

замкнутую систему, в которой выходные параметры одной подсистемы являются входными параметрами другой. Например, от производительности системы ТР зависит поток автомобилей, которые возвращаются в исправное состояние. Практическое исследование подобных систем с использованием аналитических зависимостей является достаточно сложным и трудоемким. Наиболее эффективным является метод имитационного моделирования, который позволяет учитывать практически все вероятностные параметры и характеристики системы ТР. В отличие от реального эксперимента, который, как правило, слишком дорог, требует значительного времени и не всегда возможен, имитационное моделирование позволяет просмотреть (проиграть) различные организационные варианты и выбрать из них оптимальный.

Разработанная имитационная модель позволяет решить задачу оптимизации производственной мощности системы ТР с учетом оперативного планирования и управления. Кроме того, на модели можно проследить влияние различных факторов на эффективность функционирования технической службы предприятия в целом.

### **КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Попок Н.Н., Мартинчик С.Н.*

*Полоцкий государственный университет, Беларусь*

В условиях развития рыночной экономики основной целью машиностроительного производства является повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции. Достичь этого можно путем уточнения и изменения номенклатуры изделий с учетом конъюнктуры рынка, повышения их качества и снижения затрат на производство. В этом случае, как правило, предполагается переход к многономенклатурному и мелкосерийному производству деталей, требующий выбора оптимальных организационных структур производства, технологий, методов обработки, оборудования и оснастки.

При такой широкой постановке проблемы задача оптимизации механической обработки является многокритериальной и многофакторной.

Существующие подходы к ее решению подразделяются на следующие: оптимизация по одному наиболее важному критерию; оптимизация по нескольким критериям, выстраиваемым последовательно с определенными приоритетами; мультикритериальная оптимизация и системный просмотр многомерного пространства факторов. Математически наиболее полно обоснованы первых два подхода, которые приняты в качестве базовых при разработке методики комплексной оптимизации механической обработки деталей. Методика включает: создание статистической модели производственной и технологической систем и проведение анализа применимости конструктивно-технологических элементов детали, видов обработки резанием и режущих инструментов; моделирование, формирование базы данных и оптимизация системы резания по технологическим и физическим параметрам; комплексная оптимизация производственной системы с приоритетной расстановкой организационных, технологических, физических и экономических критериев.

Методика реализуется с учетом обобщения классификационных признаков механической обработки по пяти основным группам: материально-информационных, свидетельствующих о материальных объектах, процессах механической обработки и их параметрах; пространственно-временных, характеризующих относительное расположение и перемещение объектов в процессе обработки и включающих кинематические, установочные и временные признаки; энергетических, к которым относятся параметры действия объектов и среды обработки; структурно-технологических, характеризуемых наименованием, функцией, структурой и параметрами производства и техпроцесса; кибернетических, определяемых параметрами управляемости объектов и процессов резания механической обработки.

Статистическая модель производственной системы предусматривает формирование базы данных по конструктивно-технологическим элементам деталей, видам обработки резанием, режущим инструментам и другим объектам с учетом организационно-технологической структуры и параметров производственной и технологической систем и обработку этих данных с применением методов математической статистики. Например, информационные модели детали, ее конструктивно-технологических элементов, видов обработки резанием и режущих инструментов представлены в следующем виде:

$$D_i = \{K(E_i^n), KP(E_i^n), SKP(E_i^n), S(E_i^n) / t^n = 1, K, T^n, n = 1, K, N\};$$

$$E_i^n = \{K(E_i^n), KP(E_i^n), SKP(E_i^n)\};$$

$$WOR_i = \{K(WOR_i^n), KP(WOR_i^n), SKP(WOR_i^n), S(WOR_i^n)\};$$

$$RI_i = \{K(RI_i^n), KP(RI_i^n), SKP(RI_i^n), S(RI_i^n)\}.$$

Физическая модель процесса резания представляет собой общий (комплексный) вид обработки детали многолезвийным вращающимся режущим инструментом. Главными отличительными особенностями комплексного вида обработки резанием являются наличие наряду с традиционными движениями инструмента и детали - главным и движением подачи, дополнительных движений лезвий, осуществляемых по касательной или нормали к поверхности резания, а также возможность установки базовой оси инструмента в любое положение относительно детали и широкий диапазон изменения скоростей относительного перемещения инструмента и детали. Физическая модель позволяет реализовать разные виды обработки резанием, например, строгание, обтачивание, фасонное и ротационное точение, фрезерование, фрезоточение, шлице- и зубонарезание, круговое протягивание и т.п. путем трансформации кинематических, конструктивно-геометрических и установочных параметров процесса и инструмента и изучать в комплексе механо-физические характеристики обработки резанием. На основе экспериментальных исследований физической модели, а также математического моделирования получены формулы для расчета параметров контакта, стружкообразования, сил и температуры резания, износостойкости инструмента и шероховатости обработанной поверхности, позволяющие проводить оптимизацию разновидностей обработки резанием. Например, модель теплового воздействия на поверхности различных типов инструментов в процессе резания получена в следующем виде:

$$\theta_{\Pi} = \frac{2q_{\Pi}}{R^2 \lambda \sqrt{\pi} \cdot k} \cdot \left[ l \sin^2 \mu (2R - l \sin^2 \mu) \cdot \left[ 2\sqrt{t} \exp\left(-\frac{z^2}{4kt}\right) - \frac{z\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}} \right] + \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}} \sum_{\alpha=0}^{\infty} \frac{I^{\alpha} I_0(\alpha r)}{\alpha^2 (\alpha R)} \right] \times$$

$$\times \left[ \frac{R}{\alpha} I_1(\alpha k) - \frac{R - l \sin^2 \mu}{\alpha} \cdot I_1\left[\alpha(R - l \sin^2 \mu)\right] \right]$$

С использованием предложенной методики и моделей на одном из ма-

шиностроительных предприятий была проведена поэтапная или многоуровневая оценка эффективности применения режущих инструментов с износостойкими покрытиями при обработке деталей из труднообрабатываемых материалов. На первом этапе определялись частота и продолжительность использования в производстве тех или иных типоразмеров режущих инструментов. На втором этапе для наиболее часто используемых инструментов оценивалось их работоспособное состояние с учетом нанесенного покрытия и без него по коэффициентам стойкости, обрабатываемости материала детали, точности и качества обработки:

$$K_c = T_{ип} / T_б; K_o = V_{ип} / V_б; K_{тк} = (IT, Ra)_б / (IT, Ra)_{ип}.$$

При этом была проведена оптимизация профиля и рельефа поверхностей лезвия под покрытие. На третьем этапе инструмент оценивался по коэффициентам себестоимости и срока окупаемости. Эффективность режущего инструмента с износостойкими покрытиями определялась в конечном итоге по показателям одного или нескольких уровней в баллах.

Таким образом, на основании предложенной методики, статистической и физической моделей процесса резания можно оперативно и с высокой степенью достоверности определять оптимальность того или иного вида обработки резанием и режущего инструмента по комплексу признаков и критериев приоритетных для данных условий предприятия, что позволяет повысить гибкость последнего при освоении выпуска мелкими сериями многономенклатурной продукции.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗАНИЯ ИНСТРУМЕНТОМ С ПОДВИЖНЫМ ЛЕЗВИЕМ

*Петров В.А., Костюченко А.В.*

Полоцкий государственный университет

Характер и темп износа режущего инструмента влияет на производительность и точность механической обработки и в конечном счете сказывается на себестоимости продукции машиностроительных предприятий. Поэтому повышение износостойкости режущего инструмента является одной из актуальных проблем в машиностроении.

Эффективность автоматизации технологических процессов в значительной мере определяется стабильностью параметров и точностью изделий при обработке на станках-автоматах. Точность обработки, в свою