

АВТОМАТЫ И ЛИНИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Автоматы и линии последовательного действия создают для полной или частичной обработки сложных изделий. В них всю обработку дифференцируют, разбивая на группы операций, стремясь к одинаковой их продолжительности и располагая в различных позициях согласно принятой технологической последовательности, обработку ведут во всех позициях одновременно; изделие последовательно проходит через все позиции и обрабатывается в них различными группами инструментов согласно технологическому процессу так, что в обработке одновременно находится число изделий, равное числу позиций.

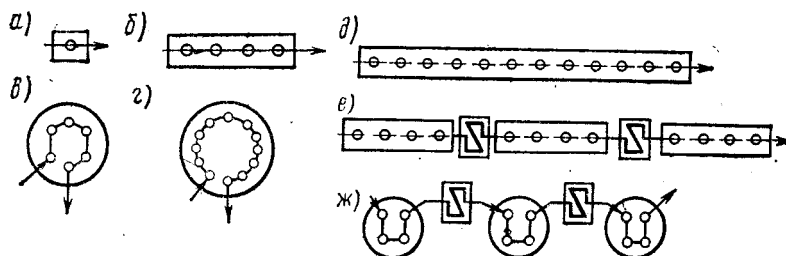


Рис. V-10. Развитие структурных схем компоновки автоматов и автоматических линий последовательного действия

Как показано выше, полную обработку изделия длительностью t_{po} можно выполнить и в однопозиционном автомате (рис. V-10, а). Требования к повышению производительности привели к созданию автоматов последовательного действия с дифференциацией и концентрацией технологического процесса (рис. V-10, б). При небольшом числе позиции более рациональной является, однако, компоновка автоматов с расположением позиций по окружности (рис. V-10, в). Дальнейший рост требований к повышению производительности влечет за собой увеличение степени дифференциации и концентрации операций и числа рабочих позиций (рис. V-10, г). Однако при большом числе позиций нерациональной оказывается уже круговая компоновка из-за наличия большого “мертвого” пространства внутри автомата. Отсюда возврат к линейной компоновке (рис. V-10, д).

Постепенное возрастание количества последовательных позиций (рис. V-10, в, г, д) приводит к снижению надежности в работе, так как любой отказ инструмента или механизма вызывает останов всей системы из-за наличия жесткой связи между позициями. Поэтому для уменьшения общих потерь систему делят на отдельные участки, между которыми располагают магазины-накопители (рис. V-10, е), компенсирующие простои соседних участков. Так, в случае отказа первого участка второй участок получает заготовки из накопителя на границе между первым и вторым участком. Если первый участок работает, а второй простаивает, заготовки поступают в накопитель.

Однако при малом числе позиций в участке становится целесообразным возврат к круговой компоновке позиций (рис. V-10, ж).

Приведенный анализ показывает, что принципиального отличия между автоматами и автоматическими линиями не существует. Системы (рис. V-10, б, в, г, д) с равным основанием могут быть отнесены и к многопозиционным автоматам, и к автоматическим линиям. И те, и другие имеют единые законы построения, единые закономерности производительности.

Важнейшей задачей проектирования автоматов и линий последовательного действия является выбор оптимальной степени дифференциации и концентрации технологического процесса, т. е. наивыгоднейшего числа позиций q . Она решается на основе законов агрегатирования рабочих машин по критерию высокой производительности.

Производительность однопозиционной машины, полностью выполняющей заданный технологический процесс,

$$Q_1 = 1/(t_{p_0} + t_{x_0} + \sum C + t_e), \quad (V-5)$$

где t_{po} — суммарное время технологического воздействия согласно принятому технологическому процессу; t_x — суммарное время несовмещенных холостых ходов (загрузка и сьем изделий, зажим и разжим, подвод и отвод инструментов и т. д.); $\sum C$ — потери по инструменту одного комплекта инструмента; t_e — потери по оборудованию одного комплекта механизмов и устройств.

При этом $\sum C + t_e = \sum t_{\Pi}$ — собственные внецикловые потери однопозиционного автомата. Дифференциация и концентрация операций при создании многопозиционных автоматов приводят к изменению по величине всех составляющих затрат времени — длительности обработки и потерь.

Для того чтобы найти зависимость производительности автоматов последовательного действия от числа рабочих позиций q , необходимо определить, как изменяются в зависимости от q величины t_x , t_p , $\sum C$, t_e .

Согласно расчетной схеме (рис. V-11), технологический процесс дифференцируют таким образом, что комплект инструмента рассредоточивается на все q рабочих позиций. Если принять, что дифференциация равномерная, время обработки в i -й позиции

$$t_p = t_{p_0} / q$$

Время холостого хода, равное времени поворота шпиндельного блока из позиции в позицию, не зависит от характера технологического процесса и определяется лишь динамическими характеристиками машины. Поэтому в первом приближении оно не зависит от числа позиций ($t_x = \text{const}$).

При дифференциации технологического процесса на q частей

в i -й позиции имеется $1/q$ часть инструмента, отсюда собственные внецикловые потери i -ой позиции:

$$t_{\Pi_i} = (\sum C_i / q) + t_e$$

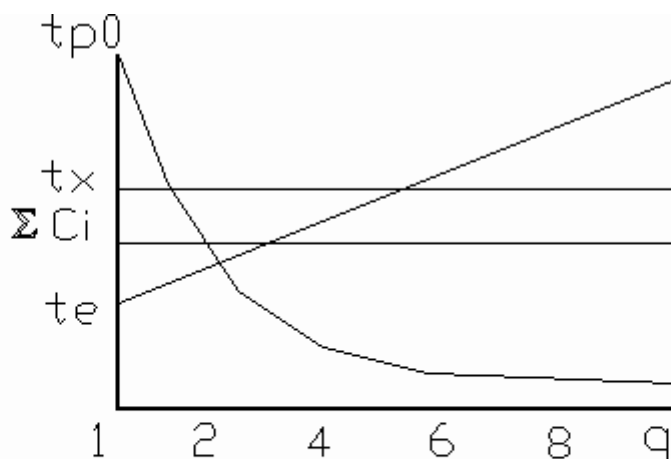


Рис. V-12. Зависимость рабочих, холостых ходов и внецикловых потерь автоматов последовательного действия от числа рабочих позиций

Так как отказ любой позиции приводит к останову всей машины, ее собственные внецикловые потери

$$\sum t_x = t_x q = [(\sum C_i / q) + t_e] q = \sum C_i + t_e q \quad (V-6)$$

Графики зависимости всех составляющих затрат времени от числа рабочих позиций q показаны на рис. V-12.

Подставляя значения длительности рабочего цикла и собственных внецикловых потерь в общую формулу производительности, получаем функциональную зависимость производительности машин последовательного действия от числа рабочих позиций:

$$Q = \frac{1}{T + \sum t_n} = \frac{1}{t_{p_0}/q + t_x + \sum C_i + q_e^t} = \frac{K_o q}{q K_o (i_x + i_e) + K_o \sum C_i + 1} \tag{V-7}$$

На рис. V-13 показаны графики зависимости производительности автоматов последовательного действия от числа позиций. При увеличении числа позиций производительность сначала растет, а затем падает вследствие возрастания внецикловых потерь. Следовательно, значительное увеличение числа позиций может привести к обратному результату.



Очевидно, для каждого сочетания конкретных условий работы можно определить наивыгоднейшую степень дифференциации технологического процесса, т. е. число позиций автомата q_{max} , при котором обеспечивается максимальная производительность Q_{max} .

В неавтоматизированном производстве, когда технологический процесс выполняется группой из q последовательно работающих однопозиционных машин, проблемы определения оптимальной степени дифференциации операций не существует. Чем больше дифференцирован процесс обработки, тем выше технологическая производительность и ниже потери по инструменту каждой машины. Поэтому с увеличением числа позиций q производительность группы независимо работающих станков монотонно возрастает.

Для расчета наивыгоднейшего числа позиций производную $dQ_q/(dq)$ в формуле (V-7) приравняем нулю, откуда получим


. (v-8)

Как показано выше (см. гл. III), внецикловые потери по оборудованию t_e являются комплексным показателем надежности механизмов и устройств автомата, характеризуюя их безотказность и ремонтпригодность:

$$t_e = \omega \Theta_{cp},$$

где ω — параметр потока отказов (см. гл. III), характеризующий их интенсивность; Θ_{cp} — среднее время обнаружения и устранения отказов.

Подставляя в формулу (V-8) значение t_e и учитывая, что $t_{p0} = 1/K_o$ получаем

$$q_{\max} = \sqrt{t_{p.} / (\omega \Theta_{\text{ср}})} \quad (\text{V-9})$$

Таким образом, наивыгоднейшее число позиций автоматов последовательного действия зависит только от двух факторов — общей длительности обработки детали и надежности в работе позиционных механизмов и устройств. Графики зависимости q_{\max} от этих факторов показаны на рис. V-14.

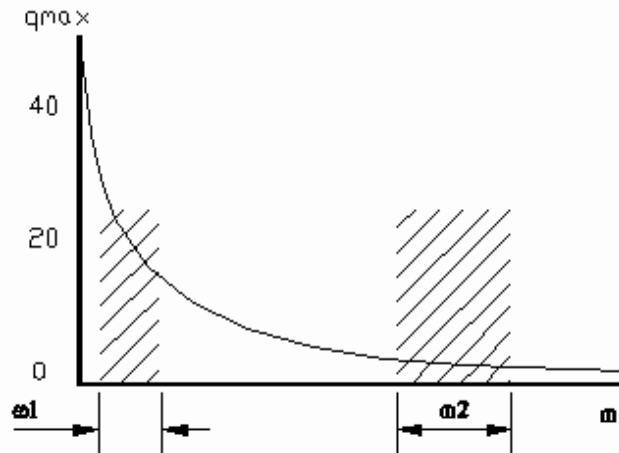


Рис. V-14. Зависимость оптимального числа позиций от надежности в работе механизмов и устройств

Формула (V-9) и графики позволяют наглядно объяснить тенденции в проектировании многопозиционных машин, сложившиеся в различных отраслях машиностроения. В металлообработке, особенно при обработке металлов резанием, интенсивность отказов очень велика ($\omega_{\text{ток}}$ P110- V-14), поэтому число позиций в многошпиндельных токарных автоматах целесообразно выбирать небольшим. При этом пределы их колебаний, вызванные различной величиной потерь, также невелики. Это хорошо подтверждается, например, многолетним опытом конструирования многошпиндельных токарных автоматов, которые создаются с числом позиций $q = 4, 6, 8$.

И наоборот, в полупроводниковом и электровакуумном машиностроении многопозиционные автоматы часто имеют число позиций $q = 24, 36, 48$ и выше. Это объясняется более легкими условиями работы — обработка без снятия стружки, с малыми рабочими усилиями и, следовательно, малой величиной интенсивности отказов $\omega_{\text{отк}}$ (рис. V-14). Формула (V-9) и графики (рис. V-14) позволяют объяснить также большую разницу в числе позиций различных машин. Как наглядно показано на графиках, в зоне малых внецикловых потерь даже незначительное их сокращение позволяет резко повысить наивыгоднейшее число рабочих позиций.

Указанные закономерности изменения производительности и выбора числа рабочих позиций в равной степени справедливы и для автоматических линий последовательного действия с жесткой межагрегатной связью (см. рис. V-10, б, в, г, д). В автоматических линиях, разделенных на участки, зависимость длительности рабочего цикла от числа позиций сохраняется полностью, как и для многопозиционных автоматов. Внецикловые потери одного участка при делении линии по методу равных потерь и полной компенсации простоев остальных участков составляют

$$t_{\text{ж}} = \sum t_{\text{ж}} / n_{\text{ж}} = (t_{\text{с}} q + \sum C_i) / n_{\text{ж}}, \quad (\text{V-10})$$

где $n_{\text{ж}}$ — число участков, на которое разделена линия.

Если компенсация простоев происходит неполностью, что всегда имеет место из-за ограниченной емкости накопителей, простои i -го участка возрастут в ω раз:

$$t_{\text{ж}} = [(t_{\text{с}} q + \sum C_i) / n_{\text{ж}}] \omega \quad (\text{V-11})$$

где ω — коэффициент возрастания внецикловых потерь из-за простоев соседних участков.

Подставляя значение $t_{yч}$ в общую формулу производительности, получаем

$$Q_{a.л} = \frac{1}{T + t_{yx}} = \frac{1}{t_{pa}/q + [(t_{eq} + \sum C_i)/n_{yx}]\omega} \quad (V-12)$$

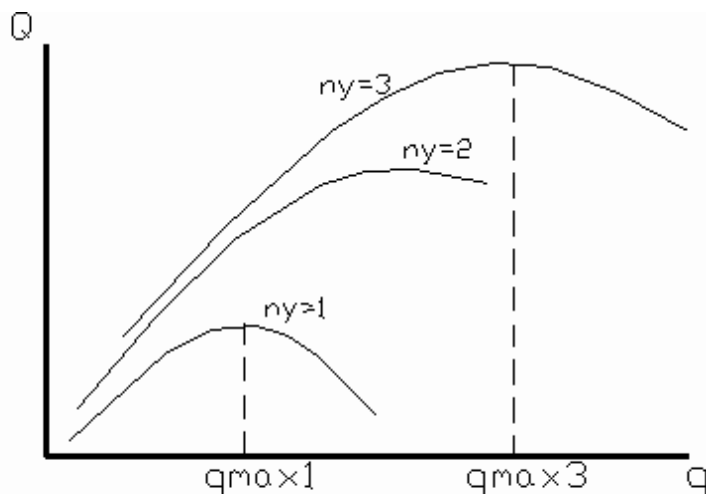


Рис. V-15. Производительность автоматических линий последовательного действия при различном числе позиций и участков, на которые разделена линия

Показанные на рис. V-15 графики зависимости производительности автоматических линий от числа рабочих позиций при различном числе участков показывают, что деление линии на участки позволяет повысить наивыгоднейшую степень дифференциации и концентрации операций технологического процесса.

При выборе числа позиций линии следует иметь в виду, что не всегда можно создать автоматическую линию с числом позиций, обеспечивающих теоретически максимальную производительность. Обычно характер технологического процесса и конструктивные соображения не позволяют выбирать число позиций меньше определенного значения q_{min} , учитывая, что в каждой позиции может совершаться, как правило, лишь один ход механизма и инструмента за рабочий цикл.

Так как линия может включать несколько технологических участков, на границах которых происходит перебазировка детали, то минимальное число позиций, определяемое технологическим процессом q_{min} , может значительно превышать число позиций, обеспечивающее теоретически максимальную производительность q_{max} . Таким образом, автоматическая линия может обеспечить не производительность Q_{max} , а значительно меньшую величину.

С другой стороны, всегда существует и максимально возможное количество рабочих позиций, определяемое невозможностью дифференцирования таких операций, как чистовая расточка, нарезание резьбы и др.

Кроме того, следует иметь в виду, что не всегда линия проектируется на максимальную производительность. Обычно при проектировании линии задается ее проектная мощность $Q_{тр}$, определяемая потребностью в данных изделиях и другими соображениями.

Если $Q_{тр} < Q_{max}$, то, построив зависимость производительности от числа позиций, можно определить оптимальную степень дифференциации и концентрации операций, которая обеспечивает заданную производительность $Q_{тр}$.

Если $Q_{\text{тр}} > Q_{\text{max}}$, то заданная производительность не может быть обеспечена.