

УДК 658.5:687

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE AUTOMATED RENDERER
OF LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGICAL PROCESSES
GEOMETRIC MODELING RESULTS**

М.А. ЧИЖИК, Е.А. КАЛИБЕРДА, И.В. ФЕДОТОВА

M.A. CHIZHIK, E.A. KALIBERDA, I.V. FEDOTOVA

(Омский государственный технический университет)

(Omsk State Technical University)

E-mail: margarita-chizhik@rambler.ru; elekaliberda@rambler.ru; igrig64@mail.ru

В статье предложен подход к автоматизации многопараметрических технологических процессов легкой промышленности на основе многомерной геометрии. Разработаны алгоритмическая модель и программная реализация визуального представления численных результатов моделирования в виде графических моделей.

In the article an approach to light industry multiparametric technological processes automation based on multidimensional geometry is suggested. An algorithmic model and software implementation of modeling numerical results visual representation as graphic models are developed.

Ключевые слова: автоматизированное средство, геометрическая модель, многопараметрический процесс, гиперплоскость, гиперповерхность, база данных, визуальная модель, пользовательский интерфейс.

Keywords: geometrical model, multiparametric process, hyperplane, hypersurface, database, visual model, software component, user interface.

Оптимизация производственного процесса путем выбора оптимальных параметров является одним из условий решения важнейших технико-экономических задач современной легкой промышленности, направленных на обеспечение качества выпускае-

мой продукции, рост производительности труда, снижение себестоимости и расхода материалов. Актуальность данного направления возрастает в условиях постоянно обостряющейся конкуренции и технологизации отрасли, использования инновационных ма-

териалов, оборудования и технологий производства.

Основная проблема отраслевых предприятий заключается в противоречии между необходимостью оперативно и систематически осуществлять подбор оптимальных производственных параметров и отсутствием у производителей эффективных методов их установления.

Выбор оптимальных параметров представляет собой многопараметрическую задачу, решение которой базируется на экспериментальных исследованиях и методах математического моделирования и оптимизации. Однако на практике эти методы применяются крайне редко, что обусловлено: временными и финансовыми затратами на проведение экспериментальных исследований; большим объемом математических расчетов и сложностью реализации алгоритмов; отсутствием комплексных программных средств построения многомерных моделей.

Одним из способов, который позволяет преодолеть проблему, является применение к решению многопараметрических задач метода геометрического моделирования, позволяющего рассматривать многомерные объекты в качестве функциональных пространств многих переменных в виде графических моделей гиперплоскостей и гиперповерхностей. Геометрические преобразования помогают перейти от многомерного измерения к стандартному числу измерений [1...3].

С общеметодических позиций графические изображения являются доступной и удобной формой представления информации для специалистов, их применение позволяет уменьшить время принятия решений в среднем на 30%, а число ошибок на 15% [4].

Традиционно постановка задачи предусматривает формирование и анализ исходной (априорной) информации и является основополагающей от точности формулировки и качества проведения, от которой зависят все последующие результаты. Инициацией начала работ является возникновение какой-либо проблемы, требующей использования методов моделирования, и получение задания на проектирование. Планирование и проведение эксперимента занимает приоритетное положение и направлено на

уменьшение количества и длительности экспериментов при обеспечении достоверности и полноты результатов моделирования.

Геометрическое моделирование предполагает построение и исследование производственных процессов на многопараметрических, многокритериальных моделях и получение оптимальных решений.

Математическая формулировка постановки задачи исследований. Пусть имеется производственный процесс, компонентами которого является набор $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ – параметров технологического процесса легкой промышленности, набор $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ – заданная совокупность критериев для определения оптимальной области решения. В качестве рассматриваемых параметров могут выступать, например, параметры оборудования или свойства материала, критериями являются показатели качества изделия.

Каждому набору параметров X соответствуют количественные значения критериев Y , при этом между X и Y существует взаимозависимость. Каждому из Y можно задать значения y_i^* и возможные величины отклонения Δ_i от этих значений: $|y_i - y_i^*| \leq \Delta_i$.

Требуется для заданных значений параметров $Y^* = \{y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*\}$ найти общую область значений параметров в многомерном пространстве E^{n+m} .

Суть метода геометрического моделирования заключается в следующем: взаимозависимость параметров процесса и критериев качества представляют в виде гиперповерхности; задают точки с координатами, соответствующими значениям критериев, через которые проводят гиперплоскости уровня; количество параметров и критериев может быть различным. Полученные в результате пересечения гиперповерхности с гиперплоскостями уровня сечения определяют область значений параметров для каждого критерия, а их пересечение дает множество значений параметров для получения объекта, удовлетворяющего совокупности критериев [1].

Однако применение данного подхода к исследованию технологических процессов легкой промышленности, отличающихся большим числом взаимосвязанных параметров, дискретностью, стохастичностью, является

достаточно трудоемким, то есть возникает необходимость в его автоматизации. В качестве средства автоматизации предлагается программное средство, реализующее предложенный метод геометрического моделирования инструментами высокоуровневого языка программирования с поддержкой различных графических библиотек, что позволяет создавать интуитивно понятный интерфейс пользователя и базу данных (БД), адаптированную к изделиям и процессам легкой промышленности.

Процесс геометрического моделирования (в рамках общей схемы исследования) представлен на рис. 1.

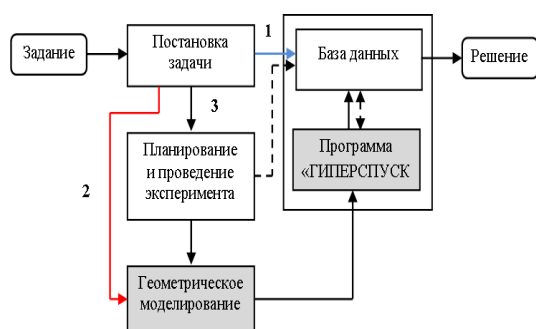


Рис. 1

В зависимости от начальных условий задачи возможны следующие варианты получения решения.

1. *Выбор режимов* (стрелка 1). Из имеющихся в базе данных на основе анализа проведенных ранее экспериментальных исследований и применении математических моделей технологических процессов из БД.

2. *Получение режимов* (стрелка 2). При изменении значений параметров и критериев основано на использовании геометрического моделирования без проведения эксперимента (для известных процессов и материалов). Результатом является новая визуализация геометрической модели, построенной по уже имеющимся в базе экспериментальным данным в соответствии с измененными условиями задачи.

3. *Проектирование нового технологического процесса* (стрелка 3). Предусматривает проведение эксперимента (для новых технологических процессов и материалов) и построение новой многомерной (многопараметрической, многокритериальной) моде-

ли, на основе вновь проведенного эксперимента с учетом заданных ограничений (рис. 1).

Предложенная модель реализуется с помощью автоматизированного программного средства, в задачу которого входят следующие функции:

- организация хранения справочной информации, результатов процессов моделирования в БД;
- визуализация процесса построения моделей;
- обработка и анализ результатов моделирования;
- организация интерактивного диалога пользователя и программы в процессе моделирования.

Все перечисленные функции реализованы в специально разработанном программном приложении, включающем в себя базу данных, программную компоненту и интерфейсную часть, алгоритмическая модель которого представлена на рис. 2 (алгоритмическая модель программного приложения).

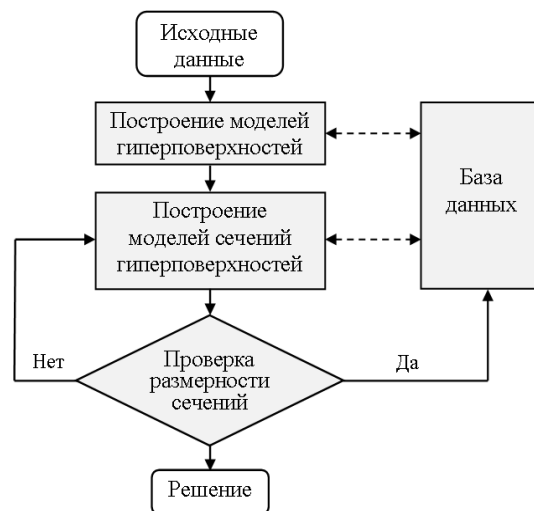


Рис. 2

База данных обеспечивает возможность хранения данных о свойствах материалов, пакетах материалов; параметрах процессов; нормативах критериев; результатов проведенных экспериментальных исследований. В качестве источников данных используются результаты исследований влияния технологических параметров сварного и ниточного соединения текстильных материалов на физико-механические свойства швов; вли-

яния технологических параметров дублирования на физико-механические свойства клеевых соединений; теплозащитных свойств швейных изделий [5].

Разработка программной компоненты, позволяющей получить результат работы алгоритма геометрического моделирования в численном виде, осуществлялась с использованием языка программирования Python. Структура программной библиотеки включает два класса. Основной класс используется для работы с базой данных, кластеризации точечных данных, выполнения операций по построению сечений гиперплоскостями уровня и поиска пересечения двух и более гиперповерхностей в пространствах с совпадающими размерностями. Вспомогательный класс предназначен для обработки кластеров точек и кривых на плоскости и содержит три базовые группы алгоритмов [6].

Для взаимодействия пользователя со всеми элементами программного приложения разработан интерфейс в объектно-ориентированной среде программирования. Интерфейс позволяет реализовать следующие основные функции:

- создание нового эксперимента (рис. 3 – окно создания нового эксперимента);

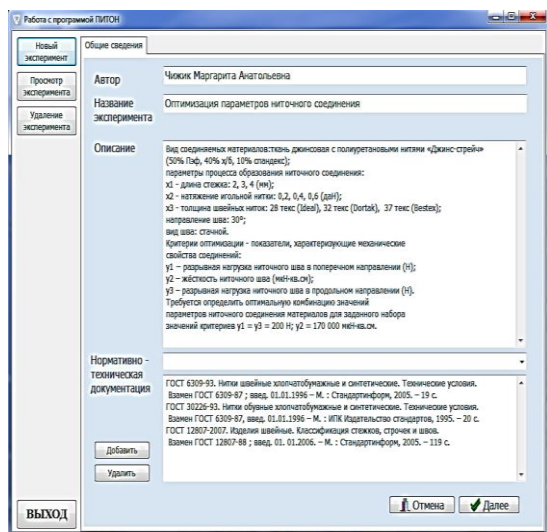


Рис. 3

- просмотр, модификация и удаление хранящихся в базе результатов и занесение их в сводную таблицу экспериментальных данных (рис. 4 – окно формирования сводной таблицы экспериментальных данных);

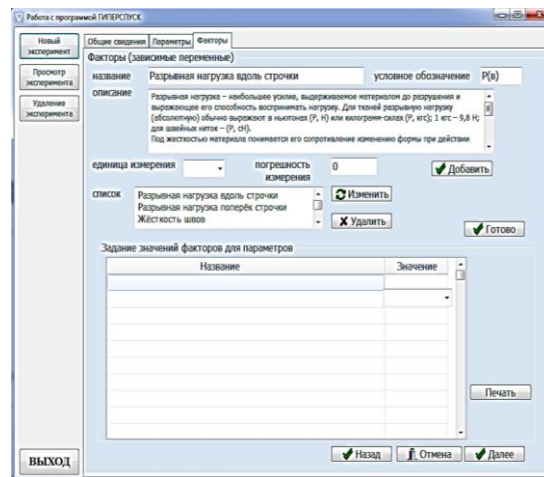


Рис. 4

- формирование и визуализация гиперповерхностей взаимосвязи параметров и критериев (рис. 5 – окно формирования и визуализации гиперповерхностей взаимосвязи параметров и критериев).

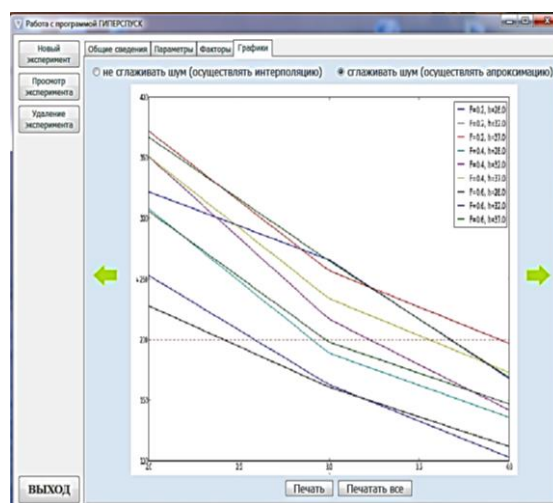


Рис. 5

Таким образом, автоматизация процесса визуализации в совокупности с геометрическим моделированием позволяет получить многомерную модель технологического процесса легкой промышленности в когнитивном представлении, а также получать решение многопараметрических задач в виде области оптимальных параметров.

Разработанное программное средство ориентировано на решение задач производственных процессов легкой промышленности, однако универсальность используемой геометрической модели делает возможным

его применение для решения задач других областей промышленности, для этого достаточно скорректировать структуру базы данных и интерфейсную составляющую.

ВЫВОДЫ

1. Спроектирована и реализована структура базы данных, позволяющая хранить, корректировать и структурировать информацию, необходимую для геометрического моделирования.

2. Разработана программная компонента с использованием инструментов высокоуровневого языка Python, позволяющая получать результаты работы алгоритма геометрического моделирования многопараметрических задач в численном виде.

3. Создан пользовательский интерфейс объектно-ориентированной среды программирования, позволяющий наглядно представлять исследуемые процессы легкой промышленности в виде гиперповерхностей и областей оптимальных значений параметров при решении многопараметрических задач проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.Я., Чижик М.А. Графические оптимизационные модели многофакторных процессов – Омск: Изд-во учебной, научной литературы и учебно-методических пособий, ОГИС, 2009.

2. Чижик М.А., Волков В.Я., Сурженко Е.Я. Применение методов инженерной геометрии для решения задач оптимизации многофакторных процессов // Вестник ТГТУ. – 2012, № 4(18). С. 840...848.

3. Чижик М.А., Яковенко К.С., Волков В.Я. Алгоритмы конструирования графических оптимизационных моделей многофакторных процессов // Омский научный вестник. – 2012, № 1(107). С. 17...20.

4. Боумен У. Графическое представление информации. – М.: Мир, 1971.

5. Свидетельство об отраслевой регистрации базы данных № 2015620223 "Компоненты систем швейных изделий" / Д.В. Доркин, М.Н. Московцев, М.А. Чижик; заявитель и патентообладатель Доркин Д.В. – № 2014621994/69; заяв. 24.12.2014; дата регистрации 09.02.2015.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610165. "Гиперспуск" / М. А. Чижик, М.Н. Московцев, Д.П. Монастыренко, Д.В. Доркин. – № 2013618421/69; заяв. 19.07.2013; дата регистрации 09.01.2014.

REFERENCES

1. Volkov V.Ya., Chizhik M.A. Graficheskie optimizatsionnye modeli mnogofaktornykh protsessov – Omsk: Izd-vo uchebnoy, nauchnoy literatury i uchebno-metodicheskikh posobiy, OGIS, 2009.

2. Chizhik M.A., Volkov V.Ya., Surzhenko E.Ya. Primeniye metodov inzhenernoy geometrii dlya resheniya zadach optimizatsii mnogofaktornykh protsessov // Vestnik TGTU. – 2012, № 4(18). S. 840...848.

3. Chizhik M.A., Yakovenko K.S., Volkov V.Ya. Algoritmy konstruirovaniya graficheskikh optimizatsionnykh modeley mnogofaktornykh protsessov // Omskiy nauchnyy vestnik. – 2012, № 1(107). С. 17...20.

4. Boumen U. Graficheskoe predstavlenie informatsii. – М.: Mir, 1971.

5. Svidetel'stvo ob otraslevoy registratsii bazy dannykh № 2015620223 "Komponenty sistem shveynykh izdeliy" / D.V. Dorkin, M.N. Moskovtsev, M.A. Chizhik; zayavitel' i patentoobladatel' Dorkin D.V. – №2014621994/69; zayav. 24.12.2014; data registratsii 09.02.2015.

6. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2014610165. "Giperspusk" / M.A. Chizhik, M.N. Moskovtsev, D.P. Monastyrenko, D.V. Dorkin. – № 2013618421/69; zayav. 19.07.2013; data registratsii 09.01.2014.

Рекомендована кафедрой прикладной информатики и математики. Поступила 21.02.18.