

## АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Сыпачев И.С. – студент, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Методика планирования экспериментов предписывает правила подготовки, проведения и обработки данных при многофакторных экспериментах [1]. Она достаточно хорошо формализована, но в связи с ее трудоемкостью имеются проблемы с использованием данного подхода в практических исследованиях. Нами разрабатывается программное обеспечение для автоматизации расчетов при реализации методики планирования экспериментов, позволяющее снизить ее трудоемкость.

Основными этапами методики планирования экспериментов являются:

1. Построение матрицы планирования;
2. Проведение эксперимента;
3. Обработка данных:
  - Проверка однородности дисперсии по критерию Кохрена;
  - Расчет коэффициентов модели в безразмерной форме и проверка их значимости по критерию Стьюдента;
  - Проверка адекватности модели по критерию Фишера;
  - Расчет коэффициентов размерной модели.

Наиболее сложными этапами применения методики являются этапы построения матрицы планирования и обработки данных. Для первого этапа это связано с построением плана для дробного факторного эксперимента; для этапа обработки данных – с расчетом статистических критериев. Поэтому при разработке программного обеспечения основное внимание уделяется именно этим этапам.

Программное обеспечение разрабатывается в среде табличного процессора MS Excel с использованием макросов на языке VBA. Выбор MS Excel определяется следующими факторами:

- 1) широким распространением этой программы;
- 2) довольно простым, интуитивно понятным и открытым интерфейсом;
- 3) большим выбором встроенных функций, в том числе и для статистических расчетов;
- 4) встроенным редактором высокоуровневого языка программирования VBA.

В настоящее время нами полностью разработаны этапы построения матрицы планирования полного и дробного факторного эксперимента и ввода результатов эксперимента. Этап обработки результатов дорабатывается. На рис. 1 приведена экранная форма программы.

Для работы с программой необходимо задать параметры матрицы планирования: количество факторов в данном эксперименте, дробность, которая позволит уменьшить общее время, необходимое для проведения опыта, и повторяемость - она кратно увеличивает количество экспериментов, но позволяет получить одинаковую точность во всех опытах.

После задания исходных данных, нажатие на кнопку «Создать матрицу» запускает макрос, который строит таблицу и одновременно выдает сообщения об ошибках: количество факторов более пяти, некорректное значение дробности реплики или слишком малая повторяемость опытов. При наличии ошибки напротив соответствующего значения появляется сообщение “no”.

После построения матрицы планирования проводят эксперимент и заносят полученные данные в таблицу. Дальнейшее нажатие на кнопку «Обработка результата» запустит макрос, который произведет математические вычисления: рассчитываются статистические критерии, выполняется расчет коэффициентов модели, проверяется ее адекватность и производится вывод результатов. В настоящее время этот этап расчетов дорабатывается.

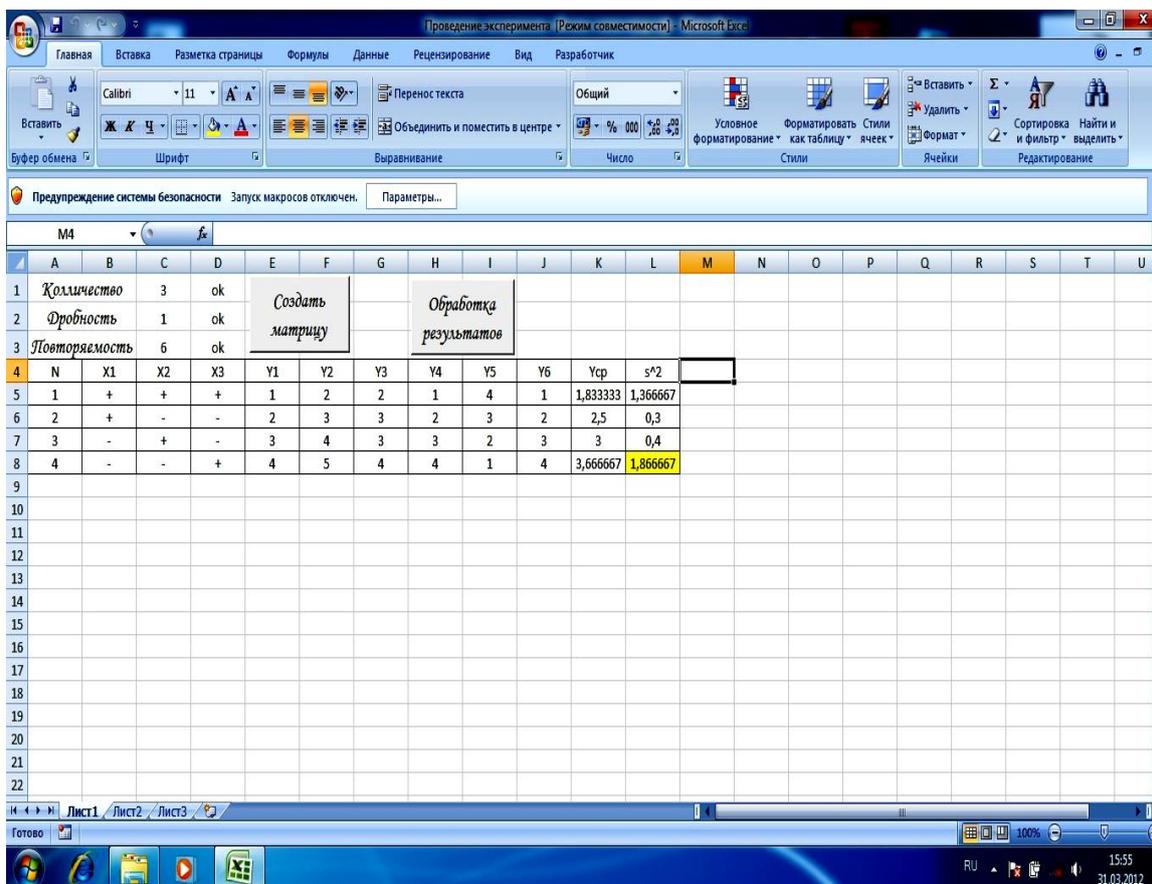


Рисунок 1 – Экранная форма программы

Разрабатываемое программное обеспечение предназначено для использования в учебном процессе, а также в научных исследованиях для решения реальных задач при проведении экспериментов.

Список литературы:

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий /Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 279 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТЧИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ.

Богданов А.В. –магистрант, Иконников А.М. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При изготовлении деталей узлов и агрегатов современных машин широкое применение находят метчики. Эффективность использования метчиков на производстве в значительной степени зависит от качества обработки его рабочих поверхностей. Основные свойства поверхности формируются в процессе ее изготовления, и особенно, на отделочных операциях, которым уделяют особое внимание. Одной из широко применяемых отделочных операций является абразивная обработка, наиболее эффективным видом которой являются методы, основанные на использовании эластичной связки или незакрепленного абразива. Среди этих методов наиболее выделяется магнитно-абразивная обработка.

Метод магнитно-абразивной обработки сочетает достоинства обработки свободным и закрепленным абразивом. С помощью магнитно-абразивной обработки можно достичь тех же классов шероховатости, что и методами обработки абразивным инструментом на гибкой основе, но на поверхностях, имеющих большую высоту микронеровностей и с меньшими

затратами. Это объясняется тем, что метод МАО не требует предварительной подготовки обрабатываемой поверхности и дорогостоящего инструмента и позволяет более полно использовать преимущества обработки на эластичной основе и свободным абразивом. Данный метод обработки является экологически чистым, простым в реализации, обеспечивает высокое качество обрабатываемых поверхностей.

Опыт применения магнитно-абразивной обработки при изготовлении режущего инструмента подтвердил перспективность этого метода. Магнитно-абразивная обработка режущего инструмента из углеродистой, быстрорежущей стали и твердого сплава, позволяет повысить стойкость в 2 – 3 раза за счет уменьшения приработки инструмента, увеличение микротвердости поверхности рабочей части, уменьшения коэффициента трения. Анализ литературы указывает на недостаток исследований в области обработки сложнопрофильных поверхностей.

Для определения влияния технологических факторов на параметры качества необходимо проведение экспериментальных исследований, целью которых будет являться повышение производительности отделочной обработки сложнопрофильных поверхностей.

Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач:

1. Изучить влияние технологических режимов на производительность процесса магнитно-абразивной обработки;
2. Изучить влияние технологических режимов на качество обрабатываемой поверхности;

Для достижения поставленных задач проводились эксперименты. В результате чего было установлено:

Интенсивность съема металла в процессе магнитно-абразивной обработки в значительной мере зависит от чистоты ферромагнитного порошка. Интенсивность снижения шероховатости и повышения микротвердости поверхности так же в значительной степени зависят от чистоты порошка: в первоначальный период времени обработки интенсивность увеличивается, а в дальнейшем снижается.

Зернистость магнитно-абразивного порошка оказывает существенное влияние на производительность процесса и качество обрабатываемой поверхности: при уменьшении зернистости порошка происходит плавное снижение шероховатости, но при этом возможно получение более низких ее значений; увеличение зернистости порошка приводит к повышению производительности магнитно-абразивной обработки за счет увеличения мгновенного съема металла каждым зерном, при этом так же происходит интенсивное снижение шероховатости.

Увеличение рабочего зазора между поверхностью индуктора и обрабатываемой поверхностью приводит к значительному снижению удельного съема металла, шероховатости и микротвердости, что связано с резким уменьшением давления магнитно-абразивного порошка на обрабатываемую поверхность, возникающим из-за снижения значений магнитной индукции в рабочем зазоре.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования позволили выявить закономерности и зависимости влияния технологических режимов (времени обработки, рабочего зазора и зернистости порошка) на параметры качества и производительность при магнитно-абразивной обработке.

Применение магнитно-абразивной обработки на финишной операции в технологическом процессе изготовления метчика позволяет уменьшить время изготовления инструмента.

Список литературы:

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1986.-176с.

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Витвинов М.К. – аспирант, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор, Хоменко В.А. – д.т.н.,  
профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Задача идентификации является одной из основных проблем управления технологическими системами. Обычно идентификацией системы называется построение ее модели, совпадающей по определенным показателям с исходной системой.

Рассмотрим операцию механической обработки, как технологическую систему для преобразования исходного профиля заготовки в профиль детали. В этом случае входным сигналом является профиль заготовки, а выходным - профиль обработанной поверхности детали (рис.1).

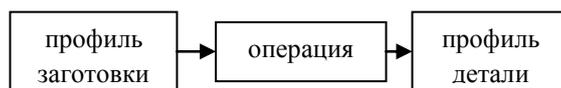


Рис 1. Система для преобразования исходного профиля заготовки в профиль детали

Для математического описания динамических систем такого типа широко используется аппарат передаточных функций [1,2]:

$$W_{yc}(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{a_k s^k + a_{k-1} s^{k-1} + \dots + a_1 s + a_0}{a_k s^k + a_{k-1} s^{k-1} + \dots + a_1 s + a_0}, \quad (1)$$

где  $X(s)$ ,  $Y(s)$  – соответственно Лапласовы изображения входного и выходного сигналов (профиля заготовки и профиля детали).

Для идентификации технологической системы необходимо определить коэффициенты передаточной функции (1). Для решения данной задачи предлагается использовать частотные характеристики системы и классический принцип суперпозиции сигналов.

В качестве исходного профиля заготовки предлагается использовать профиль формы меандр (рис. 2). Этот профиль дает при разложении в ряд Фурье теоретически бесконечное количество гармоник различных частот, а практическое их получение не является трудоемким.

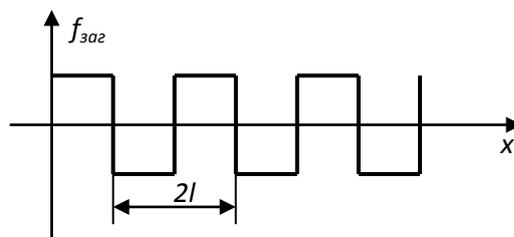


Рис. 2. Профиль заготовки

Разложение исходного профиля в ряд Фурье имеет вид:

$$f(x)_{заг} = \frac{h}{\pi} \left[ 2 \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right) + \frac{2}{3} \sin\left(\frac{3\pi x}{l}\right) + \frac{2}{5} \sin\left(\frac{5\pi x}{l}\right) \dots \right] \quad (2)$$

После обработки заготовки профиль детали записывается и затем также производится его гармонический анализ:

$$f_{дет} = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left[ a_k \cos\left(\frac{k\pi x}{l}\right) + b_k \sin\left(\frac{k\pi x}{l}\right) \right] \quad (3)$$

АЧХ операции получается делением соответствующих амплитуд гармоник профиля детали (3) на амплитуды профиля заготовки (2). Для определения вида передаточной функции предлагается использовать логарифмические амплитудно-частотные характеристики (ЛАЧХ). Коэффициенты аналитического представления АЧХ, а в равной степени и коэффициенты передаточной функции, определяются аппроксимацией по методу наименьших квадратов. Конечным результатом выполнения этапов алгоритма

идентификации является получение передаточной функции операции механической обработки. Алгоритм идентификации приведен на рис. 3.

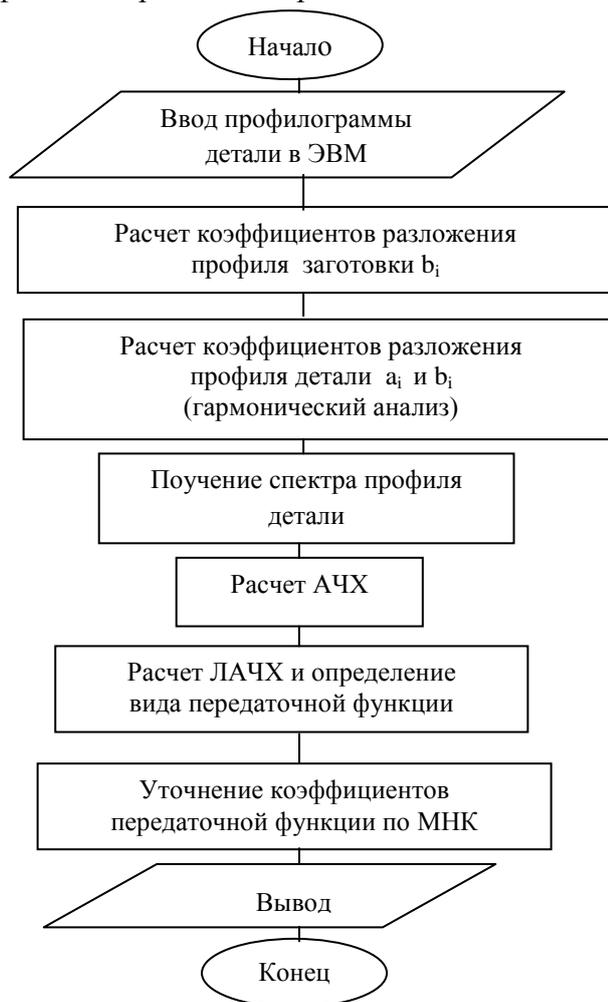


Рис. 3. Блок-схема алгоритма идентификации

Разработанная методика идентификации обладает невысокой сложностью и позволяет получать математические описания систем в производственных условиях. Простота обработки результатов (с использованием специализированного программного обеспечения) позволяет использовать её при прогнозировании волнистости обработанной поверхности. При этом исходными данными являются спектр волнистости заготовки и полученное математическое описание системы (передаточная функция).

Вышеуказанную методику, возможно, использовать при проведении анализа технологической системы и для установления объективного критерия при сравнении вариантов выполнения технологической операции.

Список литературы:

1. Леонов С.Л., Зиновьев А.Т. Основа создания имитационных технологий прецизионного формообразования. / Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. –Барнаул:Изд-во АлтГТУ, 2006. -198 с.
2. Леонов С.Л., Витвинов М.К. – Использование передаточной функции для идентификации операции плоского шлифования периферией круга/ «2-ая международная научно-практическая конференция» - Кемерово 2011.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАКАТНОГО ИНСТРУМЕНТА

Гайт С.В. – магистрант, Иштутин Е.А. – аспирант, Разгуляев А.О. – магистрант Марков  
А.М. – доктор технических наук, профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В машиностроении широко используются детали, содержащие рифленые поверхности: рукоятки, головки винтов, ручки калибров и т. д. Рифленые поверхности имеют различные узоры: линейчатым (прямым или косым), елочным, сетчатым, точечным и др., которые можно получить ультразвуковым, электроимпульсным, электрохимическим или механическим методом обработки поверхности.

Механическая обработка деталей с регулярным рельефом методом накатывания профильных имеет ряд преимуществ: экономию металла, повышение производительности труда, повышение точности и долговечности обрабатываемых деталей и уменьшение расходов на инструмент. Но поверхностные дефекты, неизбежно сопутствующие на практике накатыванию, связаны с механикой этого процесса. Известно, что при накатывании, может происходить: мелкие рифления со срезанными вершинами; глубокие рифления, вершины неровные, заваленные; нечеткие, прерывистые рифления; искажена сетка рифлений (при сеточном узоре); недостаточная чистота рифленой поверхности.

Поверхностные дефекты на обработанной детали возникают за счет износа накатного инструмента. Причинами выхода из строя накатного инструмента являются изнашивание по вершинам, выкрашивание рабочей части, выкрашивание торцевых фасок инструмента. Выкрашивание является следствием усталостного разрушения металла в зоне действия усилий (радиальной силы), возникающих при накатывании.

Величину износа накатного инструмента можно определить аналитическим или экспериментальным путем. Определение величина износа при аналитическом способе является весьма сложным, многофакторным, поэтому все известные математические модели описывают его приближенно, с многочисленными допущениями и ограничениями.

При экспериментальном – является функцией радиальной силы, а на величину радиальной силы при накатывании влияет ряд факторов, зависящих от характеристик обрабатываемого материала (марки стали, механических свойств, микроструктуры), накатного инструмента (конструкции, марки стали, механических свойств, карбидной неоднородности, режима термической обработки), состояния накатного оборудывания и условия эксплуатации (режимов накатывания и охлаждения СОЖ).

Для определения причин выхода из строя накатного инструмента предлагается провести моделирование данного процесса с помощью методики планирования экспериментов. Заготовка при моделировании принималась жестко-пластичной; инструмент - идеально жестким. Входными параметрами являются радиальная сила  $P$ , скорость накатывания  $V$ , твердость инструмента  $HRC$ . Границы изменения входных параметров определяются из условия получение полного профиля зуба на заготовке. Минимальная сила, при которой сохраняется полный профиль 35 Н, максимальная – 200Н, т.к. при дальнейшем повышении силы происходит процесс резания, т.е ролик врезается в заготовку. Скорость резания бралась в диапазоне 10–15 м/мин рекомендованная для накатного ролика диаметром 20 мм и шагом 1,2 мм.

Величину износа будет оцениваться по высоте профиля (зубца) накатного ролика, до и после накатывания:

$$h_{\text{изн}} = a \cdot P^x \cdot V^y \cdot HRC_{\text{инстр}}^z$$

где  $h_{\text{изн}}$  – величина износа зуба;

$P$  – сила прижатия ролика к заготовке;

$V$  – скорость накатывания;

$HRC$  – твердость инструмента.

Контроль зуба будет осуществляться с помощью лупы Бринелля, после получения четкого профиля на заготовке профиль получается в течение минуты. Высота определяется у за ранее помеченных зубьев на определенном участке ролика, точность прибора измерения  $\pm 0.05$  мм.

Экспериментальные образцы предлагается испытать на экспериментальной установке на базе токарного станка 16К20 с приспособлением для обеспечения одинакового усилия на деталь (твердостью  $39\div 42$  HRC) каждого из образцов.

Испытания представляют собой типичный процесс накатывания насечек на определенных режимах.

Результатом данного моделирования является получение зависимости влияния физико-механических свойств инструмента на режимы накатывания. С помощью этой зависимости можно также оценить стоимость инструмента от режима накатывания или режима накатывания от стоимости инструмента.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ХОНИНГОВАНИЯ ГЛУХИХ ОТВЕРСТИЙ

Карпов А.А. – магистрант, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Хонингование глухих отверстий имеет существенный недостаток по сравнению с хонингованием сквозных отверстий. Это связано с невозможностью выхода хонинговальной головки на величину перебега у дна отверстия. Необходимая величина перебега равна  $1/3$  длины отверстия, таким образом, для нормальной работы хонинговальной головки требуется выточка равная минимум  $1/3$  длины отверстия, что, как правило, конструктивно невозможно. Отсутствие перебега приводит к повышенному изнашиванию хонинговальных брусков в нижней части, что в дальнейшем приводит к копированию этого износа поверхностью отверстия. Происходит сужение отверстия к его дну, т.е. конусность. [1]

Далее приведены эпюры давлений хонинговальных брусков в зависимости от передаваемых усилий.

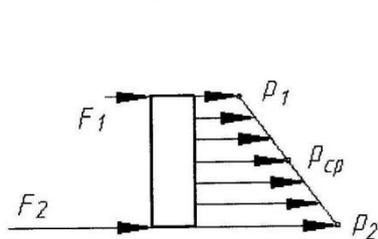


Рисунок 1

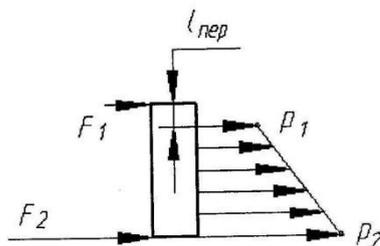


Рисунок 2

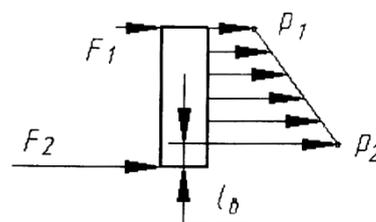


Рисунок 3

На рисунке 1 представлена эпюра давлений хонинговальных брусков при обработке средней части отверстия, на рисунке 2 - эпюра давлений хонинговальных брусков при обработке края отверстия с перебегом, на рисунке 3 - эпюра давлений хонинговальных брусков при обработке дна отверстия с выточкой.

Данные эпюры наглядно показывают нам, что величина давления со стороны нижней части хонинговальных брусков больше чем у верхней их части. Это говорит о том, что в нижней части бруски более нагружены, и, следовательно, подвержены большему износу.

Повышенный износ объясняется еще и тем, что при обработке глухих отверстий подача СОЖ и отвод стружки происходит значительно сложнее, чем при обработке сквозных отверстий. Эти проблемы решаются конструктивно с помощью различных выточек в брусках либо изменением формы брусков и хонинговальной головки.

Исправление погрешности в виде конусности по длине происходит несколькими способами:

1. Изменением режимов обработки. При достижении хонинговального инструмента дна отверстия замедляют вертикальную подачу, тем самым происходит более длительная

обработка у дна отверстия. Этот метод наиболее прост. Он в определенных пределах исправляет геометрическую форму отверстия по длине. Недостатком данного метода является нарушение картины пересечения рисок, что не обеспечивает эксплуатационных свойств поверхности отверстия, к тому же данный метод может привести к задирам поверхности и засаливанию брусков.

2. Применением осциллирующего движения, так называемые виброхонингование, растровое и ультразвуковое хонингование. Преимущество данных методов заключается в том, что каждое зерно проходит по своей траектории, не повторяя траекторию впереди идущих зерен. Таким образом, происходит более интенсивный съем металла и самозатачивание. Растровый метод имеет преимущество по сравнению с другими видами в том, что его движение происходит по синусоидальному закону и на поверхности отверстия складывается необходимая картина пересекающихся рисок, в то время как при вибрационном риске располагаются хаотично.[3]

3. Изменение в конструкции хонинговальной головки. Существует огромное количество модификаций хонинговальных головок для обработки глухих отверстий, имеющих свои достоинства и недостатки. Изменения коснулись прежде всего формы хонинговальных брусков(трапецеидальные, спиральные и т.д) и механизма разжима брусков.[2].

На наш взгляд наиболее перспективным является совершенствование механизма радиальной подачи брусков. Из представленных выше эпюр давлений хонинговальных брусков, можно сделать вывод о необходимости регулирования усилий, сообщаемых верхним и нижним участкам хонинговальных брусков в радиальном направлении. Разработана конструкция хонинговальной головки, обеспечивающая независимую подачу хонинговальных брусков в радиальном направлении верхним и нижним участкам хонинговальных брусков. Это позволит повысить точность профиля продольного сечения обрабатываемого отверстия заготовки путем исправления исходных погрешностей и регулирования величины компенсации различной степени износа хонинговальных брусков по длине.

#### Список литературы

1. Андреев М.В., Фирсов А.М. Повышение точности геометрической формы глухих отверстий при хонинговании // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Материалы 3 – й Всероссийской научно-практической конференции 25-26 сентября. – Бийск, 2003. – с. 143-147.
2. Муратов Р. А., Муратов К. Р. Механизм разжима хонинговальных брусков с переменным давлением по длине заготовки.// СТИН. – 2007 - №2– с. 11 – 13.
3. Патент на изобретение RU № 2348500. Способ хонингования глухих отверстий / Огородов В.А. – Оpub. в Б.И., 2009,

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Орлов А.В. – магистрант гр. 8КТМ-11, Щербаков Н.П. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современных условиях, когда сроки проектирования технологического процесса (далее ТП) изготовления детали должны сокращаться и одновременно повышаться требования к качеству, актуален вопрос использования новых подходов для проектирования технологии изготовления в части выбора режущих инструментов.

Реализация этого подхода возможна с использованием компьютерных технологий и электронно-вычислительной техники. В настоящее время наилучшая форма организации процесса проектирования ТП изготовления детали достигается при применении систем автоматизированного проектирования (САПР). Эффективность автоматизированного проектирования возрастает с увеличением доли использования ЭВМ в общем цикле проектирования ТП изготовления детали.

Комплексное использование САПР позволяет: снизить трудоемкость работ по проектированию и повысить качество проектных решений, сократить сроки и стоимость технологической подготовки производства, создать предпосылки эффективной организации производства.

За счет автоматизации выбора режущего инструмента при проектировании технологии изготовления детали предполагается достичь сокращения сроков проектирования ТП и повысить качество проектных решений. Создание программного модуля, осуществляющего выбор режущего инструмента, будет возможно при разработанном алгоритме на базе научных основ технологии машиностроения, автоматизации технологии проектирования ТП, на этих же основах будет создана база данных режущего инструмента, из которой будет производиться выбор оптимального инструмента для проектируемого перехода или операции.

С использованием разработанного программного модуля предполагается снизить трудоемкость проектирования технологических процессов на 30-50%, что существенно при нынешних темпах производства. Достижение таких показателей существенно снизит затраты на проектирование технологических процессов и повысит скорость внедрения новых или модернизированных деталей, при сохранении или даже повышении качества проектных решений, т.к. снизится влияние человеческих факторов на процесс проектирования. При хорошей отладке разработанного модуля, так же снизится потребность в высококвалифицированных кадрах вследствие упрощения задачи выбора режущего инструмента, которая будет сводиться к вводу технологической информации (материал и твердость заготовки, размерные допуски, шероховатость поверхностей)

## ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ СБОРНЫХ ЗЕНКЕРОВ

Поддубный М.А. – магистрант, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Классический зенкер является мерным инструментом – не требующим настройки на размер обрабатываемого отверстия. Это позволяет сократить вспомогательное время, а также обеспечить высокую точность обработки. Однако, после истечения определенного периода времени зенкер, находящийся в эксплуатации, теряет способность обеспечивать требуемую точность обработки, а также требуемый размер из-за износа режущей части. Мерность зенкера не позволяет настроить инструмент на размер, поэтому для обеспечения требуемых размеров приходится менять режущие элементы (для сборных зенкеров), либо использовать новый зенкер (если зенкер цельный). Таким образом, возникает проблема повышения срока службы зенкера.

Решить эту проблему можно двумя путями:

1. Увеличить износостойкость режущей части.
2. Обеспечить сохранение требуемых параметров обработки за счет оригинальной конструкции зенкера, позволяющей компенсировать износ.

Был проведен функционально-стоимостный анализ сборного зенкера с механизмом компенсации износа [1]. Как видно из рисунка 1, данный зенкер состоит из 12 конструктивных элементов, из которых 7 элементов составляют механизм компенсации износа [2].

Зенкер работает следующим образом. При работе по мере износа, одновременно работающих режущих пластин 2, усиливается тепловыделение из зоны резания и увеличивается температура зенкера. Это приводит к удлинению вставки 4, выполненной из материала с высоким коэффициентом линейного расширения. В результате чего, контактирующий с ней конический клин 5, преодолевая сопротивление сжатой пружины 7, получает возможность осевого перемещения и раздвигает клинья 6, с закрепленными на них державками 3 и режущими пластинами 2 на расстояние, равное величине износа режущих пластин.[2]

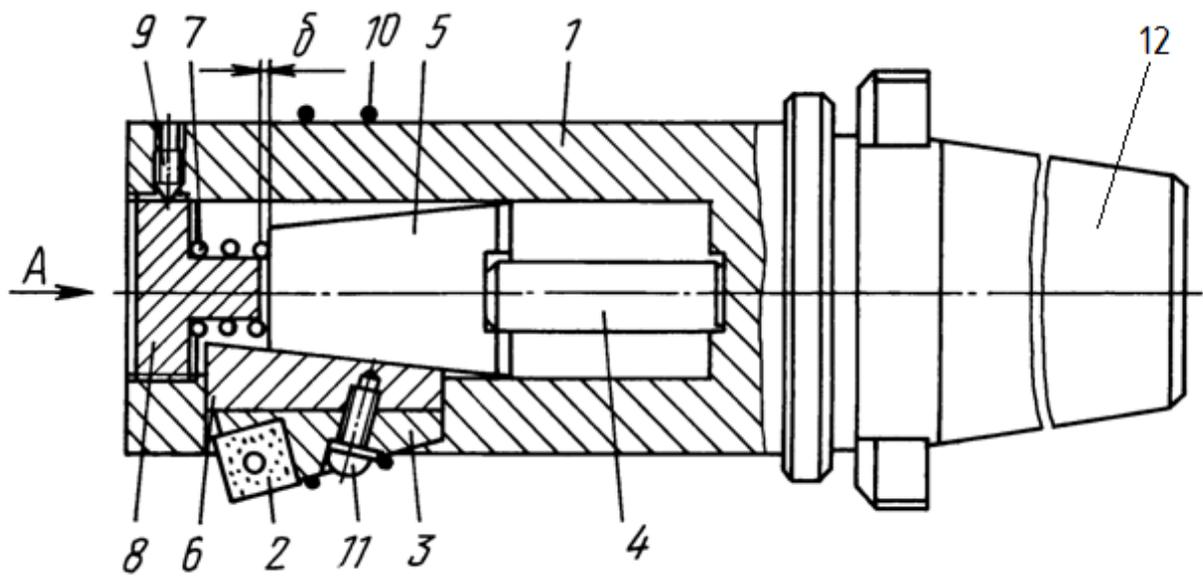


Рисунок 1 – Зенкер, оснащенный механизмом компенсации износа. Патент № 2131332

Состав зенкера:

1. Корпус; 2. Режущая пластинка (3 шт.); 3. Державка (3 шт.); 4. Вставка; 5. Конический клин; 6. Клин (3 шт.); 7. Пружина; 8. Запорный элемент; 9. Винт; 10. Упругий элемент; 11. Винт (3 шт.); 12. Хвостовик.

В ходе работы была проанализирована конструкция зенкера, что позволило выявить функциональное предназначение каждого элемента, а также определить относительную величину затрат на обеспечение каждой функции. С помощью метода построения диаграмм функций FAST были исследованы взаимосвязи между функциями объекта. Также было проведено исследование рациональности конструкции с помощью метода диаграммы Лоренца-Парето и метода сопоставления затрат на функцию с оценками ее значимости.

Оценка затрат на обеспечение функций проводилась исходя из допущения, что относительная стоимость функции прямопропорциональна относительной сложности изготовления элемента-носителя этой функции. Сначала была оценена относительная сложность изготовления каждого элемента по 10-бальной шкале. Затем полученное значение относительной сложности каждого элемента было представлено в процентах от суммарной сложности изготовления всех элементов. Исходя из определенного значения каждой функции элемента был присвоен относительный уровень затрат.

Построение диаграммы Лоренца-Парето (ABC-анализ) позволило выявить зону дорогостоящих функций. Большая часть данных функций (59%) направлена на обеспечение компенсации износа. Остальные дорогостоящие функции связаны с передачей крутящего момента на режущие пластины и снятие припуска.

Методом сопоставления затрат на функцию с оценкой ее значимости выявил, что 22% от всех функций имеют затраты, значительно большие, чем значимость этих функций. Среди таких функций 75% обеспечивают компенсацию износа и 25% - передачу крутящего момента и снятие припуска.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующий вывод: конструкция данного зенкера требует совершенствования. Механизм, обеспечивающий компенсацию износа состоит из большого числа элементов, что удорожает его изготовление. Данный вывод подтверждает анализ диаграммы Лоренца-Парето. Метод сопоставления затрат подтверждает неэффективность конструкции зенкера. Элементы механизма, компенсирующего износ, являются носителями большинства функций, затраты на которые значительно превышают их значимость.

Для решения обозначенной проблемы предлагается внести следующие изменения в конструкцию: использовать в качестве регулятора величины компенсации износа пару кулачок – толкатель. Кулачок циклоидной формы, встроенный в корпус зенкера, будет задавать требуемый диаметр режущих пластин сборного зенкера поворотом вокруг оси и передачей силы на толкатель, связанный с державкой. Такая конструкция позволит повысить надежность работы зенкера, а также обеспечить стабильность изменяемого диаметра за счет более жесткой фиксации державок.

Список литературы:

1. Моисеева Н.К., Карпунин М.Г. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. – М.: Высш.шк., 1988. – 192 с.
2. Патент №2131332, реестр изобретений РФ.

## КОМПЛЕКС ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ”

Почепня А.В. – студент, Леонов С.Л. – д.т.н.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Разрабатываемый комплекс лабораторных работ предназначен для изучения студентами курса “компьютерное моделирование”. Комплекс ориентирован на использование современного интерфейса как при изучении материала, так и при выполнении расчетов.

Он состоит из двух модулей:

**1. Теоретическая часть.** Теоретическая часть подготавливает студентов для выполнения практической части и помогает вспомнить ранее пройденный теоретический курс по данной теме. Программа разработана в виде диалога: для начала студенту предлагается прочитать краткие теоретические выдержки, а затем производится контроль полученных знаний. При правильном ответе на задаваемый вопрос выдается новая порция материала для изучения или повторения, а при неправильном – происходит возврат назад для повторного прочтения. Теоретическая часть представляет собой web-страницу написанную на HTML с использованием java script и каскадных таблиц стиля. Этим достигается красивое оформление материала при достаточно гибком интерфейсе. На рис. 1 приведен фрагмент, иллюстрирующий пример оформления одной из тем теоретической части.

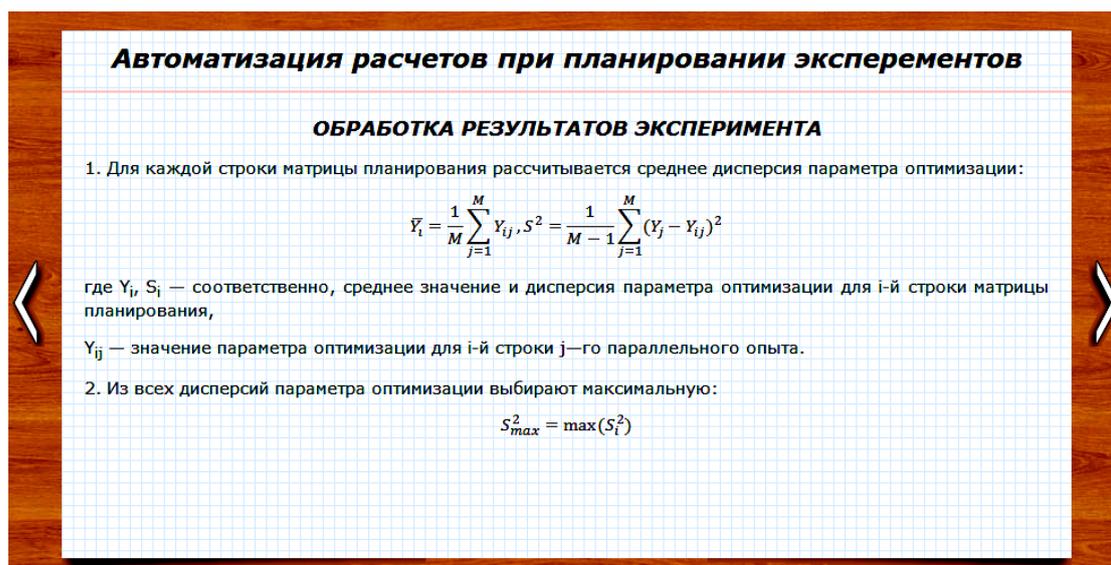


Рисунок 1 – Пример оформления теоретической части

**2. Практическая часть.** Практическая расчетная часть реализована в табличном редакторе MS Excel и предназначена для автоматизации расчетов. На рис 2 приведено оформление программы для автоматизации расчетов по методу наименьших квадратов.

На данный момент комплекс включает в себя следующие лабораторные работы:

### 1) Моделирование формирования шероховатости поверхности при точении.

Рассмотрена простейшая задача расчета шероховатости поверхности (параметр Ra) и съема металла при точении в зависимости от геометрии инструмента и параметров режима резания. В обучающей части приведен вывод всех зависимостей аналитической модели, а в расчетной – производятся вычисления по этим зависимостям.

### 2) Идентификация систем методом наименьших квадратов

Метод наименьших квадратов (МНК) применяется при аппроксимации функций, то есть построении аналитической зависимости по табличным данным, полученным, например, при проведении эксперимента или пассивного наблюдения. Для закрепления теоретических материалов предлагается решить одну из трех практических задач получения однофакторной зависимости. Данные получают с использованием специальной программы моделирования, разработанной также в среде MS Excel.

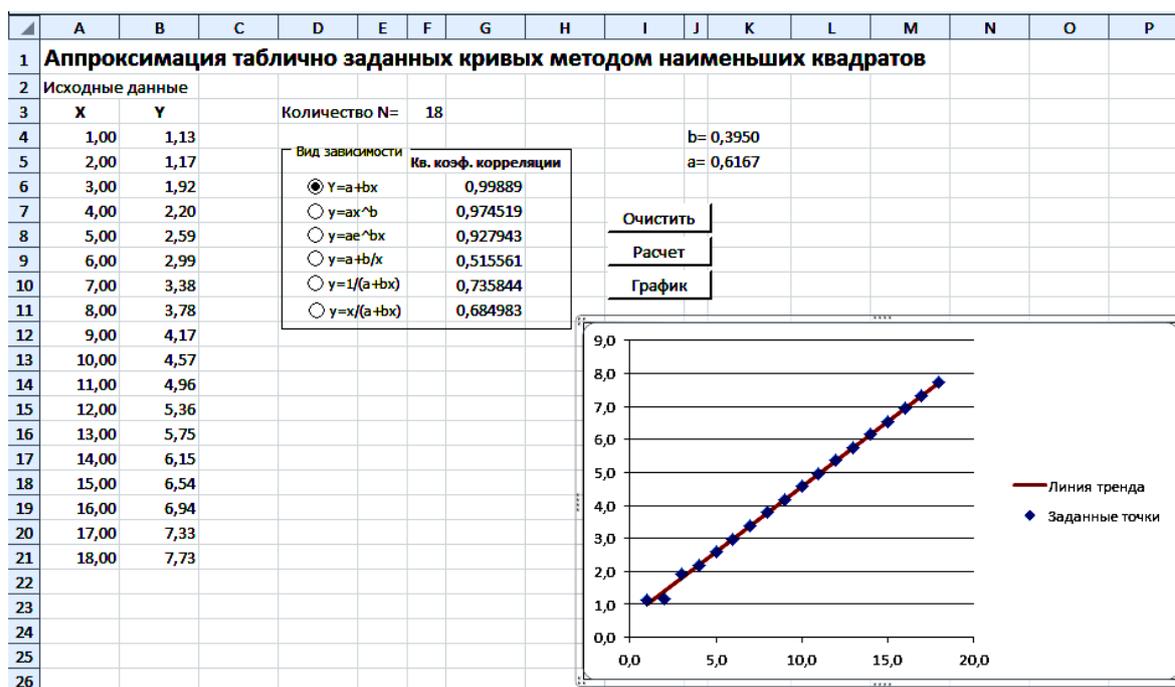


Рисунок 1 – Пример оформления практической части

### 3) Автоматизация расчетов при планировании эксперимента

Настоящая методика устанавливает правила и алгоритм построения линейной и степенной математической модели технологических процессов и проверки ее адекватности, а также описывает правила работы с программным обеспечением для автоматизации расчетов при обработке результатов по алгоритмам полного и дробного факторного эксперимента. Для закрепления теоретических материалов предлагается решить практическую задачу получения зависимости силы резания от глубины, подачи и скорости резания при точении. Данные получают с использованием специальной программы моделирования, разработанной также в среде MS Excel.

Разработанный комплекс лабораторных работ позволяет производить обучение студентов с элементами контроля знаний, а также автоматизирует вычисления, позволяя студенту сосредоточить свое внимание на освоении материала. Включенные в комплекс программы моделирования дают возможность имитировать проведение экспериментальных исследований в области технологии машиностроения. Реализация комплекса с использованием сочетания языка гипертекстовой разметки html и вычислительных возможностей MS Excel обеспечивает современный удобный интерфейс и позволяет оперативно вносить совершенствования как в обучающий блок, так и в программное обеспечение для автоматизации расчетов и проведения экспериментов.

Список литературы:

1. Демидович Б.П., Марон И.А. и др. Численные методы анализа. - М.:Наука,1967.-368 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.А., Грановский Ю.В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. - М.:Наука,1976.-279 с.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ПРИМЕРЕ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ СО СМЕННЫМИ МНОГОГРАННЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Пятков М.А. – магистрант гр. 8ТАП-ио01, Щербаков Н.П. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современное состояние и перспективы развития металлообработки характеризуются широким использованием сборного режущего инструмента, оснащенного сменными механически закрепляемыми режущими элементами, выполненными из твердых сплавов, керамики и сверхтвердых материалов.

В настоящее время спроектировано и применяется большое количество конструкций сборных режущих инструментов с механическим креплением режущих элементов, различающихся способами установки и крепления режущих элементов, параметрами пластин и так далее. Большинство конструкций запатентовано и нормировано ведущими зарубежными и отечественными разработчиками и приведено в каталогах.

Рядом производителей и потребителей сборного режущего инструмента разработаны базы данных и экспертные системы выбора инструмента под требования заказчика. Однако все они созданы для конкретных производственных условий, с применением различных подходов, сложны, дорогостоящи; и не позволяют, с одной стороны сравнить между собой однотипные конструкции различных изготовителей или конструкции инструментов, укомплектованные из сборочных элементов различных производителей, а с другой стороны – изменить критерии выбора оптимальных вариантов конструкций инструментов или методы решения задачи оптимизации.

Решить проблему выбора конструкции сборного режущего инструмента можно путем формирования автоматизированной системы, работающей в диалоговом режиме, позволяющей автоматически формировать, ранжировать и выбирать различные варианты конструкций сборного режущего инструмента в зависимости от установленных заказчиком критериев предпочтения, добавлять или игнорировать дополнительные расчетные исследования, изменять или совершенствовать методы решения оптимизационной задачи.

Для создания математической модели формирования вариантов структурных компоновок токарных сборных режущих инструментов использованы ориентированные графы сетевой структуры, позволяющие наглядно представить все многообразие конструктивного исполнения сборочных элементов в виде множества вершин, а их влияний на критерий предпочтения или выбора – в виде множества ребер или дуг графа.

Применение данной системы позволит снизить трудоемкость формирования и выбора вариантов конструкции сборного режущего инструмента – токарных резцов со сменными многогранными пластинами путем применения разработанных моделей и алгоритмов, обеспечивающих требуемое качество принимаемых решений, сокращение сроков и затрат.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ КРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН К ДЕРЖАВКЕ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Снегирев Д.И. – студент, Хоменко В.А. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Резцы предназначены для работы на станках токарной группы, в том числе на станках с числовым программным управлением и на гибких производственных системах, при комплектации пластинами: из твердого сплава, в том числе с износостойкими покрытиями для чистовой, получистовой и черновой обработки деталей из сырых, термообработанных, улучшенных и нормализованных сталей и серых чугунов.

Существует несколько способов крепления СМП:

С — крепление сверху пластин без отверстия исполнений:

прихватом и винтом с разнонаправленной резьбой,

прихватом и винтом;

М — крепление пластин сверху прихватом и через отверстие исполнений:

клин-прихватом,

упругим клин-прихватом,

прихватом через отверстие;

Р — крепление пластин через отверстие исполнений:

L-образным рычагом,

косой тягой,

штифтом,

штифтом на подвижной подкладке;

S — крепление пластин винтом через фасонное, отверстие

СМП обладают многими преимуществами по сравнению с пластинами для составного (напайного, сварного, клееного) инструмента: отсутствие внутренних напряжений, вызванных пайкой (сваркой) и заточкой; постоянство установки инструмента по высоте центров; простота смены режущих кромок после затупления. Однако СМП имеют ряд недостатков: вынужденная и не всегда оптимальная геометрия режущей части; размещение крепежного элемента на передней поверхности при использовании пластины без крепежного отверстия. Известны сменные призматические пластины для сборного инструмента с одной вершиной лезвия, которые во многом лишены недостатков СМП. В частности пластина с одной вершиной и открытой выемкой для взаимодействия с крепежным элементом инструмента, со стороны вспомогательной задней поверхности. Выемка образована двумя поверхностями, одна из которых параллельна, а другая перпендикулярна главной задней поверхности. На поверхности выемки, перпендикулярной главной задней поверхности и расположенной со стороны вспомогательной задней поверхности, выполнено глухое конусное отверстие для контакта с крепежным элементом инструмента.

Крепление известной пластины производится с помощью крепежного винта, ось которого параллельна главной режущей кромке и пересекает вспомогательную заднюю поверхность. При вращении винт контактирует с конической поверхностью отверстия, с помощью которой усилие закрепления раскладывается на три составляющие, прижимающие пластину к трем базовым поверхностям паза корпуса инструмента.

Наличие одной вершины лезвия позволяет формировать оптимальную геометрию режущей части пластины. Форма известной пластины позволяет разместить крепежный элемент внутри корпуса сборного инструмента, а также во многих случаях снизить удельную материалоемкость на одну рабочую вершину лезвия пластины по сравнению с СМП. Последнее обстоятельство связано и с тем, что при поломках СМП остаются неиспользованные вершины лезвия.

Однако одновершинная пластина имеет пониженную жесткость узла крепления и, следовательно, надежно в работе. Это связано с тем, что сила крепления, действующая на контактную поверхность выемки с конусным отверстием, направлена со стороны

вспомогательной задней поверхности. Согласно принятой теории базирования направление силы закрепления обеспечивает лишь точечный контакт наиболее нагруженного участка боковой поверхности пластины, противоположной ее главной задней поверхности, с сопряженной поверхностью паза корпуса инструмента. При работе известными пластинами увеличивается вероятность смятия точечного контактного участка боковой поверхности паза корпуса инструмента и образования зазора между сопряженными поверхностями паза и пластины, что в итоге ведет к раскреплению пластины и выходу из строя инструмента.

Возможный метод решения проблемы заключается в повышении жесткости и надежности крепления режущих сменных призматических пластин с одной вершиной лезвия.

Это может достигаться тем, что в режущей сменной призматической пластине с одной вершиной лезвия и открытой выемкой для взаимодействия с крепежным элементом, боковая упорная поверхность пластины, противоположная главной задней поверхности, выполнена наклонной к вершине, а выемка под крепежный элемент расположена со стороны главной задней поверхности противоположно от вершины, так что поверхность, предназначенная для контакта с крепежным элементом, имеет наклон к опорной поверхности пластины. Причем горизонтальная образующая контактной поверхности параллельна главной режущей кромке.

#### АКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ»

А. В. Куранова, студентка гр.8КТМ-11, руководитель: В.Н. Бувич, к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Надежность любых технических средств, а тем более средств, работающих в автоматизированном или автоматическом режиме, является одним из основных свойств, по которому оценивается целесообразность таких свойств как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Для повышения надежности применяют функциональный и тестовый контроль.

Функциональный контроль применяют в процессе эксплуатации оборудования, а тестовой контроль, как правило, после изготовления, а также при ремонте. Конечной целью диагностирования является коррекция - устранение дефекта или его последствий. Применительно к ГПС коррекция означает либо исключение из технологического процесса неисправного элемента (сломанного инструмента, вышедших из строя станка, робота и т.д.), либо перестройку технологического процесса. Например, в случае зафиксированного размерного износа режущего инструмента должна быть изменена управляющая программа обработки детали с учетом изменения размеров. Устранение дефекта может производиться за счет введения структурной или информационной избыточности (в ГПС заранее вводится резервное, избыточное оборудование- транспортная система, магазины инструмента и т. д.).

С целью повышения работоспособности автоматизированного оборудования, обеспечение заданной размерной точности изготавливаемых изделий с достаточно низкой шероховатостью поверхности обработки предусматривается введение устройства диагностирования процесса резания.

При создании высокоавтоматизированных гибких производственных систем необходимо использовать специальные диагностические устройства, осуществляющие надежный автоматический контроль за состоянием основных узлов и процессов в станке при металлообработке. При этом особое внимание уделяется режущему инструменту и его работоспособности, так как несвоевременное обнаружение отказов инструмента может иметь самые различные последствия - от появления брака до аварийной ситуации.

В связи с этим необходимо предусматривать контроль текущего состояния режущего инструмента с заменой отказавшего инструмента резервным, а при необходимости и с заменой забракованной заготовки.

Автоматический контроль состояния и резервирование режущего инструмента позволяют:

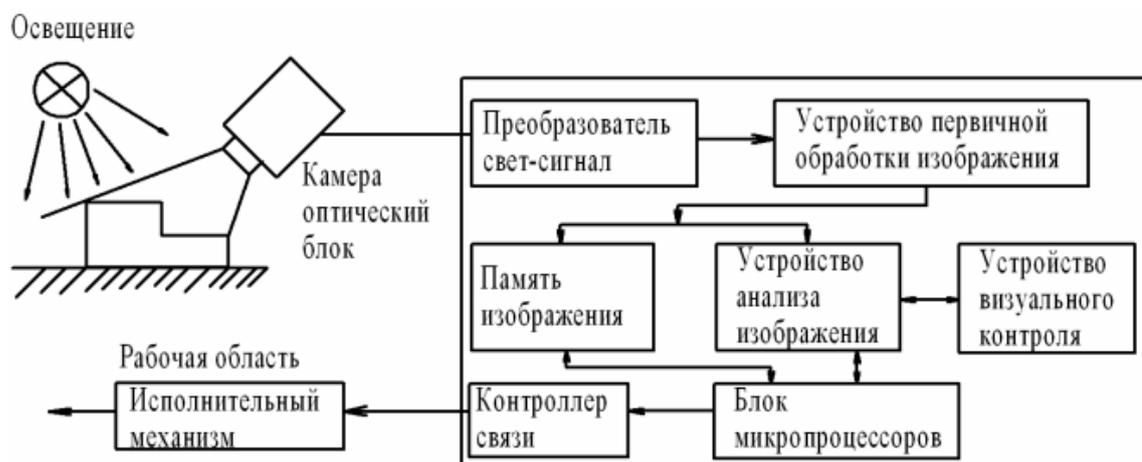
1. Повысить надежность процесса металлообработки (определять правильность его протекания, автоматически восстанавливать работоспособность станка при отказах инструмента).
2. Уменьшить расход инструмента.
3. Улучшить качества обработки и сократить брак.
4. Предохранить механизмы и узлы станка от поломки и преждевременной потери точности.
5. Улучшить режимы обработки.
6. Реализовать "безлюдную технологию".

Как показывает практика и эксперименты поломки вызывают большое число отказов в начале и середине работы инструмента. В начальный период работы инструмента идет повышенный размерный износ, затем, стабильный период нормального износа, практически пропорциональному пути резания.

У большинства металлорежущих инструментов нарушения работоспособности при выполнении различных технологических операций составляют: 10% - скалывание, 12% - отделение режущей части, 21% - поломоки, 22% - выкрашивание и около 35% - износ. При этом затраты времени на обнаружение и удаление вышедших из строя металлорежущих инструментов составляют около 10% от времени работы металлорежущих систем. [1]

Таким образом, диагностирование износа режущего инструмента имеет большое значение для повышения надежности автоматизированного оборудования.

За рубежом и в России внедряются новые информационно-измерительные системы, использующие метод координатных измерений. Наибольшее распространение получили координатные измерительные машины, в основном портальной компоновки. Измерения производятся в большинстве случаев в декартовой системе координат с использованием контактных измерительных головок различной конструкции (тригерных, сканирующих).



Общая структурная схема системы технического зрения

Однако существует область изделий, для которых контактный метод не эффективен (пластиковые, резиновые изделия, мелкие, нежесткие, легко деформирующиеся изделия). Также затруднен контроль сложно-профильных изделий с острыми гранями, в основном это — режущий инструмент. В этом случае следует использовать бесконтактные методы контроля.

Применяются следующие методы: визуально-оптический, метод лазерного измерения линейных размеров, системы технического зрения (СТЗ).

Анализ показывает, что для автоматизированного контроля наиболее оптимальным является использование оптико-электронных СТЗ.

Структурно оптико-электронные СТЗ можно разбить на механическую часть, аппаратную часть и программное обеспечение. Выделяют следующие функции систем технического зрения: получение изображения в поле зрения, определение наличия требуемых объектов, распознавание и выделение заданного объекта на изображении, определение координат объекта или его характерных точек относительно координатной системы датчика изображения, формирование сигналов управления.

Быстродействующая Система Технического Зрения (СТЗ) предназначена для автоматического распознавания, определения координат, контроля внешнего вида объектов произвольной формы и может быть использована в технике, медицине и научных исследованиях.

СТЗ включает в себя аппаратные и программные средства, которые позволяют решать широкий круг пользовательских задач. Наиболее эффективное использование СТЗ может быть достигнуто там, где необходимо получить высокую производительность работы оборудования. Например, на сборочных операциях в машиностроении, в микроэлектронике, на конвейерах в промышленности, на операциях контроля деталей и надписей и т.д.

Этот метод предусматривает последовательное описание образа в виде вектора параметров изображения. Каждый текущий вектор сравнивается с эталонным. По результатам сравнения СТЗ принимает решение об образе, совпадает он с эталоном или нет. Благодаря этому методу достигается высокая надежность распознавания ( $P=0.9999$ ) [2]

Список литературы:

1. По материалам сайта «Технология», Методы диагностики состояния режущего инструмента [http://texnologia.ru/documentation/cutting\\_of\\_metals/7.html](http://texnologia.ru/documentation/cutting_of_metals/7.html)

2. Прогрессивные технологии в машиностроении: тематический сборник научных трудов / редколлегия: В.И. Гузеев (гл. редактор) и др. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007