

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 629.4.018

ЗАДАЧА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОТОТИПОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОГРАНИЧЕННОГО ОБЪЕМА ИСПЫТАНИЙ

© 2023 г. Я. Н. Гусеница^{1,*}

¹Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Россия

*E-mail: era_lab5@mil.ru

Поступила в редакцию 06.07.2023 г.

После доработки 06.07.2023 г.

Принята к публикации 05.10.2023 г.

Проведен анализ основных факторов неопределенности выполнения инновационных проектов, а также негативных тенденций при создании новой продукции. Определены роль и место испытаний инженерных прототипов в учете данных неопределенностей. Описаны показатели эффективности испытаний, а также современные тенденции, характеризующие состояние современных систем испытаний. Представлена математическая постановка задачи оценки соответствия инженерных прототипов при проведении ограниченного объема испытаний.

DOI: 10.56304/S2782375X23020079

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития науки и техники характеризуется широким внедрением во все сферы человечества новой продукции, обладающей уникальными устройством, функциональными возможностями и назначением.

Данная тенденция требует переноса концентрации ресурсов от разработок на основе классической каскадной модели в сторону выполнения инновационных проектов, в рамках которых возможна реализация самых смелых идей и прорывных технологий.

Зачастую, обладая высокими рисками, инновационные проекты на выходе позволяют получить не готовую к использованию конечную продукцию, а инженерный прототип, позволяющий частично или полностью продемонстрировать функциональные возможности и назначение разрабатываемого продукта.

Существующие инженерные прототипы, как правило, содержат в своем составе технические средства, программное обеспечение и человека-оператора (группу операторов). Перечисленные компоненты реализованы несколькими разнородными элементами, объединенными между собой сложной системой перекрещивающихся цепей и обратных функциональных связей. Поэтому инженерные прототипы относят к классу сложных систем, для которых в реальной действительности существенно проявляются один или несколько следующих аспектов:

– структурная сложность, определяемая по числу элементов инженерного прототипа, числу и разнообразию связей между ними, количеству иерархических уровней и общему числу подсистем;

– сложность функционирования (поведения), определяемая множеством состояний, правилами перехода из состояния в состояние, характеристиками воздействия окружающей среды на инженерный прототип и обратного воздействия на окружающую среду.

ФАКТОРЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Указанные выше особенности обуславливают высокую степень неопределенности, которая существенно затрудняет принятие обоснованных решений в рамках выполнения инновационных проектов.

Источником неопределенности является окружающая среда, представляющая собой совокупность элементов, не входящих в состав разрабатываемой продукции, но оказывающих на нее то или иное воздействие.

Воздействия окружающей среды могут носить вещественный, энергетический, информационный характер и условно подразделяются на детерминированные, стохастические, целенаправленные, нечеткие и неизвестные. Результатами воздействия являются следующие факторы неопределенности:

– неопределенность параметров разрабатываемой продукции, которая обусловлена относи-

тельной свободой проектных решений относительно инженерного прототипа. В результате параметры разработки могут существенно различаться значениями;

– неопределенность условий функционирования, которая вызвана существенной разницей между продолжительностью создания продукции и длительностью ее использования. За период создания продукции возможно существенное изменение условий ее использования.

Кроме того, для выполнения инновационных проектов характерны следующие дополнительные трудности:

– низкая обеспеченность всеми видами ресурсов, включая материальные, людские, финансовые и т.д.;

– сжатые сроки, отводимые на выполнение инновационных проектов;

– дезинтеграция технологически связанных производств, научно-исследовательских и образовательных организаций;

– отсутствие технологий создания элементной базы;

– отсутствие единой инновационно-поисковой системы с общим доступом к федеральным научно-техническим ресурсам и результатам интеллектуальной деятельности.

Указанные выше обстоятельства могут являться причиной следующих негативных последствий:

– превышения заданного объема финансирования создания новой продукции;

– превышения заданных сроков создания новой продукции;

– получение результатов функционирования инженерного прототипа, не соответствующих ожиданиям.

РОЛЬ И МЕСТО ИСПЫТАНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Значительное место при учете неопределенности, а также рисков срыва выполнения инновационных проектов отводится верификации, под которой понимается подтверждение посредством представления объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены.

Верификация или согласно Федеральному закону “О техническом регулировании” № 45-ФЗ оценка соответствия осуществляется в форме государственного контроля (надзора), испытаний, измерений, контроля качества, проверки, приемки (государственной приемки), разрешения на ввод в эксплуатацию системы, строительство которой закончено, разрешения на применение, экспертизы.

Важная роль среди перечисленных форм оценки соответствия отводится испытаниям, основная цель которых заключается в получении информации о состоянии исследуемого объекта. Эта информация в дальнейшем может использоваться при решении различных задач испытаний. Конечными задачами испытаний являются:

– проверка конструктивно-технологических решений при разработке исследуемого объекта;

– проверка соответствия показателей качества исследуемого объекта заданным требованиям;

– получение сравнительных оценок нескольких объектов.

Испытания представляют собой целенаправленный процесс, характеризующийся огромной разнородностью решаемых задач, многоуровневостью этапов, неоднородностью информационных потоков, многообразием оцениваемых параметров.

Эффективность испытаний как целенаправленного процесса определяется с помощью показателей результативности, оперативности и ресурсоемкости [1].

Показатели результативности $W_{и} = \{P_{и}, D_{и}\}$ характеризуют получаемый в результате испытаний целевой эффект. Поэтому в роли показателей результативности выступают показатели достоверности $P_{и}$ и полноты $D_{и}$ результатов испытаний.

Показатели оперативности отражают расход времени, требуемого для получения целевого эффекта. Среди них наиболее важным показателем является продолжительность проведения испытаний $T_{и}$.

Показатели ресурсоемкости $R_{и} = \{S_{и}, C_{и}\}$ характеризуют расходы ресурсов, требуемых для получения целевого эффекта. Одним из показателей ресурсоемкости является объем испытаний $S_{и}$, который зависит от $T_{и}$ и количества $N_{и}$ объектов испытаний. Другим показателем ресурсоемкости является стоимость проведения испытаний $C_{и}$, которая зависит от $S_{и}$.

Процесс испытаний протекает в рамках системы испытаний, включающей в себя методы и средства проведения экспериментов, а также исполнителей.

Материальную основу системы испытаний составляет экспериментально-испытательная база, представляющая собой испытательное оборудование, средства вычислительной техники и измерений, а также вспомогательные технические устройства, вещества и материалы, которые объединены для решения следующих задач:

– имитации реальных воздействий и условий использования исследуемого объекта;

– измерения параметров исследуемого объекта и внешней среды;

– сбора, хранения, обработки, отображения и передачи результатов экспериментальных данных об исследуемом объекте.

Особенность современного этапа развития экспериментально-испытательной базы состоит в том, что основные ее технико-экономические показатели в рамках используемых схемных, программных и технологических решений достигли своих предельных значений.

Данная тенденция обусловлена наличием следующих причин.

Во-первых, в большинстве случаев при синтезе экспериментально-испытательной базы имеет место субъективный фактор, т.е. выбор варианта построения основывается главным образом на опыте и интуиции специалистов, проводящих испытания.

Во-вторых, при синтезе экспериментально-испытательной базы необходимо учитывать неопределенность информации о создаваемой продукции, которая выступает в роли объекта испытаний. Чем сложнее создаваемая продукция, тем выше требования к экспериментально-испытательной базе. Учитывая, что инженерные прототипы являют собой уникальные системы, аккумулируют в себе самые передовые технологии, и имеет место использования иностранной элементной базы при отсутствии на нее полной документации, соответствующей действующим государственным стандартам, создание новой продукции затрудняет синтез оптимальной экспериментально-испытательной базы.

Кроме того, испытания сложных систем требуют для их проведения значительных затрат временных и финансовых ресурсов. Например, стоимость проведения испытаний ракетно-космической техники составляют от 50 до 80% общих затрат на ее разработку, ракетно-артиллерийского вооружения – от 45 до 60%. Поэтому в настоящее время наблюдается тенденция к сокращению продолжительности испытаний.

Особенно остро данный вопрос стоит при испытаниях инженерных прототипов. Для них большая продолжительность испытаний может привести к безвозвратному снижению требуемых значений как отдельных характеристик в частности, так и эффективности применения в целом. С другой стороны, малая продолжительность натурных экспериментов не позволит обеспечить требуемые достоверность и полноту результатов испытаний.

В этих условиях даже для незначительного повышения отдельных показателей эффективности испытаний инженерных прототипов на основе ранее разработанных методических и технологических решений во многих случаях требуются существенные, во многом неоправданные материальные затраты.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Закономерности построения и функционирования системы испытаний изучает теория испытаний. Анализ многочисленных работ в данной области показывает, что научные проблемы, возникающие при испытаниях, настолько многообразны, что вопрос создания общей теории испытаний практически остается открытым [2–8].

Новым толчком в развитии теории испытаний является задача сокращения объема испытаний, что подтверждается появлением новых государственных стандартов, например ГОСТ Р 57700.37-2021, и особенно важно при оценке соответствия инженерных прототипов.

Для последних вербальное описание данной задачи может быть сформулировано следующим образом: при известном множестве показателей качества инженерного прототипа требуется найти такое его подмножество, которое обеспечит максимальную результативность испытаний при ограничениях на их стоимость и продолжительность проведения.

В формализованном виде данная задача выглядит следующим образом:

Дано: n – множество показателей качества инженерного прототипа.

Требуется найти:

$$\mathbf{m}^* = \arg \max_{\mathbf{m} \in \Delta_B} W_{\mathbf{i}}(\mathbf{m}),$$

$$\Delta_B = \left\{ \Delta \mid C_{\mathbf{i}}^{\Delta} \geq C_{\mathbf{i}}(\mathbf{m}), T_{\mathbf{i}}^{\Delta} \geq T_{\mathbf{i}}(\mathbf{m}) \right\},$$

где $m \in n$ – базовая модель инженерного прототипа, представляющая собой подмножество множества n , Δ – множество вариантов базовой модели инженерного прототипа, Δ_B – множество вариантов базовой модели инженерного прототипа с учетом ограничений, $W_{\mathbf{i}}(m) = \{P_{\mathbf{i}}(m), D_{\mathbf{i}}(m)\}$ – результативность испытаний, $C_{\mathbf{i}}(n/m)$ – стоимость проведения испытаний, $T_{\mathbf{i}}(n/m)$ – продолжительность проведения испытаний.

При следующих ограничениях:

$C_{\mathbf{i}}^{\Delta}$ – допустимая стоимость проведения испытаний;

$T_{\mathbf{i}}^{\Delta}$ – допустимая продолжительность проведения испытаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование особенностей создания новой продукции в рамках выполнения инновационных проектов показывает необходимость учитывать факторы неопределенности.

Анализ известных подходов, позволяющих учитывать факторы неопределенности инновационных проектов, позволяет определить предпочтительные испытания.

В настоящее время проведение испытаний требует значительных затрат временных и финансовых ресурсов. С учетом сказанного выше актуальным вопросом является решение задачи оценки соответствия продукции при проведении ограниченного объема испытаний. Эффективным инструментом снижения продолжительности испытаний является комплексный подход, основу которого представляет математическая модель инженерного прототипа создаваемой продукции. Разработана математическая постановка задачи, определены базовые параметры математической модели, формализована функция оптимальности, которая обеспечивает максимальную результативность испытаний при ограничениях на их стоимость и продолжительность проведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусеница Я.Н. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 12. С. 328.
2. Александровская Л.Н. и др. // СТИН. 2019. № 10. С. 12.
3. Аксенов О.Ю. и др. Системы ракетно-космической обороны. В 4 т. Т. IV. Основы испытаний сложных технических систем и объектов. М.: Издательский дом "Аргументы недели". 2020. 480 с.
4. Арсеньев В.Н., Петухов А.Б., Ядренкин А.А. // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2021. № 678. С. 175.
5. Джинчвелашвили Г.А. и др. Идентификация расчетных моделей при динамических воздействиях. М.: Лира софт, 2018. 300 с.
6. Красный В.П., Лушенко К.В., Красный Д.В. // Вестник воздушно-космической обороны. 2019. № 4 (24). С. 78.
7. Найденов В.Г., Тарасенко К.А., Першин Е.В. // Вооружение и экономика. 2021. № 1 (55). С. 95.
8. Нестечук А.Н., Крупский К.А., Хлебников С.Г. // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2021. № 9–10 (159–160). С. 3.