

Возможности упрощения расчетных схем, подобных схеме на рис. 16, рассмотрены более подробно в работе [9]. Воспользуемся некоторыми приемами упрощения (рис. 17) для системы с несколькими степенями свободы, структура которой позволяет использовать свертки дополнительных цепей.

Из рис. 17 видно, что контуры I и II формируют обобщенные пружины с соответствующими обобщенными жесткостями k_{np}' и k_{np}'' [10]. Система уравнений движения для схемы на рис. 17 принимает вид

$$\begin{aligned} m_0 \ddot{y}_0 + y_0 (k_{\Gamma} + k_{np}' + k_{np}'') - k_{\Gamma} y_{\Gamma} &= Q, \\ m_{\Gamma} \ddot{y}_{\Gamma} + k_{\Gamma} y_{\Gamma} - y_0 k_{\Gamma} &= 0, \end{aligned}$$

откуда можно найти, что

$$W = \frac{\bar{y}_0}{Q} = \frac{m_{\Gamma} p^2 + k_{\Gamma}}{(m_0 p^2 + k_{np}' + k_{np}'')(m_{\Gamma} p^2 + k_{\Gamma}) - k_{\Gamma}^2}. \quad (45)$$

Таким образом, при силовом возмущении Q , приложенному к объекту m_{Γ} , режим динамического гашения возможен. Однако при возмущении со стороны основания необходима реализация другой последовательности действий [10], поскольку необходимо учесть действие переносных сил инерции. Упомянутое также связано и с тем, что k_{np}' и k_{np}'' представляют собой дробно-рациональные выражения, которые, в конечном итоге, переходят в числитель (45) и формируют дополнительные режимы динамического гашения. Таким образом, введение динамического гасителя классического типа в виде подпружиненной массы, присоединяемой к объекту защиты, к которому приложена внешняя сила Q , обеспечивает несколько режимов динамического гашения. Последнее зависит от сложности системы в целом и ее структурных особенностей.

Литература

1. Елисеев С.В., Нерубенко Г.П. Динамические гасители колебаний. Новосибирск: Наука. 1982. 142 с.
2. Мехатроника виброзащитных систем. Элементы теории / С.В. Елисеев [и др.]; Иркут. гос. ун-т путей сообщения. Иркутск. 2009. 128 с. Рус. Деп. В ВИНТИ 27.11.09, № 738 – В 2009.
3. Динамический синтез в обобщенных задачах виброзащиты и виброизоляции технических объектов / С.В. Елисеев [и др.]. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та. 2008. 523 с.
4. Упырь Р.Ю., Ермошенко Ю.В. Межкоординатные дополнительные связи в системах балочного типа // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2010. № 1 (25). С. 70-74.
5. Ермошенко Ю.В., Фомина И.В. Динамическое гашение колебаний в виброзащитных системах с использованием Г-образных рычажных связей // Там же. 2009. № 2 (22). С. 85-89.
6. Елисеев С.В. Новые подходы в теории колебаний. Задачи управления динамическим состоянием на основе введения дополнительных связей // Винеровские чтения: материалы IV всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: ИрГТУ. 2009. С. 46-60.
7. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики: в 2 т. М.: Наука, 1968. Т. 2: Динамика. 630 с.
8. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. М.: Высш. шк., 1975. 163 с.
9. Насников Д.Н. Формы и особенности динамического взаимодействия звеньев в виброзащитных системах с расширенным набором типовых элементов: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2009. 184 с.
10. Елисеев С.В., Белокобыльский С.В., Упырь Р.Ю. Обобщенные пружины в задачах защиты машин и оборудования // Збірник наукових праць. Полтава. 2009. Т.1, № 3 (25). С. 79-90.
11. Корнев Б.Г., Резников П.М. Динамические гасители колебаний. Теория и технические приложения. М.: Наука. 1968. 535 с.

УДК 621.81.002.2

*А.Н. Антамошкин, В.С. Ереско**

**ВНЕДРЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ САПР
В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Рассмотрены возможности и проблемы внедрения на малых предприятиях систем автоматизированного проектирования в условиях мелкосерийного производства, а также этапы внедрения САПР.

Ключевые слова: CALS-технологии (непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла), жизненный цикл, этапы, малые предприятия.

* - автор, с которым следует вести переписку.

Необходимость всесторонней интенсификации экономики неразрывно связана с ускорением научно-технического прогресса, важнейшими направлениями которого являются создание и освоение принципиально новой техники и технологии, автоматизация и механизация производства. Выполнение этих задач требует, в частности, развития систем гидропневмопривода, присутствующего в системах управления изделий машиностроения практически всех отраслей промышленности. Широкое внедрение гидропневмопривода в различных отраслях промышленности предъявило к уплотнениям гидропневмоагрегатов (УГПА) разнообразный диапазон требований, который непрерывно модифицируется и ужесточается. Наряду с этим существенное повышение сложности УГПА, значительный рост объемов научно-технической информации ставят конструкторов и технологов в ситуацию, когда они не в состоянии традиционными методами принять решение с учетом последних достижений технического прогресса, что в конечном итоге приводит к несоответствию принимаемых ими решений современным требованиям к производительности и надежности гидропневмосистем.

Упомянутые факторы заставляют применять новые методы и средства труда разработчиков, позволяющие повысить не только производительность труда, но и качество принимаемых решений. Наиболее перспективным выходом из рассматриваемой ситуации представляется автоматизация процесса проектирования и производства пресс-форм УГПА на всех стадиях, от разработки технического решения до выпуска рабочей документации и готового изделия.

Мировой опыт свидетельствует, что внедрению на предприятии информационных систем должно предшествовать серьезное функционально-информационное обследование предприятия с целью определения оптимальности процессов, распределения ресурсов между функциями и т. д.

Бизнес-модель предприятия может создаваться с помощью различных инструментов. В настоящее время проработан ряд методологий, позволяющих взяться за создание функционально-информационного описания бизнес-процессов предприятия. Одна из них – методология IDEF/0 (руководящий документ Госстандарта РФ «Методология функционального моделирования IDEF/0»). Метод IDEF/0 предназначен для функционального моделирования, то есть моделирования выполнения функций объекта путем создания описательной графической модели, показывающей, что, как и кем делается в рамках функционирования предприятия. Функциональная модель представляет собой структурированное изображение функций производственной системы или среды, информации и объектов, связывающих эти функции.

Функциональная модель предприятия является основой для проведения анализа существующих бизнес-процессов. Анализ бизнес-процессов предприятия, фирмы, учреждения (в дальнейшем – организации) часто приводит к выводам о необходимости их перестройки как технологической, так и организационной. Задача такой перестройки состоит в том, чтобы повысить эффективность функционирования организации – увеличить прибыль, снизить издержки, повысить качество продукции, поднять производственный потенциал (возможность выпускать больше продукции или обслуживать большее число клиентов в единицу времени) и т. д. Организационную и технологическую перестройку процессов, составляющих в совокупности деятельность организации, принято называть реинжинирингом. Результатом проведения этих работ является разработанная функциональная модель предприятия «как должно быть», описывающая более совершенную технологию выполнения процессов, а также база данных о процессах, материальных и информационных потоках, ресурсах, доступная для анализа.

В условиях достаточно полной структуризации рассматриваемой предметной области целесообразно применение небольших мобильных АСУТП, ориентированных на мелкосерийное производство уплотнений гидропневмоагрегатов. Такая постановка вопроса справедлива в условиях жесткой экономии для небольших предприятий с минимальными капиталовложениями. Относительно размера минимальных капиталовложений можно привести данные о примерных затратах на приобретение и внедрение программных продуктов компании АСКОН на предприятии численностью до 200 рабочих мест. Необходимо отметить, что ПО АСКОН реализует самую доступную ценовую политику и позволяет полностью автоматизировать производственный процесс.

Не стоит недооценивать важность внедрения электронного документооборота на предприятии вкупе с внедрением САПР для проектирования уплотнений и пресс-форм уплотнений, так как использование безбумажной технологии во многом определяет характер используемых систем.

Программное обеспечение, предлагаемое компанией АСКОН, по своим технико-экономическим показателям не уступает своим зарубежным аналогам, а зачастую даже выгодно отличается от них, потому что АСКОН заботится о соблюдении государственных стандартов и правил и требований ЕСКД, чем не могут похвастаться зарубежные фирмы.

Внедрение САПР на малом предприятии связано с несколькими проблемами. Первая и самая важная проблема мелкого предприятия – бюджет.

В целом, необходимость внедрения САПР на малом предприятии обуславливает соблюдение конкурентоспособности выпускаемой продукции,

поскольку снижение затрат времени на проектирование отдельных элементов УГПА приводит к прямому снижению финансовых затрат.

По данным исследования *Court Square Data Group*, в ходе которого было опрошено более 100 компаний крупного и среднего бизнеса в США, средняя загрузка серверов в корпоративных вычислительных центрах не превышала 15–20 %, а в ряде случаев опускалась до 4 %. При этом загрузка процессоров серверов очень неравномерна: одни работают на пределе своих возможностей, что замедляет выполнение приложений, другие – практически простаивают.

Этого вполне достаточно, чтобы у руководителей небольших предприятий возникли определенные сомнения насчет объемов инвестиций в автоматизацию своего бизнеса для обеспечения конкурентоспособности продукции. Предлагается компромисс, который заключается в разбиении процесса внедрения САПР на несколько этапов.

Понятие «жизненный цикл изделия» введено в международных стандартах серии ISO 9004 (управление качеством продукции). Данное понятие включает в себя следующие этапы жизненного цикла изделия: маркетинг, поиск и изучение рынка; проектирование и/или разработка технических требований к создаваемой продукции; материально-техническое снабжение; подготовка и разработка технологических процессов; производство; контроль, проведение испытаний и обследований; упаковка и хранение; реализация и/или распределение продукции; монтаж, эксплуатация; техническая помощь в обслуживании; утилизация после завершения использования продукции.

За последние несколько лет разработаны следующие документы: ISO 10303 (Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange), ISO 13584 (Part Library), Def Stan 00-60 (Integrated Logistic Support), MIL-STD-

2549 (Configuration Management. Data Interface), MIL-HDBK-61 (Configuration Management. Guidance), AECMA Specification 2000M (International Specification for Materiel Management Integrated Data Processing for Military Equipment), AECMA Specification 1000D (International Specification for Technical Data Publications, Utilising a Common Source Data Base) и т. д.

В настоящее время в развитых странах CALS рассматривается как комплексная системная стратегия, непосредственно влияющая на конкурентоспособность предприятия. Повышение конкурентоспособности достигается за счет сокращения затрат (цены изделия), сокращения сроков вывода новых образцов на рынок, повышения качества продукции за счет сквозной поддержки ее жизненного цикла. Применение стратегии CALS является условием выживания предприятий в условиях растущей конкуренции, в том числе на международных рынках, в ближайшие несколько лет.

Рассмотрим типичный набор САПР, регламентированный CALS-технологиями (рис. 1). Здесь в упрощенном виде представлен жизненный цикл изделия, производимого в машиностроительной области.

Первое, на что следует обратить внимание – это системы управления качеством (Quality management – QM-системы), а обеспечение качества продукции является одной из задач, решаемых на предприятии или в иной организационной структуре в рамках управленческой деятельности. С этой точки зрения система качества рассматривается как подсистема предприятия, тесно интегрированная с информационной средой, и поэтому для ее проектирования, создания, использования, анализа и реинжиниринга могут применяться CALS-технологии. Информация и документы, циркулирующие в системе качества, могут быть представлены в формате и виде, регламентированными стандартами CALS.

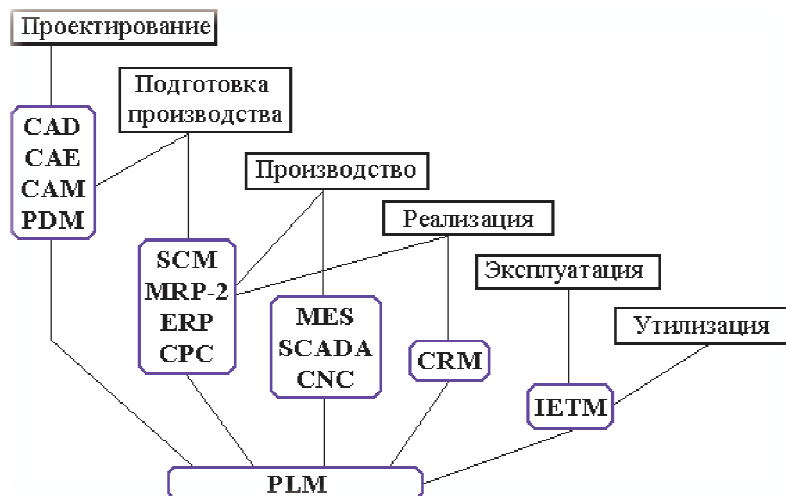


Рис. 1. Типичная схема взаимосвязи САПР пакетов с ЖЦ изделия.

Применение новых информационных технологий, в том числе CALS-технологий, в системах качества на всех стадиях жизненного цикла продукции: проектирования, внедрения и эксплуатации, способствует непрерывному улучшению качества и позволяет руководству предприятия гарантировать, что все технические, административные и человеческие факторы, влияющие на качество производимой продукции, находятся под контролем, а управление системой качества учитывает запросы и ожидания потребителя и обеспечивает предприятию конкурентоспособность. Из общего списка систем управления качеством можно выделить такие системы, как интегрированная среда Aris toolset, JIT, система KANBAN.

Систем управления качеством и систем всеобщего управления качеством (Total quality management – TQM) может быть много, но главный фактор в поэтапном внедрении таких систем на предприятии является их совместимость с общепринятыми стандартами, такими, как DWG – закрытый и основной формат файлов для обмена информацией между вертикальными приложениями Autodesk. Был создан фирмой Autodesk для системы AutoCAD, IDEF0 – IDEF14 – семейство методологий и форматов, представляющих модель изделия, данные о модели изделия в развернутом и понятном виде, например IDEF0 – Function Modeling – методология функционального моделирования. С помощью наглядного графического языка IDEF0 изучаемая система предстает перед разработчиками и аналитиками в виде набора взаимосвязанных функций (функциональных блоков – в терминах IDEF0). Как правило, моделирование средствами IDEF0 является первым этапом изучения любой системы. Методологию IDEF0 можно считать следующим этапом разви-

тия хорошо известного графического языка описания функциональных систем SADT (Structured Analysis and Design Technique).

Также нельзя оставлять без внимания формат STEP (STandard for Exchange of Product model data – стандарт обмена данными модели изделия), совокупность стандартов ISO 10303 используемая в САПР. Позволяет описать весь жизненный цикл изделия, включая технологию изготовления и контроль качества продукции. Является основным конкурентом стандарта IGES. В последнее время вытесняет его благодаря более широкому возможностям хранения информации.

Стандарт STEP регламентирует логическую структуру базы данных (БД), номенклатуру информационных объектов, хранимых в БД, их связи и атрибуты. Типовые информационные объекты, такие, как данные о составе изделия, материалах, геометрии изделия, независимые от характера описания изделия, называются в стандарте «интегрированными ресурсами», на основе которых строятся схемы баз данных об изделии для разных предметных областей: автомобилестроения, судостроения, аэрокосмической промышленности и т. д. Готовые схемы баз данных называются в стандарте «протоколами (правилами) применения» и представляют собой типовые решения. Стандарт также предусматривает способы взаимодействия с хранилищем данных – с помощью текстового обменного файла (ISO 10303-21) и через стандартный программный интерфейс (Standard Data Access Interface – SDAI – ISO 10303-22).

Исходя из текущего положения рынка САПР, на малом предприятии введены в эксплуатацию следующие системы (рис. 2).



Рис. 2. Типичная схема взаимосвязи САПР пакетов с ЖЦ изделия в условиях мелкосерийного производства.

Как видно на рис. 2, на предприятии мелкосерийного профиля отсутствуют в эксплуатации системы, упомянутые выше, что приводит к снижению конкурентоспособности вновь создаваемых изделий. Следует разработать стратегию внедрения CALS-технологий в рабочий процесс предприятия. В данной статье предложена примерная стратегия внедрения CALS-технологий на предприятии мелкосерийного производства.

Первым этапом является проведение исследований в области систем, обеспечивающих целостный документооборот и сравнение их с возможностями предприятия для их приобретения. Заметим, что эти системы не приобретаются на первом этапе, но исследования проводятся для того, чтобы впоследствии с САПР перейти на полный электронный документооборот и впоследствии на АСУТП.

Также частью первого этапа является анализ существующих бизнес-процессов и информационного обеспечения предприятия. Цель анализа – выявить существующее взаимодействие между бизнес-процессами и оценить их рациональность и эффективность. Для этой цели с использованием CALS-технологий разрабатываются функциональные модели, содержащие детальное описание выполняющихся процессов в их взаимосвязи. Формат описания регламентирован стандартом IDEF0. Полученная функциональная модель позволяет решать целый ряд задач, связанных с оптимизацией, оценкой величины и распределения затрат, оценкой производительности, загрузки и сбалансированности составных частей, обеспечить применение ABC-метода (Activity Based Costing).

Формирование концепции информационной интеграции и внедрения PDM-системы на предприятии включает выбор показателей оценки эффективности процессов, формирование целей внедрения CALS-технологий и стратегии их достижения. Основными показателями являются конкурентоспособность (или качество) продукции, затраты и длительность процессов разработки и освоения производства изделия.

Затем следует провести этап формирования так называемой рабочей группы, он включает в себя обучение соответствующим CALS-технологиям и программным продуктам. Должно проводиться обучение как сотрудников производственных отделов предприятия (конструкторов, технологов и т. п.), так и специалистов отдела автоматизации (программистов и системных аналитиков). Для сохранения преемственности решений необходимо иметь рабочую группу с постоянным составом в течение всего процесса внедрения CALS-технологий.

Третьим этапом является выбор системы, обеспечивающей единое информационное пространство на всем предприятии. Такие системы классифицируются как системы управления дан-

ными об изделии (Product data management – PDM).

Системы управления данными об изделии в настоящее время достаточно широко реализованы и представлены на российском рынке. Поэтому перед каждым предприятием будет стоять вопрос, какую систему выбрать и как ее применять для решения конкретных задач. В любом случае, предприятие должно осознавать, что оно приобретает не просто компьютерную программу, но целый пакет услуг, поэтому необходимо учитывать не только качества самой PDM-системы, но и способность ее производителя (или дилера) обеспечить сопровождение, модернизацию и адаптацию программы к потребностям предприятия. Задача выбора и приобретения технических средств (компьютеров и сетевого оборудования) тесно связана с задачей выбора PDM-системы. Конкретные программные продукты отличаются набором реализуемых ими функций PDM-системы. Перечень систем, наиболее известных на российском PDM-рынке, примерно таков: iMAN, PartY Plus, PDM STEP Suite, Search, T-Flex Docs, Windchill. Хотя в данной статье и приведены примеры PDM-систем, каждый руководитель предприятия волен выбирать PDM-систему сам, исходя из финансового положения предприятия и совместимости системы со стандартами CALS-технологий.

Затем следует описать изменения, внося данные об изменениях в структуру работы предприятия в комплекс нормативной документации для обеспечения преемственности системы. Для эффективного использования накопленного предприятием производственного опыта требуются значительные затраты на перевод существующей документации о разработанных изделиях в стандартное представление и занесение ее в хранилище данных интегрированной информационной системы с использованием средств адаптации.

Разработка комплекса нормативной документации, регламентирующей порядок ввода и изменения информации об изделии в PDM-систему на основе международных, государственных и отраслевых стандартов, необходима для организационного обеспечения внедрения PDM-системы.

Для создания на предприятии единого информационного пространства необходимо интегрировать PDM-систему с уже существующими и внедряемыми компьютерными системами. Кроме того, при внедрении понадобится учесть специфические условия функционирования предприятия.

Далее следует подобрать САПР для проектирования и обслуживания данных об изделии. Такие системы классифицируются как CAD-системы. Здесь необходимо отметить, что САПР должна поддерживать режим трехмерного проектирования при разработке деталей и сборок, что необходимо для последующего инженерного ана-

лиза полученных пресс-форм и различных деталей. Эти системы позволят более полно и четко раскрывать данные об изделии перед процессом производства, предоставляя только ту часть информации, которая нужна для того или иного технологического процесса или стадии инженерного анализа изделия.

Таким образом, последний этап позволит более эффективно использовать технологическую оснастку предприятия, включая станки с численно-программным управлением (ЧПУ), поскольку полученные данные при проектировании на САПР позволят вывести производство на концептуально новую ступень.

В заключение важно сказать, что продукция компании АСКОН удовлетворяет требованиям к САПР, заявленным в этой статье. Использование данной системы позволит многократно сократить время, затрачиваемое на разработку того или иного изделия на малых предприятиях.

УДК 681.5.073

Литература

1. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин [и др.] М.: Анахарсис, 2002. 304 с.
2. Концепция развития CALS – технологий в промышленности России / Е. В. Судов [и др.]; НИЦ CALS – технологий «Прикладная логистика». М., 2002. 100 с.
3. Учуватов М.С., Дектерев М.Л., Трегубов С.И. Критерии выбора CAD пакетов для проектирования электронных средств // Современные проблемы радиоэлектроники : сб. науч. ст. Красноярск, 2010. С. 595-598.
4. Киселев В.И., Трегубов С.И. Автоматизированное формирование конструкторской документации по ЕСКД // Там же. С. 571-573.

В.В. Буданов, С.П.Ереско, С.М. Шевцов*

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ СИСТЕМАХ

Представлена схема автоматического регулирования крутильных нагрузок на коленчатом вале двигателя, содержащая датчики вибрации, вычислительный процессор, пульт управления двигателем и дополнительной нагрузкой.

Ключевые слова: дизель-генератор, валопровод, вибрация, виброзащита, датчик вибрации.

Одним из основных направлений развития современной техники является автоматизация всех видов производства. Нормальное безотказное функционирование такого производства возможно лишь при условии организации многоуровневой системы управления, построенной на базе электронно-вычислительной техники. Использование совместной работы машин и управляющих ЭВМ, применение необходимых алгоритмов и программ – одна из многих и важных задач. При этом также должны быть решены задачи устойчивости движения рабочих органов, рассмотрены колебательные процессы, возникшие в период их движения, и рассмотрены задачи, связанные с оптимальными законами движения рабочих органов, разработаны алгоритмы движения этих органов. Решение подобных задач, как правило, возможно только с помощью ЭВМ.

В последнее десятилетие существенно повысились рабочие скорости машин, что привело не только к увеличению динамических нагрузок на звенья механизмов и рабочие органы машины, но и к существенному увеличению уровня вибраций и порождаемого вибрациями шума. Вибрация

сопутствует работе любой машины. Поэтому в последние годы проблема виброзащиты машин выходит на новый уровень отношений «человек – машина – среда».

Повышение энергетических, силовых и скоростных характеристик машин автоматического действия, высокие требования к их точности и надежности обуславливают развитие в ближайшие годы методов динамического исследования и расчета машин как в стационарных (установившихся), так и в переходных режимах.

Большое значение для техники имеет развитие динамики машин с переменной массой звеньев, к примеру, энергетические установки с быстро меняющейся нагрузкой на электрогенераторе. При этом не только нагрузки могут быть произвольно изменяющимися, но и способы автоматического их изменения с целью улучшения работы всего комплекса или парка энергомашин.

Как известно, вибрация сопутствует работе всех деталей машин и часто оказывается причиной, сдерживающей развитие в той или иной области техники. Так, например, дальнейшее увеличение быстроходности высокоскоростных роторных машин ограничено вибростойкостью ротора