

УДК 621.941

Адаменко В.М., Мрочек Ж.А.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ**

Филиал БНТУ «Борисовский государственный политехнический колледж»

Борисов, Беларусь

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Изложен методический подход сравнительного анализа параметрической оптимизации режимов резания.

На этапе проектирования эффективность технологического процесса достигается его оптимизацией, характеризующая комплекс решений, обеспечивающих минимальную величину экономического критерия и системы ограничений. Система ограничений отражает требования к качеству продукции, технологическим возможностям оборудования, приспособлений и инструмента, организационно-техническим возможностям производства .

Задача оптимизации [1] рассматривается на двух уровнях: - параметрическая оптимизация – выбор оптимальных технологических параметров для конкретного варианта технологического процесса обработки заготовки, обеспечивающих минимум - максимум критерия оптимальности удовлетворяющих всем ограничениям: вариантная - выбор оптимального варианта технологического процесса изготовления детали различающиеся маршрутом, структурой операций, переходов, оборудованием, оснасткой.

Параметрическая оптимизация позволяет выявлять оптимальный вариант технологического процесса для которого определены оптимальные технологические параметры. Технологический процесс характеризуется критериями оптимальности Кофт, который выражается функцией цели

$$K_{opt} = f_{цел}(X, Y, Z),$$

где X – искомые параметры, которые обеспечивают наибольшую эффективность процесса по выбранному критерию в рамках конкретного варианта (элементы режима резания, межпереходные припуски и допуски, точность размерной настройки и т.д.);

Y – фазовые параметры, которые являются функцией искомым (сила резания, мощность, интенсивность изнашивания инструмента, параметр шероховатости поверхности и др.);

Z – исходные параметры, неизменные при используемом варианте технологического процесса (жесткость технологической системы, свойства материала обрабатываемой заготовки, свойства материала инструмента, форма и размеры обрабатываемой заготовки и т.д.).

Параметрическая оптимизация направлена на решение технико-экономических задач выбора параметров режима резания, обеспечивающих: - минимум затрат, связанных с процессом обработки; максимум производительности; минимум затрат при требуемой производительности. Первая, наиболее общая, задача характерна для условий обработки на универсальных станках в серийном производстве, вторая – для лимитирующей позиций станочных систем, третья – для условий обработки на станках и автоматических линиях массового производства.

В основе решения всех оптимизационных задач находится модель процесса резания, которая отражает зависимость стойкости T режущего инструмента от параметров режима обработки, без учета энергетических характеристик электродвигателя привода главного движения.

Следует отметить, что расчеты режимов резания, приведенные в справочной литературе позволяют определять скорость резания без учета энергопотребляющих показателей технологического оборудования, например, мощность электродвигателя и коэффициента мощности ($\cos \phi$).

Задача, которую необходимо было решить, состояла в определении оптимальной скорости резания на основании условий параметрической оптимизации с учетом энергопотребляющих показателей, определяемой функциональной зависимостью $V = f(x, y, z, \cos \varphi, N)$, в сопоставлении с методиками традиционных расчетов режимов резания, используемых в машиностроении.

Основным показателем, характеризующим эффективность использования электрической энергии при производстве продукции [2], является ее общезаводской удельный расход $C_{уд}$, который определяется, как

$$C_{уд} = \frac{W}{\Pi} = \frac{W_{ТЕХН} + W_{ОБЩ}}{\Pi},$$

где W – объем потребляемой энергии; $W_{ТЕХН}$ – технологическая составляющая электроэнергии, зависящая от объема выпуска продукции; $W_{ОБЩ}$ – общая составляющая потребляемой электрической энергии, не зависящая от объемов производства продукции; Π – объем выпуска продукции.

Известно, что наиболее эффективными в машиностроении являются направления снижения удельной составляющей потребления электрической энергии, когда учитывается скорость резания с учетом энергетических показателей технологического оборудования, в соответствии с функциональной зависимостью

$$V = f(N, \cos \varphi, \eta),$$

где V – скорость резания; N – мощность электродвигателя главного привода; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; η – КПД электродвигателя.

Задача, на решение которой направлено предлагаемое исследование, является установлением зависимости скорости резания от мощности привода главного движения, с учетом его рабочих характеристик, в частности КПД, величина которого принимается в пределах 0,6...0,8 и $\cos \varphi$.

Мощность резания рассчитывается как

$$N_{рез} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}, \quad (1)$$

где P_z – тангенциальная сила резания, Н; V – скорость резания, м/мин.

Тангенциальная сила резания рассчитывается по зависимости:

$$P_z = 10 C_p t^{X_z} s^{Y_z} V^n K_Z,$$

где C_p – постоянная, зависящая от свойств обрабатываемого материала и условий его обработки; t – глубина резания, мм; s – характеристика подачи, мм/об; V – скорость резания, м/мин; n – показатель степени скорости резания; X_z, Y_z – показатель степени при глубине резания и подачи; K_Z – поправочный коэффициент учитывающий конкретные условия обработки.

Преобразуя зависимость (1) получим

$$N_{рез} = \frac{C_p t^{X_z} s^{Y_z} V^n K_Z V}{60 \cdot 1020},$$

откуда

$$V^n V = \frac{N_{рез} 60 \cdot 1020}{C_p t^{X_z} s^{Y_z} K_Z}.$$

На основании равновесия подсистем резания предполагаем

$$N_{рез} = N_{потребл.} = N_{электродвигателя}; N_{рез} = \eta N_{электродвигателя}$$

где $N_{потребл.}$ – потребляемая мощность на валу электродвигателя привода, кВт, тогда

$$V^{(n+1)} = \frac{\eta N_{ДВ} 60 \cdot 102}{C_p t^{X_z} S^{Y_z} K_z} \cdot$$

На основании анализа результатов исследований строим график зависимости $V=f(t,s,\eta)$ (рис.1) с установлением области нахождения энергосберегающей скорости резания при значениях $\eta = 0,6 \div 0,8$. Методология исследований представлена в работах [3, 4].

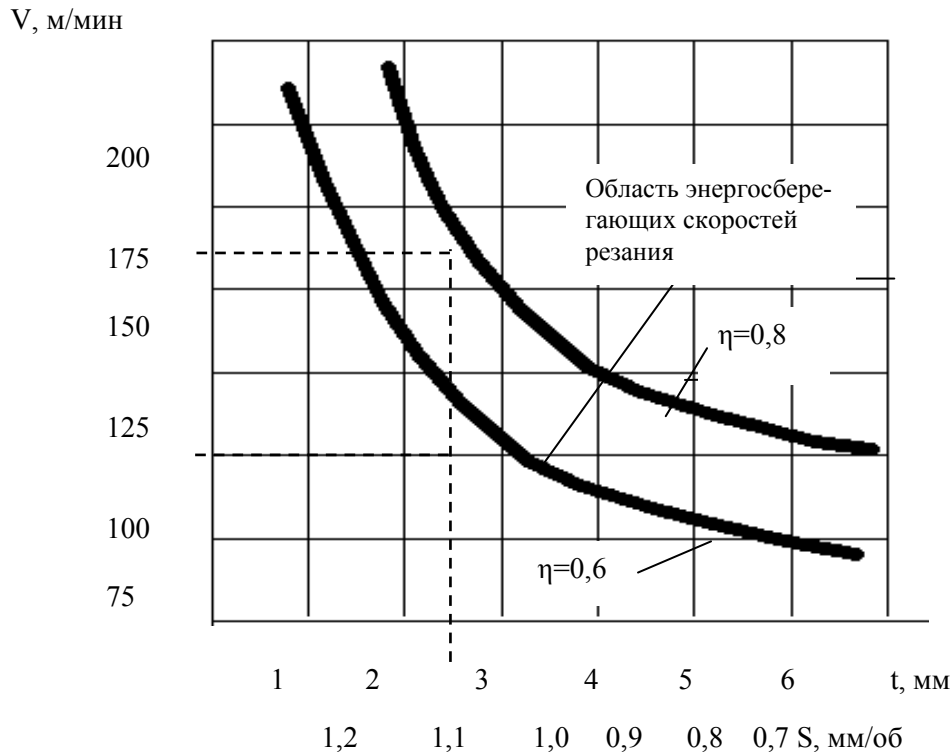


Рис. 1. Зависимость скорости резания от КПД электродвигателя привода главного движения

Расчеты, проведенные по предложенной методике показали, что оптимальная скорость резания в соответствии с технологическим процессом при параметрических показателях режимов резания $t = 2,387$ мм, $s = 0,9$ мм/об при обработке шестерни ведущей изделие ОАО «Борисовский завод Автогидроусилитель» составляет 111 м/мин.

$$V^{(n+1)} = \frac{\eta N_{ДВ} 60 \cdot 1020}{C_p t^{X_z} S^{Y_z} K_z},$$

где $\eta = 0,89$; $N_{дв} = 18,5$; $C_p = 300$; $t = 2,387$; $S = 0,9$; $K_z = 0,6$; $X = 1$; $Y = 0,75$; $n = -0,15$.

$$V = \left(\frac{0,89 \cdot 18,5 \cdot 60 \cdot 1020}{300 \cdot 2,387^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 0,6} \right)^{(-0,15+1)} = 111 \text{ м/мин.}$$

Скорость резания определяем по методикам изложенной в справочной литературе [5,6,7].

В результате полученные экспериментальные результаты измеренных скоростей резания и рассчитанные по различным методикам для стали 18 ХГТ позволили сопоставить оптимально допустимые и рекомендуемые их величины (рис. 2).

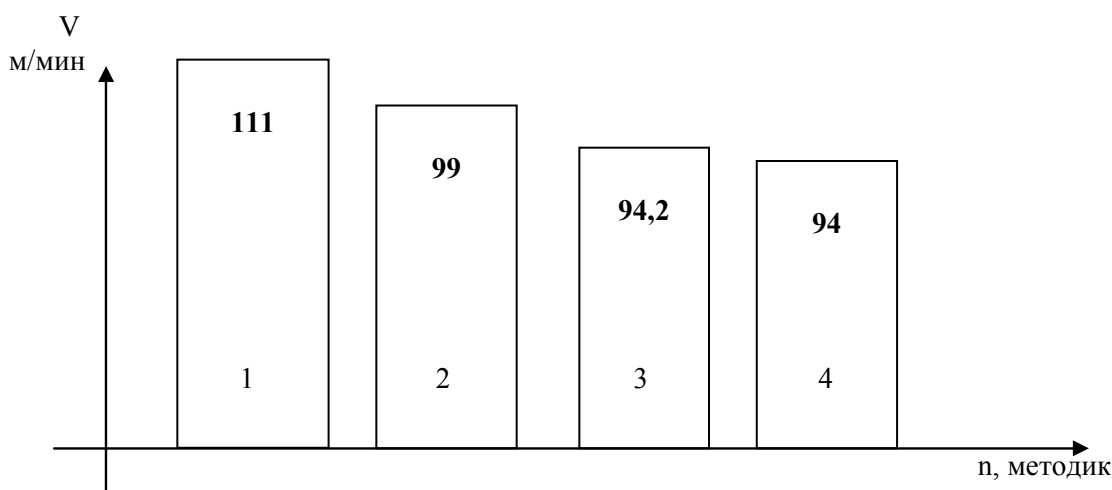


Рис. 2. График скоростей резания (шестерня ведущая):

- 1 – предложенная методика;
 2 – общемашиностроительные нормативы для станков с ЧПУ;
 3 – табличный метод расчета;
 4 – аналитический метод расчета

Анализ результатов исследований, представленных на графике рис.2 показал, что оптимальная скорость резания, установленная предлагаемым способом, превышает скорость резания более чем на 10% и указывает об имеющемся резерве оборудования и его более эффективного использования.

Выводы

1. Результаты экспериментальных исследований и их анализ подтверждают возможность использования энергетических показателей электродвигателя привода главного движения при определении оптимальной скорости резания.
2. Теоретически подтверждена взаимосвязь рабочих характеристик электродвигателя привода главного движения и оптимальной скорости резания.
3. Предложенный способ и разработанную методику можно рекомендовать для практического использования при проектировании технологических процессов и освоении энергосберегающих технологий в машиностроительном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения. Мн.:Высшая школа, 1997, 424 с.
2. Толкачева Н.В., Мороз Д.Р. Расчетно-статические модели режимов потребления электроэнергии как основа нормирования и оценки энергетической эффективности. Журнал Энергоэффективность. - 2006. - № 1, 2. С. 14-15.
3. Адаменко В.М. Теоретические предпосылки оптимизации процесса резания по энергопотребляющим показателям технологического оборудования // Машиностроение: сб. науч. трудов; под ред. И.П. Филонова. – Минск: Технопринт, 2001. – Вып. 17. -398 с.
4. Мрочек Ж.А. Оптимизация параметров формообразования поверхностей резанием по энергопотребляющим показателям технологического оборудования / Ж.А. Мрочек, В.М. Адаменко, Д.В. Адаменко // Вестник Брестского государственного технологического университета. -2007. -С. 54-57.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на станках с числовым программным управлением. – Часть2. Нормативы режимов резания. М.: Экономика, 1990. – 470с.: ил.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Том 2. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. –М.: Машиностроение, 1985. -496 с.: ил.
7. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник. 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1972.- 407с.: ил.