Приложение к стенограмме

Доклад Уколова Станислава Сергеевича

**Слайд 1**. Уважаемый председатель диссертационного совета! Уважаемые члены диссертационного совета, оппоненты и присутствующие! Представляю вашему вниманию результаты диссертационной работы «Разработка алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента для САПР управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ».

**Слайд 2**. Актуальность работы определяется прежде всего высокой сложностью задачи оптимальной маршрутизации режущего инструмента, которая не только не решена в общем виде, но даже ещё нет её исчерпывающей формулировки. Исследуются только некоторые частные случаи, причём как правило предлагаются эвристики, дающие решения, но чрезвычайно сложно судить об их оптимальности. На практике зачастую используется интерактивный способ назначения маршрута, и вопрос оптимальности вообще не ставится. Поэтому интересно построение точных алгоритмов, причём получение оценок для возможных решений даже важнее собственно получения оптимальных решений. Интересно также получение решений близких к оптимальным за разумное время и с разумными вычислительными ресурсами. Для этого следует расширять классы задач маршрутизации, подлежащих решению, в частности шире использовать непрерывные модели оптимизации, в дополнение к традиционно применяемым чисто дискретным.

**Слайд 3**. Исходя из этих соображений была выработана цель диссертационной работы – разработать алгоритмы решения задачи оптимальной маршрутизации режущего инструмента и методики применения данных алгоритмов в САПР УП для машин фигурной листовой резки с ЧПУ. Для её решения предполагалось решить следующие задачи:

* Разработать точный алгоритм решения обобщённой задачи коммивояжера с ограничениями предшествования (PCGTSP), позволяющий оценить качество решений на основе вычисления нижней оценки
* Разработать эвристики поиска оптимального положения точек врезки в контуры деталей и последовательности обхода контуров в процессе решения задач непрерывной резки (CCP, SCCP)
* Разработать программное обеспечение, реализующие эти алгоритмы
* Разработать схемы информационного обмена и методику использования алгоритмов оптимальной маршрутизации режущего инструмента в CAD/CAM-системах при автоматическом проектировании управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ

**Слайд 4**. Научная новизна заключается в том, что

* Впервые разработан алгоритм ветвей и границ для обобщенной задачи коммивояжера с ограничениями предшествования PCGTSP. Он позволяющий строить нижние оценки для решений указанной задачи и способен находить точные решения для задач значительно большей размерности, чем ранее известные алгоритмы, а также решения близкие к оптимальным для задач ещё большей размерности;
* Разработан алгоритм решения задачи непрерывной резки, не использующий механизм дискретизации контуров, путём сочетания двух эвристик для непрерывной и дискретной оптимизации. Кроме задачи непрерывной резки CCP (Continuous Cutting Problem), он оказался способен решать задачу сегментной резки SCCP (Segment Continuous Cutting Problem);
* В обоих алгоритмах учёт ограничений предшествования приводит к уменьшению вычислительной сложности задачи и сокращению времени счёта.
* Модели, использованные в данных алгоритмах, могут обобщаться для их применения для решения ещё более широких классов задач, в частности задачи обобщенной сегментной резки (Generalized SCCP) и даже интегрированной задачи раскроя и маршрутизации (Integrated Nesting and Routing Problem).

**Слайд 5**. Практическая значимость работы заключается в том, что:

1. Разработанные алгоритмы могут применяться для проектирования маршрута инструмента машин листовой резки с ЧПУ в автоматическом режиме, в том числе и при применении нестандартных техник резки;
2. Совместное использование дискретных и непрерывных моделей оптимизации позволяет уменьшить временные и стоимостные параметры маршрута инструмента (в некоторых случаях — до 10%) по сравнению с чисто дискретными моделями;
3. Разработанное программное обеспечение позволяет эффективно решать задачи большой размерности;
4. Разработанные схемы информационного обмена, форматы файлов и методика использования алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента позволяют интегрировать разработанное программное обеспечение в существующие российские САПР «Сириус» и «T-Flex», а также обеспечивают эффективное тестирование новых оптимизационных алгоритмов.
5. Результаты исследований используются в образовательном процессе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина».

**Слайд 6**. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях. Список на экране.

**Слайд 7**. По теме работы осуществлено 18 публикаций, в том числе 9 в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, из них 8 публикаций проиндексировано в международных базах данных Web of Science и Scopus. Список на экране.

**Слайд 8**. В машиностроении, производстве металлоконструкций и многих других отраслях промышленности значительная часть продукции производится из заготовок, получаемых из листовых материалов. Для этого на предприятиях используются отечественные и зарубежные системы автоматизированного проектирования (САПР), предназначенные для разработки управляющих программ (УП) для машин листовой резки с ЧПУ (числовым программным управлением). Проектирование управляющих программ для технологического оборудования термической резки — это сложный, многоступенчатый процесс, в котором можно выделить по крайней мере следующие этапы: 1. Геометрическое моделирование и кодирование геометрии деталей / заготовок; 2. Разработка раскройной карты листового материала; 3. Проектирование маршрута движения режущего инструмента по раскройной карте с учетом технологических ограничений оборудования; 4. Собственно генерирование управляющей программы для конкретного вида станка с ЧПУ. Первая и последняя задача представляют собой чисто технические проблемы, а вот второй и третий этап – это сложные задачи, не имеющие полного решения на настоящий момент. Ввиду того, что они являются NP-трудными, их точное решение зачастую непрактично, поэтому для их решения широко применяются эвристические и метаэвристические подходы. В диссертационной работе исследовался только третий этап, то есть задача оптимальной маршрутизации режущего инструмента, или сокращённо задача резки.

**Слайд 9**.