

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МАШИН

Васильев А.В.,
Татаринцев В.А.

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Рассмотрен подход к проектированию машин на основе модельно-ориентированной системной инженерии. Показано, что конструирование машины можно свести к оперированию комплексом взаимосвязанных разнообразных моделей, ответственных за все ее элементы. Последовательная смена моделей объекта может сопровождать чередование всех стадий жизненного цикла этой технической системы.

Ключевые слова: модельно-проектный подход, техническая система, машина, математическая модель, имитационное моделирование.

Проектирование современных машин потребовало перехода от традиционных методов [1, 2, 3, 4] к методам, основанным на применении современных информационных технологий [5]. Анализ проектируемых технических систем показал [3, 4], что для более трех четвертей из них требуется доводка новых изделий, которая существенно меняет их структуру. Несмотря на широкое применение компьютерных технологий о современные методы проектирования в ряде случаев не совершенны и требуют дальнейшего совершенствования. Выбор элементов технических систем (материалов, параметров сопряжений деталей, системы технического обслуживания и ремонтов) с учетом условий эксплуатации требует поиска перспективных аналогов (альтернатив) и применения современных компьютерных технологий.

Представим техническую систему в виде «черного ящика», содержащего входные и выходные величины.

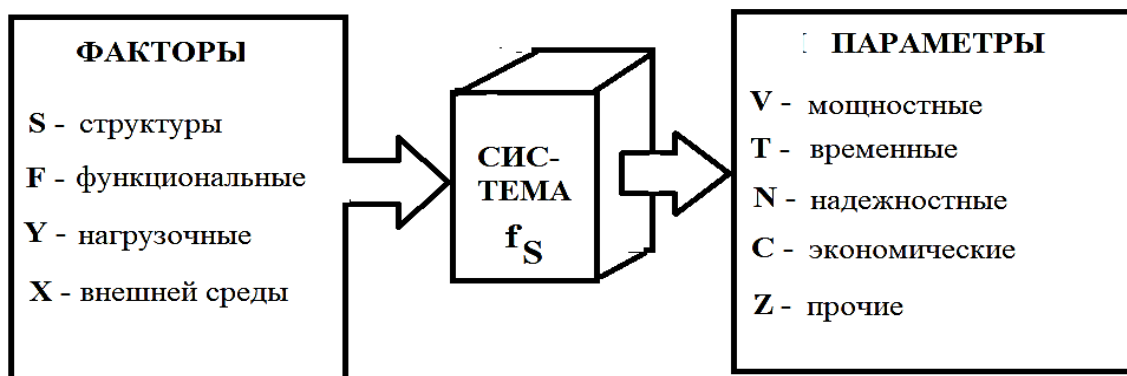


Рис. 1 – Модель технической системы [6]

Связь между входными величинами (факторами) и выходными величинами (параметрами) согласно исследованию [6] выражается зависимостью

$$H(t) = f_s(S, F, Y, X),$$

где f_s – функция преобразования (передаточная функция) входных величин в выходные; $H(t)$ – вектор параметров, зависящих от времени.

Связь между параметрами (выходные величины) можно условно представить в виде

$$H(t) = \{V, T, C, Z\}^T;$$

где V, T, C, Z – векторы отдельных параметров.

Модель системы способствует проектированию новой машины с заданными свойствами, является средством синтеза технической системы [7] и представляет собой физический или математический объект, адекватно отражающий исследуемую техническую систему. Понимание процессов деградации технической системы под действием эксплуатационных факторов (нагруженности, окружающей среды, системы диагностики, технического обслуживания и ремонтов и др.) позволяет при проектировании выбрать необходимые материалы и разработать комплекс мероприятий по управлению поведением системы с эксплуатации.

Наиболее действенным из новых методов является модельно-ориентированное проектирование. Этот вид проектирования эффективным и экономически выгодным методом разработки технических систем любой сложности. Применение этого метода позволяет повысить качество проектирования и уменьшить время разработки в несколько раз. Вместо физических прототипов, применяемых при традиционном проектировании, в модельно-ориентированном проектировании применяются математические модели, которые используются на всех этапах разработки машины. При таком подходе можно разрабатывать и проводить имитационное моделирование как всей системы, так и её отдельных элементов. Использование соответствующих моделей позволяет учитывать и человеческий фактор.

Рассмотренные подходы могут применяться не только при проектировании новых, а также на стадии модернизации уже существующих эксплуатируемых технических объектов. Схему проведения диагностического анализа и оценки объекта можно представить в следующем виде (рис. 2.).



Рис. 2 – Схема оценки объекта (диагностический подход)

Решению этой задачи предшествует анализ соответствующего технического объекта и его связей с более общей системой на основе системного подхода (рис. 3). Модели, построенные на этой базе, вместе инструментарием для моделирования могут привести к разработке концепции управления надежностью объекта в виде регламентированной системы технического обслуживания и ремонтов. Для получения необходимых параметров требуется создание баз знаний о различных свойствах элементов системы создаваемого объекта как на основе дополнительных лабораторных и натурных экспериментов, так и на базе знаний прецедентного подхода.



Рис. 3 – Схема оценки компонентов объекта (детальный подход)

Главная цель современного моделирования заключается в обеспечении проектировщиков методологией, позволяющей разработать модель, имитирующую жизненный цикл технической системы и дать оценки влияния факторов, определяющих ее поведение в различных эксплуатационных ситуациях. Ориентируясь на перспективные решения моделирование дает возможность выявить критических ситуации и условия перехода в неработоспособное состояние, что позволяет создать технические системы с заданными служебными свойствами без дорогостоящих процедур изготовления опытного образца, его испытания и последующей доводки конструкции с дальнейшим прогнозированием сопротивления развитию разрушения и надежности под конкретные эксплуатационные условия. Итак, проектирование включает в себя синтез структурной схемы машины [7], динамический анализ, обоснование применяемых материалов в соответствии с их служебными свойствами [8], механизмы деформации и повреждений, влияние окружающей среды, гипотезы о процессах деградации, совместное действия сочетания факторов, имитация взаимодействия элементов, проверка адекватности и идентификация модели.

В работе [9] оценивали надежность машин и их элементов на основе моделирования процесса усталостного разрушения. В основу этого подхода было положено имитационное моделирование на базе метода статистических испытаний. Для модели отказов, основанной на изучении закономерности изменения выходных параметров, вероятность отказа определялась характером их изменения вследствие деградационных процессов. В качестве составляющих элементов общей модели были включены подмодели формы и размеров исследуемых элементов, их прочностных свойств, режимов эксплуатационного нагружения, деградации материала, системы технического обслуживания и ремонтов. Модель деградации служебных свойств объекта отражала влияние на процесс разрушения всех значимых факторов. Так, при прочностных отказах важно кроме силовых факторов учитывать влияние на процесс разрушения случайных колебаний и систематических изменений эксплуатационных температур, коррозионного и других воздействий окружающей среды. Разработаны процедуры замены, восстановления и длительности межремонтного периода для поддержания работоспособного состояния элемента технической системы в течение требуемого срока службы [9].

Рассмотренные подходы к проектированию технических систем позволяют создавать модели управления объектом как с точки зрения его совершенствования, так и для управления его жизненным циклом (рис. 4).

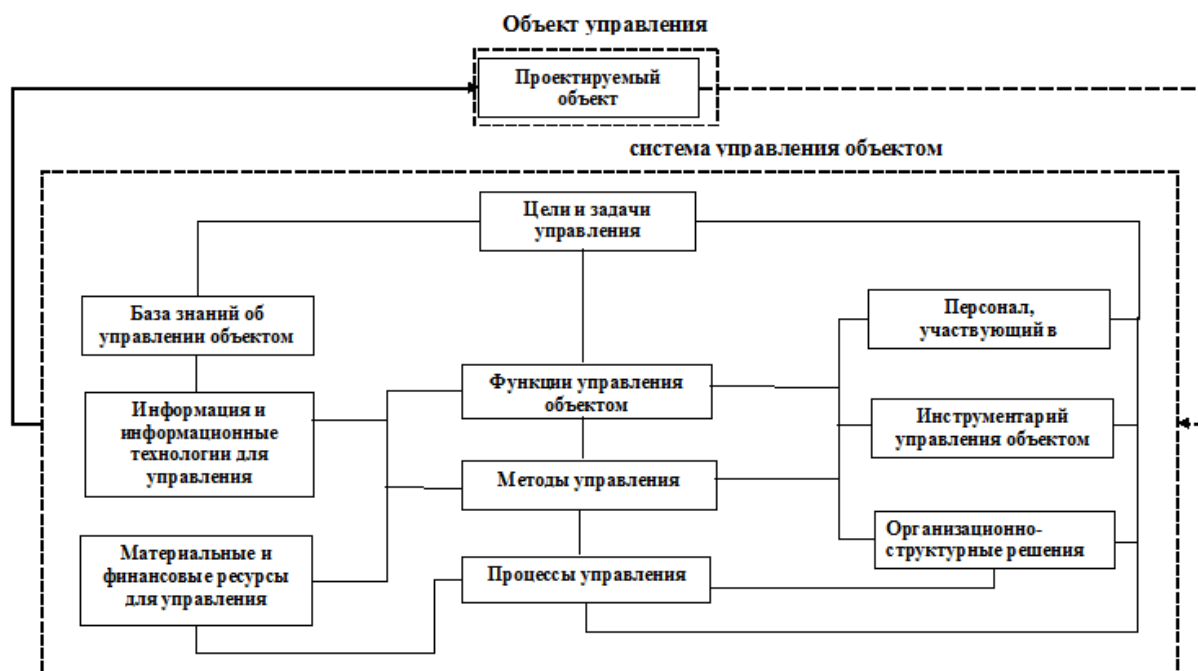


Рис. 4 – Элементы системы управления техническим объектом

Таким образом, приведены основные принципы применения модельно-ориентированного подхода для обеспечения качественного проектировании машин. Компетенции конструктора, которые закладывается при изучении соответствующих конструкторских и технологических дисциплин в высшей школе, является важным фактором обеспечения качества надежности техники при проектировании.

Список литературы

1. Джонс Дж.К. Методы проектирования. М.: Мир, 1986. 326 с.
2. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: системный подход/пер. с польск; под ред. В.М. Бродянского. М.: Мир, 1981. 456 с.
3. Бушуев В.В. Практика конструирования машин: справочник. М.: Машиностроение, 2006. 448 с.
4. Савченко Н.Н. Технико-экономический анализ проектных решений. М.: Экзамен, 2002. 128 с.
5. Косяков А., Свит У., Сеймур С., Бимер С. Системная инженерия: принципы и практика/пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2014. 636 с.
6. Тихомиров В.П., Измеров М.А., Шалыгин. М.Г. Качество изделия на стадии проектирования // Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. № 2 (87). С. 11–18.
7. Толстошеев А.К., Татаринцев В.А. Проектирование статически определимых механизмов технологических мехатронных машин с параллельной кинематикой // Мехатроника, автоматизация, управление. 2019. Т. 20. № 7. С. 428–436.

8. Шлющенко А.П., Татаринцев В.А. О выборе материала с учетом эксплуатационного режима нагруженности детали //Вестник машиностроения. 1977. № 8. С. 47–49.

9. Татаринцев В.А. Моделирование испытаний на надёжность элементов машин // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сб. науч. трудов XI Междунар. науч.-практ. Конф.: в 4-х томах. Т.4. Отв. ред. Горохов А.А. 2014. С. 172–176.