

УДК 007.51.519.718

А. Б. ПЫШКИН, аспирант, Г. Г. МАНЬШИН, член-корреспондент НАН Беларуси, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск; В. Я. АСАНОВИЧ, доктор химических наук, Белорусский государственный экономический университет, г. Минск

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ

Наиболее актуальный вопрос нашего времени – это определение наилучшего способа взаимодействия в системе человек – машина – среда. Этот вопрос рассматривается в области стремительно прогрессирующих наук – эргатики, инженерной психологии и эргономики. Причина разрозненности, фрагментарности и даже противоречивости многих известных рекомендаций и методов в области проектирования человеко-машинных систем кроется в слабости общей теоретической основы, что особенно неприемлемо в современных условиях создания сложных систем.

Усложнение современных объектов проектирования неизбежно приводит к тому, что для описания качества их функционирования приходится применять новые, более полные и более сложные показатели.

В статье рассматривается возможность унификации показателей качества функционирования, функциональной надежности и прагматической эффективности.

Рассмотрим некоторые теоретические аспекты эргатики в процессе создания сложных систем. Прежде всего, отметим, что задание количественных требований по эффективности, качеству и надежности (включая различные характеристики достижения цели, безотказности, готовности, долговечности, ремонтпригодности и т. д.) являются необходимым моментом в процессе создания любых сложных систем. Поэтому уже на этапе составления технического задания формулируются: задачи, которые должны решаться с участием человека-проектировщика (или коллектива людей), основные требования к проектировщику, технике и среде, в том числе требования по эффективности, качеству и надежности деятельности проектировщиков в системе. Здесь же определяются классы объектов проектирования, вид исходной информации, необходимость участия специалистов системы в управлении и обслуживании техники и т. д.

Усложнение современных объектов проектирования неизбежно приводит к тому, что для описания качества их функционирования приходится применять новые, более полные и более сложные показатели. Например, для информационно-вычислительной системы проектирования (ИВСП) более уместно говорить о качестве информационного (диалогового) взаимодействия с проектировщиком, об учете пропускной способности каналов связи, достоверности и своевременности обработки проектной информации. Подробные расчеты совершенно необходимо проводить уже на стадии задания требований по качеству ИВСП, исходя из требований по качеству ИВС [1].

Задание целесообразных требований по эффективности, качеству и надежности ЧМС различного назначения является одним из самых слож-

ных вопросов эргатики. Норму качества можно считать обоснованной, если она целесообразна, т. е. в определенном смысле оптимальна. Повышение качества разумно спроектированных систем, как и улучшение их технических характеристик, связано тем или иным образом с увеличением затрат на создание этих систем. Говоря о разумно спроектированных системах, обычно имеют в виду такие системы, которые нельзя существенно улучшить, изменив, например, схему, число элементов, подсистем или упростив алгоритм их функционирования, предполагая, что в системе нет бесполезных составных частей, а уровень взаимодействия человека с техникой определяется уровнем ее «технического интеллекта». Таким образом, задание требований по качеству подразумевает оптимальное (или рациональное) распределение средств между компонентами [2].

На практике задача задания требований по качеству и надежности должна обязательно сводиться к задаче оптимального распределения средств. Причем, реально пока решение принимается на основании интуиции специалистов, подкрепленной анализом существующего уровня качественных характеристик систем.

Не менее важным является и вопрос о выборе наиболее подходящего и наиболее полного характеризующего качество системы показателя. Здесь большую роль также играют "волевые" решения исследователя. Однако эти решения могут быть относительно хорошо обоснованы, по крайней мере, логически. Например, на выбор типа основного показателя качества (или некоторой системы таких показателей) влияют несколько факторов:

- 1) назначение системы;
- 2) характер процесса функционирования (или использования);
- 3) определение требования к самому показателю или системе показателей;

4) возможность опытной проверки или хотя бы подтверждения и др.

Рассмотрим возможность унификации показателей качества функционирования, функциональной надежности и прагматической эффективности [2]. Содержательное значение любой функции заключается в ее формулировке, связывающей содержание с формализмом и позволяющей ввести универсальный по математическому смыслу перечень показателей для ЧМС.

1 *Показатели качества функционирования (качества выполнения функции F):*

– функционально-целевое свойство – способность достижения финальных состояний, соответствующих цели, заданной для данной функции F , и описываемых полным множеством финальных состояний, которые соответствуют всему множеству возможных условий функционирования I^F (характеризуются вероятностями достижения каждого i -го исхода или группы исходов при данном способе функционирования Π):

$$P_F\left(\frac{i}{\Pi}\right) = \text{Вер}\{I_{\Pi}^F \in I_i\}; \quad (1)$$

– функционально-временное свойство – способность достижения цели за некоторое время τ^F (характеризуется законом распределения времени достижения цели или в частных случаях – моментами этого закона при данном способе функционирования Π):

$$P_F\left(\frac{i}{\Pi}\right) = \text{Вер}\{i_{\Pi}^F < \tau\}; \quad (2)$$

– функционально-параметрическое свойство – способность достижения цели с некоторой точностью ΔF (характеризуется законом распределения погрешности или в частных случаях – моментами этого закона при данном способе функционирования Π):

$$P_F\left(\frac{\Delta}{\Pi}\right) = \text{Вер}\{\Delta_{\Pi}^F < \Delta\}. \quad (3)$$

2 *Показатели функциональной надежности выполнения функций:*

– функционально-целевая надежность – способность достижения финальных состояний, принадлежащих, для данных условий y , множеству допустимых $[I_y^F]$ (характеризуется вероятностью достижения допустимых исходов при данном способе функционирования Π в данных условиях y):

$$\beta = P_F(\Pi, y, [I_y^F]) = \text{Вер}\{I_{\Pi}^F \in [I_y^F]\}; \quad (4)$$

– функционально-временная надежность – способность своевременного для данных условий y , т. е. к заданному моменту или в течение заданного интервала времени $[\tau_y^F]$, достижения цели (характеризуются вероятностью своевременного выполнения функций при данном способе функционирования Π в данных условиях y):

$$\theta = P_F(\Pi, y, [\tau_y^F]) = \text{Вер}\{\tau_{\Pi}^F \in [\tau_y^F]\}; \quad (5)$$

– функционально-параметрическая надежность – способ выполнения функций с достаточной для данных условий y точностью, определяемой величиной допустимой погрешности $[\Delta y^F]$ (характеризуется вероятностью точного выполнения функций при данном способе функционирования Π в данных условиях y):

$$\delta = P_F(\Pi, u, [\Delta u^F]) = \text{Вер}\{\Delta_{\Pi}^F \in [\Delta u^F]\}. \quad (6)$$

3 *Показатели прагматической эффективности выполнения функций F:*

– прагматическая эффективность частного способа выполнения данной функции F ;

– прагматическая эффективность выполнения функции F с учетом всех возможных способов ее выполнения или группы из них.

Они могут быть получены как функции или функционалы от перечисленных выше показателей качества функционирования и показателей функциональной надежности. Однако как показатели качества функционирования, так и функциональной надежности могут использоваться в моделях специфической эффективности непосредственно, без интеграции их в показатели прагматической эффективности.

Переформулировка определений качества и надежности через достижение цели, а не через выполнение программ, алгоритмов и т. д., с одной стороны, более правильно отражает специфику ЧМС, для которых целеустремленность и целесообразность функционирования является обязательным свойством, отличающим их от других классов систем, а с другой стороны, позволяет распространить эту систему показателей на исследование и оценку и неалгоритмизированных (эвристических) процессов деятельности человека и функционирования ЧМС.

Вид показателей качества и надежности для каждого класса систем определяется типом процесса функционирования системы и никак не зависит от степени ответственности функций, выполняемых системой. Степень ответственности должна влиять на норму надежности.

На этапе разработки технического предложения обосновываются конкретные варианты построения ЧМС с учетом улучшения эксплуатационных характеристик по сравнению с имеющимися прототипами и достижениями науки и техники к моменту выдачи ТЗ. При этом определяется возможность и целесообразность разработки нескольких вариантов построения автоматизированной системы проектирования (АСП), применение средств оперативного контроля деятельности проектировщиков, ориентировочная оценка эффективности и надежности деятельности специалистов в АСП, построение структуры и определение алгоритмов функционирования.

На этом этапе очень важной задачей является создание достаточно простой математической модели реальной системы. Необходимая точность этой модели определяется точностью и достоверностью исходных данных.

В процессе проектирования сложных ЧМС одним из основных условий принятия целесообразных решений является системный подход при рассмотрении различных характеристик, включая и характеристики эффективности, качества и надежности. Суть этого подхода заключается в том, что составляется достаточно простая и обозримая модель всей системы, позволяющая определить влияние на общие показатели эффективности функционирования различных параметров системы и внешних факторов, что, в свою очередь, является лишь предпосылкой для составления более точных частных математических моделей, которые служат для решения конкретных вопросов.

Системный подход позволяет правильно определить важность отдельных вопросов и найти взаимосвязь различных характеристик качества и эффективности [3]. Следует еще раз отметить, что расчеты качества и надежности в первую очередь служат для сравнительной оценки вариантов, а не для нахождения абсолютных характеристик.

Одним из важных вопросов, требующих применения математических методов на этапе предварительного проектирования, является вопрос задания требований по качеству и надежности на отдельные составные части системы – процесс оптимального синтеза системы. Эта задача также может выливаться в задачу целесообразного распределения затрат между различными частями системы. То же самое относится и к рациональному распределению эффективности деятельности проектировщиков в коллективе. Итак, конкретный уровень требуемой надежности подсистемы должен определяться в результате оптимального синтеза системы с заданными характеристиками функционирования.

Основная задача эргатики на этапе технической проектирования – помочь разработчику принять обоснованные решения, касающиеся выбора структуры системы, необходимости использования и мощности вводимой избыточности, построения оптимальной системы контроля и т. д. На этом этапе отрабатываются конкретные решения по отдельным звеньям и элементам системы: окончательно определяется степень автоматизации проектирования, разрабатываются детальные алгоритмы и структуры деятельности проектировщиков, окончательно оценивается эффективность и надежность их деятельности, разрабатывается организация взаимодействия специалистов по горизонтали и вертикали при решении задач проектирования, оценивается степень и время загрузки и напряженность работы специалистов и т. д. Завершается этап проведением макетных испытаний функционирования спроектированной ЧМС.

Более строго эргатика призвана здесь участвовать в решении прямой и обратной задач, которые

Получено 10.11.2008

A. B. Pyshkin, G. G. Man'shin, V. J. Asanovich. Security and reliability of man-machine systems.

The most actual question nowadays – is the question of determining the best way of interaction in man-machine-environment system. In the capacity of theoretical foundations of research of this question one can use ergatics – the theory of efficiency, quality, security and reliability of man-machine systems (MMS), foundations of which are emerging intensively nowadays.

Definition of quantitative efficiency, quality and reliability requirements (including different characteristics of purpose achieving, reliability, readiness, durability, rebuildability, etc.) is a necessary moment in the process of creating any complex system.

Complication of modern design objects inevitably results in the need of using new, more full and more complicated indicators for the description of functioning quality of these objects. In this article it is described the possibility of unification of functioning quality indicators, functional reliability and pragmatic efficiency of man-machine systems.

всегда явно или неявно стоят перед создателями объектов и систем:

– при заданных характеристиках системы (в том числе качественных и эргатических) создать систему с минимальными лимитирующими факторами;

– при заданных лимитирующих факторах добиться наилучших (максимальных) технических и эргатических показателей.

Под лимитирующим фактором здесь может пониматься любой показатель системы, ее все габариты или какой-либо другой дисциплинирующий показатель. Для уточнения оценок, предложений и рекомендаций, выданных на ранних этапах разработки, приходится применять довольно тонкие методы исследования процесса построения и функционирования системы. Целесообразно в случае необходимости реализовать моделирование (статистическое, физическое, смешанное) работы системы с целью оптимизации ее структуры [4].

Для улучшения адекватности моделей, учитывающих взаимодействие в ЧМС, необходимо описывать все множество действующих факторов и, как следствие, анализировать все возможные альтернативы решения. Поэтому возрастает значимость применения методов оптимизации, которые дают возможность анализа данных альтернатив.

Следовательно, центральным вопросом в процессе взаимодействия в системе человек – машина является разработка методов оценки функционирования ЧМС и алгоритмов процесса принятия решения на основании полученных оценок, что позволяет направлять взаимодействие человеко-машинной системы по определенному пути функционирования.

Нами довольно подробно исследована проблема влияния эффективности и надежности человеко-машинных технологий на безопасность данных систем.

Список литературы

1 Новые методологические основания эффективного проектирования эргатических систем // Информационные технологии в эргатических системах : сб. науч. тр. ИМИНМАШ НАНБ. – Мн. : Технопринт, 2005. – С. 5–28.

2 Маньшин, Г. Г. Эргатика. Некоторые проблемы моделирования сложных человеко-машинных систем / Г. Г. Маньшин, А. Б. Пышкин, В. Я. Асанович. – Мн. : Амалфея, 2008. – 204 с.

3 Беляков, В. В. Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В. В. Беляков, М. Е. Бушueva, В. И. Сагунов; Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2001. – 271 с.

4 Гриф, М. Г. Модели, методы и технологии оптимального проектирования человеко-машинных систем по вероятностным и нечетким показателям / М. Г. Гриф, Уранчимэг Тудэвдагвын, Е. Б. Цой // http://ermak.cs.nstu.ru/IST2003/papers/grif_uranchemeg.pdf.