

**ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ПРИ
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ РЕМОНТЕ АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА
ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА
РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ**

**Писарев И.С., Хмельницкий С.В.,
научный руководитель канд. техн. наук Катаргин В.Н.
Сибирский федеральный университет**

В настоящее время прослеживаются тенденции перехода России на все более современные и прогрессивные рыночные отношения, что предполагает создание все более высокого уровня конкурентной борьбы между предприятиями всех уровней экономики. Тем временем поиск, исследование новых ниш и выход на новые рынки сбыта является неотъемлемой составляющей успешных производителей продукции или услуг, главной целью которых является сокращение собственных издержек производства. Путь развития любой отрасли промышленности не представляется возможным без транспортной составляющей в составе всего процесса производства любой продукции, ведь в состав затрат на производство, транспортировку и доставку любого выпускаемого вида продукции доля транспортных издержек достигает 12-15%.

С другой стороны себестоимость грузовых автомобильных перевозок остается довольно высокой и в процессе эксплуатации парка может возрастать в 2 - 3 раза, а техническая готовность автомобилей к моменту списания снижается в 3-4 раза. Основными причинами таких негативных явлений оказываются в первую очередь высокие затраты трудовых, временных ресурсов, а так же средств на обеспечение работоспособности автомобилей вследствие невысокого уровня технического обслуживания и ремонта автомобилей, что не позволяет использовать внутренние резервы ресурса агрегата в полной мере.

Сегодня в мире существуют большое количество ремонтно-восстановительных предприятий, которые можно сгруппировать в четыре основных типа:

- ремонтно-восстановительные предприятия, действующие от лица дилерских центров по продаже новой техники;
- концерны, производящие комплектующие и организующие заводы по ремонту выпускаемой ими продукции;
- крупные специализированные ремонтные заводы, создаваемые автономными юридическими лицами;
- узкоспециализированные участки по восстановлению автокомпонентов в составе средних и малых предприятий.

В общем случае политика всех обозначенных компаний нацелена на повышение качества предоставляемых услуг, увеличение срока гарантии, расширение номенклатуры восстанавливаемых автокомпонентов, повышение уровня лояльности клиентов, что сводится к захвату все большей доли рынка.

Все это говорит о том что, традиционные методы восстановительного ремонта, постепенно сдают свои позиции и в целях выживания во все более жестких условиях мировой конкуренции требуются создание новых методических подходов в процедурах ремонта.

Решение такого рода задач невозможно без внедрения новых научных перспективных разработок. Достаточно перспективным возможным направлением решения ряда задач в области ремонта является развитие подходов, основанных на анализе размерных характеристик деталей и их взаимном сопряжении. Этому

способствовало множество научных трудов авторов СФУ (КГТУ), основанных на обеспечении точности замыкающих звеньев размерных цепей.

В настоящее время это направление получило дальнейшее развитие и представлено в новом усовершенствованном методическом подходе. Структура механизма такого подхода представлен на рис. 1 в виде основных укрупненных блоков.

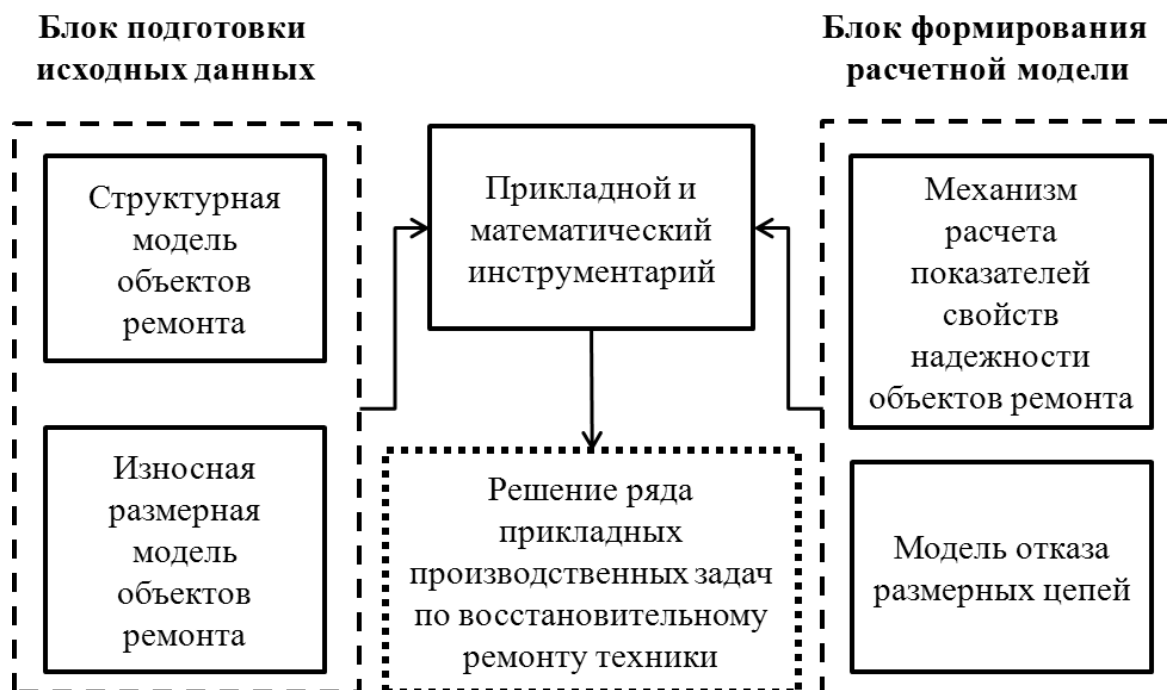


Рис. 1. Укрупненная структура подхода решения прикладных задач

Важнейшей составляющей блока подготовки исходных данных является износная размерная модель (ИРМ), которую можно представить как совокупность всех размерных составляющих, описывающих геометрическую точность всего агрегата. Размерная модель занимает немаловажное значение место в данном подходе, так как от достоверности и полноты охвата взаимодействующих деталей и их размеров будет зависеть эффективность предложенных решений. Построение ИРМ заключается в том, что происходит трансформация от зрительного образа чертежа к его математическому описанию в виде размерных цепей то есть размеров, объединенных в замкнутый контур. В данном случае ИРМ отображается в виде графового представления (рис. 2), что дает возможность отслеживать основные связи и в то же сохраняет организованность всей структуры.

Ключевым этапом построения износной размерной модели агрегата является этап формирования схем сборочных размерных цепей. Основной задачей данного этапа является выявление размерных цепей из всего массива звеньев, вершин и поверхностей деталей, представленных в виде структурного графа размерных связей. В качестве вершин структурного графа выступают поверхности деталей агрегата, которые образуют между собой совокупность искомых составляющих и замыкающих звеньев.

Данная задача решается путем нахождения пути минимальной длины между двумя заданными вершинами графа. Немаловажной особенностью в основе или условии данной задачи является, что каждая деталь может участвовать в размерной цепи только одним из своих размерных параметров.

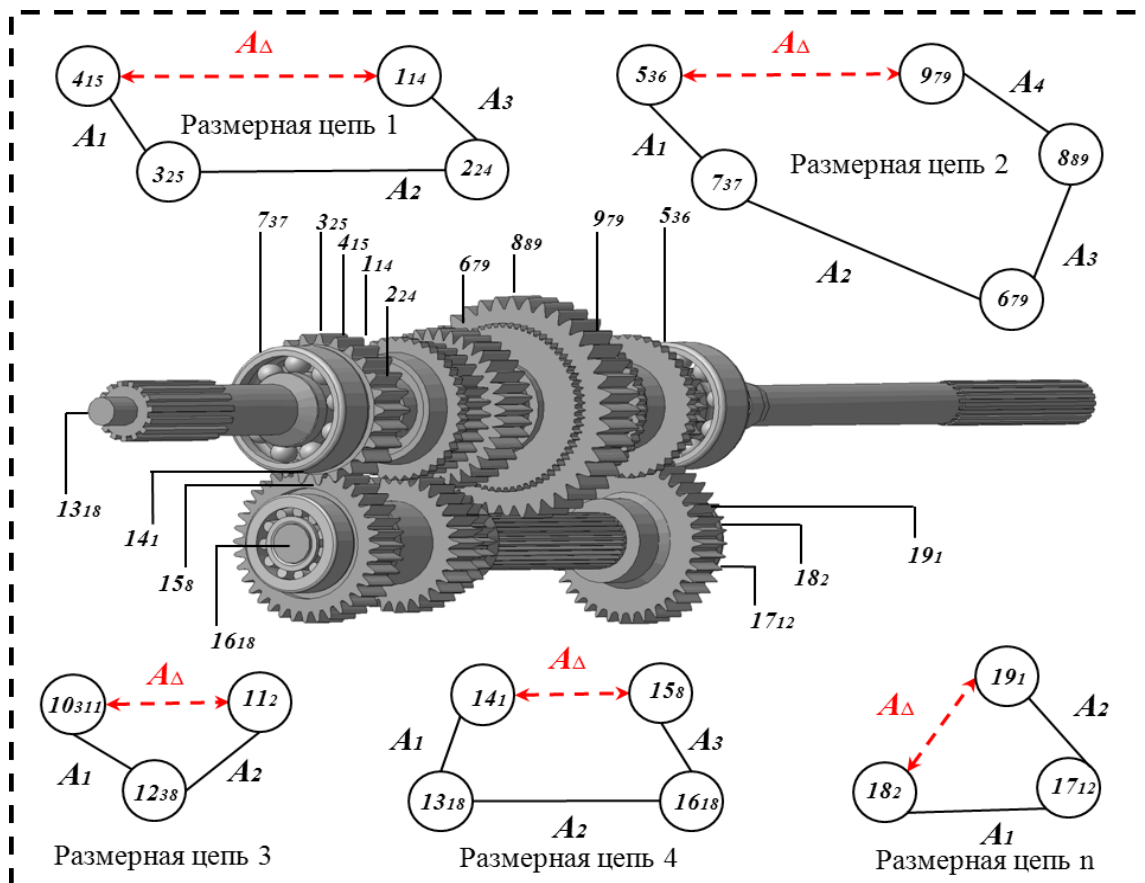


Рис. 2. Графовая структура износной размерной модели агрегата

Решать такого рода задачи рациональнее всего путем использования математического аппарата теории графов. Такая позиция подкреплена тем, что реализация вычислительных процедур возможна путем строгого математического описания графа. Более того, в целях использования автоматизированных процессов нужно иметь возможность представлять в памяти компьютера необходимую для этой цели информацию. Непосредственное представление графа в виде точек и линий для современных ЭВМ не является удобным. Рациональнее всего для этой цели использовать описание графа с помощью различных матриц. Весь математический процесс этого этапа можно описать с помощью матрицы смежности.

Поскольку граф размерных связей имеет неориентированный характер, то матрицей смежности графа $G = (V, E)$ будет выступать квадратная матрица $A(G) = [a_{ij}]$ элементы которой определяются следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (v_i, v_j) \in E; \\ 0, & \text{если } (v_i, v_j) \notin E. \end{cases}$$

Такое название матрицы связано с тем, что две вершины графа, являющиеся концевыми для некоторого ребра, называются смежными. Таким образом, матрица смежности вполне определяет структуру размерных связей вершин графа. Количество единиц в i -й строке матрицы G равно числу ребер, исходящих из вершины a_i . Количество единиц в i -м столбце матрицы G равно числу ребер, входящих в вершину.

Следующим подблоком в укрупненной структуре механизма подхода решения прикладных задач (рис. 1) выступает механизм формирования расчетной модели надежности агрегата (рис. 3).

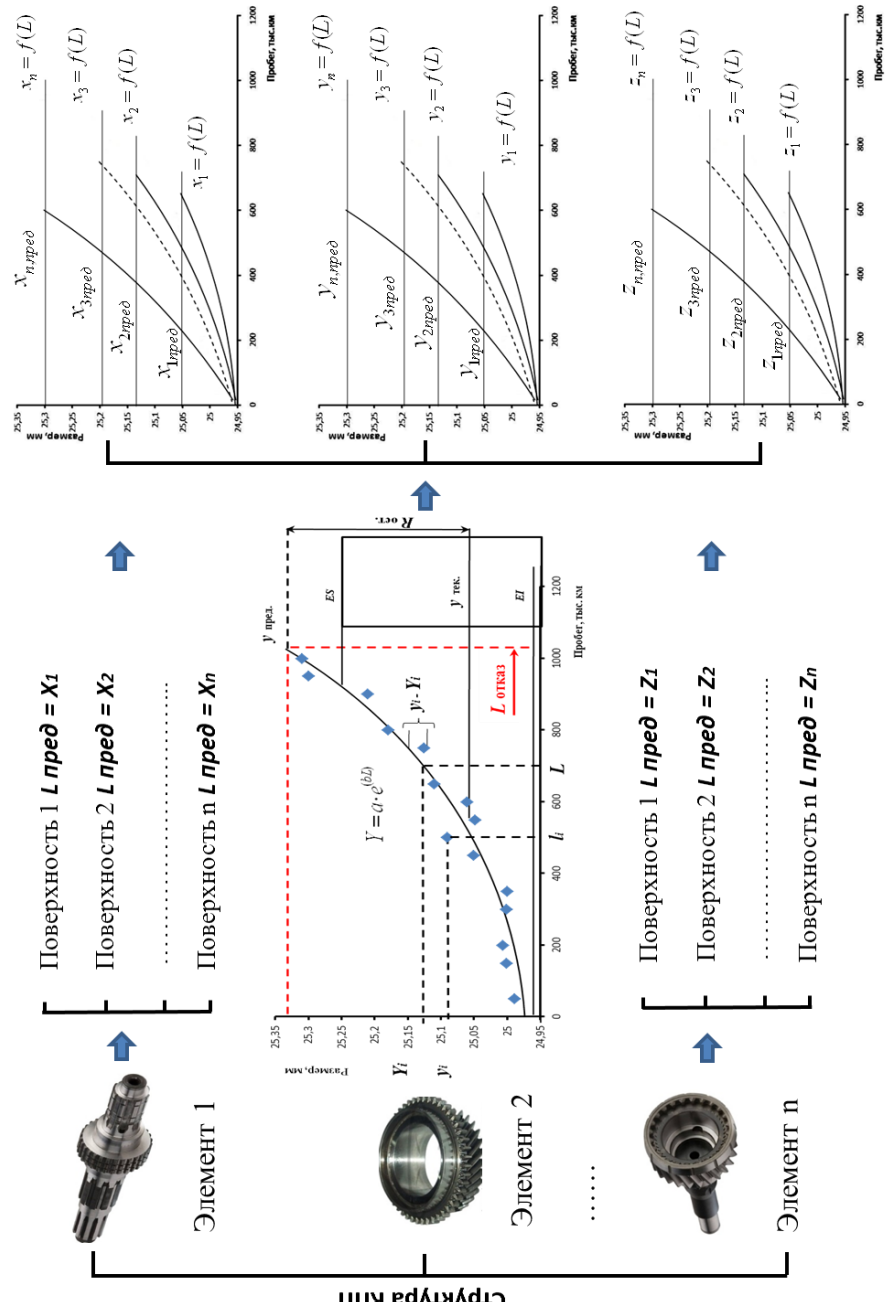


Рис. 3. Механизм формирования расчетной модели надежности агрегата

Для функционирования этой модели необходимо проанализировать величины износов звеньев размерных цепей в зависимости от наработки агрегата и получить аппроксимирующую зависимость изменения этого параметра. Имея эту информацию, с помощью средств математического моделирования или аналитически определяются наработка на момент отказа размерных цепей.

Получение характеристик надежности исследуемых агрегатов предполагает применение методов имитационного моделирования, при котором изучаемая система заменяется моделью, описывающей реальную систему. Системой в данном случае

выступают закономерности изнашивания поверхностей деталей, а исходными данными для процесса моделирования будут служить случайные величины a и b уравнения:

$$Y = a \cdot e^{bL},$$

где e – основание натурального логарифма; L – наработка агрегата; a, b – коэффициенты регрессионной зависимости, определяющие характер и степень изменения размера.

По окончании процесса моделирования по известным значениям этих коэффициентов, а также текущему, на данный момент наработки, значению геометрического параметра ΔS переходят к получению массива функциональных зависимостей изнашивания звеньев размерных цепей. Выполнив N итераций моделирования, получают совокупность функциональных зависимостей, дающих полное описание всех подконтрольных систем по критерию износов Z_i функциональных элементов Z_i от величины наработки L_i .

Далее с помощью полученной информации приступают к определению остаточного ресурса всех элементов иерархической системы. Зная предельное значение размеров функциональных элементов $Z_{i\text{пред}}$ и параметры, описывающие функцию изнашивания, определяется остаточный ресурс $R_{\text{ост}}$ каждого из этих элементов.

$$R_{\text{ост}} = \frac{\log_{a \cdot e} Z_{i\text{пред}}}{b} - R_{\text{изм}},$$

где $Z_{i\text{пред}}$ – предельное значение геометрического параметра функционального элемента; $R_{\text{изм}}$ – значение геометрического параметра функционального элемента на момент прогнозирования остаточного ресурса.

Интегрируя описанные подблоки в единую систему и подвергая ее обработке с помощью математического инструментария можно решать достаточно широкий спектр прикладных задач:

- разработка актуализированных математических моделей прогнозирования остаточного ресурса и показателей свойств надежности отремонтированных узлов и агрегатов;
- выдвижение взвешенных и рациональных подходов к обоснованию сроков гарантийного пробега, дифференцированных по техническому состоянию агрегатов;
- прогнозирование производственных издержек и планирование производственной деятельности предприятий;
- повышение качества проведения ремонтных воздействий за счет повышения послеремонтного ресурса узлов и агрегатов;
- достоверная оценка допустимых без ремонта размерных параметров деталей.

Указанные задачи могут быть дополнены, расширены и адаптированы в зависимости от особенностей организации производственного процесса конкретного предприятия, производящие различные виды восстановительного ремонта агрегатов и узлов автомобильного транспорта.