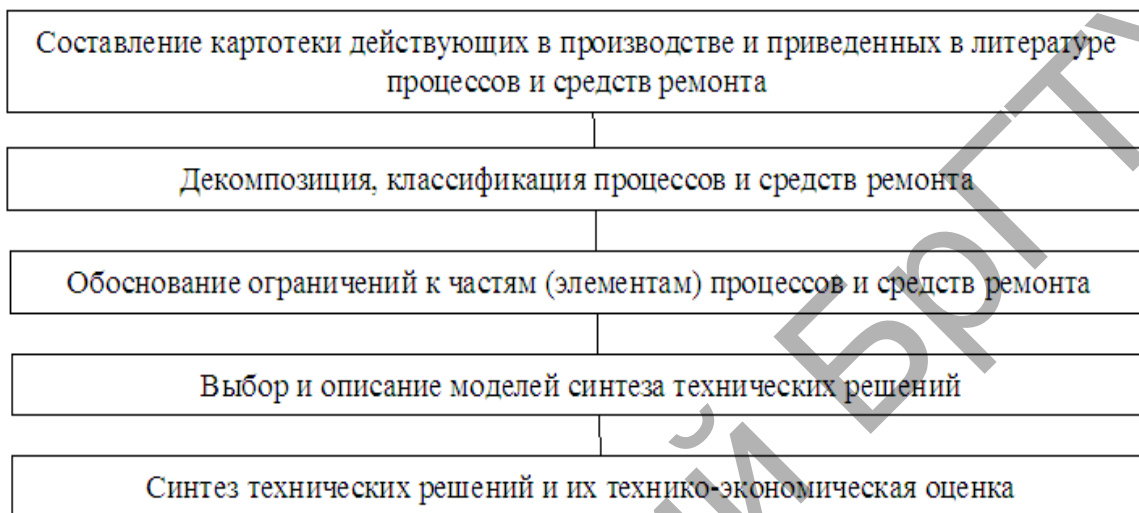


Рисунок 1 – Блок-схема принятия технических решений при проектировании процессов и средств ремонта изделий

Варианты частей решений (элементов) определяют из логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии и движения, разного состава элементов и их сочетаний. Глубину поиска обеспечивает широкий учет применяемых и мыслимых элементов и рассмотрение множества как известных, так и новых сочетаний их признаков. Множество сочетаний признаков решений  $W$ , находящихся в конъюнктивно-дизъюнктивных связях «и – или» и выражается зависимостью

$$W \subseteq [(p_{11} \cup p_{12} \cup \dots \cup p_{1m_1}) \cap (p_{21} \cup p_{22} \cup p_{2m_2}) \cap \dots \cap (p_{k1} \cup p_{k2} \cup p_{km_k})],$$

где  $p_{ij}$  – элементы решения;  $i = (1 \dots k)$ ;  $j = (1 \dots m_k)$ .

В техническое решение могут быть включены только те элементы, которые удовлетворяют ограничениям по качеству, безопасности и производительности. Качество элемента решения выражается его способностью обеспечить нормативное значение параметра технологической или нормативной документации. Безопасность труда и охрана окружающей среды оцениваются соответствующими индексами риска, а производительность труда согласуют с производственной программой предприятия.

Оптимизационный синтез процессов и средств ремонта – образование структур (в том числе новых) из элементов, удовлетворяющих установленным ограничениям и обеспечивающих минимальные затраты на свое создание и исполь-

зование. При техническом перевооружении и реконструкции производства выполняют синтез в масштабах отдельных рабочих мест, а при создании нового производства – в масштабах производственных участков.

Математическая сторона синтеза средства ремонта совпадает с выбором оптимального технологического процесса (рис. 2), поскольку в обоих случаях используют схожие графы (составленные из вершин и ребер) и рассматривают одни и те же функции. Длины ребер соответствуют затратам на создание и использование соответствующего элемента решения.

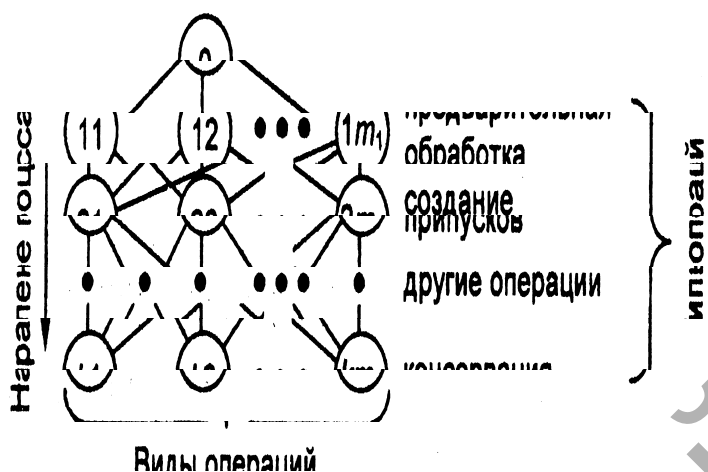


Рис. 2. Граф вариантов технологического процесса (на примере восстановления детали): 1, 2, ...,  $k$  – типы операций;  $m_1, m_2, \dots, m_k$  – количество видов операций каждого типа

Подмножество вершин на кратчайшем пути из вершины  $O$  в одну из вершин нижнего ряда вершин графа соответствует оптимальной структуре решения. Искомый путь между указанными вершинами определяют с помощью динамического программирования [4], для чего находят направления движения из каждой вершины графа, исходя из рекуррентных соотношений

$$Z_{i+1} = \min (\text{по всем вершинам графа}) [Z_i + Z_{(i+1)-1}], \text{ руб.},$$

где  $i$  – шаги решения;  $Z_{i+1}$  – затраты, отнесенные к  $i+1$  операциям или механизмам, руб;  $Z_i$  – приведенные затраты на элемент решения (далее: затраты), отнесенные к  $i$  операциям или механизмам, при условии, что соответствующий участок графа выбран оптимальным образом, руб;  $Z_{(i+1)-1}$  – затраты, отнесенные к присоединению  $(i+1)$ -й(го) операции (механизма) к  $i$  его операциям (механизмам), руб.

Предложенный метод синтеза позволяет проектировать как единичные технологические объекты, так и их параметрические ряды. Во втором случае вначале разрабатывают для каждого типа технологических переходов базовый исполнительный агрегат путем его структурного синтеза. Этот агрегат предназначен для выполнения технологического перехода, значение главного параметра которого соответствует модальному (наиболее часто встречаемому) значению функции спроса на агрегаты данного типа. Затем в результате параметрического синтеза из каждого базового агрегата образуют ряд однотипных агрегатов с измененными значениями главного параметра. Этот ряд агрегатов способен выполнить все технологические переходы данного типа. И в заключение разра-

батывают компоновки технологических машин, включающие различные исполнительные агрегаты, выбранные из разных типоразмерных рядов.

Приведенный метод синтеза процессов и средств ремонта был использован в технологической подготовке производства на Полоцком заводе «Проммашремонт».

**Заключение.** Разработан, предложен и апробирован метод синтеза процессов и средств ремонта, позволяющий уменьшить сроки и затраты на технологическую подготовку ремонтного производства с повышением его технического уровня и качества услуг.

### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Намаконов, Б.В. Экологичность реновации изделий – в учебные планы подготовки кадров / Б.В. Намаконов // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 16-ой Международной научно-технической конференции (Одесса, 30 мая – 03 июня 2016 г.). – Киев: АТМ Украины, 2016. – С. 107–110.
2. Иванов, В.П. Подготовка ремонтного производства: науч. издание / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – 272 с.
3. Zwicky F. Entdecken, Erfinden, Torschen im morphologischen Wettbild. Munchen – Zurich, Knaur, 1966.
4. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман; пер. с англ. – М.: Иностранная литература, 1960. – 400 с.

УДК 629

### **МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОМОБИЛЯ**

*Сафин А.И., Макарьянц Г.М., Прокофьев А.Б., Шахматов Е.В.*

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева,  
Самара, Российская Федерация

Работоспособность, ресурс и качество изделий машиностроения, в значительной степени зависят от интенсивности виброакустических процессов, к которым следует отнести вибрацию механических элементов, излучаемый агрегатами и системами шум [1, 2]

Одним из направлений повышения виброакустического комфорта автомобиля является разработка кузова с заданными модальными параметрами. Способность в достоверном определении как можно большего числа собственных частот и форм колебаний кузова автомобиля является залогом успеха при верификации его конечно-элементной модели. При этом лимитирующим является количество точек, в которых определяется вибрация. Как правило, проведение модального анализа автомобиля в сборе связано со значительными временными и финансовыми затратами. На практике получил широкое распространение метод, в котором экспериментально определяются модальные параметры первого изгибного и крутильного резонанса только кузова автомобиля. Далее определённое значение частот уменьшают на 10-12 Гц и получившееся значение считают модальными частотами самого автомобиля. В этом плане применение бесконтактного сканирования вибрации даёт ощутимые преимущества. Поэто-