

УДК 658.512.4
621.7.07
658.512.011.56

В. П. ИВАНОВ, главный технолог
Полоцкого авторемонтного завода

Проектирование средств технологического оснащения ремонтного завода

Большая доля средств технологического оснащения (СТО) ремонтного завода создается в собственном вспомогательном производстве (80 % технологической подготовки основного производства приходится на проектирование и изготовление СТО). Ряд участков завода полностью оснащены оборудованием собственного изготовления. Ограниченные возможности вспомогательного производства требуют взвешенного подхода к разработке СТО, так как выполнение однотипных технологических операций на оборудовании, разработанном различными организациями и предприятиями, привело к созданию многообразной номенклатуры СТО с перекрывающимися значениями основных параметров, изготовление которых сопряжено с излишними затратами труда и средств.

Для каждого ремонтного завода существуют оптимальные номенклатура и состав СТО с учетом его специализации и мощности. Основное в проектировании СТО — системный подход, обеспечивающий видение комплекса СТО в целом, его связей и отношений с другими компонентами производства, главным образом с исполнителями и предметом труда; перечисление структурных элементов СТО на любом уровне без пропусков и повторений, что важно для выбора оптимальной номенклатуры; возможность поочередной модернизации частей СТО и их перекомпоновки при смене предмета труда; этапное и многовариантное проектирование. Выбор основных параметров при проектировании, определяющих качество создаваемого объекта, ведется на двух системных уровнях: машин и их комплексов; исполнительных и вспомогательных агрегатов.

Предлагается следующая последовательность работ по проектированию СТО ремонтного предприятия: выбор критериев оптимизации; классификация технологических воздействий над предметами труда; классификация, выбор и описание элементов СТО, связей и отношений между ними на уровнях агрегатов и машин. На рис. 1 показана блок-схема проектирования СТО ремонтного предприятия.

Критериями оптимизации при проектировании агрегата и ряда одно-

типных агрегатов выбраны, соответственно, средняя стоимость выполнения перехода и приведенные затраты на изготовление и эксплуатацию ряда агрегатов. Критерием синтеза машины из агрегатов является ее производительность.

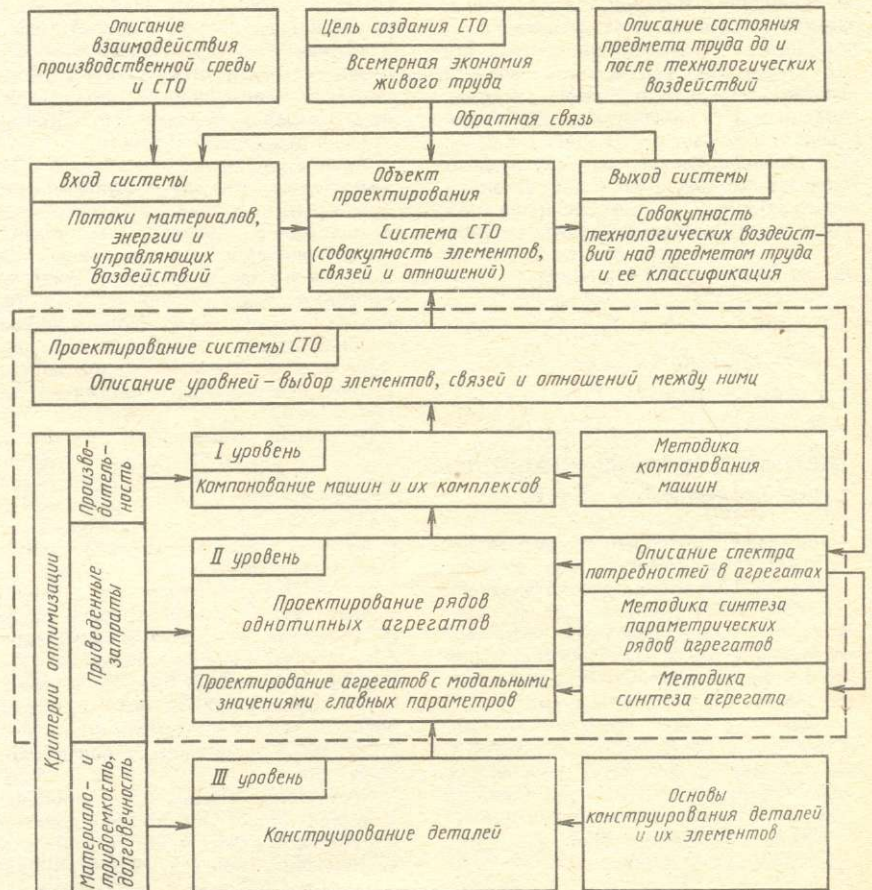
Устранение неисправностей и восстановление ресурса предмета труда в ремонтном производстве выполняются в результате комплекса работ: предметной диагностики, очистки, разборки, дефектации, нанесения покрытий, обработки, комплектования, сборки, окраски, приработки, контроля, перемещения предмета труда, очистки и (или) нейтрализации отходов производства. Эти работы в виде технологических операций выполняются машинами первого уровня системы.

Классификация элементов второго уровня системы СТО более обширная и включает классификацию совокупности основных и вспомогательных переходов над предметом труда. Каждому виду переходов соответствует свое распределение по значениям главного параметра воздействий (рис. 2, где n — годовое количество технологических переходов; M_1, M_2, \dots, M_l — значения

главного параметра; m, M — модальное значение главного параметра). Системный подход требует сведения в одну группу одноименных переходов, выполняемых оборудованием различных видов. Например, вспомогательные переходы перемещения деталей, выполняемые питателями, отсекателями и агрегатами ориентирования, применяются в дефектационных, испытательных, обрабатывающих и сборочных машинах. Число видов агрегатов СТО ремонтного завода достигает 50 единиц.

Проектирование начинается с разработки структуры агрегата каждого типа. Агрегат представляется совокупностью составляемых механизмов (обычно, преобразователей энергии и движения, корпуса и инструмента), каждый из которых необходим, а все вместе достаточны для обеспечения заданной функции. Каждый составляющий механизм может иметь различное исполнение (вид). Синтез структуры агрегата (его существенных признаков) основан на описании множества всевозможных сочетаний признаков, в том числе новых, а также поиске сочетания, обеспечивающего минимальное значение критерия оптимизации.

Рис. 1



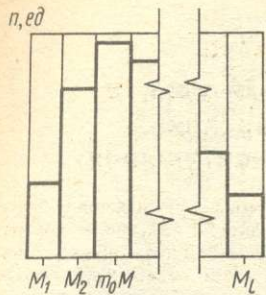


Рис. 2

Один вариант агрегата выражается сочетанием признаков, взятых по одному из каждой строки морфологической схемы (рис. 3, где 1, 2, ..., k — код механизма; m_1, m_2, \dots, m_k — количество исполнителей 1-го, 2-го, ..., k -го механизма). Определим длину каждого ребра схемы как затраты на изготовление и функционирование последующего механизма, отнесенные к одному технологическому переходу, и найдем кратчайший путь из верхней вершины схемы (O) в одну из вершин нижнего яруса. Подмножество вершин на этом пути выражает оптимальную структуру агрегата. Численные расчеты затрат выполняются для модального значения параметра гистограммы потребностей в агрегатах данного типа.

Агрегаты, спроектированные на первом этапе как основания параметрических рядов, являются законченными механизмами, их устройство отвечает требованиям разнообразных по назначению машин, количество стыков минимальное.

Следующий этап проектирования — разработка множества параметрических рядов исполнительных и вспомогательных агрегатов СТО, выполняющих всю номенклатуру технологических переходов над предметом труда.

Определение оптимального параметрического ряда однотипных агрегатов СТО сводится к нахождению ряда агрегатов, значения главного параметра которых должны удовлетворять потребности в них с наименьшими приведенными затратами. Эта задача решается путем составления множества всевозможных параметрических рядов агрегатов без пропусков и повторений и разработки алгоритма поиска оптимального ряда.

В координатах «годовое количество технологических переходов — главный параметр» на основании гистограммы потребности в данных переходах (см. рис. 2) строится интегральная функция спроса на агрегаты со значениями главного параметра, не превышающими $M_j (j=1, \dots, k)$ (рис. 4, где n_1, n_2, \dots, n_j — годовое количество технологических переходов, выполняемых агрегатом со значением главного параметра соответственно не менее M_1, M_2, \dots, M_j). Кумулята начинается в вершине O и заканчивается вершиной L . Густота параметрического ряда на его отрезках должна быть соразмерна точности экономических расчетов, сопутствующих проектированию агрегатов. Разница затрат на изготовление и эксплуатацию агрегатов со смежными значениями параметров должна в 2—3 раза превосходить экономический допуск расчетов эффективности проектируемых объектов.

В выбранных координатах строится сеть различных рядов агрегатов, удовлетворяющих функции спроса. Этому условию соответствуют все кумуляты

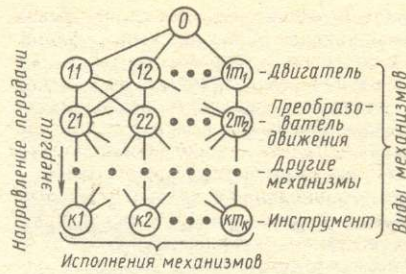


Рис. 3

между вершинами O и L , расположенные внутри контура, ограниченного кумулятой спроса, горизонтально и вертикально, проходящими соответственно через вершины O и L . Каждый из путей движения из вершины O в вершину L определяет одно сочетание параметров агрегатов, удовлетворяющих функции спроса. Сеть образуется из вершин, горизонтальных и вертикальных линий связи. Горизонтальные линии связи соответствуют вводу в действие агрегатов с фиксированным значением главного параметра, а вертикальные — эксплуатации агрегатов. Определим длину вертикальных линий связи как затраты на эксплуатацию агрегатов Z' , т. е. технологическую себестоимость их функционирования. Длина горизонтальных линий связи соответствует затратам на ввод агрегатов в действие Z'' , определяемым по формуле

$$Z'' = E_n K,$$

где E_n — коэффициент эффективности капиталовложений; K — капиталовложения в агрегаты с равными значениями главного параметра.

Потребность во введенных агрегатах, соответствующая количеству технологических переходов, определяется разностью между ординатами функции спроса и количеством переходов, выполняемых агрегатами с меньшими значениями главного параметра.

Таким образом длина пути из вершины O в вершину L определяет приведенные затраты на ввод в действие и эксплуатацию агрегатов ряда. Кратчайший путь такого движения соответствует минимуму приведенных затрат. При полном использовании агрегатов в параметрическом ряду движения из вершин сети, не принадлежащих диагонали OL , направлены в верхние вершины ординат. Перегибы пути после горизонтальных линий связи определяют значения параметров, составляющих оптимальный ряд. В таком ряду наибольшее значение имеет параметр M_j , остальные значения могут быть пропущены, что объясняется соотношением затрат на изготовление и эксплуатацию, а также уменьшением стоимости изготовления отдельного агрегата при увеличении партии их изготовления.

В качестве математического аппарата поиска кратчайшего пути в схемах применяется динамическое программирование с использованием рекуррентного соотношения, определяющего приведенные затраты Z_{j+1} для $j+1$ -го шага

$$Z_{j+1} = \min_{\text{по всем } j} \{Z_{(j+1)-j} + Z_j\},$$

где $Z_{(j+1)-j}$ и Z_j — приведенные затраты, соответствующие $(j+1)-j$ -му шагу и пути движения для j шагов, если этот путь выбран оптимальным образом.

Выбранные пути обуславливают оптимальное сочетание решений на предыдущих шагах с решением на последующем шаге.

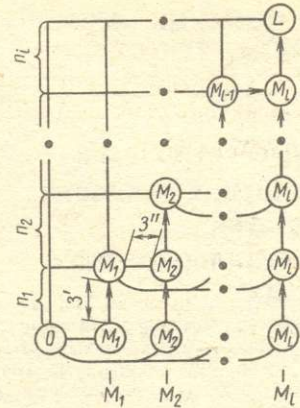


Рис. 4

Метод динамического программирования при проектировании СТО позволяет сравнивать большое число возможных решений. Его эффективность по сравнению с комбинаторным методом возрастает при увеличении числа вариантов. В проектных задачах удачно используются преимущества динамического программирования: поиск решений для аддитивных целевых функций; отсутствие ограничений на переменные состояния, которые упрощают решение задачи; возможность действий над заданными численно функциями. Предложенная методика легко реализуется на ЭВМ.

Третий этап проектирования — компоновка СТО, т. е. формирование структуры машины из исполнительных и вспомогательных агрегатов, соединительных и направляющих элементов. Технологической основой компоновки машин и их комплексов является последовательность и варианты воздействий на предмет труда.

Исполнительные и вспомогательные агрегаты, выбранные из оптимальных параметрических рядов, сочетаясь тем или иным образом, определяют при заданных технологических режимах затраты времени на рабочие τ_r и вспомогательные τ_v воздействия, а также время внецикловых потерь τ_n , тем самым определяют производительность машины.

При ограниченном количестве составляющих агрегатов решение достигается простым перебором их сочетаний. При большой многовариантности технологических процессов по S технологическим переходам с учетом строгой последовательности и предшествования отбрасываются неудовлетворительные варианты по критерию наименьшего пути $\sum_1^S (\tau_r + \tau_v + \tau_n)$ для подмножеств из

элементов множества $N = \{1, 2, \dots, S\}$. Подобные задачи в теории расписаний относятся к классу задач упорядочения взаимосвязанных работ во времени.

Проектирование СТО по приведенной схеме с использованием принципа обратной связи обеспечивает непрерывный технико-экономический анализ разработки и не допускает неэффективные решения на последующие стадии проектирования.

Опыт показывает, что проектирование СТО приведенным методом сокращает объем конструкторских работ в 2—3 раза. Экономический эффект от их внедрения на заводе по ремонту автомобильных двигателей объемом 25 тыс. в год составляет около 300 тыс. руб.