

УДК 62-525

А.В. Узунов, канд. техн. наук

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»**РАЗВИВАЮЩАЯСЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МЕХАТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Розроблений циклічно-модульний підхід спрямовано на створення мехатронних систем. Підхід базується на новій концептуальній моделі об'єкту та уточненому алгоритмі проектування. Запропонована модель містить інваріантну та змінну частини. Модель має багатопшарову будову з ієрархічною організацією шарів. Застосування алгоритму забезпечує формування шарів від принципу дії об'єкта до його конструкції. Це забезпечує створення адекватного об'єкта для всіх форм його представлення в процесі проектування: структури, принципової схеми, математичної моделі та конструкції. Кожна з форм представлення об'єкта в шарах моделі має інваріантну частину — структуру процесу функціонування. Використання підходу зменшує терміни проектування об'єктів.

The cyclic modular approach is proposed to mechatronic object engineering design. The approach is based on new conceptual model of the object and the new algorithm of its designing. The model consists of the invariant and changeable parts that have the hierarchical building. The use of the algorithm provides the layer forming of the object from the basis principle to the construction. It permits to design the adequate object in all forms of its representations: structure, schematic diagram, mathematical model and construction. Each of these forms has invariant part — the structure of the process of the functioning of the object. The use of approach reduces the term of the object design.

Проблема, цель и задачи исследования

В настоящее время решение задач модернизации и разработки мехатронных систем представляет значительные трудности и занимает много времени. Такие объекты характерны наличием значительного числа элементов и связей, разнородным компонентным составом, зависимостью эксплуатационных свойств от согласованности внутренних динамических процессов, переменной структурой и несколькими режимами функционирования.

Величина временных затрат на моделирование и проектирование таких объектов зависит от применяемых подходов и алгоритмов построения моделей и проектирования. Известные подходы и алгоритмы основаны на представлениях разработчиков об объекте. Анализ концептуальных моделей показал, что наиболее полная модель объекта отображает компонентный состав и взаимодействие между компонентами на самом общем уровне. Эта модель показывает, что объекты могут принадлежать к классам объектов, они могут включать модули и процессы, иметь логическую и физическую структуру, находиться в статических или динамических состояниях [1]. Анализ известных подходов к проектированию показал, что они включают все необходимые этапы: анализ, описание, концептуальное проектирование, конкретное проектирование, построение математической модели, моделирование, конструирование и тестирование, однако их применение ведет к значительным временным затратам. Это обусловлено сложностью рабочих процессов в рассматриваемых объектах, трудностью построения адекватной математической модели и получения планируемых характеристик [2–6].

С нашей точки зрения причиной этому является несоответствие между принятой концепцией построения модели и строением реальных технических объектов. Исследование закономерностей взаимосвязи процесса функционирования, строения и свойств объекта, и их применение в подходе к моделированию и проектированию позволит повысить эффективность решения задач модернизации и разработки мехатронных систем.

Целью работы является сокращение сроков модернизации и проектирования мехатронных систем.

Задачами являются:

- разработка концептуальной модели мехатронной системы на основе закономерностей взаимосвязи процесса функционирования, строения и свойств объекта;
- уточнение алгоритма проектирования с учетом особенностей концептуальной модели объекта.

Результаты исследований

Проведенные исследования объектов мехатроники позволили установить, что взаимосвязь процесса функционирования, строения и свойств объектов проявляется в следующих закономерностях:

- процесс функционирования, направленный на получение заданного набора свойств, определяет строение объекта;
- основой формирования процесса функционирования и строения объекта является замкнутая структура процесса получения свойства.
- организация процесса функционирования и строения объекта являются идентичными, при этом им присуща иерархичность и модульность.

- объект имеет две составляющие — инвариантную и изменяемую, при этом первая представлена структурой процесса функционирования объекта, а вторая — набором его свойств.

Выявленные закономерности применены при создании подхода к проектированию рассматриваемых объектов. В основу подхода положена концептуальная модель объекта, которая основана на применении замкнутых структур процессов получения свойств, их иерархической модульной организации и учете инвариантной и изменяющейся составляющих.

Концептуальная модель объекта

Модель представлена суперпозицией инвариантной и изменяемой частей. Инвариантную часть представляет структура процесса функционирования объекта, которая остается постоянной в течение его развития (проектирования) и эксплуатации. Изменяемая часть представлена состояниями объекта. Состояния объекта изменяются в процессе развития (проектирования) и представлены набором свойств. Например, такими свойствами являются: использование конкретного принципа действия, выполнение набора функций, наличие конкретной структуры процесса функционирования и др. Каждое из состояний объекта отображено в его модели соответствующим слоем (рис. 1). Предложенная модель показывает развитие объекта в процессе проектирования, и, поэтому, может рассматриваться как развивающаяся. Ее ядром является принцип действия, на котором основана работа объекта. Далее следуют слои состояния. В модели представлены следующие слои: функциональный, структурный, схематический, модельный, конструктивный. Каждый слой имеет иерархическое модульное строение, которое отображает иерархию получения свойств объекта. Для представления состояний объекта в слоях применяют соответствующие средства описания. Например, слова используют для описания принципа действия, функциональные диаграммы используют для представления набора взаимодействующих функций объекта, графические символы действий применяют для представления структуры процесса функционирования, графические символы элементов применяют для представления принципиальных схем и т.д. Развивающаяся модель объекта отображает также связи между различными слоями. Эти связи прослеживаются в переходах от слоя к слою в радиальных направлениях. Например, гидравлический дроссель представлен в схематическом слое с помощью графического символа, в модельном слое — математической формулой, в конструктивном слое — конструктивным элементом. Это обеспечивает преемственность при переходе от слоя к слою.

Инвариантная часть модели формируется в структурном слое. Структура процесса функционирования представляется схемой выполнения действий, каждое из которых отображается с помощью графического символа — стрелки с меткой. Метка указывает на содержание дей-

ствия. Имеется ряд правил формирования структуры процесса функционирования. Структура должна иметь замкнутую форму. Это обусловлено требованием к объекту — многократно выполнять планируемую функцию. Условие замкнутости формирует также набор требований к содержанию и порядку следования действий в описании рабочего процесса. Каждое прямое действие структуры процесса должно иметь обратное ему действие. Логический порядок следования действий должен приводить к реализации функции и обеспечивать целостность структуры. Если структура соответствует перечисленным требованиям, то она имеет структурную и логическую адекватность по отношению к процессу функционирования проектируемого объекта.

Развитие модели объекта предполагает приобретение свойств при переходе от слоя к слою. При этом в ходе переходов от структурного слоя к каждому последующему слою, структура остается неизменной. Благодаря этому сохраняется структурная и логическая адекватность модели. Например, адекватную математическую модель получают путем замены действий в структуре процесса функционирования их математическими описаниями. При этом учитывают принципы реализации конкретных действий, указанные в принципиальной схеме.

Одним из путей сокращения сроков проектирования является применение модулей. В предложенной концептуальной модели модули могут быть сформированы уже в структурном слое. При этом индикатором модуля является замкнутая структура получения свойства, которая представляет модуль нижнего уровня. Модули имеют иерархическое строение, при этом модули более высоких уровней имеют внутренние замкнутые структуры. Иерархическая модульная организация отображается уровнями в слоях модели и она присуща всем ее слоям, начиная с этапа формирования структуры.

Алгоритм формирования объекта

Предложенный алгоритм формирования объекта основан на его развивающейся модели. Алгоритм имеет многоцикловую архитектуру (рис. 1). Детальное описание логического блока раскрывает логику переключения для перехода на каждый очередной цикл процесса формирования объекта (рис. 2). Каждый цикл обслуживает свой слой модели, который, в свою очередь, представляет состояние объекта.

Начало работы алгоритма инициируют требования к объекту с заданным набором свойств. Затем формируют описание объекта и набор требований к нему. После этого запускают начальный цикл. Этот цикл соответствует процессу формирования ядра — выбору принципа действия объекта. Выбранный принцип инициирует переход к следующему циклу — описанию функций объекта. Слой считают сформированным, если построена функциональная схема работы объекта. Далее выполняют переход к следующему циклу — формированию структуры процесса реализации функций. Слой считают готовым, если:

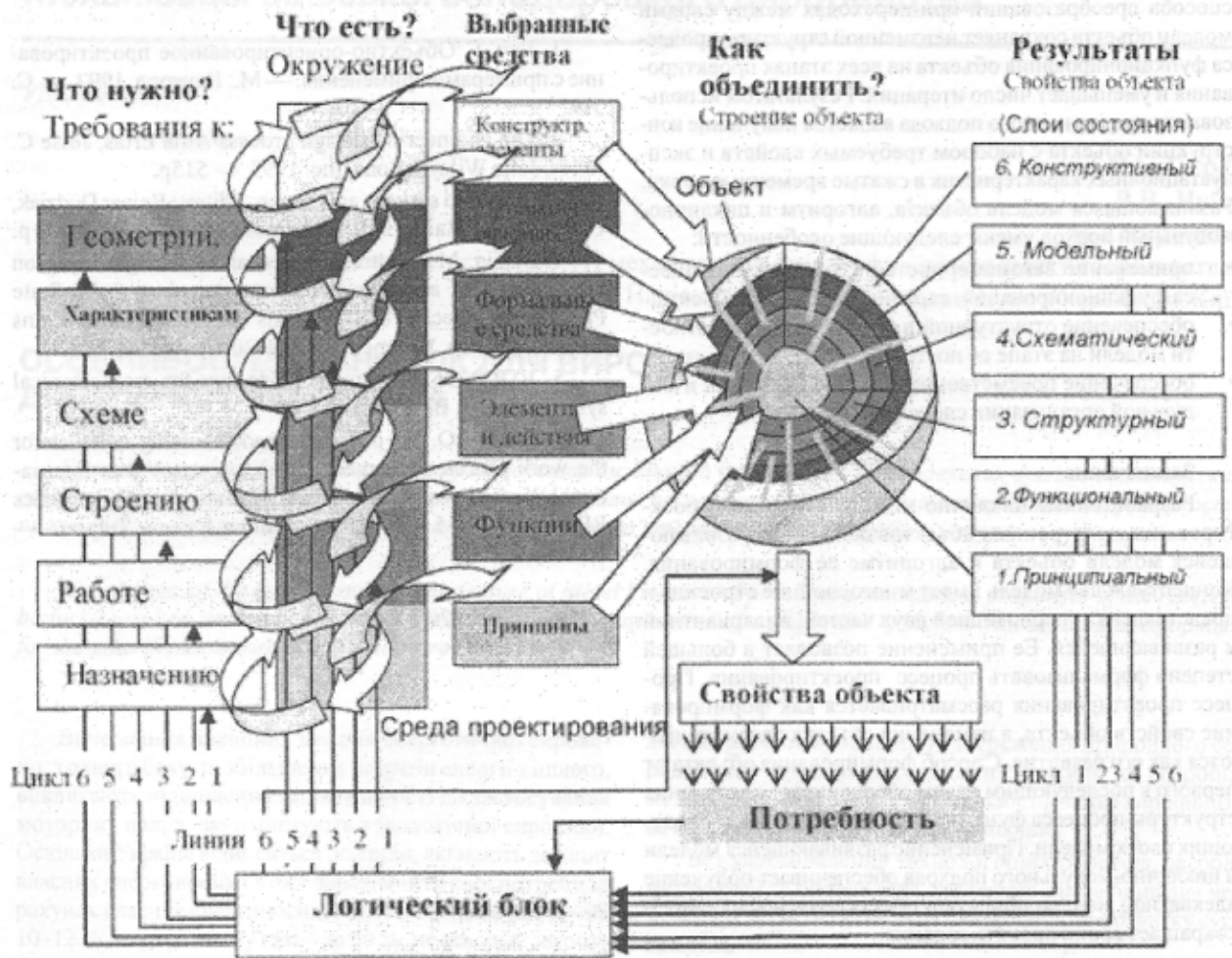


Рис. 1. Алгоритм проектирования объекта на основе его развивающейся модели.

детально описана структура процесса функционирования объекта; выполняются требования для обеспечения ее структурной и логической адекватности. В следующем цикле на основе структуры формируют принципиальную схему. Выполнение следующего цикла позволяет на основе структуры процесса функционирования и принципиальной схемы сформировать математическую модель объекта. Далее определяют значения параметров элементов, обеспечивающие требуемые эксплуатационные характеристики объекта. Для этого применяют моделирование процессов в объекте. В следующем цикле формируют конструкцию объекта. В соответствии с алгоритмом результатом проектирования является объект с заданным набором свойств. Созданный объект обеспечивает удовлетворение потребности, которая явилась причиной запуска процесса его проектирования.

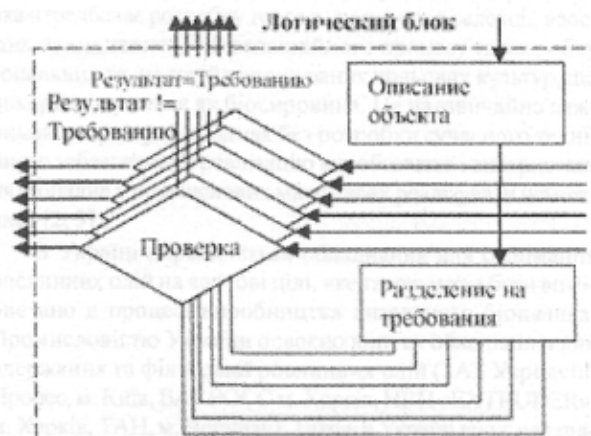


Рис. 2. Организация логического блока.

Применение указанной последовательности циклов и способа преобразований при переходах между слоями модели объекта сохраняет неизменной структуру процесса функционирования объекта на всех этапах проектирования и уменьшает число итераций. Результатом использования предложенного подхода является получение конструкции объекта с набором требуемых свойств и эксплуатационных характеристик в сжатые временные сроки. Развивающаяся модель объекта, алгоритм и циклично-модульный подход имеют следующие особенности:

- применение закономерностей взаимосвязи процесса функционирования, строения и свойств объекта;
- обеспечение структурной и логической адекватности модели на этапе ее построения;
- обеспечение преемственности между этапами и модульной организации слоев модели.

Заключение

Разработанный циклично-модульный подход проектирования мехатронных объектов основан на развивающейся модели объекта и алгоритме ее формирования. Концептуальная модель имеет многослойное строение и представлена суперпозицией двух частей: инвариантной и развивающейся. Ее применение позволяет в большей степени формализовать процесс проектирования. Процесс проектирования рассматривается как формирование свойств объекта, а изменения объекта рассматриваются как его развитие. Способ формирования объекта от первого к последующим слоям обеспечивает сохранение структуры процесса функционирования во всех последующих слоях модели. Применение развивающейся модели и циклично-модульного подхода обеспечивает получение адекватной модели объекта в процессе ее построения и сокращает сроки проектирования.

Литература

1. Буч, Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. — М.: Конкорд, 1992. — С. 519.
2. The engineering design process/Atila Ertas, Jesse C. Jones, John Wiley & Sons, Inc. 1993. — 515p.
3. Integrated systems and design, Editors: Reiner Dudziak, Carsten Kohn, Raivo Sell, TUT Press, Tallinn, 2008. — 208 p.
4. Stania, M., Stetter, R. Mechatronics engineering on the example of a multipurpose mobile robot, Solid State Phenomena, Mechatronic Systems and Materials III Trans Tech Publication, Volumes 147-149 (2009). — P. 61—66
5. VDI 2206: Design methodology for mechatronic systems, Beuth, Berlin, 2004.
6. Uzunov, O. The computer model building approach for the work processes in mechatronic objects // 8-th International Workshop on Research and Education in Mechatronics REM 2007, 14-15 June 2007. — Tallinn, Estonia, Tutpress. — P. 224—228.

Надійшла 20.03.2011 р.

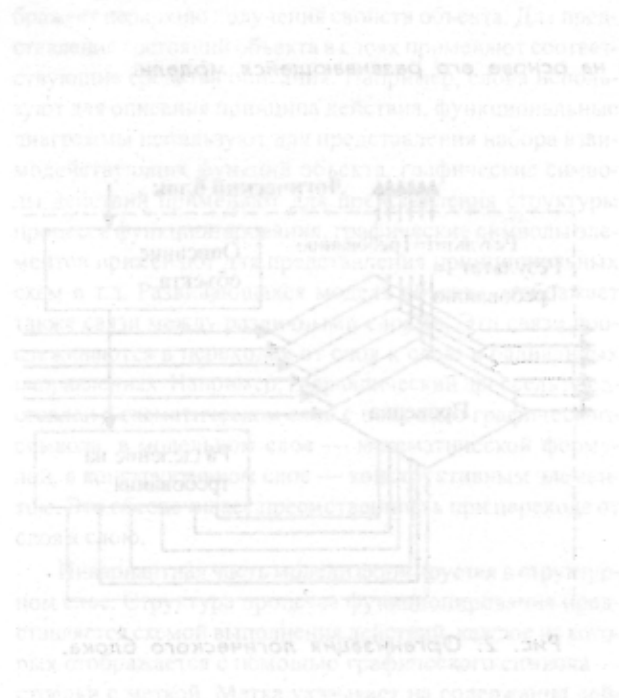


Рис. 1. Алгоритм проектирования объекта

Рис. 2. Структурная логическая модель объекта

Рис. 3. Структурная логическая модель объекта

Рис. 4. Структурная логическая модель объекта

Рис. 5. Структурная логическая модель объекта

Рис. 6. Структурная логическая модель объекта

Рис. 7. Структурная логическая модель объекта

Рис. 8. Структурная логическая модель объекта

Рис. 9. Структурная логическая модель объекта

Рис. 10. Структурная логическая модель объекта

Рис. 11. Структурная логическая модель объекта

Рис. 12. Структурная логическая модель объекта

Рис. 13. Структурная логическая модель объекта

Рис. 14. Структурная логическая модель объекта

Рис. 15. Структурная логическая модель объекта

Рис. 16. Структурная логическая модель объекта

Рис. 17. Структурная логическая модель объекта

Рис. 18. Структурная логическая модель объекта

Рис. 19. Структурная логическая модель объекта

Рис. 20. Структурная логическая модель объекта

Рис. 21. Структурная логическая модель объекта

Рис. 22. Структурная логическая модель объекта

Рис. 23. Структурная логическая модель объекта

Рис. 24. Структурная логическая модель объекта

Рис. 25. Структурная логическая модель объекта

Рис. 26. Структурная логическая модель объекта

Рис. 27. Структурная логическая модель объекта

Рис. 28. Структурная логическая модель объекта

Рис. 29. Структурная логическая модель объекта

Рис. 30. Структурная логическая модель объекта

Рис. 31. Структурная логическая модель объекта

Рис. 32. Структурная логическая модель объекта

Рис. 33. Структурная логическая модель объекта

Рис. 34. Структурная логическая модель объекта

Рис. 35. Структурная логическая модель объекта

Рис. 36. Структурная логическая модель объекта

Рис. 37. Структурная логическая модель объекта

Рис. 38. Структурная логическая модель объекта

Рис. 39. Структурная логическая модель объекта

Рис. 40. Структурная логическая модель объекта

Рис. 41. Структурная логическая модель объекта

Рис. 42. Структурная логическая модель объекта

Рис. 43. Структурная логическая модель объекта

Рис. 44. Структурная логическая модель объекта

Рис. 45. Структурная логическая модель объекта

Рис. 46. Структурная логическая модель объекта

Рис. 47. Структурная логическая модель объекта

Рис. 48. Структурная логическая модель объекта

Рис. 49. Структурная логическая модель объекта

Рис. 50. Структурная логическая модель объекта

Рис. 51. Структурная логическая модель объекта

Рис. 52. Структурная логическая модель объекта

Рис. 53. Структурная логическая модель объекта

Рис. 54. Структурная логическая модель объекта

Рис. 55. Структурная логическая модель объекта

Рис. 56. Структурная логическая модель объекта

Рис. 57. Структурная логическая модель объекта

Рис. 58. Структурная логическая модель объекта

Рис. 59. Структурная логическая модель объекта

Рис. 60. Структурная логическая модель объекта

Рис. 61. Структурная логическая модель объекта

Рис. 62. Структурная логическая модель объекта

Рис. 63. Структурная логическая модель объекта

Рис. 64. Структурная логическая модель объекта

Рис. 65. Структурная логическая модель объекта

Рис. 66. Структурная логическая модель объекта

Рис. 67. Структурная логическая модель объекта

Рис. 68. Структурная логическая модель объекта

Рис. 69. Структурная логическая модель объекта

Рис. 70. Структурная логическая модель объекта

Рис. 71. Структурная логическая модель объекта

Рис. 72. Структурная логическая модель объекта

Рис. 73. Структурная логическая модель объекта

Рис. 74. Структурная логическая модель объекта

Рис. 75. Структурная логическая модель объекта

Рис. 76. Структурная логическая модель объекта

Рис. 77. Структурная логическая модель объекта

Рис. 78. Структурная логическая модель объекта

Рис. 79. Структурная логическая модель объекта

Рис. 80. Структурная логическая модель объекта

Рис. 81. Структурная логическая модель объекта

Рис. 82. Структурная логическая модель объекта

Рис. 83. Структурная логическая модель объекта

Рис. 84. Структурная логическая модель объекта

Рис. 85. Структурная логическая модель объекта

Рис. 86. Структурная логическая модель объекта

Рис. 87. Структурная логическая модель объекта

Рис. 88. Структурная логическая модель объекта

Рис. 89. Структурная логическая модель объекта

Рис. 90. Структурная логическая модель объекта

Рис. 91. Структурная логическая модель объекта

Рис. 92. Структурная логическая модель объекта

Рис. 93. Структурная логическая модель объекта

Рис. 94. Структурная логическая модель объекта

Рис. 95. Структурная логическая модель объекта

Рис. 96. Структурная логическая модель объекта

Рис. 97. Структурная логическая модель объекта

Рис. 98. Структурная логическая модель объекта

Рис. 99. Структурная логическая модель объекта

Рис. 100. Структурная логическая модель объекта