

УДК 621.78.72:621.431.73

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СИЛ РЕЗАНИЯ

Д. М. Маханов, П. П. Огур

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Принятие проектных решений в области машиностроения и оценка их качества в основном основаны на данных экспериментов. Актуальной задачей является извлечение максимального объема информации о процессах и устройствах при ограниченных затратах.

Процессы обработки материалов резанием представляют собой сложные многофакторные процессы. В этих случаях часто исследуемая величина оказывается случайной и зависит от множества как контролируемых, так и неконтролируемых факторов. Поэтому резание все чаще рассматривается с вероятностно-статистической точки зрения, а в экспериментальных исследованиях применяются методы планирования эксперимента, основанные на принципах математической статистики.

Для обработки заготовки необходимо удалить определенный слой металла, преодолевая сопротивление срезаемого материала, так называемую силу резания. Эта сила зависит от условий обработки. В процессе чернового фрезерования, когда с заготовки снимается значительный слой металла в несколько миллиметров, сила резания достигает сотен и тысяч килограммов, а при чистовом фрезеровании она уменьшается до десятков килограммов. Поэтому для выбора геометрии и конструкции фрез, проектировании приспособлений и станков требуется учитывать характер обработки и величины сил резания.

Целью данной работы является разработать методику построения многофакторной математической модели, характеризующей зависимость максимальной тангенциальной составляющей силы резания от элементов геометрии зуба торцевой фрезы при фрезеровании.

Для достижения этой цели в работе будет использован метод многофакторного регрессии, который позволит определить значимость каждого из факторов, влияющих на силу резания.

Проведение серии экспериментальных исследований на фрезерных станках с различными конфигурациями инструментов позволит собрать необходимые данные для построения модели. Каждый эксперимент должен тщательно документироваться, фиксируя не только силы резания, но и условия обработки, такие как скорость и подача. Это позволит обеспечить высокую точность и достоверность полученных результатов.

В результате исследования требуется не только разработать математическую модель, но и составить рекомендации по оптимизации процесса фрезерования материала. Это может оказать значительное влияние на производительность и качество обработанной продукции, а также снизить затраты на материальные ресурсы и время обработки.

Построение многофакторной математической модели зависимости максимальной тангенциальной составляющей силы резания от элементов геометрии зуба торцевой фрезы при фрезеровании металла может быть выполнено с использованием различных методов. На сегодняшний день существует множество методов решения данной проблемы

1. Метод многофакторного регрессионного анализа - этот метод предполагает использование статистических техник для определения зависимости между одной зависимой переменной (в данном случае, максимальной тангенциальной силой резания) и несколькими независимыми переменными (геометрическими параметрами зуба фрезы).

Применяется для сбора экспериментальных данных, определение значимости различных факторов (например, угол подачи, угол наклона, параметры обработки) и построение регрессионной модели.

2. Метод ортогональных колонок (ОАТ) - этот метод позволяет систематически исследовать влияние различных факторов на результирующую величину, изменяя один фактор при фиксированных значениях остальных, например, определение значимости и влияния каждого параметра геометрии зуба фрезы на величину силы резания.

3. Метод многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) этот метод используется для выявления статистически значимых различий между средними значениями в разных группах, основанных на различных комбинациях факторов, например, анализ влияния нескольких факторов на силу резания, что позволит определить, какие факторы имеют наибольшее влияние.

4. Методы теории вероятностей и статистики - применение статистических инструментов для анализа данных, таких как корреляционный и регрессионный анализ. Например, выявление зависимостей между параметрами геометрии зубов и силой резания на основе исторических данных.

5. Метод численного моделирования – этот метод основан на создании численной модели процесса резания с помощью программного обеспечения для симуляции (например, ANSYS, Abaqus), а именно моделирование различных сценариев фрезерования для анализа влияния параметров зубьев на силу резания.

6. Метод машинного обучения – метод основан на использовании алгоритмов машинного обучения (например, регрессия, деревья решений, нейронные сети) для построения модели на основе больших объемов данных. Используется в обработке исторических данных, чтобы

автоматически выявлении сложные зависимости между геометрическими характеристиками зуба фрезы и резательными силами.

7. Метод многомерного анализа данных – этот метод основан на использовании методов сокращения размеров (например, главные компоненты) для выявления закономерностей и зависимости, к примеру анализ многомерных данных для выделения основных факторов, влияющих на максимальную тангенциальную силу резания.

Выбор метода зависит от доступности данных, сложности задачи и требований к точности модели. Часто необходимо комбинировать несколько методов для достижения наиболее достоверных результатов.

8. Ротатабельное планирования второго порядка может включать в себя использование методов и подходов, направленных на оптимизацию процессов планирования с учетом изменяющихся условий и неопределенности.

К достоинствам ротатабельного планирования второго порядка можно отнести:

1. Адаптивность: позволяет быстро реагировать на изменения внешних и внутренних факторов, таких как износ углов режущего инструмента.

2. Улучшение точности прогнозов: за счет составления матрицы планирования, а также предварительного проведения измерения фактической силы резания.

3. Оптимизация ресурсов: способствует более эффективному использованию ресурсов, снижению затрат за счет эффективного выбора параметров режущего инструмента.

4. Интеграция с другими системами: легко интегрируется с другими процессами, такими как шлифование, точение, строгание и т.п.

К недостаткам ротатабельного планирования второго порядка можно отнести:

1. Сложность внедрения: разработка и внедрение ротатабельного планирования может быть сложным процессом, требующим значительных инвестиций в технологии и обучение персонала.

2. Чувствительность к данным: как и в любых моделях, неточности в исходных данных могут приводить к неверным выводам и решениям.

3. Необходимость частого пересмотра: требует регулярного пересмотра и обновления программного обеспечения, что может быть ресурсозатратным.

4. Потенциальные затраты на программное обеспечение: высокая стоимость программного обеспечения и технологий, необходимых для эффективного ротатабельного планирования.

Таким образом решением проблем в промышленном производстве, таких как выбор оптимальных режимов резания и параметров геометрии режущего инструмента, можно осуществить с помощью методов

математического моделирования и экспериментального планирования. Рассмотрим один из таких методов, а именно ротатбельное планирование второго порядка (центральный композиционный план). Для грамотного определения требуемых параметров требуется придерживаться следующих принципов:

1. Определение переменных и границ: определите ключевые переменные, влияющие на процесс резания. Обычно это скорость резания, подача, глубина резания и углы инструмента. Установите диапазоны значений для каждой переменной на основе возможностей оборудования и требований к качеству.

2. Построение экспериментального плана: ротатбельное планирование второго порядка включает в себя проведение экспериментов в точках, равномерно распределённых вокруг центра плана, что обеспечивает стабильность модели при экстраполяции. Центральный композиционный план состоит из полного факторного плана, центральных точек и звёздных точек для оценки криволинейной зависимости.

3. Проведение экспериментов: выполните эксперименты в соответствии с разработанным планом. Измерьте параметры выхода, такие как сила резания, качество поверхности, износ инструмента и т.д.

4. Математическое моделирование: постройте модель, которая связывает входные переменные с выходными показателями. Обычно это квадратичная регрессия, которая включает линейные, квадратичные и взаимодействующие члены.

5. Анализ и интерпретация результатов: используйте полученную модель для поиска оптимальных условий, которые минимизируют или максимизируют желаемые выходные параметры. Постройте поверхности отклика и линий уровня для визуализации влияния переменных.

6. Проверка и валидация: проведите дополнительные эксперименты, чтобы подтвердить адекватность модели и корректность найденных оптимальных параметров.

7. Внедрение: внедрите найденные оптимальные режимы и параметры на производстве, обеспечивая их мониторинг и корректировку при необходимости. Этот подход позволяет систематически и эффективно исследовать влияние различных параметров на процесс резания и находить оптимальные решения, повышая производительность и качество продукции.

Ротатбельное планирование второго порядка - эффективный метод многофакторной математической модели зависимости максимальной тангенциальной составляющей силы резания от элементов геометрии зуба торцевой фрезы при. Он экономичен, позволяет изучать нелинейные зависимости и оптимизировать процессы. Несмотря на некоторую сложность реализации, метод предоставляет надежные статистические оценки, делая его ценным инструментом в исследованиях и инженерных задачах.