

РЕКОНФИГУРИРОВАНИЕ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДНОШНЕКОВЫХ ЭКСТРУДЕРОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ

В статье описано построение системы автоматического проектирования технологического объекта на примере одношнекового экструдера с использованием элементов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: архитектура САПР, экструзионная техника, компонент интеграции, математическая модель, вычислительный интеллект, алгоритм нечеткого вывода.

В современных экономических условиях на машиностроительных предприятиях все более жесткими становятся требования к качеству и срокам выпуска продукции. Это приводит к уменьшению времени выполнения проектно-конструкторских работ при одновременном увеличении их объема и сложности. Для повышения эффективности проектно-конструкторского труда необходимо использование все более совершенных систем автоматизации проектирования (САПР). В то же время создание самих САПР требует применения современных подходов и методов [1].

В последние годы основное внимание уделялось разработке отдельных компонентов САПР и совершенствованию методов проектирования. Значительные успехи достигнуты в области разработки математического и программного обеспечения, структур данных и пользовательского интерфейса. Однако в гораздо меньшей степени исследованы особенности формирования и реконфигурации архитектуры САПР и процессов автоматизированного проектирования. Практически отсутствуют инструментальные средства поддержки принятия проектных решений, которые бы позволили выбрать архитектуру САПР, оптимальную для данных условий эксплуатации [2].

В настоящее время вопросы адаптации компонентов САПР к изменениям проектной среды, особенностям проектируемого объекта и квалификации пользователей привлекают пристальное внимание разработчиков САПР. Работа по формированию адаптируемых к определенным изменениям компонентов САПР ведется в нескольких направлениях: разработка удобных пользовательских интерфейсов, создание инвариантных средств управления информационными ресурсами, совершенствование математичес-

ких моделей объектов проектирования и подсистем оптимизации, разработка средств интеграции и интеллектуализации САПР.

Большинство из рассмотренных направлений адаптации связано лишь с реконфигурацией системы на уровне программных и информационных компонентов. Однако проблемам системной реконфигурации САПР, направленным на адаптацию к изменениям бизнес-процессов предприятия, уделяется недостаточно внимания. В основе реализации данной концепции лежит требование строгой унификации и стандартизации всех программных, информационных и технических компонентов САПР. Формирование системы в этом случае должно осуществляться на основе стандартных программных и информационных интерфейсов. Возможность комбинирования стандартных программно-аппаратных компонентов позволяет создавать различные варианты САПР и выбирать наиболее оптимальные из них по заданным критериям конфигурации системы.

Для реализации этой концепции, помимо заложенных в системе возможностей ее реконфигурации, необходимы специальные инструментальные средства моделирования процессов автоматизированного проектирования [2].

С учетом вышесказанного вопросы создания системы формирования и реконфигурации архитектуры конструкторской САПР экструзионной техники представляют значительный практический и теоретический интерес.

В настоящее время экструзионная техника находит широкое применение в перерабатывающих отраслях АПК, пищевой, химической, резинотехнической, силикатной, бумажной, металлургической, оборонной промышленности и др. [3].

Схема прессующего механизма показана на рисунке 1.

Работы исследователей направлены на изучение экструзионной техники и экструзионного процесса с привязкой к конкретной предметной области. Соответственно, разрабатываемые математические модели так же во многом специализированны.

Общая структура математической модели одношнековых экструдеров состоит из требований технологического процесса, которые влияют на кинематические параметры, конструктивные параметры механизма и геометрические параметры пространства взаимодействия, учитываются реологические свойства обрабатываемого материала, все это влияет на внутреннюю характеристику системы, которая определяет масштаб, эффективность технологического процесса и качество выпускаемой продукции [4].

Для унификации математической модели одношнековых экструдеров путем объединения разработанных ранее специализированных моделей необходимо создание компонента интеграции. Данный компонент позволил бы:

- осуществить выбор математической модели либо автоматическое определение математической модели на основе введенных данных;
- преобразовать данные в соответствии с требованиями к математической модели;
- унифицировать данные, что привело бы к созданию единого информационного пространства.

Структура математической модели одношнекового экструдера с учетом внедрения компонента интеграции представлена на рисунке 2.

Помимо самих средств автоматизированного проектирования имеется большое количе-

ство всевозможных модулей, приложений и утилит, позволяющих значительно повысить функциональные возможности того или иного программного комплекса. Таким образом, необходима интеграция и взаимодействие не только математических моделей, но и компонентов общей архитектуры САПР.

Общая архитектура САПР экструзионной техники зависит от набора задач, которые она решает. Большинство САПР функционирует с использованием банка данных, что обеспечивает большую гибкость, универсальность программного обеспечения, удобство графического диалога, интеграцию различных функций в одной системе. Проблемно-зависимые и проблемно-независимые части программного обеспечения в таких системах разрабатываются раздельно и объединяются с помощью соответствующих интерфейсов.

Таким образом, структура САПР включает следующие функциональные элементы:

- библиотеки математических моделей объектов и процессов проектирования;
- библиотеки решающих процедур или операционных программ проектирования, отображающих логическую схему построения проекта;
- системы управления базами данных и технологии разработки прикладных, системных и сервисных программ;
- банка данных, который представляет собой совокупность сведений об окружающей среде, в той или иной мере участвующих в информационном обеспечении процесса проектирования;
- системы построения новых решающих процедур преобразования и обновления информации в базах данных (механизм динамических изменений системы);

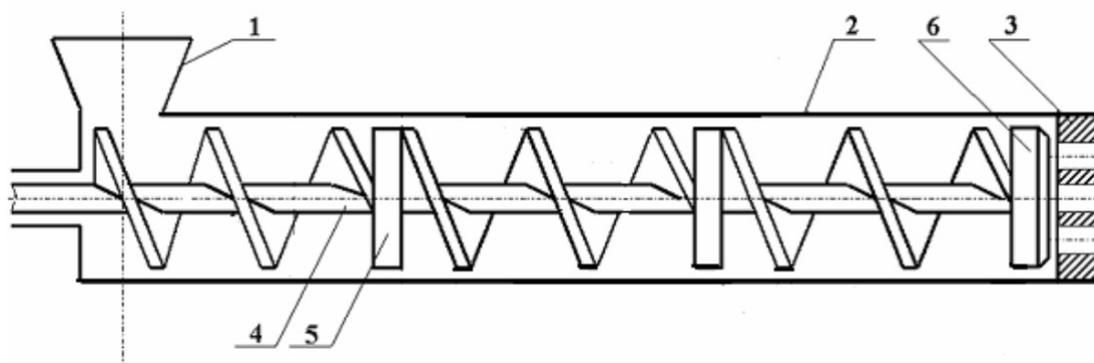


Рисунок 1. Схема прессующего механизма: 1 – загрузочное устройство; 2 – шнековый цилиндр; 3 – матрица; 4 – шнек; 5 – компрессионный затвор; 6 – головка экструдера

– совокупности программно-управляемых технических средств сбора, передачи, накопления, отображения, документирования информации и их базового программного обеспечения.

Обобщенная архитектура открытого прикладного программного обеспечения состоит из компонентов пользовательского интерфейса, инструментальных средств разработки, сторонних САД/САМ/САЕ – систем и математических моделей, проектируемых процессов. Связующими при построении архитектуры открытого прикладного программного обеспечения являются компоненты интеграции: взаимодействие, конфигурация, преобразование данных и др. [5].

Развитие интегрированной среды и добавление по мере реализации новых программных модулей, автоматизирующих отдельные функциональные и управленческие процедуры, обуславливает необходимость создания методики управления конфигурацией интегрированной среды [1].

Задача формирования, модификации и реконфигурации САПР может быть сформулиро-

вана следующим образом. Система S обладает конечным множеством системных свойств $Q = \{Q_i\}, i = \overline{1, n}$, имеющих для общности числовую меру. Пусть возможно m способов декомпозиции системы S . При k -м ($k \in m$) способе декомпозиции $S_k = \{R_l\}, l = \overline{1, L_k}$, где L_k – число подсистем в S k -го способа декомпозиции, каждый ресурс САПР R_l характеризуется конечным множеством свойств $Q = \{Q_{lk}\}, k = \overline{1, K}$, каждое из которых имеет индивидуальную числовую меру. Множество свойств всех ресурсов R при k -й декомпозиции $Q_k = \{Q_l\}, l = \overline{1, L_k}$. Взаимодействуя между собой, ресурсы порождают множество системных процессов $P_k = \{P_{kj}\}, j = \overline{1, J}$, $P_{kj}(t) = \Phi_{kj}(Q_k, t)$. Тогда каждое системное свойство Q_i есть некоторый функционал v_i от протекающих в системе процессов $Q_i = v_{ki}(P_k(t), \tau)$.

Задача оптимальной организации САПР заключается в выборе, организации и распределении ресурсов $r \in R_k$ между проектными задачами P_k согласно заданной декомпозиционной схеме k таким образом, чтобы обеспечить экстремальные значения системных свойств $\text{extr}_{Q_k}(S)$ [2].

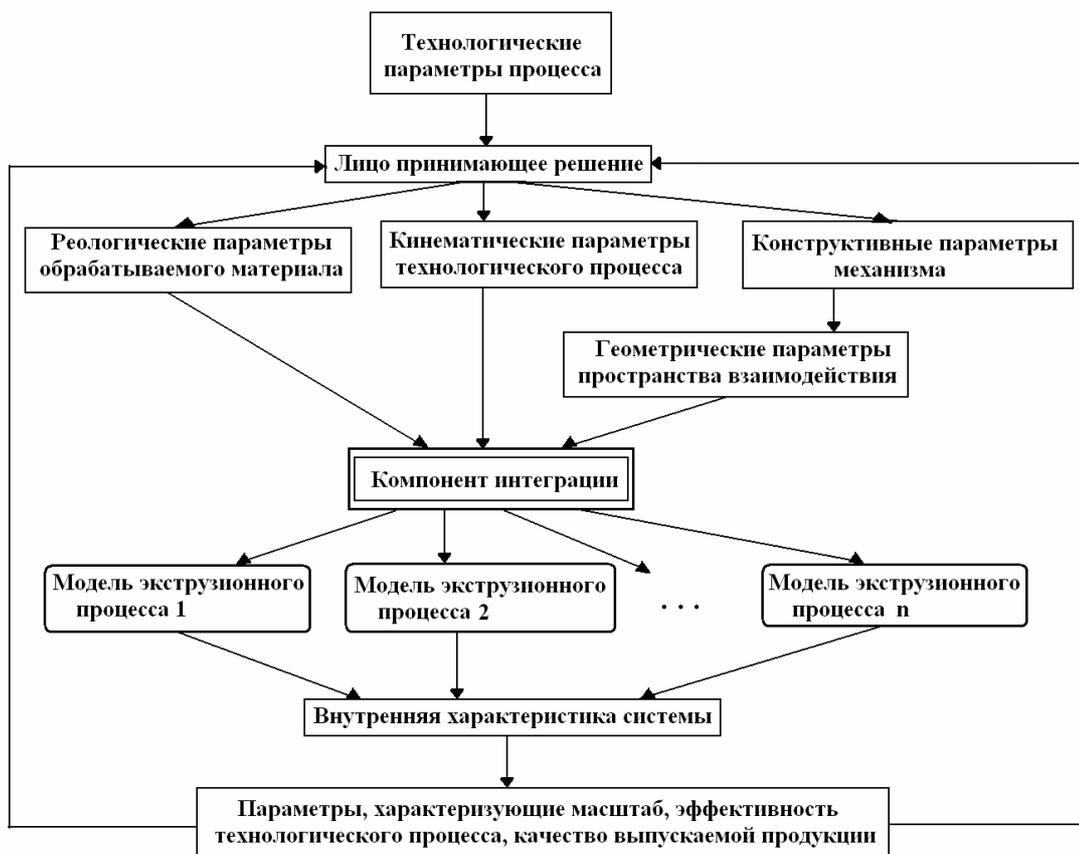


Рисунок 2. Обобщенная структура математической модели одношнекового экструдера

Однако применить оптимизационные задачи к описанной ранее предметной области на основе теории графов невозможно, так как отсутствует полная информация о связях между компонентами:

- связи модулей по управлению;
- связи модулей по информации;
- связи модулей по размещению;
- связи модулей по воздействию.

Выходом является использование систем, основанных на «мягких» вычислениях, которые включают в себя:

- нечеткую логику и вероятностные вычисления;
- нейрокомпьютинг – обучение, адаптация, классификация, системное моделирование и идентификация;
- генетические вычисления – синтез, настройка и оптимизация с помощью систематизированного случайного поиска и эволюции.

Эти составные части не конкурируют друг с другом, а создают эффект взаимного усиления (гибридные системы). Наряду с термином «мягкие вычисления» используется термин «вычислительный интеллект» – научное направление, где решаются задачи искусственного интеллекта на основе теории нечетких систем, нейронных сетей и эволюционных (генетических) вычислений [6].

Алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефаззификации. Разработаны модели нечеткого вывода Мамдани, Сугено, Ларсена, Цукamoto.

Метод Мамдани является наиболее распространенным способом логического вывода в нечетких системах. В нем используется минимаксная композиция нечетких множеств [7]. Данный механизм включает в себя следующую последовательность действий применительно к реконфигурированию САПР одношнековых экструдеров:

1. Формирование базы правил. Правила имеют следующий вид:

Если <условие 1> и <условие 2> ... и <условие n>, то <вывод>.

В качестве условий указывается соответствие входных параметров X_i ($i \in [1..n]$) к предъявляемым требованиям (например, количество секций больше 2).

На основе входных параметров, а также оценочного мнения <условие k> принимает

значение на интервале $[0..1]$.

«Вывод» соответствует выбору использования того компонента, для которого составлено правило (например, использовать математическую модель экструдера для биополимера).

2. Фаззификация входных переменных. Этот этап часто называют приведением к нечеткости.

На вход поступают сформированная база правил и массив входных данных $A = \{a_1, \dots, a_m\}$. В этом массиве содержатся значения всех входных переменных. Целью этого этапа является получение значений истинности для всех подусловий из базы правил. Это происходит так: для каждого из подусловий находится значение $b_i = \mu(a_i)$. Таким образом, получается множество значений b_i ($i = 1..k$).

3. Агрегирование подусловий. Целью этого этапа является определение степени истинности условий для каждого правила системы нечеткого вывода. Формально это выглядит так: $c_i = \min\{b_i\}$.

4. Активизация подзаклучений. На этом этапе происходит переход от условий к подзаклучениям. Для каждого подзаклучения находится степень истинности $d_i = c_i \cdot F_i$, где $i = 1..q$. Затем, опять же каждому i -му подзаклучению, сопоставляется множество D_i с новой функцией принадлежности. Ее значение определяется как минимум из d_i и значения функции принадлежности терма из подзаклучения. Этот метод называется min-активизацией, который формально записывается следующим образом: $\mu'_i(x) = \min\{d_i, \mu_i(x)\}$.

5. Аккумуляция заключений. Целью этого этапа является получение нечеткого множества (или их объединения) для каждой из выходных переменных. Выполняется он следующим образом: i -ой выходной переменной сопоставляется объединение множеств $E_i = \cup D_j$. Где j – номера подзаклучений, в которых участвует i -я выходная переменная ($i = 1..s$). Объединением двух нечетких множеств является третье нечеткое множество со следующей функцией принадлежности: $\mu'_i(x) = \max\{\mu_1(x), \mu_2(x)\}$, где $\mu_1(x)$, $\mu_2(x)$ – функции принадлежности объединяемых множеств.

6. Дефаззификация выходных переменных. Цель дефаззификации – получить количественное значение (crisp value) для каждой из выходных лингвистических переменных. Формаль-

но это происходит следующим образом. Рассматривается i -я выходная переменная и относящаяся к ней множество $E_i (i = 1..s)$. Затем при помощи метода дефаззификации находится итоговое количественное значение выходной переменной. В данной реализации алгоритма используется метод центра тяжести, в котором значение i -ой выходной переменной рассчитывается по формуле:

$$y_i = \frac{\int_{\text{Min}}^{\text{Max}} x \cdot \mu_i(x) dx}{\int_{\text{Min}}^{\text{Max}} \mu_i(x) dx},$$

где $\mu_i(x)$ – функция принадлежности соответствующего нечеткого множества E_i ;

Min и Max – границы универсума нечетких переменных;

y_i – результат дефаззификации.

Рассмотрим реализацию данного алгоритма на примере выбора математической модели экструзионной техники согласно заданным начальным условиям.

Для проведения эксперимента необходимо составить базу знаний. В качестве правил возьмем соответствия технико-экономических параметров процесса экструдирования и математической модели, с помощью которой возможно рассчитать данные результаты. Техничко-экономические параметры получим с помощью программной системы «Расчет технико-экономических параметров одношнековых экструдеров» [8].

Пример заполнения базы знаний приведен в таблице 1. Основными показателями были выбраны производительность (Q_m , кг/ч), сила, действующая на матрицу (R , кН), коэффициент полезного действия (КПД, %).

В качестве начальных данных укажем следующие значения:

$$Q_{m0} = 30 \text{ кг/ч};$$

$$R_0 = 5 \text{ кН};$$

$$\text{КПД}_0 = 6\%.$$

Найдем степень истинности начальных данных каждому правилу из базы знаний и реализуем метод Мамдани. Результаты приведены в таблице 2.

По полученным результатам можно судить, что математическая модель для биополимеров предпочтительна при проведении эксперимен-

та в соответствии с начальными условиями. Преимуществом метода является возможность учитывать безграничное число всевозможных условий и составлять правила различных форм. Точность результатов зависит от объема базы знаний.

Таким образом, основываясь на результате дефаззификации для конкретного правила, мы можем судить о необходимости использования конкретного компонента интегрированной среды либо сделать выбор оптимального состава архитектуры САПР (рисунок 3).

Внедрение разработанного модуля имеет ряд преимуществ для разработчиков и конечных пользователей:

– снижаются затраты на разработку пользовательского интерфейса и прикладных

Таблица 1. База знаний для выбора математической модели

Условие 1	Условие 2	Условие 3	Вывод
$Q_m = 24,86$	$R = 8,189$	$\text{КПД} = 6,231$	ММ для биополимеров
$Q_m = 43,013$	$R = 1,011$	$\text{КПД} = 5,949$	ММ для сырья с оттоком жидкой фазы

Таблица 2. Результаты алгоритма

Условие 1	Условие 1	Условие 1	Min
0,83	0,36	0,96	0,36
0,57	0,20	0,99	0,2
Max			0,36



Рисунок 3. Выбор компонентов САПР одношнекового экструдера методом Мамдани

приложений (например, редакторов управляющих программ, конфигураторов сетевых подключений и т. п.);

– обеспечивается возможность определения необходимого набора компонентов и реализуемых ими задач на ранних стадиях про-

ектирования прикладного программного обеспечения;

– сокращается время выпуска новой системы за счет возможности выпуска облегченной (предварительной) версии с последующим наращиванием функциональности.

24.10.2012

Список литературы:

1. Володин, Д. А. Разработка метода и средств формирования и развития интегрированной среды поддержки создания САПР машиностроительного назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. А. Володин. – Москва, 2008. – С. 24.
2. Абу, Д. М. Исследование и разработка системы формирования и реконфигурации архитектуры конструкторских САПР радиоэлектронной аппаратуры : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. М. Абу. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 16.
3. Зубкова, Т. М. Программная система по автоматизации проектирования одношнековых экструдеров // Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Т. М. Зубкова, Н. А. Мустюков. – Оренбург, 2010. – С. 24–27.
4. Зубкова, Т. М. Параметрический и структурный синтез технологических объектов на основе системного подхода и математического моделирования / Т. М. Зубкова, Л. П. Карташов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2009. – 211 с. : ил.
5. Козак, Н. В. Повышение эффективности процесса разработки систем управления промышленной электроавтоматикой на основе интеграции внешних программных компонентов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Козак. – Москва, 2008. – С. 24.
6. Тарков, М. С. Интеллектуальные информационные системы в условиях неопределенности и риска [Электронный ресурс] / М. С. Тарков // Нейрокомпьютерные системы. – 2006. – Режим доступа : http://www.intuit.ru/department/expert/neuro/15/neuro_15.html
7. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб : БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
8. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №№2011612043 Расчет технико-экономических параметров одношнековых экструдеров / Т. М. Зубкова, Н. А. Мустюков, М. А. Корякина. – РОСПАТЕНТ – №2010617272 – Заявлено 19.11.2010. – Опубл. 05.03.2011.

Сведения об авторах:

Зубкова Татьяна Михайловна, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, доцент, e-mail: bars87@mail.ru

Мустюков Наиль Анварович, аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Оренбургского государственного университета, e-mail: 256nail@mail.ru

Колобов Алексей Николаевич, доцент кафедры информатики Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, e-mail: KolobovAN@yandex.ru

460018, г. Оренбург, Шарлыкское шоссе, 5, ауд. 14405, тел. (3532) 372554

UDC 681.5

Zubkova T.M., Mustyukov N. A., Kolobov A.N.

Orenburg state university, e-mail: bars87@mail.ru; 256nail@mail.ru; KolobovAN@yandex.ru

SAPR RECONFIGURING FOR DESIGN OF THE SINGLE-SCREW EXTRUDER BASED ON THE MODEL OF AN INDISTINCT CONCLUSION OF MAMDANI

In the article the development of the automated design engineering system of the technological object on the example of single-screw extruder with the use of elements of the artificial intelligence is described.

Key words: architecture of ADE system, extrusion equipment, integration component, mathematical model, computing intelligence, algorithm of fuzzy inference.