

ленно осознается. В данной работе нам удалось на примере ресторана «Пасека» подробно рассмотреть систему организации обслуживания по системе freeflow и проблемы, имеющиеся на сегодняшний день. Нами выявлены некоторые недостатки данного предприятия и предложены меры по повышению качества обслуживания в ресторане. По данному предприятию хотелось бы отметить, что оно постоянно развивается. Находясь на современном рынке ресторанных услуг успешное предприятие, постоянно должно находиться в поиске новых современных и эффективных методов обслуживания и приготовления блюд. Только постоянно стремясь к повышению собственного уровня предприятие, может быть среди флагманов ресторанного бизнеса.

#### Литература

1. Кристофер, Э.-Т. Ресторанный бизнес/ Э.-Т. Кристофер. – М. : Росконсульт, 1999.
2. Медынский, В. Г. Инновационное предпринимательство: учебное пособие для вузов / В. Г. Медынский, Л. Г. Скамай. – М. : Юнити-Дана, 2002. – 347 с.
3. Радченко, Л. А. Обслуживание на предприятиях общественного питания / Л. А Радченко. – Ростов н/Д. : Феникс, 2004, 379 с.

### УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Мячикова Н.И.<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Ремнев А.И.<sup>1</sup>, д.т.н., доц.,*

*Косинова Н.А.<sup>2</sup>, к.г.н., доц., Швец С.В.<sup>3</sup> к.т.н., доц.*

<sup>1</sup> *ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»), г. Белгород,*

<sup>2</sup> *Российский государственный торгово-экономический университет, г. Курск,*

<sup>3</sup> *Сумской государственный университет, г. Сумы*

При выполнении различных технологических процессов (ТП) изготовления или сборки изменяются физико-химические свойства материа-

лов, размеры и относительное расположение элементов деталей, качество поверхностей изделия, внешний вид объекта производства и т.д. В общем случае ТП изготовления (рис. 1) изделий состоит из составных частей (этапов) или элементов (ГОСТ 3.1109-82). Разработка наиболее рационального (оптимального) ТП изготовления изделия требует тщательной проработки технологической системой резания (ТСР).

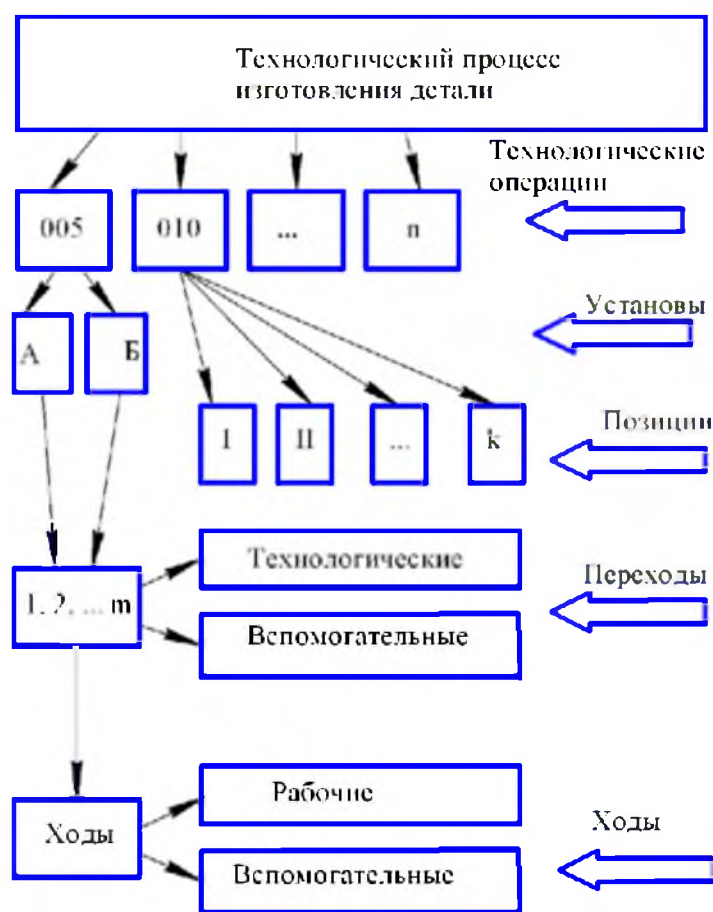


Рисунок 1 – Общая структура элементов составных частей ТП изготовления изделий

Под ТСР понимают совокупность средств технологического оснащения, обеспечивающих выполнение операций ТП изготовления изделий [1-6]. Эту систему  $ТСР_i$  можно представить в общем виде совокупностью множеств:

$$TCP_i = UC_i \cdot UP_i \cdot UI_i \cdot UCT_i \cdot UTC_i,$$

где  $C$  – технологическое оборудование или их множество;  $P$  – специальные или универсальные приспособления;  $I$  – лезвийный инструмент из СТМ;  $CT$  – средства перемещения объектов (деталей и сборочных единиц);  $TC$  – технологическая среда при выполнении операции ТП изготовления или сборки изделий.

Каждая ТСП имеет ряд рациональных (оптимальных) элементов, взаимосвязей и технологических возможностей (рис. 1), например, манипулировать выбором материала для режущего лезвийного инструмента, его геометрической формой (размерами), устанавливать оптимальные режимы резания и т.п.

Опыт проектирования ТП изготовления изделий, показывает, что управлять на первом уровне иерархии можно только в статике (рис. 2). Тогда множество допустимых управлений на уровне разрабатываемого ТП состоит из  $p_1$  – наименование операций,  $p_2$  – количество операций,  $p_3$  – последовательность операций.

| Уровень иерархии        | Параметрическая оптимизация                                    |                                    | Структурная оптимизация                           |
|-------------------------|--|------------------------------------|---|
|                         | Проектирование   | Наладка, коррекция исходных данных |   |
|                         | Статика  | Динамика                           | Статика   |
| Технологический процесс |  |                                    | $Y_1 = \{y_1, y_2\}$<br>$P_1 = \{p_1, p_2, p_3\}$ |
| Операция                | $Y_2 = \{y_3, \dots, y_6\}$ $P_2 = \{p_4, \dots, p_{11}\}$     |                                    |   |
| Переход                 | $Y_3 = \{y_7, y_8, y_9\}$<br>$P_3 = \{p_{12}, \dots, p_{17}\}$ |                                    | $Y_3 = \{y_7, y_8, y_9\}$<br>$p_{15}$             |

Рисунок 2 – Управляющие воздействия на иерархических уровнях технологической системой резания

Управление на уровне проектирования операции возможно как статическое, так и динамическое. Причем, динамическое управление возмож-

но только на уровне операций. Изменение подачи и скорости резания позволяет, например, достичь требуемых значений параметров качества поверхности детали при отладке ТСП или удерживать их в установленных пределах при коррекции работающей системы. На этом этапе условия функционирования перехода отклоняются от спрогнозированных рациональных (оптимальных) значений.

При рациональном выборе структуры технологической операции (черновые, чистовые переходы и т.д.) это изменение находится в допустимых пределах или же необходимо изменять ее наименование и количество переходов, так как ТП структурной оптимизации является итерационным. Здесь допустимые управления (см. рис. 2) это  $p_4$  – наименование переходов,  $p_5$  – количество переходов,  $p_6$  – последовательность переходов,  $p_7$  – станок,  $p_8$  – конструкция приспособления,  $p_9$  – конструкция режущего инструмента,  $p_{10}$  – конструкция вспомогательного инструмента,  $p_{11}$  – скорость резания,  $p_{12}$  – подача.

Технологический переход, исключая ввод средств оснащения технологической системы (СОТС), подлежит параметрической оптимизации (см. рис. 2), он воспринимает статическое управляющее воздействие. На уровне перехода допустимые управления это  $p_{13}$  – СОТС,  $p_{14}$  – геометрия лезвий,  $p_{15}$  – глубина резания,  $p_{16}$  – инструментальный материал,  $p_{17}$  – параметры движения.

Для допустимых управлений ТСП множество решений на всех уровнях  $u$  может быть представлено в следующем виде  $P_1 = \{p_1, p_2, p_3\}$ ,  
 $u = 1$ ;  $P_2 = \{p_4, \dots, p_{12}\}$ ,  $u = 2$ ;  $P_3 = \{p_{13}, \dots, p_{17}\}$ ,  $u = 3$ ;  $P = \{P_1, P_2, P_3\}$  (1)

Анализ структуры и целей технологического процесса ТСП позволяет утверждать, что в отношении ТСП нельзя применять динамическое управление.

Очевидно, что множество допустимых управлений в период существования ТСП изменяться не может, так как изменение марки инструмен-

тального материала и геометрии лезвия технически не осуществимы. Изменение количества элементов ТСП, состава СОТС и параметров движения с целью минимизации расхода энергии также невозможно, в связи с тем, что эти величины используются при оптимизации более высоких уровней ТСП, цели которых хотя и реализуются на базе достижения целей ТСП, но с ними не совпадают (рис. 3).

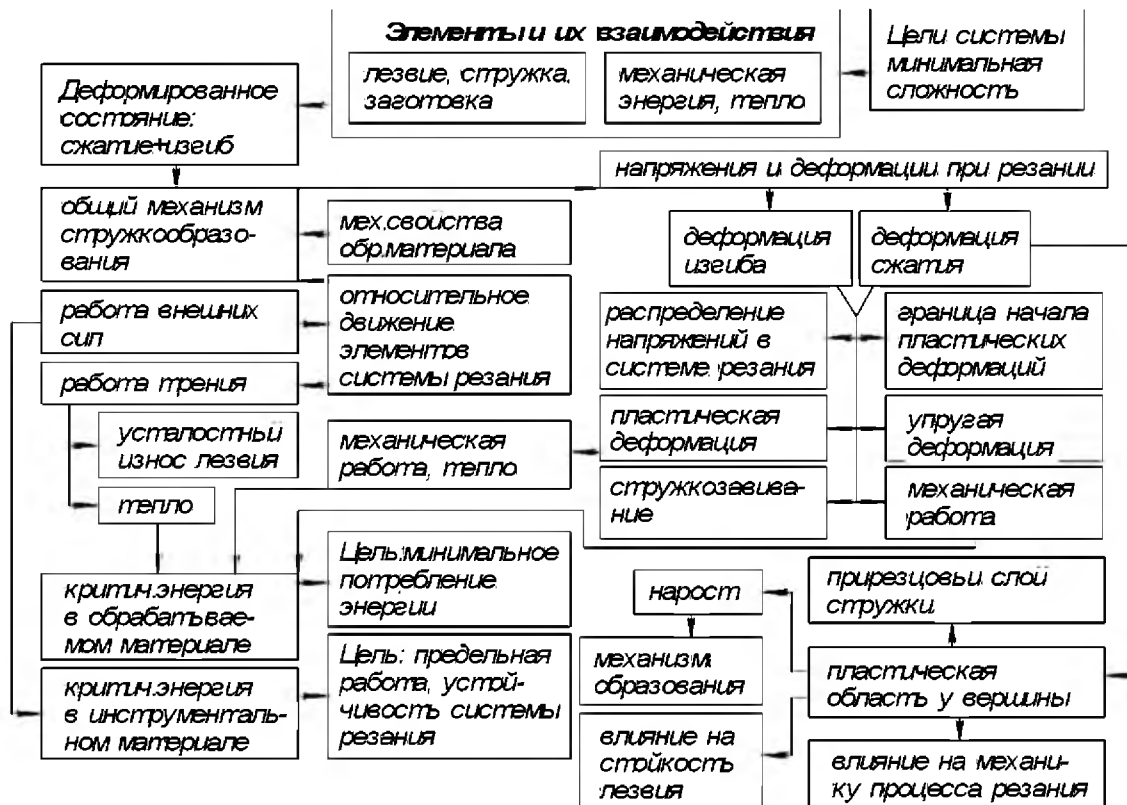


Рисунок 3 – Структурная схема элементов и взаимодействий технологической системы резания

При отсутствии переходов технологической системы резания из одного состояния в другое под воздействием управления, что соответствует статическому или проектировочному управлению, которое устанавливает поведение технологической системы резания на период её существования.

Управление ТСП обладает следующими особенностями.

1. Существует множество принципиально различных возможных управлений,  $u \in U$ .

2. Из совокупности множества  $U$  выделяются допустимые управления, которые не вступают в конфликт с оптимизацией верхних уровней ТП,  $u^l \in U^l, U^l \subset U$ .

3. Динамическая ТСП, входящая в состав технологического процесса системы, подлежит статическому (проектировочному) управлению.

Технологический переход реализуется для конкретной ТСП. Создать переход – означает выбрать множества  $X$  и  $E$ , при которых достигается наибольшая устойчивость ТСП и наименьшее потребление энергии.

При проектировании ТСП одной из задач является объединение в ТСП элементов, выбранных из систем эксплуатационных свойств и химического состава инструментального материала и свойств заготовки, по критерию минимальной интенсивности расхода ресурса для работоспособности лезвия. Рациональный выбор того или иного инструментального материала зависит от надлежащих знаний условий ТСП, в которой выбор применяется. Для этого необходимо составить перечень возможных производственных ситуаций поведения ТСП и проанализировать работоспособность всех инструментальных материалов при каждой из них. Такой анализ позволяет разработать матрицу соответствия, где каждая строка представляет множество условий, при которых может использоваться данный инструментальный материал из сверх твердых материалов.

Совокупность множества инструментальных материалов объединяет в себе различные группы инструментальных материалов, которые запишем в виде  $I = S \cup H \cup B \cup T \cup K \cup C \cup A = \{x: x \in S \text{ или } x \in H$

$\text{или } x \in B \text{ или } x \in T \text{ или } x \in K \text{ или } x \in C \text{ или } x \in A\}$ ,

где  $S$  – множество инструментальных углеродистых сталей;  $H$  – множество инструментальных низколегированных сталей;  $B$  – множество инструментальных высоколегированных сталей;  $T$  – множество твердых сплавов;  $K$  – множество минералокерамики;  $C$  – множество сверхтвердых материалов;  $A$  – множество алмазов.

Тогда множество условий ТСП, при которых используется тот или иной инструментальный материал имеет вид

$$U = M \cup P \cup W \cup O \cup N \cup E = \{y: y \in M \text{ или } y \in P \\ \text{или } y \in W \text{ или } y \in O \text{ или } y \in N \text{ или } y \in E\},$$

где  $M$  – множество обрабатываемых материалов;  $P$  – множество значений твердости обрабатываемого материала;  $W$  – множество конструкций передней поверхности лезвия;  $O$  – множество видов обработки;  $N$  – множество типов инструментов;  $E$  – множество значений температур в зоне резания.

Обозначим возможность работы ТСП для инструментального материала при наличии условия  $y$  – 1, а непригодность к применению – 0, то произведение  $I \times U = \{(x,y): x \in I \text{ и } y \in U\}$  будет представлять пространство разрядов двоичных чисел. В результате образуется столбик двоичных чисел, каждое из которых отражает соответствие инструментального материала условиям применения в ТСП.

В множестве  $U$  обозначим наличие конкретных условий обработки как 1, а отсутствие (опять же в сравнении с  $U$ ) как 0, получим множество решений  $r$ , число в двоичной записи. Сравнивая это число с числами множества  $I \times U$  можно предварительно выбрать инструментальные материалы для ТСП, работоспособные в данных конкретных условиях ТП. Окончательный выбор инструментального материала производится с учетом его стойкости и стоимости и других параметров.

Очевидно, что количество элементов и их наименование во множестве  $r$  такое же, как и во множестве  $U$ . Процесс выбора инструментального материала возможен для различной реализации процесса лезвийной обработки, то есть множеств  $r$  может быть несколько. В этом случае окончательный выбор инструментального материала происходит в итерационном процессе в пределах каждого варианта ТП.

Проектирование ТСП с учетом критерия коэффициента полезного действия (КПД) заключается в рациональном использовании свойств

СОТС для уменьшения потерь в элементах ТСР и геометрии лезвия, позволяющей влиять на пластические деформации, трение по передней и задней поверхностях, на степень концентрации напряжений по поверхности раздела стружки и заготовки.

Этот критерий КПД позволяет оценить эффективность работы внешних сил уже существующей ТСР с учетом ее стохастического поведения. Непосредственно измерить работу внешних сил нельзя. Причём, если случайный процесс  $x(\tau)$ , моделирующий ТСР, для непосредственного измерения недоступен, то оценка состояния системы базируется на том, что можно измерять другой процесс  $y(\tau)$ , который несет некоторую информацию о координатах системы  $x(\tau)$ . Наблюдение за процессом производят на отрезке времени  $[\tau_0, T]$ . В этом случае (если  $\tau \rightarrow T$ ) возникает необходимость в решении задачи фильтрации, то есть, необходимо определить функцию, при помощи которой процесс  $x(\tau)$  преобразуется в измеряемый процесс  $y(\tau)$  в условиях случайных воздействий.

Очевидно, что оценка состояния ТСР может производиться по значению измеряемой главной составляющей силы резания, а зависимость, переводящая процесс  $y(\tau)$  в  $x(\tau)$  тогда имеет вид:

$$A^p = \int_0^t Pz(\tau)V(\tau)d\tau \quad (2)$$

Тогда оценка состояния ТСР при помощи интегрального показателя, работы, позволяет случайные факторы и их воздействия на ТСР разделить на две различные группы.

Первая группа – факторы, непосредственно характеризующие лезвие инструмента, то есть случайное распределение твердости и прочности, теплопроводности, структурных составляющих материала, механических повреждений и другое.



Вторая группа – случайные факторы, связанные с организацией и реализацией ТСР. Здесь воздействие факторов второй группы поддается оценке только через выполненную работу ТСР. Независимо от случайных характеристик обрабатываемого материала, динамических показателей и относительного расположения элементов ТСР всегда имеется возможность в каждый конкретный момент времени установить величину работы (2) внешних сил. Известно, что каждый механизм, каждая деталь обладают определенным ресурсом работоспособности, то при наличии сведений о совершаемой работе лезвия позволяет судить о том, насколько этот ресурс исчерпывается. Предельное значение ресурса работоспособности лезвия величина вероятностная и зависит, преимущественно, от первой группы факторов. Среднее арифметическое значение этой величины должно быть установлено заранее, как паспортная характеристика ТСР для лезвийного инструмента.

При этом вероятностный характер физико-механических характеристик инструментального материала указывает на то, что полное использование ресурса работоспособности лезвийного инструмента невозможно. Поэтому, разумеется, и не существует абсолютно надежных систем диагностики по установлению полного ресурса работоспособности лезвийного инструмента [3, 6].

Однако, отказываясь от неразрешенной задачи точного предсказания момента разрушения лезвия можно значительно приблизиться к пределу его работоспособности, непрерывно сравнивая выполненную работу (2) допустимую для данного лезвийного инструмента.

Управление ТСР содержит совокупность правил, регламентирующих применение управляющих воздействий для перевода ТСР в требуемое состояние. Установленное взаимодействие целевого пространства управления ТСР с деревом целей технологической системы, критерии управления показывают, что рациональное (оптимальное) управление ТСР выполняется в статике.

Функциональная взаимосвязь изменяемых входных величин с состоянием ТСР имеет вид  $g = k(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5)$ ,

где  $z_1$  – количество элементов технологической системы резания;  $z_2$  – марка инструментального материала;  $z_3$  – состав СОС;  $z_4$  – геометрия лезвия;  $z_5$  – параметры движения.

Изменение марки инструментального материала и геометрии в динамике технически не осуществимо. Влиять на структуру ТСР, состав СОТС и параметры относительного движения ее элементов нельзя, потому что эти управляющие воздействия подчинены целям более высокого уровня иерархии. В связи со статическим подходом к оптимальному управлению системой резания понятие времени перехода в требуемое состояние к ней не применяется. При этом в соответствии с установленными критериями интегральной оценкой состояния ТСР служит работа внешних сил.

Разумеется, что ТСР функционирует в составе технологической системы. Поэтому цели управления ТСР подчинены целям иерархических уровней ТП. Наиболее общей задачей синтеза технологического процесса является задача структурной и параметрической оптимизации. Многовариантность оптимизации ТП заключается в разработке различных его структур (в каждой из которых устанавливаются параметры, обеспечивающие заданное качество изделия), после чего выбирается ТП, наилучшим образом отвечающий экономическим показателям. Отсюда следуют целевое пространство управления ТСР и допустимые управляющие воздействия. Условия функционирования ТСР, при которых обеспечивается максимальная стойкость инструмента и минимальное потребление энергии, не оптимизируют ТП по экономическим и качественным критериям.

Допустимые управления ТСР в составе технологической системы в процессе резания изменяться не могут, так как это или технически неосуществимо, или создает конфликтную ситуацию с оптимизацией ТП. По-

этому, динамическая система резания подвержена только статическому управлению – стабилизация её вектора состояния на время равное периоду стойкости инструмента при проектировании.

Для обеспечения планируемой реакции на отобранные взаимодействия с ТСР и принятия рациональных решений при проектировании ТП необходимо иметь в виду следующее.

1. Функционирует ТСР на уровне технологического перехода и условия ее жизнеобеспечения создает структура металлорежущего комплекса, составляющая ближайшее окружение.

2. Целевое пространство управления ТСР соответствует целям технологического перехода и включает удаление слоя металла, обеспечение стойкости инструмента, минимизацию затрат энергии.

3. Критериями управления ТРС являются интенсивность расхода ресурса работоспособности лезвия и КПД системы резания.

4. Управляющие воздействия на ТСР включают геометрию лезвия, инструментальный материал, глубину резания, параметры движений, состав СОТС и допустимыми они являются только в статике (при проектировании перехода), так как изменение их в динамике, с целью оптимизации ТСР, нарушает целевое пространство более высоких уровней иерархии дерева целей технологического процесса.

5. ТСР с низкой интенсивностью расхода ресурса работоспособности лезвия и высоким КПД способствует повышению качественных и экономических показателей технологической системы процесса, однако, оптимальный ТП (из-за иерархической подчиненности его элементов) может формироваться при нарушении оптимальности ТСР.

6. Интегральной оценкой состояния ТСР служит работа внешних сил, которая рассчитывается по значению измеряемой главной составляющей силы резания.

7. Используя в качестве интегральной оценки работу внешних сил можно максимально понизить противоречие между стремлением к полно-

му использованию инструментального материала и недопущению критического износа.

8. Факторы, влияющие на интенсивность износа, зависящие от материала и формы и размеров лезвия, можно выразить через ресурс работоспособности лезвия.

9. Факторы, определяющие условия реализации конкретной ТСР, соответствуют работе внешних сил, измеряемых в сопровождающем режиме и тогда поведение системы переводится из стохастического в вероятностное, зависящее только от разброса свойств инструментального материала.

### Литература

1. Яцун, Е. И. Модельный ряд энергосберегающих инструментов [Текст] / Е. И. Яцун, А. И. Ремнев, Е. А. Кудряшов, Е. В. Павлов // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – Сумы, 2011. – № 2(24). – С. 50-53.

2. Емельянов, С. Г. Влияние образования наростов при точении на стойкость инструмента и качество обработанной поверхности [Текст] / С. Г. Емельянов, Е. И. Яцун, А. И. Ремнев [и др.] // Станки и инструмент, СТИН. – М., 2011. – № 9. – С.30-34.

3. Емельянов, С. Г. Механизм стружкообразования при резании металлов [Текст] / С. Г. Емельянов, Е. И. Яцун, А. И. Ремнев // Вестник машиностроения. – М., 2011. – № 7. – С.73-76.

4. Яцун, Е. И. Формообразование режущей части циклоидальных режущих инструментов [Текст] / Е. И. Яцун, А. И. Ремнев, Е. В. Павлов [и др.] // Материалы сборника трудов 7-й Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». Том 3. – Варна, Болгария, 2011. – С. 345-348.

5. Емельянов, С. Г. Расчет и моделирование геометрической составляющей параметров шероховатости поверхности при точении [Текст] / С. Г. Емельянов, С. В. Швец, А. И. Ремнев // Известия Курского государственного технического университета. – Курск, 2008. – № 3. – С.84-89.

6. Швец, С. В. Обусловленная закономерность изменения характеристик процесса резания при точении [Текст] / С. В. Швец, А. И. Ремнев // Известия Курского государственного технического университета. – Курск, 2008. – № 4 (25). – С. 8-13.