

В результате обработки и определения коэффициентов получено следующее уравнение:

$$Q=0,0192-0,00213v+0,0753p+0,000135S-0,00169vp+0,00415vS+0,000673pS. \quad (2)$$

Анализ (2) показывает, что для стабилизации минимальной величины износа при увеличении относительной площади оплавленных участков необходимо повысить скорость скольжения или уменьшить нормальное давление в трущейся паре. Наиболее резкое увеличение скорости необходимо при $S=20\%$. Это значение параметра следует считать предельно допустимым для сохранения минимальных износов частично оплавленных покрытий, эксплуатирующихся в среде нефти.

Л и т е р а т у р а

1. К вопросу оплавления металлизационных покрытий / В.Г. Ходосевич, А.И.Шевцов, В.С.Ивашко, Г.Я.Беляев. - В сб.: Машиностроение. Мн., 1980, вып. 5.

УДК 621.9

Г.И.Меламед

О ПРОБЛЕМЕ ПОИСКА И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВАРИАНТА АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ИЗ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ

Завод-заказчик автоматической линии (АЛ), оговорив в техническом задании на ее проектирование и изготовление величину производительности и технические требования на обработку детали, по меньшей мере рассчитывает, что перечисленные требования будут гарантированно выполнены на протяжении всего периода эксплуатации АЛ (несмотря на физическое старение ее оборудования) и применение этой АЛ обеспечит получение определенного экономического эффекта. В лучшем случае заказчик вправе ожидать, что АЛ будет выполнена в оптимальном или подоптимальном (достаточно близком к оптимальному) варианте.

В настоящее время усилия ряда ученых (Бруевич Н.Г., Волчекевич Л.И., Клусов И.А., Дашенко А.И., Черпаков Б.И. и др.) направлены на создание общей теории поиска и выбора оптимальной компоновки АЛ или рабочей машины на стадии ее проектирования. Отдавая должное их предложениям и разработкам,

нельзя не отметить узость самого понятия "оптимальная компоновка АЛ или рабочей машины", принятого в них.

По нашему мнению, оптимальной является компоновка, которая:

1) обеспечивает обработку детали в соответствии с оговоренными техническими требованиями;

2) гарантированно удовлетворяет завод-заказчик по величине технической производительности АЛ на протяжении всего периода выпуска объекта производства;

3) характеризуется показателями надежности, максимально близкими к одноименным оптимальным значениям;

4) обеспечивает получение наибольшего экономического эффекта, а при равенстве или достаточно близких значениях последнего для нескольких компоновок – располагает максимальным резервом производительности.

Для решения задачи в такой постановке необходимо, как показали наши исследования, располагать:

а) руководящими материалами, позволяющими оценить точностные возможности различных компоновок (конструктивно – технологических вариантов);

б) методикой, позволяющей с достаточной точностью определить величину технической производительности различных компоновок;

в) разработками, позволяющими оценить величину технической производительности проектируемых вариантов в любой момент отработанного оборудования времени, т.е. оценить снижение величины технической производительности вследствие физического старения оборудования;

г) формулами для определения оптимальных значений показателей надежности оборудования АЛ;

д) целевой функцией выбора наиболее экономически целесообразной компоновки.

Сущность предложенных нами методик и разработок сводится принципиально к следующему.

1. Задача количественной оценки точности обработки детали на АЛ решается сочетанием статистического и расчетно-аналитического методов. На начальном этапе решения задачи, когда необходимо ответить на вопрос, способна ли данная компоновка обеспечить обработку детали в соответствии с оговоренными техническими требованиями, вполне достаточно информация, предоставляемая статистическим методом. На последнем же этапе, когда оптимальный вариант компоновки АЛ уже выбран, может потребоваться проверка показа-

телей его точностных возможностей, для чего целесообразно применить расчетно-аналитический метод.

На начальном этапе решения рассматриваемой задачи используются таблицы, разработанные по результатам статистического обследования на точность обработки деталей на АЛ. В этих таблицах приведены данные, характеризующие количественную связь между наиболее встречающимися техническими требованиями на обработку детали на АЛ и вероятным процентом брака в зависимости от ряда факторов, а именно: способа базирования детали, связи обрабатываемой поверхности с установочной базой, метода обработки детали и типа линии (спутниковая или бесспутниковая).

2. Техническая производительность Q_T является функцией длительности цикла $t_{\text{ц}}$ и коэффициента технического использования. В свою очередь последний зависит от величины удельной длительности настройки узлов (элементов) оборудования V_0 и инструментальной наладки АЛ. Как показали наши исследования, при расчете величины V_0 необходимо учитывать количество элементов, их функциональные особенности, частоту срабатывания, напряженность режимов работы и их ремонтпригодность.

Величина $t_{\text{ц}}$ в конечном итоге является функцией режимов обработки детали на АЛ. Как известно, выбор режимов резания с помощью ЭВМ для универсального оборудования осуществляется по критерию минимума себестоимости обработки или максимума производительности и сводится к привязке полученных результатов к ступеням подач и скоростей этого оборудования. Применительно к АЛ рассматриваемая задача значительно усложняется, так как, во-первых, из-за отсутствия на ранних стадиях проектирования необходимых данных критерий себестоимости неприменимы; во-вторых, необходимо вначале по расчетным усилиям подачи и крутящим моментам резания выбрать силовые узлы и шпиндельные коробки, а затем осуществить указанную привязку к этим узлам. Именно эти обстоятельства не учитываются в известных алгоритмах выбора с помощью ЭВМ режимов обработки детали на АЛ. Согласно разработанному нами алгоритму, реализованному посредством языка ФОРТРАН, задача решается по критерию безусловного обеспечения величины заданной производительности с учетом изложенных выше положений. Модульный принцип построения программ охватывает такие виды операций как сверление, нарезание резьбы, зенкерование, развертывание и фрезерование.

Т а б л и ц а 1

Показатель	Тенденция и условия ее проявления		
	возрастание	снижение	стабильность
λ_o — параметр потока отказов оборудования	Вследствие физического старения оборудования (конструкция и режимы работы стабильны)	В результате модернизации оборудования	На относительно коротких отрезках времени работы оборудования (примерно до 3 тыс.ч.)
η_{Γ_o} — коэффициент готовности оборудования АЛ	При снижении величины $\lambda_o t_{cp}$	При возрастании $\lambda_o t_{cp}$	При $\lambda_o t_{cp} = \text{const}$
$\eta_{\Gamma_o} = \frac{1}{1 + \lambda_o t_{cp}}$ t_{cp} — среднее время устранения случайного отказа оборудования, ч	Проявляется при модернизации оборудования АЛ и совершенствовании квалификации обслуживающего персонала	Если $t_{cp} = \text{const}$, то проявляется при стабильности конструкции оборудования и режимов его работы на протяжении длительного времени	На относительно коротких отрезках времени работы оборудования
Q_T — техническая производительность линии	При снижении $t_{ц} + t_{пл} + t_{н}$	При возрастании $t_{ц} + t_{пл} + t_{п}$	При $t_{ц} + t_{пл} + t_{п} = \text{const}$
$Q_T = \frac{1}{t_{ц} + t_{пл} + t_{н}}$	Четко проявляется при снижении $t_{ц} t_{н}$	Четко проявляется при возрастании $t_{ц} t_{н}$	На относительно коротких отрезках времени работы АЛ
$t_{пл}$ — планируемые затраты времени на техническое обслуживание АЛ, приходящиеся на 1 деталь, ч	$t_{н} = \lambda_{а.л} t_{cp}$ $\lambda_{а.л} = \lambda_o + \lambda_{п}$ $\lambda_{п}$ — параметр потока отказов инструментальной наладки АЛ, 1/ч		
$t_{н}$ — потери времени из-за ненадежности АЛ, приходящиеся на 1 деталь, ч			

3. Как видно из табл. 1, изменение основных технических показателей АЛ характеризуется тремя тенденциями: снижением, возрастанием и стабильностью; для реализации каждой из них требуется сочетание определенных условий. С точки зрения потребителя АЛ опасна тенденция падения во времени величины Q_T ниже уровня заданной производительности. Отсюда возникает необходимость в обоснованном прогнозировании величины Q_T на любой момент времени на протяжении всего срока службы АЛ. Решение этой задачи основано на установленной нами закономерности снижения во времени величины λ_0 (см. табл. 1) при условии практической стабильности конструкций оборудования и режимов обработки деталей на АЛ. В результате статистического обследования ряда АЛ установлено, что снижение величины Q_T , например, за 8 лет их эксплуатации лежит в пределах от 2 до 16% от начального значения.

4. Решение задачи определения оптимального значения параметров потока отказов оборудования АЛ основывается на: 1) подразделении суммарных затрат на ремонт оборудования на две составляющие – затрат на ремонты, производимые согласно ЕС ППР, и затрат на случайные ремонты (для расчета последних используется закономерность возрастания во времени параметра потока отказов оборудования); 2) зависимости, описывающей связь стоимости оборудования АЛ и уровень его безотказности. С учетом этих положений выведена формула для определения оптимального значения параметра потока отказов оборудования λ_0^{OPT} , пользуясь которой подсчитаны значения λ_0^{OPT} при различных значениях аргументов. Результаты расчетов для удобства их использования сведены в справочные таблицы.

5. В качестве критерия выбора оптимальной (подоптимальной) компоновки АЛ принята известная целевая функция минимума приведенных затрат Π_3 . Для определения ее величины необходимо располагать ценой АЛ, которая на ранних стадиях проектирования последней может быть найдена с известным приближением. Погрешность определения Π_3 зависит прежде всего от неточности прогнозирования цены АЛ на ранней стадии ее проектирования (например, при погрешностях расчета цены АЛ от 1 до 5% рассеивание значений Π_3 достигает 0,68–3,4%). Между тем, как показали расчеты, расхождение между прогнозируемой и калькуляционной ценой АЛ составляет нередко более 10%. В этих условиях выбрать компоновку, характеризующую истинным минимумом Π_3 , весьма затруднительно

или даже практически исключено. В самом деле, при неблагоприятных сочетаниях погрешностей в определении цены анализируемых компоновок АЛ не исключено, что выбранная по вышеуказанному критерию компоновка как наиболее экономически целесообразная таковой в действительности не является. В связи с этим предложен дополнительный критерий решения задачи в виде максимума резерва производительности, определяемого как разность между величинами технической и проектной (заданной) производительностей.

По описанным выше разработкам поиска и выбора оптимального конструктивно-технологического варианта (компоновки) АЛ решается по следующему методическому плану.

На шаге I производится отбор n вариантов, которые обеспечивают обработку детали в соответствии с оговоренными техническими требованиями. Для этого используются таблицы, характеризующие точностные возможности различных компоновочных решений АЛ.

Шаг II посвящен отбору s компоновок ($s < n$), которые удовлетворяют завод-потребитель АЛ по величине Q_T в начальный период эксплуатации АЛ. При этом используются: а) алгоритм выбора режимов резания и расчета Q_T с помощью ЭВМ; б) методика расчета удельной длительности настройки АЛ.

На шаге III отбирается r компоновок ($r < s$), гарантированно удовлетворяющих завод-потребитель АЛ по величине Q_T на протяжении времени выпуска объекта производства. Решение этой задачи основано на использовании закономерности возрастания во времени величины λ_0 .

Отбор z компоновок ($s < r$), которые по своим показателям надежности максимально близки к одноименным оптимальным значениям, осуществляется на шаге IV. Определение величины $\lambda_0^{(опт)}$ ведется по формулам и таблицам.

На шаге V выбирается компоновка, которая обеспечивает получение максимального экономического эффекта. При этом в качестве основного критерия используются приведенные затраты, а в качестве дополнительного – максимум резерва производительности АЛ.

Изложенные рекомендации и разработки проверены на практических примерах и доведены до состояния, позволяющего применить для выбора оптимальной компоновки АЛ из агрегатных станков современную вычислительную технику.