

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ЦИКЛОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Согласно приведенным выше исходным положениям теории производительности, для выполнения любой работы требуются определенные затраты времени:

$$T = t_p + t_x \quad (11-1)$$

где  $T$  — время, в течение которого производится определенная порция продукции (штуки, единицы длины, площади, объема, веса);

$t_p$  — время, затрачиваемое на рабочие ходы, т. е. непосредственно на обработку данной детали (время резания и деформации металла при штамповке, время, расходуемое на загибку проволоки, нагрев и штамповку линзы штабика электролампы, и т. д.);  $t_x$  — время, затрачиваемое на холостые ходы при выполнении всего цикла обработки детали (подвод и отвод инструмента, подача материала, включение отдельных механизмов и т.д., т. е. цикловые потери времени).

Так как за время  $T$  заканчивается обработка определенного количества материала — определенной “порции”, то, очевидно, при установившемся режиме работы машин для обработки следующей такой же порции потребуется то же самое время  $T$ .

Производительностью рабочей машины называется количество продукции, выдаваемой, в единицу времени. Для того чтобы количественно оценить производительность любой машины, необходимо выпущенную продукцию отнести к отрезку времени, за который эта продукция произведена.

Если за период рабочего цикла  $T$  машина выпускает одно изделие или порцию изделий, то ее цикловая производительность (при условии бесперебойной работы)

$$Q_q = 1/T = 1/(t_p + t_x) \quad (11-2)$$

Если за период рабочего цикла  $T$  машина производит не одно, а  $p$  изделий, то цикловая производительность

$$Q_q = p/T. \quad (11-3)$$

Очевидно, что в зависимости от целевого назначения рабочей машины, от вида обработки, количество обработанной продукции машин может измеряться в различных единицах (штуках, единицах длины, объема, веса и т. д.). В качестве единицы времени в теории производительности принята минута; кроме того, в производственных условиях относят количество выпущенной продукции к одной рабочей смене, одному часу и т. д.

Так как в машиностроении значительную часть представляет штучная продукция, то здесь в основу взята штучная производительность, т. е. количество изделий, изготовленных в единицу времени:

$$Q \text{ [шт/мин], [шт/смену].}$$

Если в машине отсутствуют холостые ходы:  $t_x=0$ ;  $T=t_p$  и технологический процесс осуществляется непрерывно, цикловая производительность в соответствии с (11-2)

$$Q_q = 1/t_p = K \text{ [шт/мин].} \quad (11-4)$$

Величину  $K$  называют технологической производительностью рабочей машины, она представляет собой фиктивную производительность любой машины, вычисленную без учета потерь времени на холостые ходы  $t_x$ .

Проектирование любой рабочей машины начинают с разработки технологического процесса: выбора методов и последовательности обработки, технологических баз, режущего инструмента, затем следует

дифференциация технологического процесса на элементы, совмещение операций в каждой рабочей позиции, выбирают режимы обработки и т. д. В результате этого определяют длительность обработки детали, согласно технологическому процессу — время рабочих ходов. Таким образом, еще не имея конструкции машины, можно рассчитать ее технологическую производительность  $K$  (шт/мин или шт/см).

Так, если согласно принятому технологическому процессу длительность обработки изделия определена в  $t_p = 0,5$  мин, то, не проектируя машины, можно считать, что она не может иметь технологическую производительность выше, чем  $K = 2$  шт/мин.

Технологическая производительность машин зависит от обрабатываемых изделий, методов и режимов обработки. Так, при обработке резанием цилиндрических поверхностей время рабочих ходов рассчитывается по формуле

$$t_p = l / (ns) = \pi d l / (1000 v s), \quad (\text{II-5})$$

где  $l$  — длина хода инструмента, мм;  $s$  — подача, мм/об;  $n$  — частота вращения шпинделя, об/мин;  $v$  — скорость резания, м/мин;  $d$  — диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Отсюда

$$K = 1/t_p = (1000 v s) / (\pi d l) \quad (\text{II-6})$$

Повышение технологической производительности достигается интенсификацией режимов обработки  $v$  и  $s$ , применением новых прогрессивных технологических процессов, сокращением длины обработки, приходящейся на каждый инструмент  $l$ , совмещением операций между собой, а также и другими методами; при этом технологический потенциал производительности машины повышается.

В машинах дискретного действия с холостыми ходами цикловая производительность всегда меньше технологической:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{t_p + t_x} = \frac{1}{(1/K) + t_x} = \frac{1}{K t_x + 1} = K \frac{1}{K t_x + 1} = K \eta \quad (\text{II-7})$$

Таким образом, цикловая производительность рабочей машины представляет собой произведение технологической производительности  $K$  на коэффициент производительности  $\eta$ . Коэффициент производительности определяют отношением времени рабочих ходов к периоду цикла:

$$\eta = 1/(K t_x + 1) = Q_{\text{ц}} / K = t_p / T \quad (\text{II-8})$$

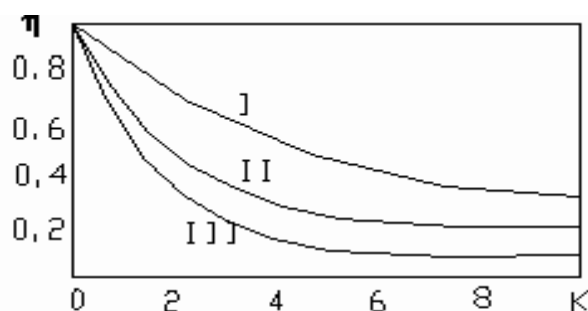


Рис. II-1. Зависимость коэффициента производительности машин  $\eta$  от  $K$  и  $t_x$

Величина  $\eta$  характеризует степень непрерывности протекания технологического процесса в автомате или автоматической линии.

Так, коэффициент  $\eta = 0,8$  означает, что в рабочем цикле 80% составляют рабочие ходы, а 20% — холостые; следовательно, возможности, заложенные в технологическом процессе, использованы на 80%.

Чем выше степень непрерывности технологического процесса, тем удачнее решены задачи конструирования механизмов и устройств, тем выше конструктивное совершенство автомата или линии. Поэтому коэффициент производительности характеризует собой конструктивное совершенство автомата или автоматической линии, степень их приближения к системам непрерывного действия.

Таким образом, два вида производительности — технологическая и цикловая — характеризуют автомат или автоматическую линию как с точки зрения прогрессивности технологического процесса, положенного в основу линии, так и конструктивного совершенства механизмов и устройств, системы управления и т. д.

Для большинства автоматов и автоматических линий длительность рабочего цикла и всех его элементов остается неизменной в процессе работы машины, поэтому технологическая и цикловая производительности являются постоянными величинами. Исключение составляют автоматы и автоматические линии с гидравлическим приводом, где длительность обработки колеблется в некоторых пределах — в зависимости от температуры и вязкости масла, степени износа инструмента, твердости заготовок и т. д.



Рассматривая уравнение (11-7), легко заметить, что коэффициент производительности одновременно зависит от величин  $t_x$  и  $K$ . Если принять  $t_x = \text{const.}$  то с увеличением значения  $K$ , величина коэффициента производительности  $\eta$  уменьшается, как показано на рис. 11-1, на котором три кривые (I, II, III) соответствуют трем значениям  $t_x$ .

Таким образом, при повышении технологической производительности, с одной стороны, увеличивается технологическая производительность, с другой — уменьшается величина коэффициента производительности [см. формулу (11-7)], что ведет к понижению темпа роста цикловой производительности. Поэтому повышение производительности возможно лишь при учете взаимодействия между указанными двумя факторами.

Откладывая по оси абсцисс тех-нологическую производительность, а по оси ординат — цикловую производительность автомата или линии, получим графическое изображение (рис. 11-2) основного уравнения производительности — уравнения (11-7). В то время как идеальная рабочая машина дает прямое увеличение производительности, цикловая производительность автоматов и линий с постоянными холостыми ходами имеет асимптотический характер.

Максимум производительности рабочей машины при  $t_x = \text{const}$  (в шт/мин)

$$Q_{\max} = \lim_{K \rightarrow 0} K / (K t_x + 1) = 1/t_x \quad (11-9)$$

Если уменьшается время холостого хода, приближаясь к нулю ( $t_x \rightarrow 0$ ), то производительность  $Q_{ц}$  стремится к технологической:

$$Q_{\max} = \lim_{t_x \rightarrow 0} K / (K t_x + 1) = K \quad (\text{II-10})$$

Если  $K \rightarrow 0$  и  $t_x \rightarrow 0$ , предела повышения производительности не имеем. Таким образом, если увеличивается только технологическая производительность при  $t_x = \text{const}$ , то любой конкретный автомат или линия имеет предел повышения производительности. Если наряду с увеличением технологической производительности при создании новых машин сокращается время на холостые (вспомогательные) ходы, то производительность машин предела не имеет.