

анизотропные пластинки и оболочки из армированных пластмасс. – М.:Машиностроение, 1965, – 271с. 3. Микишева В.И. Оптимальная намотка оболочек из стеклопластика работающих на устойчивость под внешним давлением или осевым сжатием. //Механика полимеров. – 1968. – №5. – с.864–875. 4. Ванин Г.А., Семенюк Н.П. Устойчивость оболочек из композиционных материалов с несовершенствами. – К.:Наукова думка, 1987, – 200 с. 5. Нарусберг В.Л., Тетерс Г.А. Устойчивость и оптимизация оболочек из композитов.– Рига: Зинатне, 1988, – 297с. 6. Немировский Ю.В. Об устойчивости армированных оболочек и пластин за пределом упругости. Изв. АН СССР. Мех. тверд. тела, 1970, №2, 67–74 – РЖМех, 1970, 11В400. 7. Бабич И.Ю., Борисейко А.В., Семенюк Н.П. Устойчивость цилиндрических и конических оболочек из упругопластических материалов // В кн. Механика композитов: В 12 т. / Под общей ред. А.Н. Гузя; Т. 10. Устойчивость элементов конструкций / А.Н. Гузь, И.Ю. Бабич, Д.В. Бабич и др. – К.: «А.С.К.», 2001. – 353 с. 8. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. – М.: Мир, 1982. – 334с. 9. Semenyuk N.P., Trach V.M., Podvornyi A.V. Об устойчивости цилиндрических оболочек из волокнистых композитов с учетом отклонений направлений армирования от координатных осей. // Int. Appl. Mech. – 2005. – 41. № 6. – р. 107-115. 10. Trach V.M. Podvornyi A.V. On Stability of Layered Shells From Materials With One Plane of Elastic Symmetry. // Int. Appl. Mech. – 2004. – 40, №5. P. 114-121. 11. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек. – М.: Наука, 1974, – 446 с.

Сдано в редакцию 05.05.05

Рекомендовано д.т.н., проф. Бутенко В.И.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

Филонов И.П., Курч Л.В., Даабуб А.М.

(БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь)

In Today's competitive product market the reduction of product manufacturing costs is of a great significant. As products become more complex and highly integrated. Designers or design teams find it increasingly necessary to have a system with a common language, independent of traditional engineering disciplines. There is no doubt of the impact of product design on manufacturing cost, therefore designer decision on product design will focus an important part of product manufacturing. Researchers estimate that more than 70% of the product cost is defined during the product design phase. Design for assembly (DFA) is now an accepted technique and used widely throughout many large industries including Lucas, GEC, Mercedes Benz, NISSAN Motors, etc. Experiences have shown that DFA analysis provides much greater benefits than simply a reduction in assembly costs.

В настоящее время в промышленности происходит постоянное увеличение объема новых технических решений в области разработки новых конструкций изделий и методов их ускоренного внедрения в производство. Изделия становятся более сложными и высоко-интегрированными. В условиях современного конкурентного рынка продуктов снижение себестоимости производства и повышение производительности имеют основополагающее значение. Добиться же этого не представляется возможным без детального анализа технологичности конструкции

изделия (ТКИ) на всех этапах его жизненного цикла, в укрупненном виде состоящих производственной, эксплуатационной и ремонтной ТКИ [1].

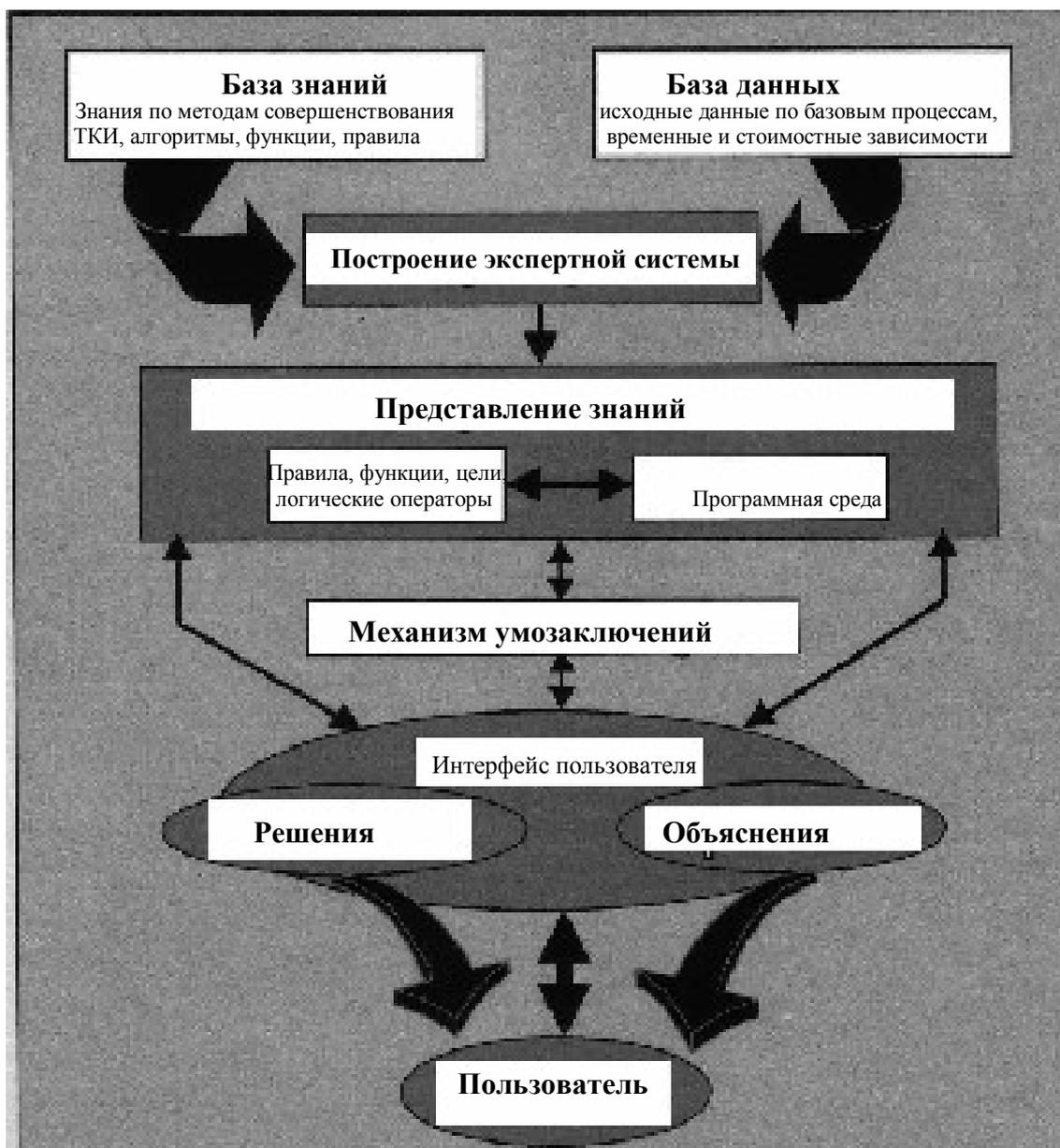


Рис.1 Структура экспертной системы

Опыт ряда крупных промышленных предприятий показывает, что наибольший эффект по снижению себестоимости изделия достигается в момент его проектирования, когда работа конструктора идет параллельно с работой технолога по разработке процессов изготовления и сборки. В этот момент анализ изделия на технологичность позволяет внести изменения в конструкцию, приводящие к снижению себестоимости производства изделия на 60-70%, в то время как снижение затрат на само производство и сборку без изменения конструкции, как правило, не превышает 10-15% [2, 3]

Повышение уровня технологичности процесса сборки является составной частью производственной технологичности и оказывает значительное влияние на снижение общей себестоимости и трудозатрат изготовления изделия.

Кроме того, совершенствование конструкции сборочной единицы, с точки зрения ее упрощения, приводит и к другому снижению стоимости, которое трудно определить количественно.

Таким образом, разработка экспертной системы анализа конструкции изделия на технологичность изготовления и сборки, которая позволила бы конструкторам и технологам проводить эффективный анализ элементарных сборок/подборок проектируемых изделий, определять стоимость и время сборочных процессов, посредством анализа и определения эффективности процессов, выбирать наиболее экономичный способ изготовления и сборки для данного изделия (ручная, механизированная или автоматизированная), является на наш взгляд актуальной.

Вместе с тем, к экспертной системе, чтобы она могла реально решать задачи совершенствования технологичности конструкции изделия и быть действительно востребованной специалистами предприятий, предъявляется ряд требований. Основные из них состоят в том, что система должна быстро давать результаты и быть проста и легка в использовании. Она должна позволять аккумулировать идеи, производить легкое сравнение альтернативных вариантов проектирования, гарантировать, что решения оцениваются логически, определять проблемные области производства и сборки и предлагать альтернативные подходы, чтобы улучшить производство и сборку изделий. Операции, которые легки для людей, могут быть неосуществимы для роботов или специальных сборочных машин, и операции, которые легки для машин, могут быть сложны для людей [4-6].

Исходя из вышеперечисленного, нами была разработан первый вариант экспертной системы, которая позволяет анализировать конструкции сборочных единиц на технологичность. Структура предлагаемой системы приведена на рис. 1.

Структура предлагаемой системы состоит из пяти основных модулей:

- 1) Модуль сбора данных;
- 2) Модуль представления знаний;
- 3) Механизм умозаключений;
- 4) Модуль консультирования процесса проектирования сборки;
- 5) Пользовательский интерфейс.

Одной из проблем, с которой пришлось столкнуться при разработке базы знаний, явилось то, что большая часть экспертных знаний имеет расплывчатый и эвристический характер и зачастую используется на уровне подсознания. Главная трудность заключается в том, чтобы собрать и исследовать различные элементы знаний, использующиеся при разрешении проблемы, а также выразить эти знания в приемлемой форме в виде правил, алгоритмов и методик решения.

Предлагаемая экспертная система была разработана таким образом, чтобы обеспечивать возможность для конструкторов и технологов анализировать и модифицировать изделия на любом этапе проектирования. Она действует в полностью интерактивном режиме.

Работа системы осуществляется посредством проведения ее пользователями через пять основных этапов: 1) определение технических характеристик деталей, сборочных единиц и изделия в целом; 2) выбор методов сборки; 3) анализ сборочной единицы на предмет сокращения количества деталей входящих в ее состав; 4) анализ маршрута

сборочного процесса; 5) расчет затрат на сборку и оценка эффективности процесса сборки.

В процессе выполнения работы были четко сформулированы правила и составлен алгоритм определения метода сборки – ручная, механизированная, автоматизированная или с использованием промышленных роботов.

Для обеспечения эффективности процесса сборки важно учитывать структуру изделия в целом и конструкцию отдельных деталей, участвующих в сборочном процессе. Процесс сборки был подразделен на две отдельные области, манипулирование (захватывание, ориентация и перемещение деталей) и установка на место (сопряжение детали с другой деталью или группой деталей).

При разработке экспертной системы было важно определить факторы, влияющие на время выполнения сборочных работ и стоимость процесса сборки. Для этого потребовалось проведение детального анализа затрат на сборку, а также установление зависимостей влияния решений, принимаемых на стадии проектирования сборочных единиц на стоимость сборочных работ.

Был произведен анализ и установлены зависимости влияния ряда факторов на время манипулирования и сопряжения деталей при сборке. Среди факторов были выделены и проанализированы следующие: симметрия собираемых деталей, габаритные размеры деталей, толщина детали, наличие и геометрические размеры фасок, вес детали, траектория движения детали в процессе сопряжения, необходимость удержания деталей при сборке, затрудненный доступ и ограниченная видимость места сопряжения деталей, конструкции головок винтов.

На рис.2 приведен один из примеров установленных зависимостей влияния вышеперечисленных фактов на время сборки.

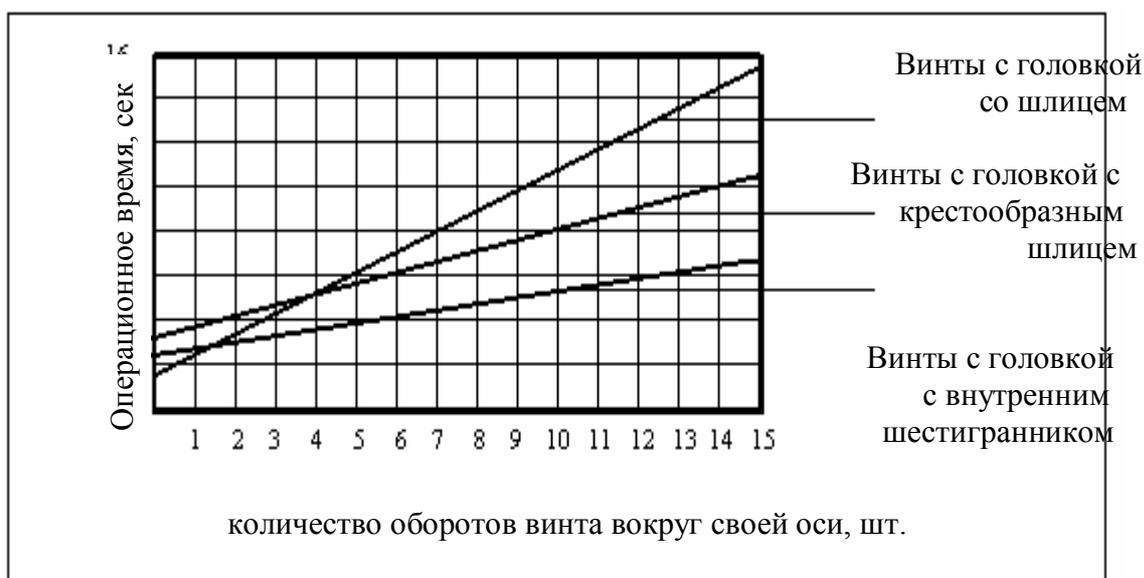


Рис. 2 Влияние конструкции головки винта на операционное время при использовании метода ручной сборки

Было также введено понятие α - симметрия и β – симметрия деталей относительно сопрягаемых поверхностей и установлены зависимости времени ориентирования собираемых деталей от вышеуказанных видов симметрии, представленные на рис. 3

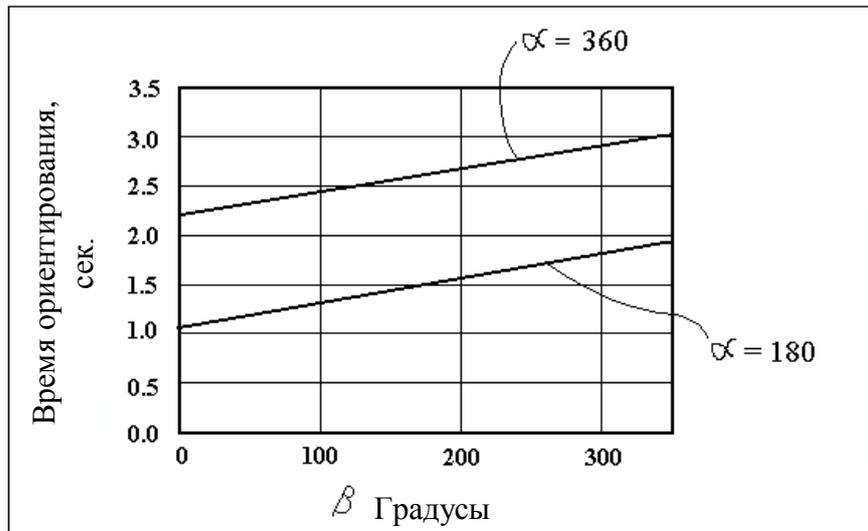


Рис. 3 Зависимость времени ориентирования собираемых деталей от параметров α и β – симметрии

Разработанная экспертная система была апробирована при анализе сборочной единицы, состоящей из 35 деталей. Внешний вид исходной и усовершенствованной конструкции сборочной единицы представлен на рис. 4.

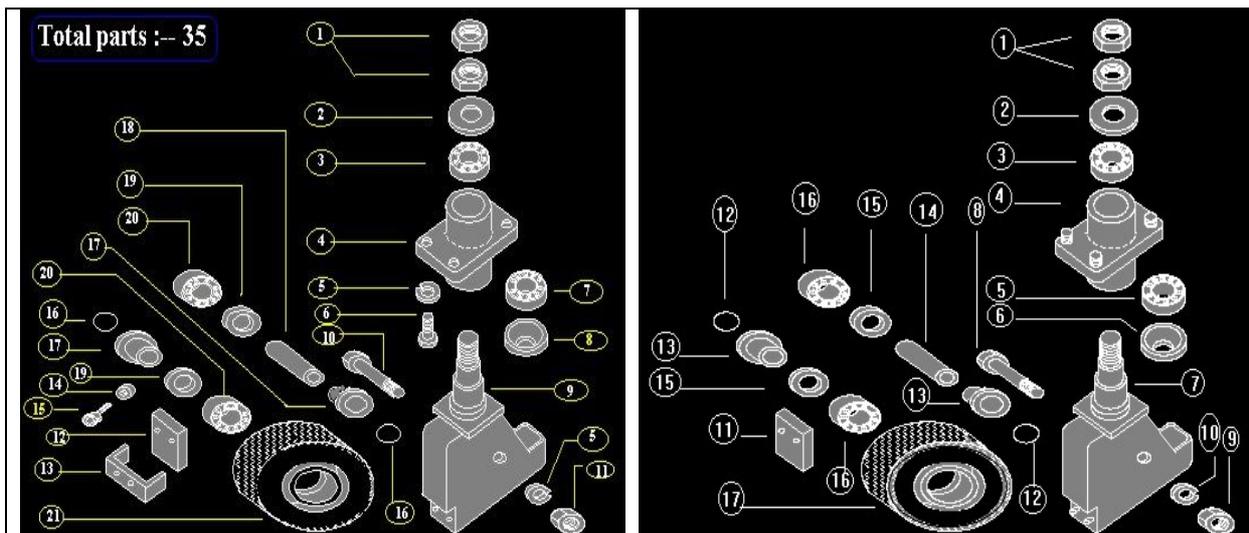


Рис.4 Внешний вид исходной и усовершенствованной конструкции сборочной единицы

Процесс упрощения конструкции изделия проходил оценку по критерию минимального количества деталей в изделии. Анализ позволил определить теоретически минимальное количество деталей в изделии, которое поддерживает функциональные возможности самого изделия. Когда вы определили и исключили ненужные детали, вы исключили ненужные расходы на производство и сборку. Было

сокращено количество деталей в изделии до двадцати двух и снижена себестоимость изделия на 33, 78%.

Список литературы: 1. Технологичность конструкции изделия: Справочник/ Ю.Д.Амиров, Т.К.Алферова, П.Н.Волков и др. – 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1990.- с.12-21. 2. Stone, R. and Wood, K., 2000, Development of a Functional Basis for Design, Journal of Mechanical Design, 122(4):359-370. 3. Stone, R., Wood, K., and Crawford, R., 2000, “A Heuristic Method for Identifying Modules for Product Architectures,” Design Studies 21(1):5-31. 4. Е.Б.Вериго, Л.В.Курч Повышение точности проведения сборочных операций с использованием промышленных роботов.// Статья журнала “Автоматизация и современные технологии”, Москва, “Машиностроение” 2000 г. С.8-11. 5. Siddique, Z. Rosen, D W., “On combinatorial design spaces for the configuration design of product families,” Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis & Manufacturing, vol. 15, no. 2 April, 2001, pp 91-108. 6. Suzuki, T., Ohashi. T., Asano, M., Miyakawa, S., “Assembly reliability evaluation method (AREM)”, Proceedings of the IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning, 2001, pp 294-299.

Сдано в редакцию 12.05.05
Рекомендовано д.т.н., проф. Семенченко А.К.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ МАШИН ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ, ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ

Филонов И.П., Курч Л.В., Крамич А.Ф. (БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь)

Large dynamic balancing machine are used in the manufacturing or repairing of large and medium turbines, motors, pumps, and blowers etc. to guarantee the balancing quality of flexible or rigid components under high speed turning condition. It is very important to create new algorithms which allow building high precision CNC large dynamic balancing machine with low time, energy and total cost of balancing process.

Процесс балансировки крупногабаритных деталей тяжело нагруженных машин необходимы затраты большого количества энергии на разгон до определенного, достаточно большого числа оборотов, установившееся движение и торможение. Необходимо также учитывать, что балансировка роторов, имеющих значительную массу, на высоких скоростях сопряжена со значительными динамическими нагрузками на узлы балансировочного оборудования и приводит к увеличению его габаритов. Значительны также и временные затраты на балансировку из-за больших значений инерционных сил, возникающих в момент разгона и торможения. Сокращение времени на балансировку, по мнению авторов можно достичь за счет определения дисбаланса, места расположения корректирующих масс и их веса на самом начальном этапе разгона. Балансировка на низких скоростях вращения ротора на этапе разгона позволяет упростить само оборудование и снижает его стоимость, делает его более простым в проектировании, изготовлении и обслуживании. Кроме того, данный подход позволяет значительно экономить энергетические затраты на разгон крупногабаритных деталей.