

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕЛИЧИН ПАРТІЇ ДЕТАЛЕЙ У РОЗПОДІЛЕНОМУ В ЧАСІ СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ ЛАНЦЮГІВ (ПРЛ)

Анотація. Розглянуто питання оптимізації партії деталей в розподіленому за різними законами в часі серійному виробництві. Доведено необхідність врахування зміни інтенсивності виробництва для оптимізації партії деталей за критерієм мінімальної собівартості.

Річна потреба народно-господарського комплексу України в приводних роликів ланцюгах (ПРЛ) складає близько 50 млн. погонних метрів.

Проте до 1993 року в Україні такого виробництва не існувало. Гострий дефіцит, а то і повна відсутність ПРЛ певних типорозмірів, ставили і ставлять під загрозу збирання урожаю сільськогосподарських культур, нормальне функціонування цілого ряду промислових підприємств і в певній мірі впливають на економічну незалежність України.

За обґрунтованою пропозицією Тернопільського приладобудівного інституту на даний час розроблена і діє цільова державна програма організації виробництва ПРЛ в Україні. Актуальність організації виробництва ПРЛ підтверджена відповідною постановою Кабінету Міністрів України [6]. Згідно з нормативними документами виробництво ПРЛ повинно за три етапи пройти еволюцію від одиничного до масового. Природньо, що тривалий період домінуватиме серійне виробництво, обсяг якого в результаті дії ряду техніко-економічних факторів [4] буде змінюватись в часі.

Однією з основних особливостей серійного виробництва є запуск у виробництво деталей партіями. Залежності, що наводяться для визначення оптимальної партії деталей (ОПД) українськими і закордонними авторами [2,3,5,7], не враховують певних технологічних і організаційних факторів, як, наприклад, трудомісткості технологічних операцій, габаритів деталей, втрат у незавершеному виробництві, складських витрат тощо. Найповніше розв'язання цього питання дано в роботі [1]. Проте подана в [1] залежність для визначення ОПД наводиться для випадку, коли обсяг серійного виробництва є сталим в часі.

Практика підтверджує, що внаслідок введення і освоєння нових потужностей і технологій, удосконалення планування виробництва та підвищення продуктивності праці на основі механізації і автоматизації виробництва деталей та складання ПРЛ відбувається неперервне поступове збільшення виробничих можливостей підприємств. З іншого боку, сезонні зміни використання робочого часу, наприклад, нерівномірність надання відпусток, інерційність робочої сили можуть вплинути на певному етапі на зменшення випуску продукції. Планування виробництва без врахування цих факторів приводить до значних коливань обсягу та напруженості місячного та добового випусків продукції, спричиняє перенавантаження або недонавантаження виробничих потужностей, зміни залишків незавершеного виробництва [3]. Особливо суттєве значення це буде мати при виробництві ПРЛ, яке тривалий час буде домінувати як серійне [5], і характеризується значним в кількісному вимірі випуском деталей. Так, наприклад, для виконання річної програми в обсязі 1,5 млн. погонних метрів приводного ланцюга з кроком 19,05 мм за одну зміну повинно виготовлятися майже 1,2 млн. штук кожної з деталей: втулок, осей, роликів та пластин. Для виготовлення такої кількості деталей необхідно близько 12 тонн високоякісного прокату. Якщо

врахувати, що деталі повинні пройти такі операції як зачищення, термообробка, контроль з певними маршрутами транспортування, то розв'язання задачі визначення ОПД - Q_{in} і оптимального періоду її запуску (ОПЗ) - τ_{in} у розподіленому в часі за певним законом серійному виробництві є актуальним і своєчасним.

Нехай на рисунку крива 1 являє собою зміну інтенсивності випуску ПРЛ протягом року. Введемо позначення: $\psi(\tau)$ - інтенсивність добового випуску продукції (фактична кількість ПРЛ даного найменування, виготовлених за добу); $\psi(\tau_0)$ і $\psi(\tau_k)$ - інтенсивність добового випуску відповідно на початок і кінець року; T - тривалість року в добах.

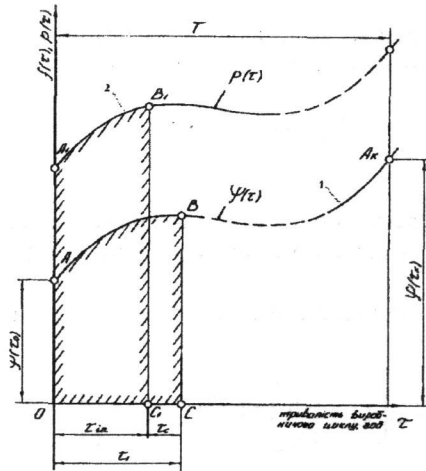


Рисунок - Схематичне зображення зміни інтенсивності випуску продукції в часі

Припустимо, що добова потреба певних деталей, наприклад, втулок дорівнює добовому випуску приводного ланцюга, а інтенсивність випуску втулок (крива 2 на рисунку) складає $P(\tau)$ на добу, причому $P(\tau) > \psi(\tau)$.

Тоді в період запуску партії виробництво деталей буде перевершувати обсяг випуску виробу на величину $m(\tau) = P(\tau) - \psi(\tau)$. Можна припустити, що відношення цієї різниці протягом року залишається незмінним, тобто відношення $P(\tau)/\psi(\tau)$ постійне (це цілком правомірно, так як на випуск деталей в більшості випадків впливають ті ж фактори, що й на випуск виробів).

Якщо виготовлення деталей буде продовжуватись τ_{in} днів, то на складі буде накопичений запас

$$L = \int_0^{\tau_{in}} [P(\tau) - \psi(\tau)] dt$$

Цей запас повинен забезпечувати складання виробу протягом деякого часу τ_c (див. рисунок), де випуск деталей партії пропорційний площі $O A_1 B_1 C_1$, яка повинна дорівнювати площі $OABC$.

Задача знаходження ОПД буде полягати в такому виборі величини τ_{in} , при якій сума витрат, що зв'язана з виготовленням партії деталей, їх зберіганням і втратами, пов'язаними з омертвінням засобів у незавершеному виробництві, буде мінімальною. Так як протягом року інтенсивність випуску продукції змінюється, природньо припустити, що величина періоду запуску τ_{in} , а отже і величина відповідних партій Q_i , будуть змінними. Оптимальними доцільно вважати ті значення величин партій, при

яких собівартість виробу продукції буде найменшою. З метою визначення їх величини звернемось до таких міркувань. Так як складання виробу і виготовлення деталей здійснюються одночасно, кількість деталей на складі змінюється (не враховуючи резерву R) від нуля до деякого значення:

$$N_i = \int_0^{\tau_{in}} m(\tau) d\tau \quad (1)$$

Середнє значення кількості деталей, що знаходяться на складі, буде дорівнювати $N_i/2$.

Виробничі витрати на деталь, включаючи живу працю, матеріал, накладні витрати та витрати на наладку і підготовку виробництва, складуть:

$$Y_{1i} = C + \frac{C_H}{Q_i} \quad (2)$$

Тут C - виробничі витрати на одну деталь, включаючи вартість матеріалу, праці і накладні витрати; C_H - витрати на підготовку виробництва партії деталей, в тому числі на наладку верстата.

Витрати, пов'язані з незавершеним виробництвом, віднесені до однієї деталі, визначимо з такої залежності:

$$Y_{2i} = q \left(C + \frac{C_H}{Q_i} \right) * \left(\frac{N_i}{2} + R \right) * \frac{1}{Q_T} \quad (3)$$

де q - коефіцієнт втрат від зв'язування засобів у незавершеному виробництві; Q_T - річна програма випуску деталей.

Так як площа складу визначається із врахуванням максимальної потреби в деталях, то середньорічні витрати на зберігання однієї деталі будуть:

$$Y_{3i} = S(R + N_i) \frac{1}{Q_T} \quad (4)$$

де S - річні витрати на зберігання однієї деталі.

При оптимальній величині партії деталей сума цих витрат і собівартість деталі будуть мінімальними, тобто:

$$Y = Y_{1i} + Y_{2i} + Y_{3i} = Y_{\min} \quad (5)$$

Враховуючи залежність (1), а також те, що величина партії деталей

$$Q_i = \int_{\tau_{i-1}}^{\tau_i} \psi(\tau) d\tau \quad (6)$$

рівняння (5) запишемо в такому вигляді:

$$Y = C + C_H / \int_{\tau_{i-1}}^{\tau} \psi(\tau) d\tau + q / Q_T \left[C + C_H / \int \psi(\tau) d\tau \right]^* \quad (7)$$

$$* \left[R + \int_0^{\tau_{iH}} m(\tau) d\tau / 2 \right] + S / Q_T \left[R + \int_0^{\tau_{iH}} m(\tau) d\tau \right]$$

Мінімальне значення величина Y може мати у випадку, коли перша похідна дорівнює нулю, тобто:

$$\frac{dY}{d\tau_i} = 0 \quad (8)$$

Розв'язати рівняння (8) відносно τ_i в загальному випадку неможливо через те, що величина τ_i також невідома. Проте для практичних розрахунків можна прийняти припущення: $\tau_{iH} = (\tau_i - \tau_{i-1}) / k = \tau_{ci} / k$, де $k = p(\tau) / \psi(\tau)$ - коефіцієнт, що характеризує наскільки інтенсивність випуску деталей більша, ніж інтенсивність випуску виробів в деякий момент часу всередині періоду τ_i .

Із врахуванням останнього припущення рівняння (8) після спрощень можна подати у вигляді:

$$\frac{dy}{d\tau} = \frac{C_H \psi(\tau_i)}{\left[\int_{\tau_{i-1}}^{\tau_i} \psi(\tau) d\tau \right]^2} + \frac{q}{Q_T} \left\{ \frac{(k-1)C\psi(\tau_{ci}/k) - \frac{C_H R \psi(\tau_i)}{\int_{\tau_{i-1}}^{\tau_i} \psi(\tau) d\tau} + \frac{C_H(k-1)\psi(\tau_{ci}/k) \int_{\tau_{i-1}}^{\tau_i} \psi(\tau) d\tau}{k \left[\int_{\tau_{i-1}}^{\tau} \psi(\tau) d\tau \right]^2}}{C_H \int_0^{\tau_{ci}/k} (k-1)\psi(\tau) d\tau \psi(\tau_i)} \right\} + \quad (9)$$

$$+ \frac{S(k-1)}{Q_T k} \psi(\tau_{ci}/k) = 0$$

Розв'язавши отримане рівняння відносно τ_i і підставивши отримане значення в (6), можемо одержати значення ОПД Q_1 . Маючи значення τ_i , аналогічно визначаємо величини τ_{i+1} та Q_{i+1} . При цьому в рівняння (2), (3), (4) замість Q_i та N_i потрібно підставити відповідно значення:

$$Q_{i+1} = \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \psi(\tau) d\tau$$

та

$$N_{i+1} = \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} (1-k)\psi(\tau) d\tau$$

а диференціювання провести за величиною τ_{i+1} . Визначивши згідно з (8) τ_{i+1} , можна знайти значення ОПД Q_{i+1} для цього періоду.

Таким чином рівняння (8) і (9) є загальними рівняннями, що дозволяють визначити оптимальні партії деталей Q_i і періоди їх запуску для розподіленого в часі серійного виробництва при довільному законі зміни інтенсивності випуску ПРЛ $\psi(\tau)$ та їх деталей $p(\tau)$, якщо тільки $k = \text{const}$.

Необхідно відзначити, що розв'язання рівняння (9) є досить складним завданням. Так, наприклад, для рівномірно розподіленого в часі виробництва, тобто, коли $\psi(\tau) = a$, а $p(\tau) = k_1 a$ і $k_1 > 1$,

$$\tau_{ci} = \sqrt{\frac{2(C_H Q_T + q C_H R)}{\frac{k-1}{k} Q_i^2 (qC + 2S)}} \quad Q_i = \sqrt{\frac{2(C_H Q_T + q C_H R)}{\frac{k-1}{k} (qC + 2S)}}$$

що співпадає з результатами [1]. Для рівномірно зростаючого виробництва при $\psi(\tau) = a + b(\tau)$ величину τ_c необхідно визначати з рівняння п'ятого ступеня. Якщо ж врахувати сезонні зміни у використанні робочої сили і подати функцію $\psi(\tau)$ у вигляді деякої постійно зростаючої гармонічної функції $\psi(\tau) = a + b(\tau) + a_0 s^2 \sin(\pi \tau)$, то для визначення τ_c потрібно розв'язати трансцендентне рівняння. Проте, враховуючи те, що в управлінні виробництвом все ширше використовуються електронно-обчислювальні машини, практичне розв'язання поставленого завдання не є складним, а додаткові затрати окупляться за рахунок оптимізації величини партії деталей і зниження собівартості продукції.

Summary. The question of optimization of components Lot in distributed as to the different Laws time in serial production is examined. The necessity of taking into consideration the change of production intensity for optimization of components Lot and its cost is proved.

Перелік посилань:

1. Ибрагим Р.А. Определение оптимального размера партии деталей// Машиностроитель. - 1971. - N 11. - С.17-19.
2. Климов А.Н., Оленев Н.Д., Соколицын С.А. Организация и планирование производства на машиностроительном заводе: Учебник для машиностроительных вузов - 3-е изд. перераб. и дополненное/Под ред. С.А. Соколицина. - Л.:Машиностроение - Ленинград, 1979. - 463с.,ил.
3. Лилейкина Г.А. Экономическая эффективность запуска оптимальных партий//Машиностроитель.- 1970. - №12. - 6с.
4. Минервин Г.В. Распределение объема серийного производства во времени// Тр. Коломенского филиала ВЗПИ. - М: Изд-во Всесоюз. Полит-го ин-та, 1969. - вып. 3. - С. 7-17.
5. Организация и планирование машиностроительного производства: Справочник. / Ахумов А.В. - Л.: Машиностроение, 1972. - 208с.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 січня 1995р. №67 "Про Державну програму розвитку виробничої кооперації на 1995-2000 роки".
7. Соколицын С.А. Расчет единого оптимального размера партии деталей//Тр.Лининградского политехнического института, 1963. - №227.-С.29-33.
8. Татевосов К.Г. Нормативные расчеты равномерного производства в серийном машиностроении.-М.-Л.:Машгис, 1961.-48с.