

Р. Я. Лутфуллин, А. Г. Тюрганов, Э. В. Сафин, А. К. Галимов

ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЕМ АВИАЦИОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Представляется продукционная модель бизнес-процессов, адаптированная для поддержки системы менеджмента качества предприятия авиационного машиностроения. Предлагаемый метод операционных продукций позволяет включать в модель функционирования такого предприятия не только управляющие, но и информационные связи между его структурными элементами. Как следствие, это открывает возможность формализации и интеграции в модель организационно-технической системы библиотеки технологических операций и соответствующих моделей физических явлений, что позволяет обеспечить замкнутость управленческого цикла с информационной поддержкой контроля качества процессов жизненного цикла изделия. *Продукционная модель бизнес-процессов; система менеджмента качества; контроль качества процессов; управление машиностроительным предприятием*

ВВЕДЕНИЕ

Одним из инструментов, позволяющих значительно повысить эффективность управления, координации и контроля всех процессов на предприятии, улучшить степень рационального использования всех видов ресурсов, является совершенствование системы его управления посредством внедрения системы менеджмента качества [1, 2].

Достижение результативности в организации такой деятельности, эффективности и успешного функционирования системы управления предприятия и вовлеченных исследовательских и проектных организаций авиационного машиностроения требует комплексной информатизации (автоматизация) ее рабочих процессов на всех этапах жизненного цикла изделий. В российских организациях для описания и анализа бизнес-процессов используют методологии: IDEF0, IDEF3, DFD, ARIS, UML, блок-схемы алгоритмов [3, 4]. Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки. Как правило, создаваемые на их основе модели слабо формализованы, допускают множество различных толкований. В силу отсутствия обоснованной теоретической базы, анализ бизнес-процессов ОТС выполняется в сильно упрощенном виде, либо не проводится вообще.

Можно выделить следующие критерии формализованного описания бизнес-процессов:

- наличие средств для формализованного отображения логики выполнения технологических операций;

- наличие средств для отображения потоковых объектов – транзактов: материальных, информационных, финансовых, а также потоков управленческой информации;

- возможность иерархического описания бизнес-процесса, наличие средств согласования иерархических уровней описания;

- возможность проведения синтаксического контроля моделей;

- возможность имитационного моделирования;

- возможность генерации отчетов по модели;

- возможность автоматизации разработки нормативно-управленческой документации.

Рассмотрим подробнее его реализацию, а также применяемые в нем средства и методы.

Под организационно-технической системой (ОТС) здесь понимается корпоративная информационная система – программно-аппаратный комплекс, взаимодействующий с эксплуатирующей его организацией.

В процессе функционирования ОТС выполняются определенные бизнес-процессы. Бизнес-процесс – совокупность операций, выполняемых организационными единицами (сотрудниками организации) или программно-техническими комплексами в установленной последовательности с целью удовлетворения целей системы. Для описания процессов используются информационные модели, отражающие их статику (структуру) и динамику деятельности организации. В настоящее время общепризнанным является описание технологических процессов

в виде графов как наиболее удобном для восприятия и понимания аналитиками и специалистами управления [5].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Однако специфика деятельности предприятий авиационного машиностроения обуславливает дополнительные требования к возможностям внедряемых информационных технологий. Жесткие критерии качества продукции, характерные для предприятий авиационного машиностроения на фоне усложнения их деятельности в условиях возрастающей конкуренции требуют систематического внедрения новых конструктивных решений и совершенствования технологий.

Так, в настоящее время значительные усилия прилагаются к снижению массы авиационных двигателей нового поколения, в частности за счет использования полых лопаток вентилятора [6, 7, 8]. При этом отмечается, что обеспечение прочностной надежности такого изделия предопределяет необходимость комплексного подхода к решению этой задачи на каждом этапе жизненного цикла лопатки (проектирование, производство, доводка и эксплуатация). Конечным результатом работы по обеспечению надежности изделий, в том числе полых лопаток, и обоснованного задания их ресурсов является создание единой системы проектирования, производства, итерационной процедуры увязки и контроля качества. Этого можно достичь, если эффективно организовать координацию деятельности вовлеченных структур на принципах процессного управления. Возникающая необходимость учета большого количества факторов, влияющих на показатели прочностной надежности, в том числе технологий изготовления и их режимов, требует компьютерного моделирования всех стадий изготовления.

На рис. 1 приведены результаты конечно-элементного моделирования поведения вариантов конструкции прототипов пера пустотелых лопаток в условиях распределенных нагрузок на обшивку. Исследуется поведение перспективных конструкций ячеистого, гофрового и ферменного типов при различных видах нагрузок для обоснованной оценки их прочностных свойств.

Таким образом, необходима формализация и интеграция в компьютерную модель организационно-технической системы библиотеки технологических операций и соответствующих

им моделей физических явлений, что открывает возможность автоматизировать процесс поиска наиболее предпочтительного (квазиоптимального) технологического решения.

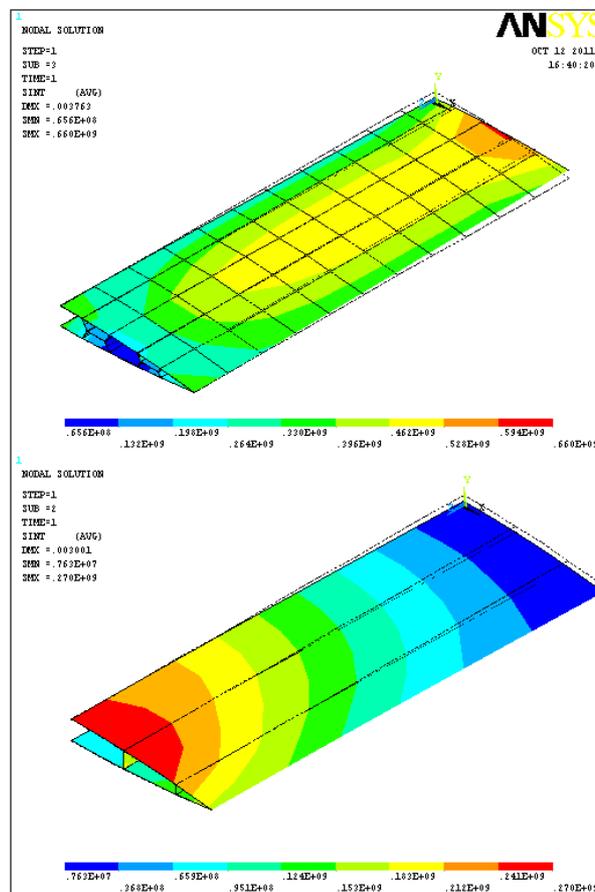


Рис. 1. Конечно-элементное моделирование прочностных свойств элементов вариантов конструкции

2. ПРОДУКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В формальном виде бизнес-процесс является системой, состоящей из совокупности интеллектуальных активных субъектов, обладающих определенным набором структурированных процедурных знаний. Функционирование системы представляет собой не единый алгоритм достижения ее цели, а систему исполнения последовательностей действий в ответ на определенные события, возникающие вследствие изменения состояния системы или внешней среды.

Наиболее адекватной моделью структуры бизнес-процесса является продукционная система, представляющая собой набор продукци-

онных правил (далее – ПП). В общем виде ПП представляется как кортеж:

$$PR = \langle N, S, P^{\text{in}}, F, P^{\text{out}} \rangle,$$

где N – имя или номер правила; S – сфера применения правила; P^{in} – предусловие продукции; представляет собой предикат, определяющий истинность данного правила; F – ядро продукции; выражение, описывающее одно или несколько функций, действий, которые нужно выполнить. В модели бизнес-процесса действие является технологической операцией; P^{out} – постусловие продукции; является двоичным или многозначным предикатом и описывает результат действия продукции. Постусловие актуализируется только после того, как ядро продукции реализовалось.

Продукция интерпретируются следующим образом:

«Если истинно P^{in} , то выполняется действие F , постусловие P^{out} – истинно либо ложно» (для двузначного предиката постусловия).

В случае, когда постусловие продукции является многозначным предикатом, его выход представляет собой имя или номер ошибки (неудачного выполнения продукции).

Каждая продукция имеет свое имя N и относится к определенной сфере применения S (по признаку принадлежности к той или иной выполняемой функции). Предусловие P^{in} представляет собой логическую переменную либо логическое выражение. Когда P^{in} принимает значение «истина» ($P^{\text{in}}=1$), ядро продукции активизируется. В противном случае, ядро не активизируется. Предусловие P^{in} может включать в себя другие выражения, объединенные следующим набором логических функций:

- конъюнкция,
- дизъюнкция,
- импликация,
- отрицание.

В целях обеспечения удобства моделирования, данный набор функций был расширен функцией «сложение по модулю 2» (или, «дифференция» [5]).

Продукция может описывать одно или несколько действий. Присутствие более одного действия в продукции отражает одновременную передачу управления этим действиям (с помощью специальных управляющих структур) при истинности предусловия продукции. В этом случае, каждое действие имеет свое постусловие. Постусловие P^{out} отражает правильность результатов продукции и используется для ее

контроля по выходу. Проверка постусловия состоит из двух этапов:

- вычисление значения соответствующего предиката;
- передача управления другим продукциям.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В этом контексте рассмотрим иерархическую структуру управления авиационного машиностроительного предприятия, в которой предлагается выделять четыре вида продукций [5]:

1. Продукции, используемые в технологических процессах компании и реализующие непосредственно технологический процесс.

2. Продукции, управляющие функционированием предприятия в целом, и его структурными подразделениями научно-исследовательскими лабораториями и проектными организациями.

3. Продукции, направленные на обеспечение ресурсами технологические процессы компании и его управляющих структур, составной частью которой является служба мониторинга.

4. Метапродукции, изменяющие компоненты продукции первого вида (предусловие, ядро, постусловие), а также структуру и динамику технологических процессов.

Каждый вид продукции относится к определенному звену линейно-штабной структуры машиностроительного предприятия. Выделяются три иерархических уровня управления организационно-технической системой. Продукции первого вида выполняются подразделениями, осуществляющими технологические операции серийного производства. Это нижний уровень иерархии – цехи, лаборатории, подразделения, выполняющие производственные операции согласно утвержденным технологическим схемам. Продукции второго вида относятся к сфере полномочий и функциональных обязанностей работников, руководящих исследовательскими программами и проектированием, а также контролирующими непосредственное выполнение технологических процессов – уровень служб контроля и менеджмента качества, проектных и научно-исследовательских подразделений и организаций. Продукции третьего и четвертого вида относятся к подразделениям компании, составляющими так называемую штабную часть

его организационной структуры – это уровень правления предприятия.

Представление технологических процессов деятельности компании в виде производственной системы позволяет задавать различные комбинации работы активных субъектов (параллельно, последовательно), изменять правила функционирования самого технологического процесса с целью адаптации к изменениям внешней и внутренней среды. Механизм активации продукции является также моделью самой системы управления технологическими процессами компании.

Представление процессов деятельности сложно организованного предприятия, к категории которых относятся предприятия авиационного машиностроения, в виде производственной системы позволяет задавать различные комбинации работы активных субъектов (параллельно, последовательно), изменять правила функционирования самого технологического процесса с целью адаптации к изменениям внешней и внутренней среды. Механизм активации продукции является также моделью самой системы управления компанией. Такая последовательная формализация позволяет описать корректными математическими моделями внутреннюю структуру бизнес-процессов машиностроительного производства, автоматизировать процесс поиска наиболее предпочтительного (квазиоптимального) технологического решения. А это, в свою очередь, позволяет обеспечить действия активного субъекта – системы управления производством комплексной системой поддержки принятия решений на всех его этапах, включая этап целеполагания, генерацию технических требований, технических заданий и проектирования изделия с учетом уровня технологических ресурсов.

В качестве примеров рассмотрим задачу оптимизации выбора рационального технологического решения по изготовлению упомянутой выше полый вентиляторной лопатки. Дело в том, что процесс изготовления полых конструкций методом совмещенной сверхпластичной формовки и сварки давлением (СПФ/СД) из листов титанового сплава требует фиксации их взаимного положения и, зачастую, герметизацию по кромкам. И та, и другая цель достигается сваркой давлением по границам листовых заготовок формируемого пакета. Использование газостата при этом делает эту операцию весьма дорогостоящей. Альтернативным вариантом представляется сварка давлением в состоянии

сверхпластичности кромок листов пакета с применением габаритной рамки. Известно, что при сжатии кромок формообразующим инструментом происходит раздутие листов пакета, что используется в некоторых технологических процессах [2]. Однако такое раздутие в рассматриваемом случае не желательно – это неизбежно приводит в появлению замятин (гофров) при последующей односторонней гибке пакета.

А реализация алгоритмов последовательной декомпозиции (анализа) моделируемого процесса и последующего синтеза общей модели машиностроительной организационно-технической системы в методе операционных производств, задействует соответствующие математические модели вариантов операции сварки давлением кромок листов пакета. Это делает ее способной учитывать, что задание геометрической формы рамки и пуансона позволяет управлять характером изгиба листов свариваемого пакета из нескольких листов (рис. 2). Другими словами, это позволяет задавать раздутие пакета или односторонний изгиб в зависимости от потребностей дальнейшей обработки [9].

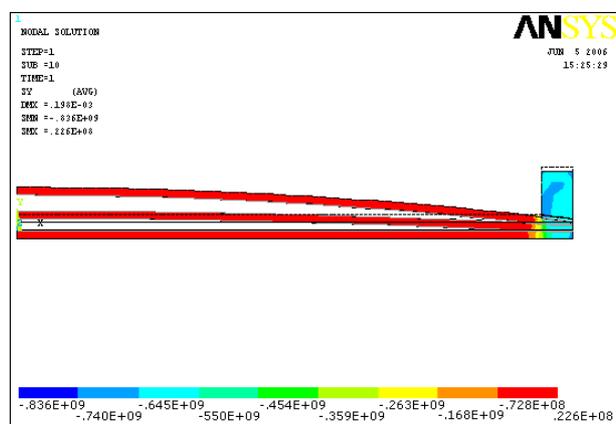


Рис. 2. Односторонний изгиб пакета листовых заготовок при сварке кромок давлением в режиме сверхпластичности с использованием габаритной рамки

При этом общая оценка эффективности принятых технологических решений базируется на показателях надежности и долговечности изделий, полученных с помощью математического моделирования и результатов прочностных экспериментов и металлографического анализа. Это обеспечивает корректность и полноту применения процессно-функциональных принципов менеджмента качества в сфере построе-

ния комплекса методов для измерения результативности и эффективности каждого процесса. Полученные результаты этих измерений используются в автоматизированных системах поддержки принятия решений.

В целом же описанный подход обеспечивает корректное построение единого информационного пространства предприятия с интеграцией используемых в ней программных и информационных ресурсов, включением библиотеки технологических процессов и связанным с ней обменом данными, с согласованием, актуализацией и обеспечением целостности и конфиденциальности корпоративных данных.

Это позволяет перейти от «лоскутной автоматизации» к интегрированной информационной технологии, совместному использованию гетерогенного программного обеспечения и глобальной целостности данных. Построенная на этой основе корпоративная информационная система обеспечивает основным инструментальным средством службы менеджмента качества и естественное согласование ее деятельности с работой подразделений.

4. СЕМАНТИКА ОПЕРАЦИОННЫХ ПРОДУКЦИЙ

Описанную выше операционную продукцию необходимо отличать от синтаксической (грамматической) продукции Поста, которая представляет собой контекстную ($spr \rightarrow str$) либо бесконтекстную ($p \rightarrow t$) подстановку символов, а также от логической продукции $a \rightarrow b$ – импликации, секвенции (если a , то b , a – посылка, антецедент, b – вывод, консеквент), либо от шага логического вывода *modus ponens*.

Система операционных продукций функционирует в продуктивной среде, содержащей входные и выходные объекты продукций. Среда разбивается на классы объектов и области действия продукций. Компоненты продукций S , P^{in} , F , P^{out} имеют внутренние и внешние переменные, аргументы и результаты действий, относимые к продуктивной среде. Таким образом, операционная продукция есть стандартизованная форма представления функциональных объектов, реализующих в совокупности распределенное управление и выполнение параллельных синхронных и асинхронных процессов.

Продукционная система $\{PO_i\}_N$, $1 \leq i \leq N$ может содержать продукции, которые порождают новые продукции либо изменяют существующие в системе продукции, модифицируя их

функциональные ядра, сферы применения, пред- и постусловия. Такие продукции называются метапродукциями, они выполняют функции внутреннего иерархического управления системой продукций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование операционных продукций в качестве модели бизнес-процессов, как показывает опыт, эффективен при построении различных организационно-технических систем. Это позволяет повысить эффективность производственной деятельности и ее сочетания с актуальной для авиационного машиностроения научно-исследовательской и инновационной деятельностью при обеспечении необходимой экономической эффективности и приемлемого уровня затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Злобин В. П., Шмайлов А. Л.** Цели и преимущества процессно-ориентированной СМК // Методы менеджмента качества. 2009. № 9. С. 9–14.
2. **Серенков П. С., Курьян А. Г., Соломахо В. Л.** Методы менеджмента качества. Методология описания сети процессов: монография. Минск: БНТУ, 2006. 484 с.
3. **Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С.** Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум. М.: Финансы и статистика, 2006. 192 с.
4. **Репин В.** Сравнительный анализ нотаций ARIS eEPC / IDEF0, IDEF3 <http://idefinfo.ru/cjntent/view/43/58/>
5. **Тюрганов А. Г.** Семантические преобразования классических проектных моделей информационных систем: // КИИ-2000: сб. науч. тр. VII нац. науч.-техн. конф. РАИИ с междунар. участием. 24–27 октября 2000 г. Переславль-Залесский, 2000. Т. 2. С. 686–693
6. **Потапов С. Г., Перепелица Д. Д.** Обеспечение прочностной надежности полых широкохордной лопатки вентилятора с учетом особенностей этапов ее жизненного цикла // Двигатель. 2010. № 5(71). <http://engine.aviaport.ru/issues/71/page30.html>.
7. **Молодых С. И., Третьяк В. В.** Разработка технологии изготовления полых широкохордных лопаток вентилятора ТРДД // Авиационно-космическая техника и технология. 2008. № 8(55). С. 10–14.
8. Численный анализ вариантов конструкции пустотелой вентиляторной лопатки / О. А. Кайбышев

[и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2004. № 1. С. 90–95.

9. **Лутфуллин Р. Я., Тюрганов А. Г., Галимов А. К.** Моделирование процесса сварки давлением кромок пакета листовых заготовок // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 6. С. 3–7.

ОБ АВТОРАХ

Лутфуллин Рамиль Яватович, проф. каф. материаловедения и физики металлов. Дипл. инженер по машинам и технологии обработки металлов давлением (УГАТУ, 1974). Д-р техн. наук по материаловедению в машиностроении (ИПСМ РАН, 1998). Иссл. в обл. материаловедения титановых сплавов.

Тюрганов Анатолий Геннадьевич, доцент каф. компьютерной математики. Дипл. инженер по системам автоматизир. проектирования (УГАТУ, 1991). Канд. техн. наук по автоматизированным системам управления (УГАТУ, 1994). Иссл. в обл. компьютерного моделирования бизнес-процессов организационно-технических систем.

Сафин Эдуард Вилардович, доц. каф. стандартизации и сертификации. Дипл. инженер по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам (УГАТУ, 1995). Канд. техн. наук по технологии машиностроения и материаловедению (УГАТУ, 1999). Иссл. в обл. технологических методов упрочнения поверхности титановых сплавов.

Галимов Амир Камилович, доц. каф. стандартизации и сертификации. Дипл. математик (БашГУ, 1981). Канд. физ.-мат. наук по применению математическ. моделирования, математическ. методов и вычислительн. техники в научн. исследованиях (БашГУ, 1997). Иссл. в области компьютерн. моделирования физ. явлений и технологическ. процессов