

МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Лищенко Н.В., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Установлено, что технологическим резервом дальнейшего повышения эффективности лезвийной и абразивной обработки является обеспечение оптимального взаимодействия этих элементов с учетом требований к точности, качеству и производительности обработки.

It is established a technological reserve for further improving edge and abrasive machining is to ensure optimal interaction of the technological system elements with the requirements for accuracy, quality and machining production.

Ключевые слова: технологическая система, оптимизация, точность, качество, производительность.

В данной работе технологическая система (ТС) рассматривается в узком смысле этого слова, применительно к одному рабочему месту. Поэтому, под термином ТС понимается совокупность четырех элементов: станок, приспособление, инструмент, деталь (обрабатываемая заготовка). При взаимодействии этих элементов в соответствии с управляющей программой системы ЧПУ станка реализуется технологическая операция. Таким образом, техническая система – конструкция (ТС) реализует техническую систему – технологический процесс (операцию). Всякое положительное приращение параметров, характеризующих эксплуатационные свойства элементов ТС (повышение точности позиционирования, уменьшение упругих отжатий, вибраций и т.п.), влечет за собой соответствующие приращения параметров, характеризующих свойства технологического процесса (операции).

С этих позиций рассмотрим элементы ТС. **Металлорежущий станок** прошел многолетний этап совершенствования и отработки конструкции, позволяет получить предельно достижимую точность позиционирования, точность скоростей рабочих органов и их ускорений. Например, в настоящее время удовлетворительная точность позиционирования на станках типа «обрабатывающий центр» характеризуется погрешностью 30 мкм. Уменьшение этой погрешности до 4 – 5 мкм сопровождается резким удорожанием конструкции станка, поэтому традиционные конструкторские и технологические методы повышения точности металлорежущих станков в настоящее время исчерпали свои возможности. Возникла задача оптимизации затрат на конструкторско-технологическое обеспечение необходимой точности при одновременном использовании средств автоматического управления движениями станка (перемещение, скорость, ускорение), основанных на использовании систем обратной связи с прецизионными датчиками положения, скорости, ускорения. **Станочное приспособление (СП)** – две тенденции. Первая – повышение точности положений, перемещений за счет датчиков обратной связи [1]. Вторая – устранение традиционных функций СП, которые расширяли технологические возможности станка. Современные СП чаще всего являются фиксирующими (крепежными) и не выполняют кинематические перемещения, поскольку последние обеспечиваются рабочими органами станка. В то же время имеются случаи управления кинематикой движений станка от той же самой системы ЧПУ, например, для станка типа «обрабатывающий центр». **Инструмент** прошел следующие этапы своего развития: инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали, твердого сплава, нанесение многослойных износостойких покрытий (плакирование, ионизация и т.д.). **Заготовки.** Две тенденции: приближение формы заготовки к форме детали по чертежу (уменьшение припусков на обработку) и резкое ухудшение обрабатываемости материалов резанием в связи с использованием современных труднообрабатываемых материалов: титан, титановые сплавы, углепластик, стеклопластик, жаропрочные и нержавеющие стали и сплавы и т.д. Первая тенденция способствует уменьшению затрат на обработку и является одной из причин развития современного направления в технологии машиностроения – высокоскоростной обработки (High Speed Machining). Вторая причина приводит к увеличению трудоемкости и себестоимости обработки. Причем как в первом, так и во втором случае увеличиваются колебания сил резания за счет увеличенных скоростей рабочих движений станка (в первом случае), а во втором – высокие эксплуатационные свойства обрабатываемых материалов сопровождаются резким ухудшением обрабатываемости.

Таким образом, проведенный анализ элементов ТС показывает, что указанные выше четыре элемента системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь) исчерпали свои технологические возможности с точки зрения повышения эффективности обработки. Поэтому становится актуальной задача оптимизации технологических систем лезвийной и абразивной обработки за счет выбора параметров

элементов этих систем, исходя из условия наименьшей трудоемкости и себестоимости для каждого рассматриваемого случая, т.е. возникает задача оптимального управления технологическим процессом.

Задачи оптимального управления технологическим процессом следующие:

1. Выбор параметров, характеризующих свойства четырех элементов системы СПИД с учетом их возможного взаимодействия в работающей ТС.

2. Выбор режимов функционирования ТС с учетом пункта 1.

3. Выбор СОТС и способа его подачи с учетом пунктов 1 и 2.

Реализуемый на ТС процесс обработки детали (технологический процесс или операция) будем называть основным процессом, ради которого создавалась технологическая система. Однако для успешного выполнения этого процесса одновременно с ним непрерывно осуществляется вспомогательный технический процесс *управления*. Этот процесс включает выбор параметров четырех элементов технологической системы, приведение их в целесообразное взаимодействие путем выбора режимов обработки, поддержания стабильности выполнения основного технологического процесса. Для этого применяют диагностику и адаптивное управление, а также производят периодическую замену или обновления компонентов ТС по мере её работы, например, путем замены инструмента или восстановления его режущих свойств. Таким образом, **процесс управления** происходит одновременно с основным технологическим процессом и направлен на эффективное выполнение этого основного процесса, т.е. процесс управления является как бы согласующим процессом. Согласованию в данном случае подлежит приведение в соответствие фактических параметров и показателей основного технологического процесса с их заданными значениями. В качестве показателей можно рассматривать, например, точность (Т), качество (К) и производительность (П) обработки (рис.1). Следовательно, для управления необходимо контролировать текущие параметры состояния технологического процесса. В этой связи, ТС механической обработки может рассматриваться как объект управления, имеющий вектор входных переменных, вектор параметров текущего состояния ТС и вектор выходных параметров технологической системы, которые одновременно совпадают с параметрами основного технологического процесса (рис.1).

Из анализа понятия оптимизации следует, что это процесс аналогичный процессу управления, т.е. это также согласующий процесс, направленный на обеспечение эффективности основного технологического процесса.

Для установления преимущества процессов оптимизации и управления выполнен соответствующий анализ (рис.1).

На рис. 1 показаны два этапа из жизненного цикла изделия: этап технологической подготовки производства (этап ТПП – этап проектирования) и этап изготовления (этап производства). На этапе проектирования разрабатывается структура ТС, т.е. последовательность операций (маршрут обработки) и выбранные средства технологического оснащения, и подбираются теоретические (виртуальные) параметры технологической системы (режимы работы на станках и параметры состояния, которые их характеризуют: крутящий моменты, силы резания, вибрации, температуры и т.п.), исходя из проектно – достижимых заданных показателей точности (T_3), качества (K_3) и производительности (P_3). Эта работа может быть проделана для нескольких альтернативных вариантов технологического проектирования (блоки 1...3 на рис.1). В блоке 4 выбирается наиболее оптимальный вариант ТП. В блоке 5 оформляется технологическая документация, содержащая информацию о маршруте обработке и средствах технологического оснащения; кроме того, в этом блоке разрабатывают управляющие программы для станков с ЧПУ.

На этапе изготовления реализуется выбранная ранее структура ТС (блок 6) и контролируются параметры ТС (блок 7), а кроме того, выполняются измерение и расчет оценочных функций $T_{ф}$, $K_{ф}$, $P_{ф}$ с учетом фактических данных о выполняемом процессе. Текущие параметры состояния ТС сравниваются с заданными в блоке 8. По результатам сравнения вырабатывается корректирующее воздействие на функционирующие станки (при наличии адаптивных систем) или выводятся текущие значения параметров и показателей состояния ТС на показывающие приборы (при наличии систем технологической диагностики).

Рассмотренная автоматизированная технологическая система (рис.1), которая реализует методологию управления (оптимизации) связана с внешней средой двумя каналами: справочная технологическая информация (технологическая база данных) и автоматизированная система научных исследований (АС-НИ) (результаты предварительно проведенных теоретических и экспериментальных исследований, которые заканчиваются инновационными решениями, типа прогрессивных технологических смазок, вибростерилизации, диагностических и адаптивных системы).

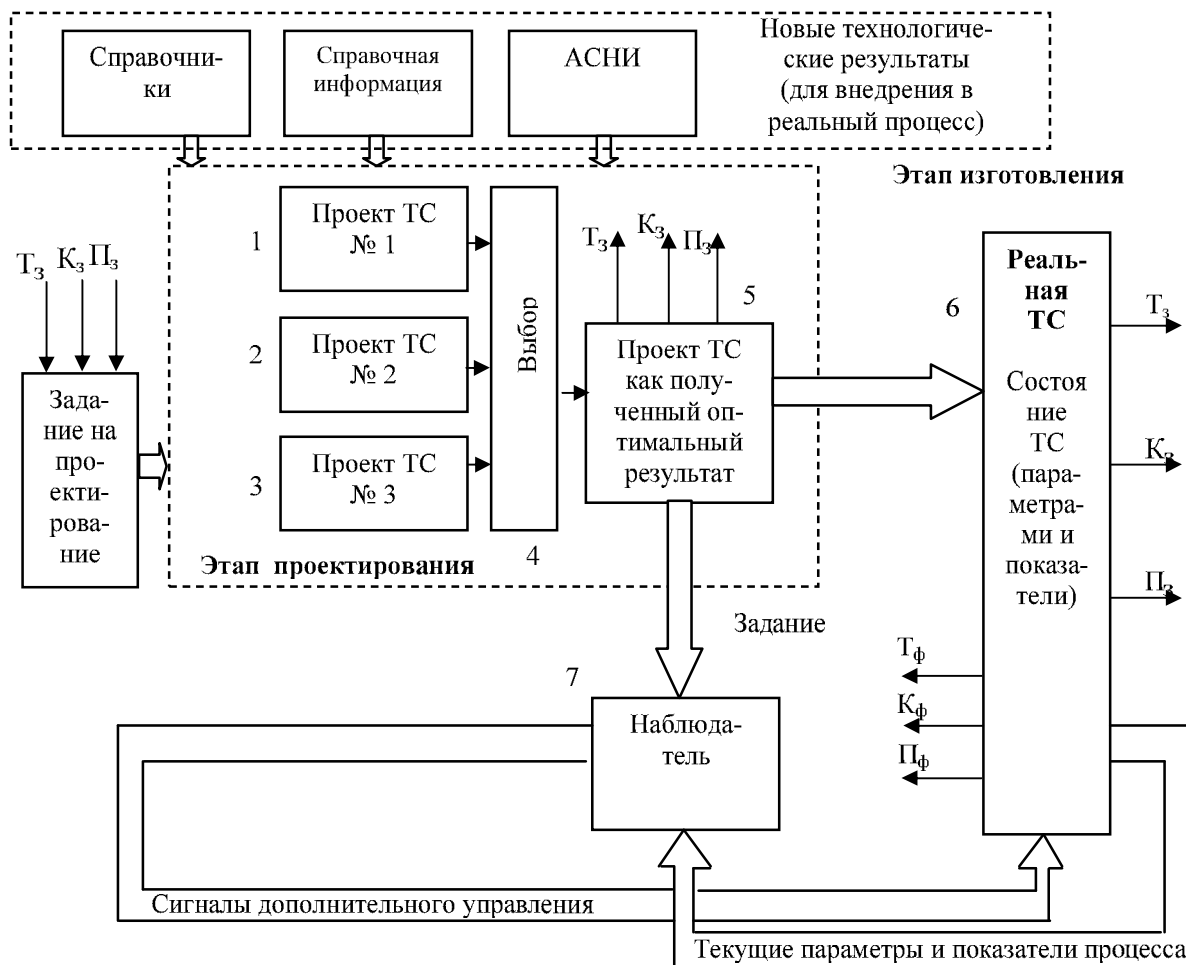


Рис. 1 – Методология управления (оптимизации)

Методы оптимизации. Анализ литературных источников позволил выполнить классификацию оптимизации как процесса принятия решений по следующим критериям [2]: 1 – по глубине охвата объекта; 2 – по наличию обратной связи; 3 – по количеству параметров в целевой функции; 4 – по методу поиска оптимальных параметров; 5 – по виду целевой функции (рис. 2).

1. По глубине охвата объекта: структурная (установление структуры объекта) и параметрическая (определение параметров для выбранной структуры).

2. По наличию обратной связи: разомкнутая (нет обратной связи с выхода на вход – система технологической диагностики параметров состояния объекта); замкнутая (адаптивное управление с обратной связью).

3. По количеству параметров целевой функции: однопараметрическая (определение одного из возможных элементов режимов резания) и многопараметрическая (определение оптимальных глубин шлифования при известном припуске на обработку).

4. По методу поиска оптимальных параметров: теоретический метод поиска (поиск экстремума предварительно полученной целевой функции и т.п.); экспериментальный метод поиска (поиск параметров настройки замкнутой адаптивной системы путем задания фиксированных режимов резания и анализа фактического переходного процесса с автоматизированным определением параметров ПИД регулятора).

5. По виду целевой функции: целевая функция описывает технические параметры состояния (температура, крутящий момент, вибрация и т.п.); традиционные оценочные функции (трудоемкость и себестоимость).

Из анализа приведенной классификации следует, что оптимизация это одновременно метод принятия решений и метод управления (вынуждения) для принятия какого-либо эффективного решения, например поиска условий обеспечения равенства требуемых и фактических показателей технологического процесса: точности, качества и производительности (рис. 1).

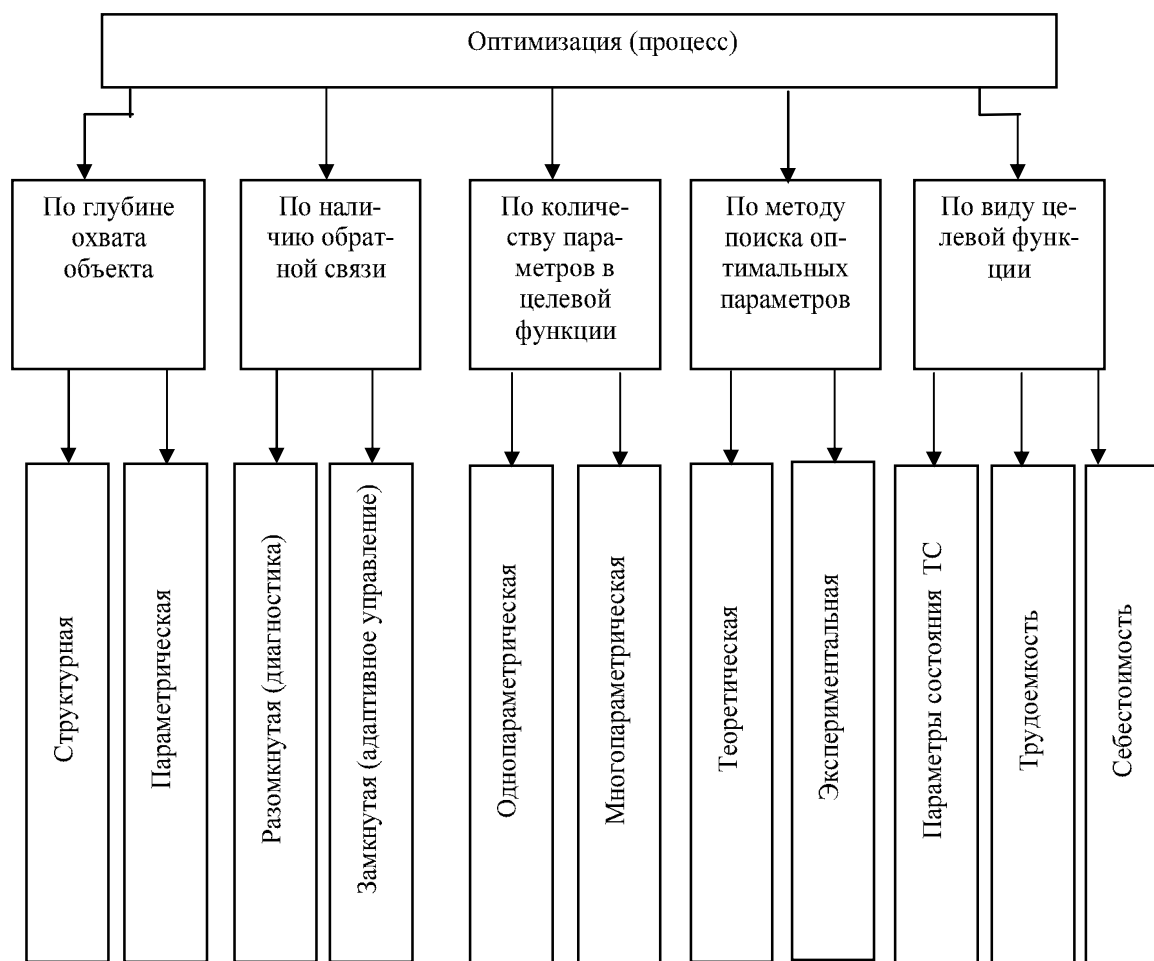


Рис. 2 – Классификация способов оптимизации

Выводы

1. Для успешного функционирования ТС необходимо одновременное выполнение двух технических процессов: основного технологического и вспомогательного согласующего процесса управления.

2. Технологические резервы совершенствования лезвийной и абразивной обработки за счёт улучшения эксплуатационных свойств элементов ТС практически исчерпаны (это показал анализ) и дальнейшее повышение эффективности механической обработки возможно за счёт оптимизации взаимодействия элементов ТС с учётом их взаимного влияния, в том числе при активном участии СОТС в формировании оптимального взаимодействия элементов ТС.

3. Оптимизация взаимодействия элементов ТС является в методологическом смысле способом эффективного управления для обеспечения эффективного технологического процесса.

Література

1. ОАО "Стерлитамак – М.Т.Е" – универсальные станки ... / www.stanok.mte.ru/.
2. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В.Новикова и А.В.Якимова. В десяти томах. – Т.8. «Оптимизация технологических процессов в машиностроении» – Одесса: ОНПУ, 2004. – 509 с.