

перекрытия по условиям прочности, то есть положение определяющей точки ЛОСЗ следует выбирать левее делительной прямой ООСЗ.

Изолинии максимальных коэффициентов скольжения на обобщенной области существования зацепления строить не требуется, так как им соответствуют определяющие точки ЛОСЗ вблизи граничных линий ООСЗ, потому что эти точки для каждого значения координаты α_a удалены от делительной прямой ООСЗ, в точках которой $\lambda = 0$, на максимальное расстояние. Наибольшему значению λ_{\max} соответствует точка вблизи границы ООСЗ, наиболее удаленная от этой прямой.

Выводы

1. Комплексом геометро-кинематических показателей цилиндрико-конического и плоскокошесного незвольвентных зацеплений в обобщенной (предельной для заданных значений параметров Σ , z_1 , z_2 и m_a) области их существования на стадии автоматизированного (компьютерного) анализа можно управлять, изменяя значения обобщающих координат определяющей точки локальной области существования зацепления, выбирая их из рациональной части ООСЗ.

2. Комплексом ГКП зацепления в пределах локальной области его существования на стадии автоматизированного (компьютерного) анализа можно управлять, изменяя значения обобщающих координат крайних точек кривой граничной линии этой области, соответствующих границам конической или плоской поверхности вершин незвольвентных зубцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопатин Б. А., Цуканов О. Н. Теоретические аспекты синтеза цилиндрико-конических зубчатых зацеплений в обобщающих параметрах // Известия вузов. Машиностроение. — 2002, № 2 — 3. — С. 37—43.
2. Лопатин Б. А., Цуканов О. Н., Плотникова С. В. Геометрический синтез ортогональной цилиндрико-конической зубчатой передачи в обобщающих параметрах. — // Известия вузов. Машиностроение. — 2003, № 7. — С. 7—15.
3. Вулгаков Э. Б. Теория эвольвентных зубчатых передач. — М.: Машиностроение, 1995. — 320 с.

519.7:624.132

ОБ УПРАВЛЕНИИ СТРУКТУРОЙ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Канд. техн. наук, доц. В. П. ПАВЛОВ

Рассмотрены задачи совместного использования интегрированной информационной среды разработчиками и заказчиками машин. Управление структурой (конфигурацией) машин рассмотрено в конструкторском и потребительском аспектах. Показаны сценарии участия заказчика в процессах повышения конкурентоспособности многоцелевых землеройных машин.

A task of joint use of integrated information environment by developers and customers is concerned. Control of machine structure (configuration) is concerned in design and user aspects. Customer participation scenarios in processes of earth-moving machine competitiveness increase are shown in this article.

Структура парка машин и техническая политика фирмы призваны обеспечить ее конкурентоспособность при формировании, развитии и диверсификации производственной программы, а также своевременное и качественное выполнение объемов работ на объектах. Управление внутрифирменными инновационными процессами концентрируется в направле-

нии собственного технического перевооружения и организации мероприятий по реализации различных источников финансирования (инвестиционный кредит, собственные фонды).

В рамках инвестиционных проектов отношения потребителей и производителей землеройной техники обычно строятся по упрощенной схеме «спрос отдельных фирм — предложения заводов». Цена на новую технику формируется производителем на фоне конкретной конкурентной среды, в которой могут присутствовать иностранные фирмы. Критерием оптимальности обновления выпуска машин является суммарная прибыль заводов от реализации традиционной и новой техники с учетом затрат на ее производство и освоение, а землеройная машина рассматривается только как продукт труда.

Эффект (прибыль) от землеройной машины формируется, в конечном счете, в сфере эксплуатации. Здесь машина выступает как средство труда. Новые машины, имеющие лучшие технические и технологические параметры по сравнению с эксплуатируемыми, эффективны при выполнении объема работы фирм, если соотношение затрат на их включение в производство и положительных результатов применения даст экономический эффект на единицу продукции.

В зависимости от модели поведения фирмы (максимизация объемов работ или прибыли, повышение рентабельности, увеличение стоимости фирмы и др.) изменяется тактика ее выживания в конкурентной среде. Возможен и третий путь: совместное с машиностроительным предприятием решение экономических задач технического перевооружения и повышения конкурентоспособности новой техники [1].

В рамках любого из вариантов технического перевооружения строительной фирмы и машиностроительного производства объективно существует необходимость в объединении усилий по производственной кооперации или решению других экономических задач. В современных условиях этому способствует также стремительное развитие информационных систем, обеспечивающих развитие кооперации между участниками жизненного цикла изделия (в т. ч. создание электронных («виртуальных») предприятий). Интегрированная информационная среда (ИИС) для проектирования машины формируется не только на отдельных предприятиях, но и, что более важно, в рамках объединения предприятий.

Основными задачами создания ИИС являются: преодоление коммуникационных барьеров; повышение эффективности взаимодействия между участниками ЖЦ; уменьшение временных и материальных издержек; повышение степени удовлетворения потребностей заказчиков.

В долговременных проектах ИИС обеспечивает взаимодействие проектных организаций и производственных предприятий, поставщиков, организаций сервиса и конечного потребителя на всех стадиях жизненного цикла (рис. 1). Комплексная системная стратегия, интегрирующая промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему, получила название *CALS*-технологии [2, 3]. Применение стратегии *CALS* является условием выживания предприятий в условиях растущей конкуренции. Повышение конкурентоспособности достигается за счет сокращения затрат (цены изделия), сокращения сроков вывода новых образцов на рынок, повышением качества продукции за счет сквозной поддержки ее жизненного цикла.

Из общей проблематики *CALS*, имеющей ряд аспектов, нами рассматриваются только те аспекты, которые определяют формирование концепции (облика) машины при совместном взаимодействии всех участников ЖЦ машины. *CALS*-технология призвана решать противоречивые по своей сути задачи: с одной стороны, обеспечивать максимальное удовлетворение требований заказчика к машине в течение всего жизненного цикла, а с другой — обеспечивать максимально возможный в этих условиях уровень унификации оборудования, производимого во многих вариантах.

Потребитель является полноправным участником ЖЦ машины на этапе эксплуатации и ему необходимо обеспечить доступ в ИИС. Поскольку заказчика интересуют только потребительские свойства машины или ее сменного оборудования, в качестве средства доступа к ИИС он будет использовать не PDM-систему, а интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР), поставляемые заказчику в электронной форме (например, CD). Информационное наполнение ИЭТР происходит главным образом на стадиях разработки и производства изделия, а применение – на стадии эксплуатации и утилизации.



Рис. 1. Этапы жизненного цикла промышленных изделий и системы их автоматизации: GCE — *Global Collaborative Environment* (глобальное коллективное окружение); CAE — *Computer Aided Engineering* (автоматизированные расчеты и анализ); CAD — *Computer Aided Design* (автоматизированное проектирование); CAM — *Computer Aided Manufacturing* (автоматизированная технологическая подготовка производства); PDM — *Product Data Management* (управление проектными данными); CPD — *Collaborative Product Design* (коллективная разработка); DMS — *Direct Materials Sourcing* (прямое управление поставками материалов); CNM — *Customer Needs Management* (управление требованиями заказчиков); PPM — *Product Portfolio Management* (управление спектром продукции)

В информационных моделях понятие конфигурации изделия трактуется несколько шире, чем в общепринятой семантике. В связи с этим приведем некоторые определения [2, 4].

Конфигурация: структура предполагаемого к воплощению разрабатываемого или существующего изделия, обладающая эксплуатационными, функциональными и физическими атрибутами (свойствами, характеристиками), отвечающими установленным требованиям, и отображаемая в различных информационных моделях, соответствующих стадиям жизненного цикла этого изделия.

Управление конфигурацией (УК): управленческая технология, направленная на установление и поддержание соответствия эксплуатационных, функциональных и физических атрибутов (свойств, характеристик) изделия заданным требованиям (в том числе требованиям заказчика) в процессе создания и преобразования информационных моделей этого изделия в течение его ЖЦ.

Объект конфигурации (ОК): любое техническое или программное средство (или их комбинация), которое выполняет конечную функцию (или некоторую функцию конечного изделия), выделено для целей управления конфигурацией (см. выше) и обладает определенным набором атрибутов (свойств, характеристик).

Заметим, что любое требование, предъявляемое к изделию, является желаемым свойством. Такое определение позволяет посредством отношений сравнения сопоставлять требования с фактическими свойствами изделия и устанавливать различия между ними (отклонения от требований).

Сущность понятий, связанных с конфигурацией изделия, зависит от конкретного контекста их применения. В процессе проектирования (конструкторский аспект) исходные объекты конфигурации разукрупняются в ОК более низких рангов.

Структура экскаватора может быть представлена в виде графа, вершины которого соответствуют подсистемам (агрегатам), а ребра — отношениям. Для задач функционального анализа вершины графа интерпретируются как блоки требований, а в проектных процедурах это конструктивные исполнения узлов и агрегатов. В последнем случае используют корневое дерево специального вида, называемое И-ИЛИ деревом решений. В этом дереве каждая вершина относится к одному из трех типов: вершина типа И (обозначаемая на схемах знаком \bullet); вершина типа ИЛИ (обозначаемая \circ); «конечная» вершина (обозначаемая знаком \perp).

При составлении И-ИЛИ дерева решений, а также при выделении из И-ИЛИ дерева одного из содержащихся в нем решений пользуются следующими правилами: корень дерева входит в любое техническое решение (ТР); если вершина типа И входит в ТР, то все ее преемники также входят в ТР; если вершина типа ИЛИ входит в ТР, то один и только один ее преемник входит в ТР; вершины типов И и ИЛИ имеют не менее одного преемника.

И-ИЛИ дерево экскаватора [5] по содержанию представляет собой конфигурацию машины в конструкторском контексте (рис. 2). При этом вершины дерева можно трактовать как объекты конфигурации разных уровней. Объекты конфигурации верхнего (нулевого) уровня представляют собой концепцию изделия (в отечественной литературе используют также термины «облик изделия» или «лицо изделия»).

Другим контекстом рассмотрения конфигурации является потребительский. Здесь формулируются и отслеживаются требования, которые выполняет изготовитель. Задача управления конфигурацией включает [2]:

- декомпозицию общих требований к изделию таким образом, чтобы выделить из них группы, которые можно однозначно связать с конкретными ОК; эти группы включаются в состав информационной модели в форме желаемых свойств;
- формирование информационной модели функциональной структуры изделия, состоящей из выделенных ОК;
- сопоставление требований к ОК, входящим в функциональную конфигурацию, со свойствами конкретных технических решений, реализующих ОК, в том числе посредством расчетных методов и моделирования;
- выявление отклонений и принятие решений об изменении в конструкции изделия и ОК с целью сближения заданных требований и получаемых характеристик; проверку эффективности принятых решений с точки зрения достижения этой цели;
- проверку корректности информационной модели, отображающей принятые изменения.

И-ИЛИ граф содержит меньше технических решений, чем вариантов исполнений (версий). При решении проектных задач граф модифицируют путем введения: данных из различных прототипов; новых конструктивных элементов на основе анализа функций машины; эвристических приемов синтеза технических решений [5]. Выбор наилучшей версии (конфигурации) выполняют на основе сравнения отклонений характеристик от требуемых (желаемых) свойств машины [2].

Важным результатом управления конфигурацией является то, что потребителю поставляется не только само изделие, но и документированные доказательства того, что изделие и все

его компоненты соответствуют заданным требованиям. Это, с одной стороны, служит основой гарантии качества, а с другой – защищает поставщика от необоснованных претензий. Функциональная структура землеройной машины, будучи документально оформленной и утвержденной, приобретает статус функциональной базовой конфигурации. Соответствующее описание этой конструкции в информационной среде есть исходная информационная модель машины. Ее компоненты в дальнейшем можно рассматривать как объекты конфигурации. При этом концепцию машины можно рассматривать как объект конфигурации нулевого уровня, а другие компоненты – как объекты конфигурации соответствующих уровней.

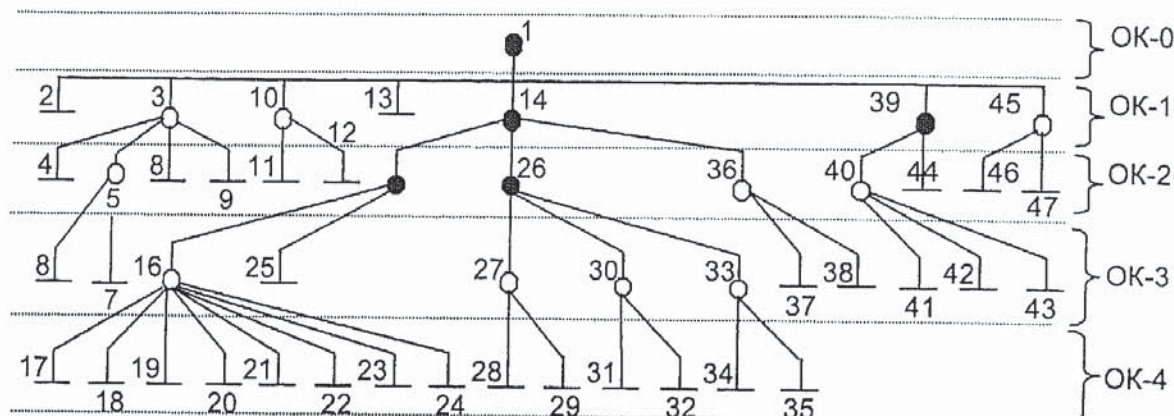


Рис. 2. Функциональная конфигурация экскаватора, ассоциированная с его И-ИЛИ графом: 1 – экскаватор; 2 – поворотная платформа; 3 – ходовое устройство; 4 – гусеничное; 5 – пневмоколесное; 6 – с выносными опорами; 7 – с отвалом и выносными опорами; 8 – шагающее; 9 – порталное; 10 – рабочее место машиниста; 11 – кабина; 12 – пульт вне экскаватора; 13 – силовая установка; 14 – рабочее оборудование; 15 – рабочие органы; 16 – сменные рабочие органы: 17 – ковш прямоугольный без зубьев; 18 – ковш с активными зубьями; 19 – ковш двухчелюстной многоцелевого назначения; 20 – отвал; 21 – взломщик покрытий; 22 – гидромолот; 23 – грейфер; 24 – грузозахват; 25 – основной ковш с зубьями; 26 – механизм рабочего оборудования; 27 – стрела; 28 – моноблочная; 29 – составная; 30 – рукоять; 31 – моноблочная; 32 – телескопическая; 33 – механизм поворота рабочего органа; 34 – с одной степенью свободы; 35 – с двумя степенями свободы; 36 – узел крепления рабочего органа; 37 – пальцевое соединение; 38 – устройство быстросъемное; 39 – трансмиссия; 40 – механизм поворота и хода; 41 – гидрообъемная; 42 – механическая; 43 – гидромеханическая; 44 – гидропривод рабочего оборудования; 45 – система управления; 46 – неавтоматическая; 47 – автоматическая

Рассмотренную схему (рис. 2) можно детализировать, дополнив данными о модификациях и исполнениях. Если в рассматриваемом примере вершины дерева отображают свойства и/или требования к компонентам, то само дерево есть расширенный классификатор объекта классификации. Выделяя в дереве подграф, вершины которого обозначены прямоугольниками, заказчик, например, формирует следующие требования: «Необходим экскаватор со сменным рабочим органом в виде рыхлителя».

Из анализа рассмотренного дерева следует: для каждого объекта конфигурации на уровне ОК-0 можно выделить подграф, приводящий к некоторой конечной вершине. Этот подграф однозначно определяет требования к модификации или исполнению машины. А множество таких графов отражают концепцию машины.

Практическое применение технологии управления конфигурацией зависит от конкретной организационно-производственной ситуации. В таблице представлены два возможных сценария взаимодействия управлений конфигурации (УК) производителя и заказчика новой техники. Предполагается, что при наличии базовой машины рассматривается только многообразие конфигураций сменного рабочего оборудования. Таблица может быть расширена, если дополнительно рассмотреть сценарии, предусматривающие разработку

базовой машины [5]. Документированный результат анализа множества функциональных конфигураций является основой информационной модели машины, которая видоизменяется в зависимости от ситуации.

Если для проектируемой многоцелевой машины имеется готовая базовая машина, то задача сводится к поиску необходимых компонентов оборудования в соответствующей базе данных. При отсутствии готовых решений начинается проектирование соответствующего оборудования или рабочего органа. На различных стадиях жизненного цикла и в разных контекстах устанавливается соответствие между деревом требований и конструкторским деревом машины.

Для каждой ситуации информационная модель видоизменяется. Иными словами, обеспечивается согласование требований и фактических свойств машины, что и является основным смыслом технологии управления конфигурацией. Практические вопросы взаимодействия участников совместных проектов отрабатываются на базе сетевого (виртуального) предприятия КГТУ, включающего несколько проектно-производственных структур [6, 7].

Рассмотренные сценарии управления конфигурацией многоцелевых землеройных машин допускают различную степень участия потребителей в повышении конкурентоспособности приобретаемой техники при взаимодействии с изготовителями в интегрированной информационной среде.

Таблица

Возможные сценарии управления конфигурацией многоцелевых машин

Вариант сценария	Наличие базовой машины	Особенности производства	Специфика управления конфигурацией	Решаемые задачи
А	Базовая машина имеется	Крупносерийное или массовое производство	Ведущая роль УК поставщика	Аудит конфигурации как необходимой части системы менеджмента качества. Внесение изменений в конструкцию сменного оборудования с последующим их отслеживанием при проектировании и в производстве. Своевременная подготовка ИЭТР. Актуализация рабочей конструкторской документации и ИЭТР.
Б	Базовая машина отсутствует	Выпуск малой партией или индивидуально	Ведущая роль УК поставщика. Могут принимать участие УК заказчиков. Требования заказчиков решающие	При отсутствии компонентов многоцелевой землеройной машины служба УК должна: выступать посредником между разработчиками и заказчиком по вопросам разработки дополнительных элементов оборудования; участвовать в разработке ТЗ на создание нового оборудования, отслеживать его реализацию при проектировании и производстве; дополнить перечень оборудования, предлагаемого заказчикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луцкий С. Я., Ландсман А. Я. Корпоративное управление техническим перевооружением фирм. – М.: Высш. шк., 2003. – 319 с.
2. Судов Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. – М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2003. – 264 с.
3. Норенков И. П., Кузьмин П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с.
4. ГОСТ Р ИСО 10303-44-2002. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 44. Интегрированные обобщенные ресурсы. Конфигурация структуры изделия. – М.: Госстандарт России. 2002. – 12 с.
5. Павлов В. П. Основы системотехники многоцелевых землеройных машин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН; Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 332 с.
6. Рутковский В. О., Сарафанов А. В. Организация виртуального предприятия КГТУ на базе CALS-идеологии // Бюллетень CAD/CAM/CAE/CALS. – Красноярск: КГТУ, 2003. – № 2.
7. www.nocikt.krgtu.ru