

Bibliography

1. Balagurov V.A., Gridin V.M., Lozenko V.K. Contactless DC motors. Moscow: Energiya, 1975. 128 p.
2. Ovchinnikov I.T., Lebedev N.I. Contactless DC motors. Leningrad: Nauka, 1979. 270 p.
3. Mikhailov O.P. Prospects for the development of automated electron troprivoda Machine Tools // Electricity. In 1985. Number 10. P. 11-17.
4. Advolotkin N.P., Grashchenkov V.T., Lebedev N.I., Ovchinnikov I.E., Stytsyna A.K. Managed contactless DC motors. L.: Energoatomizdat, 1984. 160 p.
5. Bruskin D.E., Zubakin S.I. Aircraft with a fully-dated equipment elektrifitsi // Results of science and technology. Tion for electrical transport. VINITI. In 1986. №6. P. 1-112.
6. The reliability and efficiency of the technique. Methodology. Organization. Terminology: A Handbook, ed. A. Rembeza. Moscow Machine-Building, 1986. V.1. 224 p.
7. Khazov B.F., Didusev B.A. Guide to the calculation of the reliability of machines at the design stage. Moscow: Mashinostroenie, 1986. 224 p.
8. Lozenko V.K. Rotary engines for aircraft mechanisms: summary of the thesis. Dr. ... technical. Sciences. M. Univ Dept, 1985. 35 p.
9. Sandalov V.M. Redundant electric motors based on the gate: summary of the thesis. ... Candidate. Technical. Sciences. Chelyabinsk: Publishing House of the South Ural State University, 2000. 18 p.
10. Vigrayanov P.G. The electromagnetic processes of multiphase valve engines: a monograph. Chelyabinsk: Publishing House of the South Ural State University, 2007. 143 p.
11. Beletsky V.V. The theory and practical methods of backup electronic equipment. Moscow: Energiya, 1977. 104 p.

УДК 338.45

Големенцев Б.В., Слепов В.М., Казимиров А.А.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ОПЫТНО-СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Предложена вероятностно-статистическая модель расчета оптимального количества режущего инструмента, учитывающая специфику опытно-серийного производства. Также показан алгоритм работы складской автоматизированной системы, в основе которой заложена описанная модель.

Ключевые слова: опытно-серийное производство, удельная норма расхода, суммарный предыдущий период, плановый период, плановый запас инструмента, дневная потребность в инструменте, минимальный запас, точка запаса, условие обеспеченности.

We propose a probabilistic-statistical model for calculating the optimal number of cutting tools with a specific of pilot-scale production. It also shows the algorithm of the automated warehouse, which lies at the basis of the described model.

Keywords: pilot-scale production, specific consumption rate, total previous period, planning period, planned supply of tools, daily demand for the product, minimum stock, stock point, condition of security.

Главной задачей любого производственного предприятия, в том числе и опытно-серийного, является выполнение контрактных обязательств при определенных ограничениях по затратам. План выпуска продукции предприятия, составленный на основе этих обязательств, не подлежит коррекции никем, кроме руководителя предприятия [1]. Основными компонентами такого плана является номенклатура изделий, количество и сроки изготовления. Отметим, что в опытно-серийном производстве номенклатура изделий разнообразна и разбивается на группы деталей, входящих в состав изделий, наиболее схожих по конструкции, технологии и трудоёмкости изготовления. Исходя из таких положений, производственная программа, основанная на плане выпуска продукции, является приведенной. Оставим вне нашего внимания принципы формирования такой программы и перейдем к описанию общих вопросов подготовки производства и проблемам, возникающим в процессе подготовки режущего инструмента.

Сроки на подготовку производства и сроки изготовления деталей и сборочных единиц, входящих в состав изделий, формируются на основе компонентов плана. При подготовке и планировании производства учитываются следующие моменты:

- наличие/отсутствие заготовок (прокат, отливки, поковки и т.д.), сроки поставки заготовок в механические цеха, а также загрузка оборудования в цехе заготовительного производства;
- наличие/отсутствие технологической оснастки и вспомогательного инструмента, сроки их изготовления;

- готовность сопроводительной документации (технологические процессы) и управляющих программ для механической обработки на станках с ЧПУ;
- загрузка оборудования в механических цехах;
- наличие/отсутствие режущего¹ и мерительного инструмента, а также сроки его изготовления или приобретения со стороны.

В опытно-серийном производстве нередко возникает ситуация, связанная с необеспеченностью и переизбытком того или иного инструмента.

Причины необеспеченности разные: высокий спрос на производимую серийную продукцию в сочетании с опытно-конструкторскими разработками; несвоевременное пополнение складских запасов, ошибки рабочего; сложность и трудоемкость обработки, если коснуться обработки корпусных деталей, а также деталей из труднообрабатываемых материалов. Дефицит того или иного инструмента может привести к частичному или полному срыву производственной программы, если по причине такого дефицита откладывается выпуск изделий и передача их в другие цеха для последующей обработки.

С другой стороны, замена дефицитного инструмента на аналог является не всегда оптимальным выходом из ситуации. Во-первых, расширяется применимость инструмента, следовательно, увеличивается вероятность дефицита такого аналога в будущем. Во-

¹ Под словом «инструмент» мы будем подразумевать инструмент режущий.

вторых, замена на инструмент-аналог может привести к простоям технологического оборудования, по личным наблюдениям, до 8 ч, что соответствует одной рабочей смене; временным затратам на корректировку технологического процесса, управляющей программы (УП) для обработки на станках с ЧПУ, отработку кадров УП на станке, что может занять до двух рабочих смен. В случае врезов и прочих дефектов, возникающих в результате отработки кадров УП, появляются временные затраты на оформление дефектов (по личным наблюдениям, в среднем 1,5–2 смены) и, как следствие, это приводит опять к несвоевременной передаче продукции в цех-потребитель.

Причинами переизбытка является завышение объемов заказываемого инструмента на пополнение; инструмент, который морально устарел, либо не используется в производстве новых изделий. Ярким примером морально устаревшего инструмента является «советский» инструмент (ГОСТ), применение которого на современных станках с ЧПУ резко сократилось, а его объемы на складах поражают (на многих крупных предприятиях количество такого инструмента в цеховых кладовых колеблется в пределах 30–40 тыс. шт.).

Переизбыток инструмента приводит к увеличению складских запасов, появлению неликвидного инструмента и, как следствие, усложнению системы оборота. С другой стороны, переизбыток инструмента, вызванный завышенными объемами, ведет к увеличению затрат на подготовку производства, что неблагоприятно сказывается на себестоимости будущего изделия.

Как мы видим, последствия необеспеченности и переизбытка инструмента носят экономический, организационный и технологический характер. Для устранения таких проблем была поставлена задача математизации и алгоритмизации системы, которая бы обеспечивала опытно-серийное производство оптимальным количеством инструмента и позволила бы отслеживать дефицит и переизбыток инструмента.

Для решения задачи и математического описания необходимы следующие данные:

- $\{T_s\}$ – номенклатура режущего инструмента;
- N – количество деталей, изготовленных за предыдущий период;
- M – количество израсходованного инструмента за предыдущий период (факт расхода);
- E, R – количественно-временные характеристики выпускаемых деталей (объем опытных и серийных изделий на плановый период соответственно). Исходной информацией здесь являются контрактные обязательства, трансформированные в область «деталь – количество – сроки выполнения» [2].

Пусть временная область t состоит из моментов времени $t_0, t_1, \dots, t_k, \dots, t_n, t_{n+1}$. Данную область запишем в следующем виде:

$$t = \{t_0, t_1, \dots, t_k, \dots, t_n, t_{n+1}\}. \quad (1)$$

Периоды времени $t_0 \leq t < t_1, \dots, t_{k-1} \leq t < t_k, \dots, t_{n-1} \leq t < t_n$ назовем предыдущими периодами. Период времени

$t_n \leq t < t_{n+1}$ назовем плановым периодом.

Обозначим номенклатуру изготавливаемых деталей за P , которая будет иметь вид:

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_m\}. \quad (2)$$

Пусть за предыдущие периоды времени было изготовлено некоторое количество деталей N , имеющих отношение к номенклатуре P :

$$N_{jk} = N_{jk}(P_j : t_{k-1} \leq t < t_k), \quad k = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Обозначим всё множество инструмента за T , которое имеет вид:

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_s, \dots, T_l\}. \quad (4)$$

Пусть за предыдущие периоды времени было использовано M инструмента, имеющее отношение к множеству T :

$$M_{sk} = M_{sk}(T_s : t_{k-1} \leq t < t_k), \quad s = \overline{1, l}; \quad k = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Для каждого инструмента $T_s \in T$ поставим в соответствие $(m-d)$ деталей, иначе говоря, инструмент T_s применяется для обработки $(m-d)$ деталей. Тогда для периода времени $t_{k-1} \leq t < t_k$ существует сумма:

$$\sum_{v=1}^{m-d} N_{vk}(P_v : t_{k-1} \leq t < t_k), \quad v = \overline{1, m-d}, \quad k = \text{const}^2. \quad (6)$$

Сумму (6) назовем *объемом деталей*, прошедших обработку инструментом T_s .

Количество инструмента T_s (5), взятое для обработки $(m-d)$ деталей за период $t_{k-1} \leq t < t_k$, назовем *массой израсходованного инструмента (фактом расхода)*.

Удельная норма расхода инструмента за фиксированный период ($S_{T_s}(t_{k-1} \leq t < t_k)$) есть отношение массы израсходованного инструмента к объему изготовленных деталей, при обработке которых применяется данный инструмент.

$$S_{T_s}(t_{k-1} \leq t < t_k) = \frac{M_{sk}(T_s : t_{k-1} \leq t < t_k)}{\sum_{v=1}^{m-d} N_{vk}(P_v : t_{k-1} \leq t < t_k)}, \quad (7)$$

$$v = \overline{1, m-d}, \quad s = \text{const}, \quad k = \text{const}^3.$$

Отношение (7) применимо для каждого отрезка в предыдущем периоде. В опытно-серийном производстве при планировании на будущий период удельная норма расхода – величина переменная, стохастическая, поскольку заранее неизвестна применимость инструмента для производства опытных изделий. В таком производстве при планировании сроков изго-

² Суммирование производится по индексу v , поскольку v – индекс применяемой номенклатуры к инструменту T_s . Индекс j – индекс, относящийся ко всей номенклатуре.

³ Индексы s и k постоянны, поскольку рассматривается конкретный инструмент за конкретный период.

товления или приобретения инструмента со стороны на плановый период необходимо учитывать данные предыдущего периода.

Проанализируем полностью период времени $t_0 \leq t < t_n$, который назовем суммарным предыдущим периодом. Средняя величина удельной нормы расхода за суммарный предыдущий период будет иметь вид:

$$M^*[S_{T_s}] = \frac{\sum_{k=1}^n S_{T_s}(t_{k-1} \leq t < t_k)}{n}. \quad (8)$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$D^*[S_{T_s}] = \frac{\sum_{k=1}^n \{S_{T_s}(t_{k-1} \leq t < t_k) - M^*[S_{T_s}]\}}{n}. \quad (9)$$

Статистическая ошибка предыдущего периода:

$$\Delta = t_{TP} D^*[S_{T_s}], \quad (10)$$

где t_{TP} – коэффициент Стьюдента⁴.

Соединяя статистические соотношения (8) и (10), получаем выражение для расчета удельной нормы расхода за весь предыдущий период:

$$S_{T_s}(t_0 \leq t < t_n) = M^*[S_{T_s}] \pm \Delta. \quad (11)$$

На практике, в целях перестраховки, необходимо учитывать + Δ .

Рассмотрим период $t_n \leq t < t_{n+1}$. Пусть на данный период времени запланирован выпуск серийных и опытных деталей. Обозначим номенклатуру этих деталей соответственно R и E :

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_\tau\}, \quad i = \overline{1, \tau}; \quad (12)$$

$$E = \{E_1, E_2, \dots, E_q, \dots, E_\mu\}, \quad q = \overline{1, \mu}. \quad (13)$$

Запланированное количество деталей на данный период:

$$N_{i(n+1)} = N_{i(n+1)}(R_i : t_n \leq t < t_{n+1}), \quad i = \overline{1, \tau}. \quad (14)$$

$$N_{q(n+1)} = N_{q(n+1)}(E_q : t_n \leq t < t_{n+1}), \quad q = \overline{1, \mu}. \quad (15)$$

Рассмотрим два события, абстрагируясь от технологической сущности инструмента T_s :

$$A_1 = \{T_s \text{ применяется в изготовлении } R\};$$

$$A_2 = \{T_s \text{ применяется в изготовлении } E\}.$$

События независимы друг от друга и могут появиться совместно. Следовательно, их вероятности, а равно и частоты, определяются следующим выражением:

$$P(A) = P(A_1 \cdot A_2) = \frac{\sum_{i=1}^{\tau} N_{i(n+1)}(R_i : t_n \leq t < t_{n+1}) \cdot \sum_{q=1}^{\mu} N_{q(n+1)}(E_q : t_n \leq t < t_{n+1})}{\left[\sum_{i=1}^{\tau} N_{i(n+1)}(R_i : t_n \leq t < t_{n+1}) + \sum_{q=1}^{\mu} N_{q(n+1)}(E_q : t_n \leq t < t_{n+1}) \right]^2}. \quad (16)$$

Обозначим через $\Theta(t_n \leq t < t_{n+1})$ коэффициент вероятности применения инструмента T_s в плановом периоде:

$$\Theta(t_n \leq t < t_{n+1}) = 1 + \frac{\sum_{i=1}^{\tau} N_{i(n+1)}(R_i : t_n \leq t < t_{n+1}) \cdot \sum_{q=1}^{\mu} N_{q(n+1)}(E_q : t_n \leq t < t_{n+1})}{\left[\sum_{i=1}^{\tau} N_{i(n+1)}(R_i : t_n \leq t < t_{n+1}) + \sum_{q=1}^{\mu} N_{q(n+1)}(E_q : t_n \leq t < t_{n+1}) \right]^2} = 1 + \frac{E_\Sigma \cdot R_\Sigma}{(E_\Sigma + R_\Sigma)^2}. \quad (17)$$

Введем понятие «необходимый плановый запас инструмента».

Плановый запас инструмента – это произведение коэффициентов, учитывающих следующее:

Возможный резерв инструмента на центральном инструментальном складе (ЦИС) в случае ожидания изготовления или приобретения инструмента со стороны (обозначается K_r). Положим K_r равным 1,20.

Трехсменный режим работы предприятия плюс вероятность совершения ошибки оператором или наладчиком при наладке станка на обработку (обозначается K_e). Положим K_e равным 1,15.

Коэффициент использования инструмента (обозначается K_u), который определяется выражением:

$$K_u = 1 + \frac{\text{число станков, на которых возможно использование инструмента}}{\text{общее число станков в цехе}}; \quad (18)$$

Применение инструмента при изготовлении новых деталей (16).

Тогда необходимый плановый запас инструмента определяется следующим выражением:

$$\Pi_{T_s}(t_n \leq t < t_{n+1}) = K_r \cdot K_e \cdot K_u \cdot \Theta(t_n \leq t < t_{n+1}). \quad (19)$$

С учетом (11) и (19) имеем следующее выражение для удельной нормы расхода на плановый период:

$$S_{T_s}(t_n \leq t < t_{n+1}) = \Pi_{T_s}(t_n \leq t < t_{n+1}) \cdot S_{T_s}(t_0 \leq t < t_n). \quad (20)$$

Следовательно, количество инструмента T_s , необходимое для опытно-серийного производства в плановом периоде, будет вычисляться по формуле

$$M_e = M_{s(n+1)}(T_s : t_n \leq t < t_{n+1}) = S_{T_s}(t_n \leq t < t_{n+1}) \cdot \sum_{v=1}^{m-d} N_{v(n+1)}(P_v : t_n \leq t < t_{n+1}). \quad (21)$$

Обозначив через W_D дневную потребность в инструменте T_s , а через t_u число дней срочного изготовления инструмента или приобретение его со стороны,

⁴ Коэффициент Стьюдента выбирается из таблиц. Мы полагаем, что имеет место нормальный закон распределения (распределение Гаусса).

можно определить минимальный запас I_{\min}^5 :

$$I_{\min} = W_D \cdot t_u \quad (22)$$

Оптимальное количество инструмента T_s , который нужно изготовить или приобрести со стороны, для производства в плановом периоде выражается запасом «точка запаса»:

$$P = M_e + I_{\min} \quad (23)$$

Следовательно, количество инструмента $M_{\text{ЦИС}}$, которое должно иметься на центральном инструментальном складе (ЦИС), чтобы обеспечить производство, должно варьироваться в следующем диапазоне:

$$P \leq M_{\text{ЦИС}} \leq [M], \quad (24)$$

где $[M]$ – допустимое количество инструмента, которое можно изготавливать или приобретать со стороны. Если величина на ЦИС меньше точки запаса, то в таком случае инструмент необходимо пополнять, то есть изготавливать, либо приобретать на стороне. Пополнение инструмента выражается следующей формулой:

$$\delta = P - M_{\text{ЦИС}} \quad (25)$$

Математическая модель служит основой для построения алгоритма, обеспечивающего работу системы формирования оптимального количества инструмента. Для построения алгоритма предъявим системе следующие требования:

На входе системы – исходные данные: номенклатура режущего инструмента; количество деталей, изготовленных за предыдущий период; количество израсходованного инструмента за предыдущий период; количественно-временные характеристики выпускаемых деталей.

На выходе системы – информация о восполнении инструмента, которая служит для формирования заявок на изготовление или приобретение инструмента на стороне.

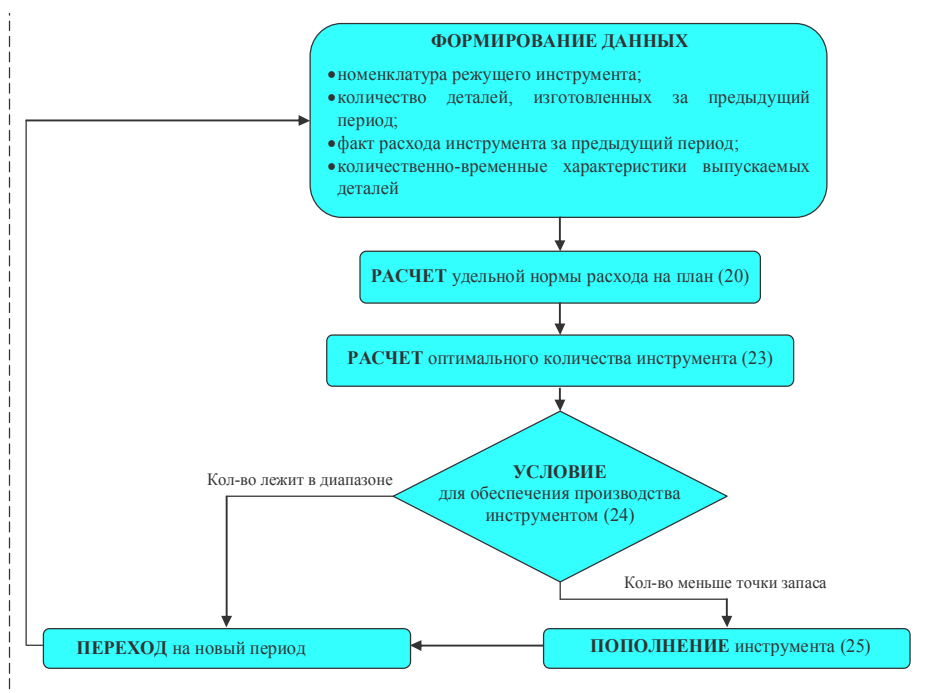
Система должна сигнализировать инженеру о дефиците, балансе, избытке инструмента и автоматически определять те позиции инструмента, количество которого необходимо восполнять.

⁵ Дневная потребность рассчитывается исходя из максимально возможного плана производства.

Алгоритм системы проиллюстрирован на **рисунке**.

Используя данный алгоритм в процессе инструментальной подготовки, а также в работе инструментальных служб, специалисты соответствующих подразделений (бюро подготовки производства, инструментальный отдел) смогут устранить проблему необеспеченности инструмента на производстве. Расчет оптимального количества инструмента (точка запаса) и учет имеющегося количества инструмента на ЦИС определит количество того инструмента, которое необходимо пополнить. При известном количестве инструмента имеем четкое представление о трудоемкости его изготовления, а следовательно, о затратах на изготовление либо приобретение инструмента со стороны. Условие обеспеченности (24) поможет определить точку, с которой начинается переизбыток инструмента для данного планового периода. Таким образом, это позволяет предотвратить заказ инструмента в завышенных количествах, а следовательно, сократить затраты на подготовку производства и себестоимость будущего изделия.

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ИНСТРУМЕНТА



Алгоритм системы формирования оптимального количества инструмента

Вмешательство цеха при составлении заявки на пополнение инструмента не потребуется, поскольку система автоматически сигнализирует о необходимости его пополнения (см. **рисунок**). Таким образом, своевременное пополнение инструмента, составление заявок на изготовление или приобретение инструмента со стороны будет прерогативой одного подразделения – инструментального отдела. При этом работа с данным алгоритмом не требует большого профессионального опыта в инструментальной подготовке и

высокой квалификации специалиста.

По предварительной оценке предлагаемая модель системы позволит уменьшить сбои в работе инструментальных служб на 60–70%, снизить затраты на подготовку производства на 35–40%. Расчеты проводились на примере широко применяемого инструмента (концевого твердосплавного инструмента) в изготовлении деталей из труднообрабатываемых материалов.

Список литературы

1. Големенцев, Б.В. Многоуровневая система диспетчеризации / Б.В. Големенцев // Умное производство. 2010. Вып. 2.
2. Големенцев, Б.В. Автоматизированная система оборота режущего инструмента / Б.В. Големенцев, Д.Е. Лохтина // РИТМ. 2010. Вып. 3.

Bibliography

1. Golementsev B.V. Multilevel system of dispatching / B.V. Golementsev // Intelligent production. 2010. Vol. 2.
2. Golementsev B.V. Automated system of turnover of the cutting tool / B.V. Golementsev, D.U. Lohtina // RHYTHM. 2010. Vol. 3.

УДК 621.967.1

Трусковский В.И., Шеркунов В.Г.

К НАЗНАЧЕНИЮ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКИХ КЛИНОВЫХ НОЖЕЙ ДЛЯ РЕЗКИ СОРТОВОГО ПРОКАТА НА НОЖНИЦАХ С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТА

Предлагается новая конструкция ножниц для резки сортового проката, принцип действия которых основан на сообщении поступательного перемещения разделяемым частям проката в двух направлениях с одновременным вращением и универсального режущего инструмента с оптимальным углом наклона рабочих плоскостей ножей, что исключает необходимость их замены при изменении диаметра разрезаемой штанги. Приводятся описание, фотографии конструкции ножниц и режущего инструмента, расчетно-экспериментальное обоснование выполненных разработок. Предложенные технические решения защищены патентами РФ.

Ключевые слова: ножницы, плоские клиновые ножи, режущие и прижимные кромки, угол наклона, сортовой прокат, мерные заготовки, эксперимент, усилие, перемещение ножей.

A new design of scissors for cutting rolled operation is based on a report of translation shares some rolled in two directions with simultaneous rotation and universal cutting tool with the optimum angle of work planes blades, eliminating the need to replace them when the diameter of the cut stem. Provide a description, photos, design of scissors and cutting tools, computational-experimental study carried out developments. The proposed technical solutions are patented.

Keywords: scissors, flat wedge knives, cutting and clamping edge angle, long products, dimensional piece, experiment, force, moving blades.

Совершенствование способов получения мерных заготовок за счет усложнения траектории относительного перемещения прутка и отделяемой части в процессе резки при использовании достаточно простых схем разделения и устройств является одним из перспективных направлений.

Объединению преимуществ, характерных для разных схем, и повышению показателей геометрической точности получаемых заготовок может способствовать схема резки, основанная на поступательном перемещении разделяемых частей проката в двух направлениях с одновременным вращением (рис. 1) [1].

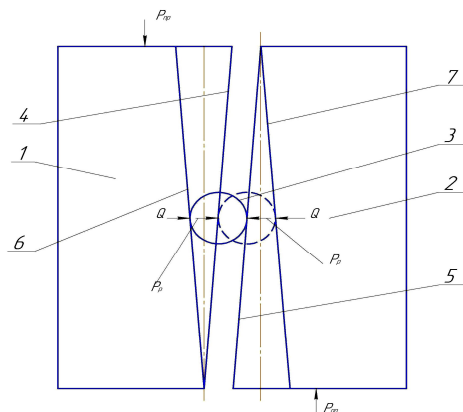


Рис. 1. Принципиальная схема резки

Под воздействием усилия $P_{пр}$ со стороны привода плоские клиновые ножи 1 и 2 совершают встречное движение, при котором происходит их сближение к центру разрезаемого прутка 3. В результате совместного сближения ножей и вращения прутка происходит постоянное смещение по его периметру прикладываемого усилия реза P_p со стороны кромок 4, 5 ножей 1, 2. В процессе разрезки прутка режущие кромки 4, 5 ножей 1, 2 внедряются в него, а выступы 6, 7 осуществляют поперечный зажим самого прутка и отрезаемой от него заготовки с усилием Q .

Схема соответствует неполной закрытой резке проката сдвигом с поперечным активным зажимом.

Конструкция ножниц представляет собой установку (рис. 2), оснащенную гидроприводом, содержащую силовой гидроцилиндр с нижним расположением, соединенный с одним из ножей, а оба ножа кинематически связаны между собой посредством зубчато-реечной передачи, обеспечивающей синхронное и взаимосвязанное их перемещение [2].

Для обеспечения эффективности работы ножниц в производственных условиях необходимо регламентировать угол наклона режущих кромок ножей и соответствующих им плоскостей прижима. Это позволит исключить изготовление, содержание и обслуживание многономенклатурного режущего инструмента.

При рассмотрении прямоугольного треугольника, образованного наклонной плоскостью выступа или