

- возможность управления станком в ручном или автоматическом режиме по желанию оператора;
- данная система является адаптивной, существует возможность модификации системы для модернизации систем позиционирования на различных станках;
- невысокая стоимость компонентов.

Потенциальными потребителями могут быть металлообрабатывающие предприятия: организация оснастки металлообрабатывающих станков средствами автоматического управления.

Работа была выполнена на базе студенческой НИЛ полупроводниковой техники, организованной на кафедре «Информационно-измерительная техника и технологии» приборостроительного факультета.

УДК 519.6

## СИСТЕМНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА БАЗЕ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

*Ю.К. Машунин*

*Дальневосточный Федеральный университет*

Проблема выпуска продукции высокого качества связана с созданием технических, технологических систем, материалов, отвечающих современным достижениям науки и техники. Функционирование технических, технологических систем, а также структура материалов зависят от некоторого множества функциональных характеристик, которые необходимо учитывать на стадии проектирования. Улучшение по одной из характеристик приводит к ухудшению других характеристик. А для улучшения качества изготавливаемого изделия необходимо улучшения всех характеристик в совокупности. Для решения таких проблем мы используем теорию и методы векторной (многокритериальной) оптимизации [1-7].

**Цель данной работы** – создание методологии выбора оптимальных параметров технических, технологических систем и материалов на основе векторной оптимизации. Методология включает построение математической модели для объекта или системы принятия решений, алгоритм и программного обеспечения решения векторной задачи математического программирования.

Для реализации поставленной цели в работе рассмотрены и решены следующие задачи.

Представлено построение математической модели в виде векторной задачи математического программирования:

$$\text{Opt}F(X) = \{\max F_1(X) = \{\max f_k(X), k = \overline{1, K_1}\}, \quad (1)$$

$$\min F_2(X) = \{\min f_k(X), k = \overline{1, K_2}\}, \quad (2)$$

$$\text{at restriction } f_k^{\min} \leq f_k(X) \leq f_k^{\max}, k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

$$x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j = \overline{1, N}, \quad (4)$$

где  $F(X) = \{f_k, k = \overline{1, K}$  – векторный критерий, каждая компонента которого представляет характеристику исследуемого объекта, функционально зависящую от вектора переменных  $X, x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j = \overline{1, N}$ , [2, 3, 7].

Векторная задача математического программирования используется для трех видов задач принятия оптимального решения. Первая задача связана с выбором оптимальных параметров технической систем, которые находятся в зависимости от некоторого множества функциональных характеристик системы. Исследование такого класса задач представлено в работах [1, 2, 3].

Вторая задача связана выбора оптимальных параметров технологического процесса в зависимости от технологических характеристик этого процесса [7]. Третья задача представляет задачу выбора оптимальной структуры (компонентов) материала в зависимости от функциональных характеристик этого материала [6, 7]. Предполагается, что все три задачи используются на стадии проектирования и создания нового технического объекта (системы) в рамках информационной и математической концепции [4, 5]. Реализация методологии представлена на решении численных задач принятия решений в инженерных системах: технических с четырьмя параметрами, технологических с двумя и материалов с четырьмя параметрами. Решение проблемы принятия решений включает: построение численной модели объекта в виде векторной задачи; решение задачи принятия решений при равнозначных критериях; решение векторной задачи принятия решений с приоритетом критерия.

Данная методология имеет системный характер и может использоваться при моделировании как технических, так и экономических систем. Автор готов участвовать в решении векторных задач линейного и нелинейного программирования.

#### Список использованных источников

1. Машунин Ю.К., Машунин К.Ю. Моделирование технических систем в условиях неопределенности и принятие оптимального решения // Изв. РАН. ТиСУ. – 2013. – № 4. – С. 19–35.
2. Mashunin Yu.K. Optimum designation in interrelation Technical Systems – materials (Theory) // Математические методы в технике и технологиях: сб.тр. междунар. Науч. Конф.: в 12 т. Т.4 /под общ. Ред. А.А.Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2018. – С. 40–46.
3. Yu.K. Mashunin. Concept of Technical Systems Optimum Designing (Mathematical and Organizational Statement) // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 Proceedings 8076394. Saint Petersburg. Russia / WOS: 000414282400287 ISBN:978-1-5090-5648-4. (Web of science).
4. Yu.K. Mashunin. Optimum Designing of the Technical Systems Concept (Numerical Realization) // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 Proceedings 8076395. Saint Petersburg. Russia/ WOS: 000414282400288 ISBN:978-1-5090-5648-4. (Web of science).
5. Mashunin K. Yu., and Mashunin Yu.K. Vector Optimization with Equivalent and Priority Criteria. Journal of Comput. Syst. Sci. Int., 2017. – Vol. 56. – No. 6. – Pp. 975–996. <https://rdcu.be/bhZ8i> (Scopus).
6. Машунин Ю.К. Системный анализ и оптимальный выбор структуры материала // Математические методы в технике и технологиях: сб.тр. междунар. Науч. Конф.: в 12 т. Т.5 /под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2019. – С. 75–83.
7. Yu.K. Mashunin. Mathematical Apparatus for Selection Optimal Parameters of Technical, Technological Systems and Materials Based Vector Optimization // American Journal of Operation Research. – 2020. – № 10. – 173–239 p. ISSN Online 2160-8849 ISSN Print 2160-8830 <https://www.org/journal/ajor>

УДК 532.5

#### К РАСЧЕТУ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ЛЬДА

*Д.Н. Попов, О.В. Варфоломеева, Д.А. Хворенков, А.А.Лебедева*

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова*

Развитие элементной базы промышленных и бытовых устройств генерации льда до недавнего времени основывалось на громоздком экспериментальном материале предприятий-изготовителей указанного теплообменного оборудования. В современных условиях дорогостоящие, материалоемкие и энергоемкие эксперименты заменяются более действенным средством – аппаратом математического моделирования. Так, рассчитываемое время  $\tau$  процесса образования льда требуемой толщины на конкретной охлаждаемой поверхности является основанием для установления производительности аппарата.

Процессы образования и таяния льда традиционно описываются формулировками задачи Стефана. В настоящее время существует большое многообразие подходов к численной реализации данной задачи, наиболее полный обзор, которых содержится в работе [1]. Подход авторов