

УДК 651.326

И.П. Хавина, В.В. Лимаренко

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

*В статье показана разработанная структура системы поддержки принятия решений для автоматизации оптимизации технологических процессов механообработки авиаоборудования. Рассмотрены основные функциональные блоки СППР и их назначение. Приведено обоснование применяемых математических моделей и методов.*

**Ключевые слова:** оптимизация, механообработка, технологический процесс.

### Введение

Сегодня при изготовлении авиационного оборудования и комплектующих для авиационных двигателей общепринятой практикой является применение современного дорогостоящего оборудования и инструментальных комплексов. При этом производство авиационных комплектующих и двигателей имеет ряд особенностей: средние по величине габаритные размеры выпускаемых изделий; высокая точность деталей и изделий в целом; сложность конфигурации деталей; широкое применение труднообрабатываемых и дорогих материалов; большое разнообразие используемых процессов механообработки; жесткий контроль качества; сравнительно частая смена объектов производства; наличие мелкосерийного производства и использование одного и того же оборудования для производства целого ряда изделий, имеющих совершенно разные конфигурации и размеры партий [1]. С учетом этих особенностей значительное внимание уделяется проблеме повышения производительности технологического процесса (ТП).

Уменьшение затрат времени и средств на изготовление единицы изделия, гарантированное получение изделий с необходимым уровнем качества и заданными свойствами, являются обязательными условиями ТП механообработки [2].

Задачи синтеза ТП решаются в два этапа:

- первый – синтез структуры ТП;
- второй – параметрическая оптимизация.

Синтез структуры технологического процесса направлен на создание оптимальной структуры в виде последовательности операций технологического процесса, а целью параметрической оптимизации является поиск оптимальных режимов выполнения операции, с учетом всех ограничивающих факторов.

Из теории оптимизации известно, что параметрическую оптимизацию можно осуществлять только после оптимизации структуры объекта, в том числе технологической системы, в которую входят техно-

логический процесс обработки, оборудование и инструмент [3, 4].

Задача структурного синтеза ТП механообработки является сложной задачей, т.к. ТП механообработки характеризуется низкой формализацией при многовариантности решений, многомерностью, наличием эмпирической информации и скрытых объективных законов.

Автоматизировать процесс поиска оптимальной структуры и параметров ТП можно с применением системы поддержки принятия решений (СППР) и методов искусственного интеллекта.

Целью оптимизации ТП механообработки может быть, как уменьшение энергозатрат, повышение производительности, уменьшение себестоимости, так и различные комбинации данных целей. В связи с этим задача оптимизации структуры ТП механообработки превращается в многокритериальную оптимизационную задачу (МОЗ) [5 – 7].

Традиционные инженерные методы решения МОЗ строятся на принципах сведения МОЗ к некоторой однокритериальной задаче [8, 9]. Для этого применяются различные методы: метод последовательных уступок, метод главного критерия, метод линейной свертки, метод относительного минимакса и т.п. При использовании данных методов инженеры вынуждены идти на определенные уступки и приближения, которые, в свою очередь, в большей или меньшей степени искажают полученный результат, внося в него определенные ошибки и погрешности, размер которых зависит от конкретного метода и размера принятых условностей.

В общем случае МОЗ не имеет решения в классическом смысле данного понятия, но существуют методы, которые позволяют минимизировать возможные ошибки, характерные для метода свертки МОЗ. Таким методом является метод построения Парето-оптимального решения [8, 9].

Суть Парето-оптимального решения состоит в том, что между критериями существует область компромисса, содержащая так называемые эффек-

тивные решения, для которых невозможно одновременное улучшение всех критериев. Эффективность решения означает, что оно не может быть улучшено по какому-либо критерию без ухудшения по остальным. Но, при этом, все остальные критерии находятся в области достаточно близкой к оптимальной [8].

Недостаток данного метода в большом объеме вычислений, которые необходимо провести, и в зависимости полученного результата от полноты использованных в расчетах критериев и параметров, которые, в свою очередь, так же должны быть рассчитаны.

Эффективность как структурной, так и параметрической оптимизации процесса резания определяется полнотой используемых входных данных. Входными данными для СППР являются, как параметры, характеризующие физические явления в процессе резания, так и технические факторы, влияющие на сам процесс резания. В [10] были приведены основные физические явления и факторы, влияющие на параметры процесса резания, которые должны быть использованы в качестве входных.

Одним из возможных методов определения оптимальной структуры ТП изготовления изделий с помощью механообработки, то есть нахождения оптимальной альтернативы из множества возможных альтернатив, является применение производственных правил, реализованных с помощью языка Visual Prolog.

Рассмотрим структуру разработанной системы поддержки принятия решений для оптимизации технологических процессов механообработки авиаоборудования.

Общая структурная схема системы показана на рис. 1.

Для функционирования системы бала разработана и создана база знаний, которая включает в себя данные по станкам, операциям, приспособлениям, инструментам и т.п. данные, необходимые как для проведения расчетов, так и для операций синтеза.

Структура разработанной базы знаний показана на рис 2.

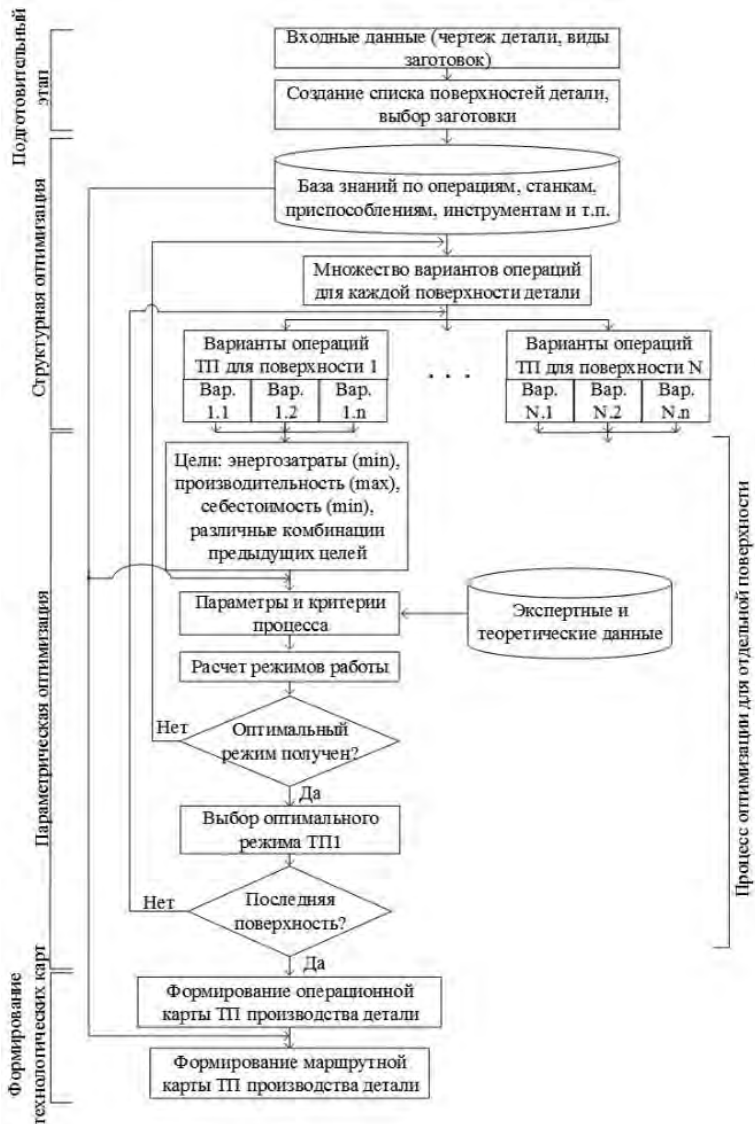


Рис. 1. Структурная схема системы

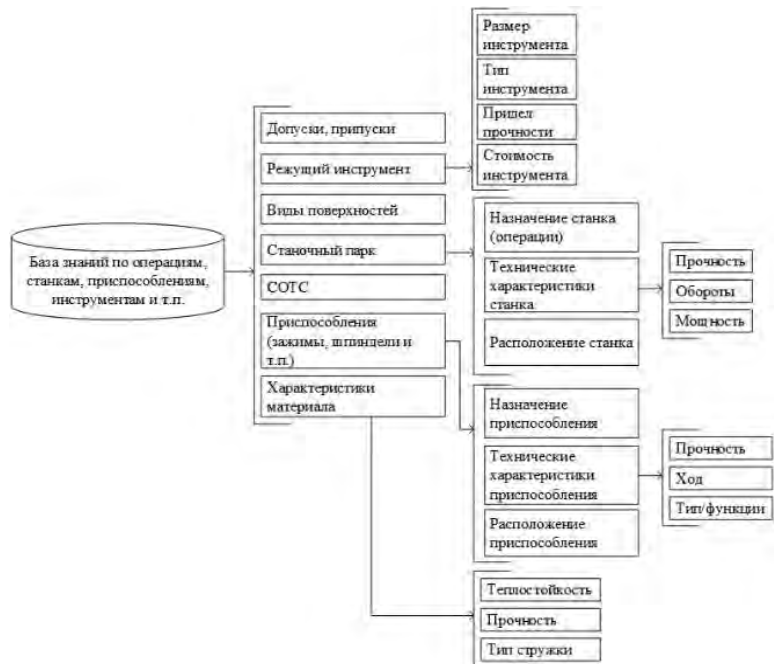


Рис. 2. Структурная схема базы знаний

Работу системы можно разбить на четыре этапа:

– подготовительный этап. Его задача – создание списка поверхностей детали и выбор заготовки. На основе чертежа детали, создается список поверхностей деталей, их размеры, типы материалов из которых будет создана деталь (марка стали) и определяется базовая поверхность для начала обработки детали;

– структурная оптимизация. Задача данного этапа – на основе данных, полученных на предыдущем этапе, и данных из базы знаний СППР (рис. 2) создать множество возможных вариантов операций для обработки каждой поверхности, с целью выбора наиболее оптимального варианта для каждой из них. В дальнейшем из этих вариантов и будет синтезирован общий ТП механообработки. Работа данного блока базируется на использовании возможностей языка Visual Prolog;

– параметрическая оптимизация. Задача данного этапа – определить параметры, при которых будет выполняться каждая операция ТП при конкретных технических условиях. Если же оптимальное решение, которое найдено в результате работы данного этапа, невозможно практически осуществить на имеющемся оборудовании, то работа системы вернется к этапу генерации нового множества возможных вариантов ТП;

– формирование технологических карт. Это завершающий этап работы системы. Задача данного этапа – формирование карты ТП из операций, которые были выбраны на предыдущих этапах и расчет оптимального ТП для гибкого производственного модуля (ГПМ).

## Вывод

В результате работы данной системы планируется получить оптимальный технологический процесс в виде технологических карт с учетом необходимых на данном этапе существования предприятия целей оптимизации ТП.

Использование данной системы позволит автоматизировать расчет ТП механообработки изделий, в значительной мере сократить необходимый объем

инженерного времени на разработку ТП. Также данная система позволит смоделировать ТП механообработки при различных критериях оптимизации и выбрать наиболее стратегически выгодный для экономики предприятия.

## Список литературы

1. Богуслаев А.В. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография / А.В. Богуслаев, Ал.А. Олейник, Ан.А. Олейник, Д.В. Павленко, С.А. Субботин. – Запорожье: ОАО Мотор Сич, 2009. – 468 с.
2. Вейц В.Л. Динамика и моделирование процессов резания при механической обработке / В.Л. Вейц, В.В. Максаров, П.А. Лонцих. – Иркутск: РИО ИГИУВа, 2000. – 189 с.
3. Davim I. Machining: fundamental and recent advanced / I. Davim, J. Paulo. – London: Springer, 2008. – 364 p.
4. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования / Д.И. Батищев. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
5. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – К.: Наукова думка, 1989. – 344 с.
6. Яцерицын П.И. Теория резания. / П.И. Яцерицын, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – 3-е изд., испр. и доп. – Мн.: Новое знание, 2008. – 512 с.
7. Системный анализ, структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов / Н.В. Верезуб, Е.В. Островерх, А.А. Симонова. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 170 с.
8. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – К.: Наукова думка, 1989. – 192 с.
9. Феофанов А.Н. О методах многокритериальной оптимизации в связи с их применением к задаче построения гибких автоматических линий (ГАЛ) / А.Н. Феофанов, И.В. Иевлев // Стружка. “Роспечат”. – 2006. – № 3 (14). – С. 20-23 ([www.struzhka.ru](http://www.struzhka.ru)).
10. Хавина И.П. Применение нейронных сетей в технологических процессах механообработки / И.П. Хавина, В.В. Лимаренко // Автоматизированные технологии и производства: Сборник научных трудов. – Магнитогорск: издательство Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2013. – 326 с.

Поступила в редколлегию 1.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.И. Обод, Харьковский национальный университет “ХПИ”, Харьков.

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНООБРОБКИ

І.П. Хавіна, В.В. Лимаренко

У статті показана розробка структури системи підтримки прийняття рішень для оптимізації технологічних процесів механообробки авіаустаткування. Розглянуто основні функціональні блоки СППР і їх призначення. Наведено обґрунтування застосовуваних математичних моделей і методів.

**Ключові слова:** оптимізація, механообробка, технологічний процес.

## SYSTEM OF SUPPORT OF MAKING A DECISION OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MACHINING

I.P. Khavina, V.V. Limarenko

The article describes the structure of the developed decision support system for automating the optimization of technological processes of machining aviation equipment. The main functional blocks of DSS and their purpose. The substantiation of applied mathematical models and methods.

**Keywords:** optimization, machining, technological process.