ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЮ СБОРОЧНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА, НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Ю. В. Шагаев, Ю. В. Переверзев

Харьков

Одной из наиболее прогрессивных форм организации массового выпуска продукции в машиностроении является конвейеризация процессов сборки выпускаемых изделий. Как известно, сборочный конвейер, осуществляющий принудительное перемещение каждого собираемого изделия вдоль рабочих мест, представляет собой непрерывно-поточную производственную линию с жестко регламентированным тактом выпуска готовой продукции. Так как при нормальной работе на сборочном конвейере в любой момент времени одновременно установлено столько единиц собираемой продукции, сколько имеется на его рабочей ветви

движущихся секций, т. е. мест установки, называемых позициями конвейера, такт выпуска равен интервалу времени между очередными моментами появления собираемой продукции на каждом из рабочих мест, определяемому как такт сборки продукции.

Каждое рабочее место на конвейере представляет собой зону, за которой в соответствии с технологическим процессом закреплены строго определенные наименования комплектующих изделий, устанавливаемых на собираемую продукцию в этой зоне. При этом перемещение единицы продукции с предыдущего рабочего места на последующее должно происходить только после окончания проведения совокупности всех элементов сборочных операций, предусмотренных к выполнению на предыдущем рабочем месте.

Правильность определения протяженностей зон рабочих мест вдоль сборочного конвейера можно оценить с точки зрения намеченной организации снабжения сборочного производства комплектующими изделиями уже на стадии проектирования сборочного конвейера и разработки технологического процесса сборки.

Пусть M — проектная мощность сборочного производства; A_M — соответствующий проектной мощности план выпуска готовой продукции на период θ (например, смену); s — интервал между любыми однотипными точками на следующих друг за другом позициях конвейера, величина которого зависит в основном от длины собираемого изделия и который может быть определен как длина звена конвейера; L — длина сборочного конвейера, проектируемая с учетом ограничения на имеющуюся производственную площадь; Γ — длительность технологического цикла сборки; t_r — длительность r-й сборочной операции ($r = 1, 2, \ldots, R$; R — общее число операций по сборке единицы продукции); J — количество рабочих мест на конвейере; d_j — число позиций сборочного конвейера, входящих в зону j-го рабочего места.

Тогда такт сборки, при котором может быть достигнута проектная мощность M, составляет

$$\tau_M = \frac{\theta}{A_M} \tag{1}$$

и возможен при скорости движения конвейера

$$v_M = \frac{s}{\tau_M} = \frac{s}{\theta} A_M. \tag{2}$$

Технологический процесс конвейерной сборки предполагает выполнение неравенства

$$\Gamma \leqslant \sum_{r=1}^{R} t_r, \tag{3}$$

где правая часть — суммарная длительность сборочных операций по выпуску единицы продукции при последовательном их проведении. Поэтому, так как длительность технологического цикла сборки может быть задана

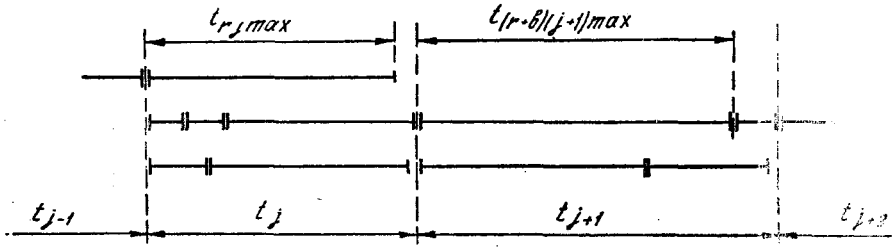
$$\Gamma = \frac{L}{v_M} = \frac{\theta}{sA_M} L, \tag{4}$$

в случае невыполнения неравенства (3) можно сделать вывод о заниженной проектной мощности при заданной длине конвейера или о завышенной длине конвейера при заданной проектной мощности. В случае же $\Gamma < \sum_{r=1}^{R} t_r$ на стадии разработки технологического процесса может быть поставлен вопрос о необходимости одновременного параллельного

проведения хотя бы части операций при сборке каждой единицы продукции.

Если $\Gamma < \sum_{r=1}^{R} t_r$, то величины J и d_j находятся, исходя из следующего.

При допущении, что d_j — целое число, т. е. в зоне j-го рабочего места размещается ровно $d_j \geqslant 1$ собираемых изделий (это допущение ничего не изменяет в принципиальной постановке вопроса, но существенно упрощает получение результатов), время t_j движения единицы собираемой продукции в границах j-го рабочего места (иными словами,



время, необходимое для производства работ на этом рабочем месте должно быть кратно такту τ_M и удовлетворять неравенству

$$t_j \geqslant t_{rj\,max}, \tag{5}$$

где правой частью представлена длительность наиболее трудоемкой из числа b_j сборочных операций, проводимых на j-м рабочем месте.

Так как представляется возможным, что в соответствии с технологическим процессом нет препятствий для проведения параллельно с операцией, имеющей трудоемкость $t_{rj\,max}$, нескольких других сборочных операций, следующих последовательно друг за другом, t_j может складываться из трудоемкостей этих последовательных операций или в случае $t_j > t_{rj\,max}$ получаться также добавлением к $t_{rj\,max}$ трудоемкости некоторой следующей операции.

Выполнение равенства

$$\sum_{j=1}^{J} t_j = \Gamma \tag{6}$$

свидетельствует о соответствии разработанного технологического процесса проектной мощности сборочного производства. При $\sum_{j=1}^{J} t_j > \Gamma$ (т. е. $\sum_{j=1}^{J} t_j$, находящемся в интервале $\left(\Gamma;\ \sum_{r=1}^{R} t_r\right)$) и невозможности дальнейшего совмещения во времени проведения сборочных операций на одном собираемом изделии можно сделать вывод о необходимости увеличения технологического цикла путем уменьшения скорости конвейера при заданной его длине, т. е. уменьшения проектной мощности, или, если это возможно, путем удлинения сборочного конвейера.

В случае $\sum_{j=1}^{J} t_j < \Gamma$ можно сделать противоположные выводы и, кроме того, достичь выполнения равенства (6) путем увеличения t_j за счет замены параллельного выполнения части сборочных операций последовательным выполнением.

Если t_j^*, τ_M^*, v_M^* и L^* — окончательно установленные величины, соответствующие ранее полученным величинам t_j, τ_M, v_M и L, то число

одновременно находящихся на j-м рабочем месте собираемых изделий равно

$$d_j = \frac{t_j^*}{\tau_M^*}, \tag{7}$$

а количество рабочих мест на конвейере J определяется из выражения

$$\sum_{j=1}^{J} d_j = D, \tag{8}$$

где D — общее число позиций конвейера — находится как

$$D = \frac{L^*}{s}. \tag{9}$$

При этом протяженность зоны рабочего места составляет

$$l_j = d_j s. \tag{10}$$

Пусть теперь $m_i \geqslant 1$ — количество однотипных комплектующих изделий, идущих на единицу собираемой продукции (величина комплекта i-х деталей или узлов, называемая также их применяемостью), а p_j — полная номенклатура поступающих на j-е рабочее место деталей и узлов.

Тогда общее количество поступающих на j-е рабочее место для установки на единице собираемой продукции комплектующих изделий равно

$$\Delta N_d = \sum_{i=1}^{p_j} m_i. \tag{11}$$

Выражение (11) справедливо при обычных на практике условиях, когда однотипные комплектующие изделия, не считая метизов и других нормализованных деталей, поступают только на одно рабочее место.

Следовательно, к началу каждого следующего такта сборки площадь, занимаемая комплектующими изделиями на j-м рабочем месте, должна быть не менее

$$\Delta S_j = \sum_{i=1}^{p_j} \frac{m_i \Delta S_i}{z_i}, \tag{12}$$

где ΔS_i — площадь, занимаемая одним i-м изделием и z_i — число этажей (например, на стеллажах), в которое можно укладывать однотипные узлы и детали.

Если S_j — площадь, которая предназначена для размещения комплектующих изделий на j-м рабочем месте и величина которой зависит от l_j (следовательно, также от d_j), то отношение $\frac{S_j}{\Delta S_j}$ определяет необходимую организацию снабжения сборки узлами и деталями.

При $\frac{S_j}{\Delta S_j} < 1$ очевидно, что требуется осуществлять непрерывную (в такте сборки) подачу части комплектующих изделий, при этом подаваемые непрерывно изделия исключаются из правой части выражения (12), что увеличивает указанное отношение. Случай $\frac{S_j}{\Delta S_j} > 1$, напротив, свидетельствует о возможности подачи части изделий партиями. В общем случае, если π_j — число наименований деталей и узлов, подаваемых на j-е рабочее место партиями ($\pi_j \leqslant p_j$), а q_{i^*} — размер партии i^*-х ком-

плектующих изделий ($i^* = 1, 2, \ldots, \pi_j$), взятый в комплектах m_{i^*}, то всегда должно выполняться неравенство

$$S_j \geqslant \sum_{i^*=1}^{\pi_j} \frac{q_{i^*} m_{i^*} \Delta S_{i^*}}{z_{i^*}}. \qquad (13)$$

При этом подача ($p_j - \pi_j$) наименований комплектующих изделий должна осуществляться непрерывно.

В связи с тем, что

$$S_j \cong l_j h_j, \qquad (14)$$

где $h_j^{\text{п}}$ — ширина площадки для накопления комплектующих изделий на j-м рабочем месте, то, используя выражения (10) и (14), неравенство (13) можно переписать в виде

$$d_j \geqslant \frac{1}{sh_j} \sum_{i^*=1}^{\pi_j} \frac{q_{i^*} m_{i^*} \Delta S_{i^*}}{z_{i^*}}, \qquad (15)$$

позволяющем оценить соответствие рассчитанной на основе разработки технологического процесса величины d_j с намеченной организацией снабжения сборочного производства и уточнить значения q_{i^*} и z_{i^*}.

Еще одной величиной, учитываемой при организации снабжения сборки и оказывающей влияние на выбор транспортных средств, является общее количество деталей и узлов N_θ, необходимое за период θ. N_θ охватывает всю номенклатуру комплектующих изделий, необходимых для сборки тех модификаций собираемой продукции, выпуск которых в определенных количествах планируется на период θ, т. е.

$$A_M = \sum_{\varphi=1}^{a_\theta} \Delta A_\varphi, \qquad (16)$$

где a_θ — максимальное число модификаций, планируемое к выпуску в одном периоде, ΔA_φ — план по выпуску φ-й модификации продукции.

Все комплектующие изделия, идущие на каждую φ-ю модификацию продукции, можно представить в виде общности нескольких групп комплектующих изделий: группы общих для всех модификаций деталей и узлов (так называемого основного комплекта), группы специфичных для φ-й модификаций деталей и узлов и ряда групп деталей и узлов, общих для нескольких модификаций. Поэтому, если p_0, p_φ и $p_{\varphi \div \psi}$ — номенклатуры деталей и узлов, соответствующие указанным группам, а Δa_i — число модификаций, в которых используется i-е комплектующее изделие ($\Delta a_i = 2, 3, \ldots, a_\theta - 1$), то

$$N_\theta = A_M \sum_{i=01}^{p_0} m_i + \sum_{\varphi=1}^{a_\theta} \Delta A_\varphi \sum_{i=\varphi 1}^{p_\varphi} m_i + \sum_{\varphi \div \psi = 1 \div 2}^{(a_\theta - 1) \div a_\theta} \sum_{i=(\varphi \div \psi)\,1}^{p_{\varphi \div \psi}} m_i \frac{\Delta A_\varphi + \Delta A_\psi}{\Delta a_i - 1}, \qquad (17)$$

причем число слагаемых, объединяемых знаком $\sum_{\varphi \div \psi = 1 \div 2}^{(a_\theta - 1) \div a_\theta}$, равно числу сочетаний $C_{a_\theta}^2$, т. е. $\varphi \div \psi = 1 \div 2, 1 \div 3, \ldots, 1 \div a_\theta, 2 \div 3, \ldots, (a_\theta - 1) \div a_\theta$, и в общем случае некоторые слагаемые могут быть равны нулю (при отсутствии общих деталей или узлов в некоторых парах модификаций).