

Die optimale Projektierung der metallverarbeitenden Betriebe.

Gordienko B. I., Zhak S.V..

1. Die Projektierung der neuen Betriebe und die Planung des Produktionsausstosses der neuen Erzeugnisse stellt kompliziert mehrstufige, mehrparametrisch und multicriteria die Aufgabe dar. Die erste Etappe wird durch der Einschätzung der Art der ausgegebenen Produktion und den Umfang des Produktionsausstosses auf Grund der Analyse des Marktes verbunden. Er wird auf den Beschluss mehr oder der weniger bekannten Aufgaben linear (oder - nichtlinear) des Programmierens in determinierte oder stochastik der Errichtung zurueckgefuehrt.

Die zweite Etappe besteht in der Wahl fuer die aufgegebenen Nomenklatur der ausgegebenen Erzeugnisse und des Umfanges des Produktionsausstosses der Technologien ihrer Bearbeitung. Diese Etappe fordert, vor allen Dingen, der Benutzung der Erfahrung der Technologen und der Liste der moeglichen Mittel der Bearbeitung (die Werkbanken und der Anpassungen) eben. Die Varianten der Technologien sind nicht eindeutig, und die weiteren Etappen braucht man fuer jede Variante getrennt, mit dem nachfolgenden Vergleich der zusammenfassenden Kennziffern zu leiten.

Weiter entsteht die Aufgabe der Wahl der Zahl der notwendigen Elemente der Einrichtung (nach der uebernommenen Technologie) und die Rechnung der zusammengefassten Kriterien fuer **die optimalen Regimes der Bearbeitung**. Die Hauptkriterien sind den Selbstkostenpreis der Bearbeitung, die Produktivitaet und der Koeffizient der Auslastung dabei. Die optimalen Regimes nach dem Selbstkostenpreis der Arbeit fuer jede Werkbank koennen zu wesentlich verschiedenen Bedeutungen ihrer Produktivitaet auffuehren, was die zusaetzhliche Vereinbarung der Regimes fordert und fuert wieder zu dem mehrstufigen Optimierungsproblem auf:

- Die Optimierung der Regimes der abgesonderten Werkbanken;
- Die Angleichung ihrer Produktivitaet;
- Den Beschluss der multicriteria Aufgabe die Erfassung verschiedener Kriterien.

Das Haupt- (erste) Modell wurde durch die Optimierung der Regimes mit der Rechnung der Produktivitaet und ihre Maximierung verbunden, da der Teil des abgelegten Selbstkostenpreises ihr zurueck proportional ist (und andere Komponenten haengt direkt von den Geschwindigkeiten des Schneidens der Werkzeuge ab). Die Rechnung der Produktivitaet fordert die Einschätzung der Fertigungskoeffiziente einzelnen Werkbanken und das System (die Linie) insgesamt, was mit der Wahl des fuehrenden Werkzeuges und der Einschätzung der zusaetzhlichen abgelegten Zeiten des Schneidens, das die Betriebsunterbrechung seiner auf Kosten von der Betriebsunterbrechung anderer Werkzeuge beruecksichtigt, verbunden ist. Die harte kinematik Verbindung zwischen den Werkzeugen innerhalb von der Werkbank kann zu die einparametrisch Aufgabe , abhaengig nur von der Geschwindigkeit des Schneidens des fuehrenden Werkzeuges gebracht werden , da der Standhaftigkeit der Werkzeuge empirisch potenzien von der Abhaengigkeit von der Geschwindigkeit definiert wird . Diese Abhaengigkeit wird fuer die niedrigen Geschwindigkeiten korrigiert, bei denen die Standhaftigkeit nicht wachst, und dann wird stabilisiert. Ausserdem kommt aprior vom Konstrukteur der Linie die noetige Zahl der identischen Werkbanken und der Werkzeuge, die annaeherd die Zeit des Schneidens eben, heraus. Die Aufgabe wird auf die Suche des Optimums der nichtlinearen Funktion einen variabel insgesamt zurueckgefuehrt, und fuer sie sind entwickelt und mit Programm sind die wirksamen und anschaulichen Methoden des Beschlusses verwirklicht. Eine Grundlage dieser Programme ist die Dialogdurchsicht der Tabellen der Veraenderung der betrachteten Parameters bei der Veraenderung des einzigen Argumentes (die Geschwindigkeit des Schneidens des fuehrenden Werkzeuges) in verschiedenen Diapasons und mit verschiedenen Schritt. Da der Schritt der

Veraenderung der Geschwindigkeit des Schneidens unten von den technischen Moeglichkeiten der Einrichtung beschraenkt ist, ist bei solcher Durchsicht die Moeglichkeit des Verlustes des optimalen Regimes ausgeschlossen.

Die angebotene Einstellung laesst auch die Analyse des Beschlusses nach den einigen Kriterien, ihre Vereinbarung . Die Angleichung der Stueckzeiten wird mit der Bestimmung der zusaetzlichen Leerzeiten der abgesonderten Werkzeuge versorgt.

Der Fertigungskoeffizient der Linie wirdt korrekter als alles durch Grund der Theorie der Massenbedienung wie die stationaer Wahrscheinlichkeit des Zustandes definiert, wenn alle Werkbanken arbeiten. Bei der Kenntnis Wahrscheinlichkeitintensivitaet der Uebergaenge aus dem Arbeitszustand in arbeitsfrei (und umgekehrt) fuer diesen Wahrscheinlichkeiten wird die endliche Formel bekommen, die nur unter bestimmten Bedingungen dem Produkt der Fertigungskoeffiziente der Werkbanken mit der flexiblen Verbindung gleich (oder nahe) ist (falls bei dem Fehlschlag einer Werkbank uebrig arbeiten.setzen fort) . Unter Beruecksichtigung dieser Formel die selben Methoden und die Programme kann man die Aufgabe der Optimierung der Regimes fuer die Linie insgesamt, einschliesslich nach den einigen Kriterien analysieren.

Die Benutzung der selben Programme kann man die Varianten menschenleer (vollstaendig automatisiert) der Technologien und der Technologien zu den Leuten - Operateuren vergleichen, die bevorzugte Variante waelhen und den Nutzeffekt bewerten.

Der zufaellige Ausgang des Werkzeuges ist in den beschriebenen Modellen von der erwahnten empirischen Abhaengigkeit ausser Betrieb teilweise beruecksichtigt, auf Grund derer man ueber die Disziplin der Bedienung – nach dem Zerstoerung oder dem prophylaktischen Wechsel des Werkzeuges beschliessen kann. Die vollere Erfassung der stochastic Bedingungen kann verwirklicht gewesen werden, falls es Statistik der Absagen bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Schneidens gibt oder die zusaetzlichen Experimente fuer die Gebuehr(Sammeln) solcher Statistik geleitet wurden. Diese statistischen Daten koennen verschiedene standardisierten Funktionen der Einteilung approximiert werden, aber es auch die direkte Benutzung der Daten fuer die Einschaeztung entstehend Statistik der Stochasticoptimizationaufgabe moeglich ist. Dabei werden die Rechnungen wesentlich vereinfacht (dabei wird die arbeitsintensive und wenig sichere Identifizierung der Funktionen der Einteilung nicht gefordert), hier wird ganze existierende Statistik der Daten und nur sie verwendet.

Da sich bei den nachfolgenden Etappen die Parameter, die in den vorhergehenden Etappen fixiert sind, etwas veraendert werden koennen, die Notwendigkeit der iterativen Rueckgabe und der Wiederholung der Rechnungen werden bis zu ihrer praktischen Stabilisierung entstanden.

Gemein Methodologie wurde nicht nur auf den gemeinen Ueberlegungen, sonder auch auf den konkreten Beziehungen der Theorie der Zuverlaessigkeit , die Theorien des Schneidens und der Methoden der Optimierung gegruendet . Sie hat zugelassen, die adaequaten und wirksam arbeitenden Modelle zu bekommen.

Die Modelle und die Programme wurden durch die Reihe der konkreten Produktionssysteme erprobt und ihre Angemessenheit und die Arbeitsfaehigkeit aufgezeigt. Die Ergebnisse der Rechnungen wurden geprueft und sind labormaessig und den Produktionsexperimenten bestaetigt.

2. Zur Illustration werden wir die konkrete Konstruktion des Schluesselmodelles der Optimierung der Regimes, falls der Wahl als die zweckbestimmte Funktion der Produktivitaet und des Selbstkostenpreises man fuehrt durch.

Bei verschiedenen technologischen Prozessen ist der Fertigungskoeffizient $\{1\}$ gleich

$$K_{\Gamma} = \frac{T_p}{T_p + a}, \quad (1)$$

Wobei T_p - die Zeit der störungsfreien Arbeit; a - die Zeit auf Ueberfertigung.

Falls der Fehlschlag eines beliebigen Werkzeuges ganzes Einrichten (die harte Verbindung), jenem, beruecksichtigend die relativen Verluste der Zeit anhaelt, kann man fuer den Fertigungskoeffizient den Ausdruck bekommen:

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{T_{pi}}} \quad (2)$$

(T_{pi} , a_i - die aehnlichen Parameter fuer des Werkzeuges Numer i).

Wenn Fehlschlag irgendwelchen Werkzeuges nicht an flexibel Verbindung hielt, vereinfacht Formel fuer Koeffizient von Fertigung wird aufgezeichnet werden als:

$$K_{\Gamma} = \prod_{i=1}^n \frac{T_{pi}}{T_{pi} + a_i} = \prod_{i=1}^n K_{\Gamma_i} \quad (3)$$

Die Standhaftigkeit des i -tem Werkzeuges T_i und T_{pi} werden durch den Formelen definiert:

$$T_i = T_{0i} \left(\frac{V_{0i}}{V_i} \right)^{\frac{1}{m_i}}, \quad T_{pi} = T_i + \frac{T_i \tau_i}{R_i / V_i} \quad (4)$$

Wobei T_{0i} , V_{0i} - entsprechend geeicht die Periode der Standhaftigkeit und die Geschwindigkeit des Schneidens; R_i - die Laenge des Weges des Kontaktes des Werkzeuges mit dem Ausgangsmaterial; τ_i - die behelfsmaessige Zeit der Operation; m_i - den empirischen Parameter. Die Geschwindigkeiten des Schneidens von den abgesonderten Werkzeugen sind untereinander proportional: $V_i = A_i V$, wo V - die Geschwindigkeit des Schneidens des fuehrenden Werkzeuges, als der zweckmaessig ist, das Werkzeug mit der maximalen Zeit des Schneidens zu waehlen; a_i wird durch den Beziehungen der geeichten Geschwindigkeiten oder Kinematik der Werkbank definiert. Man kann die Produktivitaet (und im folgenden - und den Selbstkostenpreis) der Funktion des einzigen verwalteten Parameters - V aeussern. Im folgenden enthalten die Parameter, die sich auf das fuehrende Werkzeug beziehen, den Index (Nummer) nicht.

Die Produktivitaet ist

$$\Pi = \frac{1}{T_{um}} K_{\Gamma}$$

wobei T_{st} - die Stueckzeit der Bearbeitung des Details (1 in die Minute).

Aeussernd T_{st} durch V und ersetzend der Fertigungskoeffizient in die Formel der Produktivitaet, wir (fuer die harte Verbindung) bekommen

$$\Pi = \frac{V}{R + \tau V + \sum_{i=1}^n \frac{a_i K_i R}{T_{0i}} \left(\frac{A_i V}{V_{0i}} \right)^{\frac{1}{m_i}}}, \quad K_i = V_{0i} / V_0 \quad (5)$$

Und die etwas kompliziertere Formel fuer die flexible Verbindung.

Gleichmachend der Null Abgeleitete der Produktivitaet nach der Geschwindigkeit des

Schneidens V , bekommen wir die Gleichung fuer die optimale Geschwindigkeit des Schneidens (das fuehrende Werkzeug, so, und uebrig).

Es ist leicht, zu beweisen, dass diese Gleichung die einzigen Entscheidung haben.

Doch, im Falle, wenn die optimalen Bedeutungen der Geschwindigkeiten des Schneidens geeicht sind bedeutend weniger, so hoert auf, gewoehnlich die potenzielle Abhaengigkeit zwischen der Geschwindigkeit des Schneidens und die Periode der Standhaftigkeit nicht arbeitet. In der Tat, ist bei der Bearbeitung des Walles die Startregimes des Schneidens fuer Schnellarbeitstahl $V_0 = 24$ m/min, $T_0 = 60$ Min.,

$a = 15$ Min., $m = 0.125$, und die optimale Geschwindigkeit des Schneidens des fuehrenden Werkzeuges, berechnet nach der Formel, die aus (5) bei $n = 1$ und hat offenbar Art folgt, 22.38 m/min. gleich, das heisst ist geeicht fast gleich. Doch es, falls nach Kinematik der Werkbank fuer einiges Werkzeug notwendig ist braucht man dreimal sie verringern, so haben wir:

$$T = 60 (24 / 7.46)^8 = 688537 \text{ Min.} = 11476 \text{ Stunden,}$$

D.h. fast zwei Jahre (bei der zweischichtigen Arbeit).

Die Experimente zeigen auf, dass bei den kleinen Geschwindigkeiten der Standhaftigkeit stabilisiert werden, das heisst die potenzielle Abhaengigkeit dabei braucht man von der Funktion des einzelnen Sprunges oder ihre Approximation ersetzen. In der Praxis des Schneidens hat sich die Abhaengigkeit der Art gut bewahrt:

$$T = CT / (V^{1/m} + CT / T_{kp}), \quad (6)$$

wobei T_{kp} - die Hoechstperiode der Standhaftigkeit (bei $V \rightarrow 0$, $T \rightarrow T_{kp}$).

Genauer ist die Approximation der Funktion des einzelnen Sprunges der Art

$$\tilde{u}(z) = e^{-e^{-\lambda z}}$$

wobei λ - der Parameter, mit dessen Vergroesserung die Genauigkeit der Approximation zugenommen wird.

Diese Abhaengigkeiten koennen fuer verschiedene Schemas der technologischen Prozesse und nicht nur bei der Bearbeitung vom Schneidmesser benutzt werden, sie werden auf den Schweiss- automatisierten Komplexen, der Lazer-radialen Schweissung, Schmide, Stanzpressen erfolgreich verwendet etc.

Statt des Entscheidungs der Gleichungen fuer die stationaeren Wert bequemer den Dialogtabulation der Funktion einen variabel mit geaendert im Schritt und dem Diapason (die Prozedur "panorama") benutzt wird. Sie geben den Entscheidungs mit der aufgegebenen Genauigkeit fuer die Funktionen einer beliebigen Komplexitaet, wo auch die Abweichung von der potenziellen Abhaengigkeit, und andere komplizierenden Faktoren (einschliesslich die praezisierten Formeln fuer den Fertigungskoeffizient des Systemes mit den flexiblen Verbindungen) beruecksichtigt wird..

3. Fuer die Berechnung des Selbstkostenpreises der Bearbeitung eines Details werden wir zuerst nur zwei abgelegt - der Selbstkostenpreis der Bearbeitung unter Beruecksichtigung der Cost der

Werkbank C_{cm} und des Werkzeuges - C_{uh} analysieren:

$$C = C_{cm} + C_{uh}$$

Die Amortisation der Werkbank wird von der Gliederung seines restlichen Cost Q in die Zahl der bleibenden Stunden seines Dienstes (Q/M) gewoehnlich berechnet. Doch richtiger die Diskontierung der ungleichzeitigen Kosten zu fueren, die von mittler normativ von Gewinn der Investitionen und der inflation abhaengig ist, zu beruecksichtigen. Das Uebersehen diesen Faktorees fuehrt zur Unterbewertung diesen abgelegt in 4-5 Male auf. Um dieser Kosten zu einem Detail verhalten sich, braucht man auf seine Uhrproduktivitaet die Amortisationsabfuehrungen

auf die Stunde der Arbeit der Werkbank aufzuteilen.

Die Kosten, die mit den Werkzeugen verbunden sind, angekommen auf die Bearbeitung eines Details, die n von verschiedenen Werkzeugen bearbeitet wird, klaeren sich auf folgende Weise.

Das Preis von Werkzeuges auf ein Zyklus von Bearbeitung ist gleich

$$q_i = (p_i v_i + \mu_i) / (p_i + 1) \quad (7)$$

wobei p_i - die mittlere Zahl Ueberschaerfung des Werkzeuges; v_i - die Kosten auf eine Ueberschaerfung; μ_i - das Preis des Werkzeuges nach dem Katalog.

Die mittlere Zeit des Schneidens ist gleich der Periode der Standhaftigkeit des Werkzeuges. Die mittlere Zahl der Details, die vom Werkzeug im Laufe von einen Zyklus bearbeitet ist gleich

$$N_i = T_i / T_{pez} \quad i = T_i V_i / K_i R.$$

Deshalb ist das Preis des Werkzeuges, das auf ein Detail(Einzelteil) bezogen ist gleich

$$C_{un} = \sum_{i=1}^n q_i B_i V_i^{\frac{1}{m_i}-1}$$

Der Selbstkostenpreis des Details(Einzelteil) unter Beruecksichtigung des Wertes(Preis) der Werkbank und des Werkzeuges ist gleich

$$C = \frac{QR}{AV} + \frac{Q\tau}{A} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q}{A} a_i + q_i \right) B_i V_i^{\frac{1}{m_i}-1} \quad (Q_i, B_i - \text{die Konstante}). \quad (8)$$

Gleichmachend Abgeleitete $dC/dV = 0$, bekommen wir die Gleichmachung(Gleichung) fuer optimal (minimisierend den Selbstkostenpreis) der Geschwindigkeit V . Aber, wieder ist es einfacher und bequemer, nach dem Optimum mit Hilfe von der "Panorama" zu suchen.

Wir werden jetzt den Selbstkostenpreis der Mehrwerkzeugbearbeitung unter Beruecksichtigung nicht nur des Preis der Werkbank und des Werkzeuges, sonder auch des Arbeitslohnes des Operateurs, der Elektroenergie und der Details untersuchen. In gemein Art sie kann vorgestellt werden als

$$C = C_{cm} + C_{un} + C_{3.n.} + C_{3.3.} + C_{\delta p.}$$

Das Preis des Arbeitslohnes $C_{3.n.}$, bezogen zu einem Detail, wird wie Quotient des Uhrarbeitslohnes E auf die Uhrproduktivitaet definiert

$$C_{3.n.} = E/\Pi.$$

Das Preis der Elektronergie $C_{3.3.}$ wird ausgehend durch dem Quantitaet der Elektronergie definiert, die von den Werkzeugen verbraucht ist, unter Beruecksichtigung der Verkleinerung der Kraefte des Schneidens auf verschiedenen Geschwindigkeiten des Schneidens (von 70 bis zu 250 m/minuten) und der Stabilisierung der Energie ausser diesem Bereich.

Daraufhin hat im erwahnten Bereich betrachtet Summand solhes Form (Multiplikatoren D_i werden durch den Parametern des Regimes der Bearbeitung, unabhagengigen von V ; $\nu = - 0.15$): $C_{3.3.} = \sum D_i V^\nu$ definiert.

Ausser diesem Bereich ist die Geschwindigkeit des Schneidens in dieser Formel konctant und den aeussersten Bedeutungen des Bereiches gleich. Solche Funktion schwierig differenziert wird, und die "Panorama" aendert sich von der Erfassung solche abgelegt praktisch nicht.

Das Preis des Ausschusses $C_{\delta p.}$, bezogen zu einem Detail, beruecksichtigt das Preis des Ausgangsmateriales, das unbearbeitet auf der endlicher Operation geblieben hat. Die Einschaltung diesen Summand moecht auch wird bei "Panorama" leicht beruecksichtigt.

Die bekommenen Formelen und die erwahnten Einstellungen lassen leicht und schnell die Regimes, die den minimalen Selbstkostenpreis die Bearbeitungen versorgen, berechnen, die Geschwindigkeiten des Schneidens und antwortend mit ihnen der Standhaftigkeit (unter

Beruecksichtigung bezeichneter frueher ihren Stabilisierung bei den niedrigen Geschwindigkeiten des Schneidens) waehlen. In Schranken der beschriebenen Modelle ist es moeglich auch, den nicht formalen Beschluss ueber die einigen gleichzeitig beruecksichtigten Kriterien (der Maximum der Produktivitaet, den Minimum des Selbstkostenpreises, die Naeh von der normativen Auslastung der Einrichtung und usw.) zu uebernehmen.

Die Modelle und die Programme wurden durch die Reihe die realen Prozesse der Metallverarbeitung approbiert und wurden ihre Angemessenheit und die Effektivitaet bewiesen.

LITERATUR

1. Gordienko B.I., Kraplin M.A.. Die Qualitaet des Werkzeuges und die Produktivitaet. Den Verlag Rostower Staatliche Universitaet, 1974.
2. Gordienko B.I, Zhak S.V., Kraplin M.A., Mirskaja S.J. Die informativen Modelle der technologischen Prozesse Metallverarbeitung. // Die informativen Technologien und die Systeme, 1998, in 2, Woronesh.
3. Zhak S.V., Mirskaja S.J. Ueber eine Klasse der Systeme der Massenbedienung. // Die Modelle und die diskreten Strukturen. Elista, 1999.
4. Zhak S.V., Kraplin M.A. Die Methoden der Erfassung der Stochastik in den Aufgaben optimal Proektierung. // XI Internationnaler Kongress ueber Anwendungen der Mathematik in den Ingenieurwissenschaften, Berichte 5, Weimar, 1987.