

В.Ю. ГРАНИЧ,

к.т.н., заместитель генерального директора Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского, Московская область, Россия, info@tsagi.ru

А.В. ДУТОВ,

д.т.н., к.э.н., генеральный директор Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Москва, Россия, info@nrczh.ru

В.Л. МИРОШКИН,

к.ф.-м.н., начальник отдела Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Москва, Россия, info@nrczh.ru

К.И. СЫПАЛО,

д.т.н., член-корреспондент РАН, генеральный директор Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского, Московская область, Россия, info@tsagi.ru

ОБ УРОВНЯХ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИМЕНЕНИИ КАЛЬКУЛЯТОРА УГТ ДЛЯ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

УДК 658: 004.4

Гранич В.Ю., Дутов А.В., Мирошкин В.Л., Сыпало К.И. *Об уровнях готовности технологий и применении Калькулятора УГТ для их оценивания* (Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского, ул. Жуковского, д. 1, Московская область, Россия, 140180; Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского», ул. Викторенко, д. 7, г. Москва, Россия, 125319)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы качественной и количественной оценки готовности технологий в контексте управления процессом исследований и разработок в области авиации с использованием метода системной интеграции технологий.

Ключевые слова: уровень готовности технологий, системная интеграция, проектное управление.

DOI 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-6-10

Цитирование публикации: Гранич В.Ю., Дутов А.В., Мирошкин В.Л., Сыпало К.И. (2020) Об уровнях готовности технологий и применении Калькулятора УГТ для их оценивания // Экономика науки. Т. 6. № 1–2. С. 6–10.



ВВЕДЕНИЕ

Развитие идей проектного управления в области организации и выполнения научно-исследовательских работ привело к созданию семейства стандартов т.н. системного инжиниринга (или системной интеграции технологий), ключевым элементом которых является понятие уровня готовности технологий. В статье приводится краткий обзор понятийного аппарата с указанием его особенностей и дается практическая методика расчета уровней готовности технологии на основе калькулятора уровня готовности. Также в статье приводятся рекомендации по применению описываемого подхода к процессу создания авиационных технологий, апробированного в методическом плане в рамках выполнения целого ряда научно-исследовательских проектов в ведущих организациях авиационной науки.

ШКАЛЫ ГОТОВНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

Метрики уровней готовности являются в настоящее время важнейшим инструментом проектного управления при создании новых

технологий [1]. Применение метрик уровней готовности при проектном управлении предполагает, что продвижение проекта невозможно, пока не будет успешно пройден предыдущий уровень готовности. Метрики уровней готовности позволяют оценить состояние работ по развитию и интеграции технологии, а также помочь в выборе технологии из нескольких технологий того же назначения для использования в разрабатываемой системе. Основной метрикой готовности является шкала уровней готовности технологии – УГТ (Technology Readiness Level, TRL). Как известно, первоначально шкала УГТ была разработана в NASA и включала уровни готовности технологии с 1-го по 7-й (УГТ1-УГТ9), затем Mankins [2] в 1995 г. внес изменения в шкалу УГТ и расширил ее до 9 уровней – УГТ1-УГТ9. Девятиуровневая шкала готовности технологии (УГТ1-УГТ9) является основной применяемой в настоящее время. Хотя, например, в US Oil&Gas Industry используется 8-уровневая шкала УГТ0-УГТ7, причем прототип появляется после достижения УГТ3, а УГТ4 соответствует готовности технологии (hardware – оборудование) к первому практическому применению в тестовом режиме; в UK NDA (Nuclear Decommissioning Authority) используется 9-уровневая шкала УГТ1-УГТ9, но с существенно другими названиями и описаниями УГТ, а в UK NNL (National Nuclear Laboratory, топливные сборки для АС) добавлен к шкале UK NDA УГТ10. Несмотря на то, что в большинстве публикаций, посвященных уровням готовности, утверждается, что шкала УГТ NASA состоит из 9 уровней, в [3], например, упоминается для шкалы NASA TRL10 – «Находится в эксплуатации» («Is in board operational use»).

Шкала уровней готовности технологии является, по сути, порядковой шкалой измерений. Допустимыми преобразованиями для данного типа шкал являются все монотонные преобразования, то есть такие, которые не нарушают порядок следования значений измеренных величин. Шкала УГТ, как порядковая шкала измерений, не содержит информации, на сколько отличается один уровень готовности от другого. Метрика (шкала) УГТ формализует понятие зрелости (maturity) технологии. Понятие зрелости технологии характеризует

субъективно воспринимаемый уровень развития (проработанности) технологии без ее привязки к решению какой-либо практической задачи. Уровень готовности технологии отражает степень зрелости технологии для решения некоторой практической задачи. Для разных практических задач технология может иметь разные уровни готовности. Например, это может быть обусловлено разными эксплуатационными условиями применения технологии в разных практических задачах.

КАЛЬКУЛЯТОР УРОВНЕЙ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

Калькулятор уровней готовности технологий (Калькулятор УГТ) – формализованный инструмент количественной оценки зрелости технологий. Калькулятор УГТ относится к категории количественных экспертных методов определения УГТ. С его помощью на рубежах принятия решения по входным вещественным (изделия, оборудование, техника и т.д.) и программным (организационным) критериям определяют степень зрелости технологии. Калькулятор УГТ позволяет в полуавтоматическом режиме оценить уровень готовности разрабатываемой технологии. Он выполнен в формате анкеты Microsoft Excel, которую пользователь заполняет, отвечая на вопросы о технологическом проекте, что в результате позволяет оценить уровень готовности технологии (УГТ), уровень готовности программы, показывающий степень зрелости организации управления разработкой (УГТ), и уровень готовности производства (УГТ). Калькулятор УГТ производит расчет значений количественных метрик по данным, введенным Разработчиком технологии (далее – Разработчик) и Экспертом. Разработчик заполняет в Калькуляторе УГТ поля обоснования Разработчика (Листа-опросника калькулятора УГТ), в которых указывает обоснование положительного ответа на заданный вопрос. В качестве обоснования могут выступать, например, нормативные документы, оформляемые по факту выполнения того или иного этапа работ, полные ссылки на статьи, патенты.

При этом исходными данными для проведения комплексной оценки уровней готовности существующих и новых технологий в аэрокосмической области являются:

- проекты технических заданий на разработку технологии;
- документы, подтверждающие наличие научно-технического задела (патенты, результаты научно-исследовательских работ, протоколы испытаний макетных и экспериментальных образцов авиационной техники, составных частей, узлов и агрегатов), созданные в ходе выполнения научно-исследовательских и технологических работ;
- технические условия на материалы;
- рабочая конструкторская документация на подсистемы и элементы, являющиеся составными частями перспективных образцов авиационной техники и др.

Эксперт, по заполненным данным Разработчика, указывает степень соответствия (от 0 до 100) результата Разработчика поставленному вопросу. Например, на вопрос «Опубликованы базовые научные принципы технологии» Эксперт выставляет значение показателя в зависимости от рейтинга издания публикаций, индексации издания публикации в различных базах цитирования, ... и пишет об этом в поле обоснования Эксперта. Далее по принятым расчетным формулам Калькулятор УГТ рассчитывает значения количественных метрик зрелости технологии, а затем производится агрегирование результатов по всем Экспертам для данной технологии.

Однако необходимо отметить, что УГТ в чистом виде не позволяет судить о рисках и ничего не говорит о вероятности достижения более высокого уровня. В [4] авторами определение риска (Risk Levels) предлагается путем непосредственного присвоения уровней доверия (Confidence) проектам/технологиям в зависимости от их готовности (Readiness Level) или риска. Для каждого уровня готовности уровень доверия задается умноженной на 100% условной вероятностью достижения УГТ9. Авторы утверждают, что приведенные значения достоверности являются типичными, но ни в коем случае не уникальными. Фактически, они будут разными в разных организациях и зависят от таких вещей, как дата начала программы, бюджетные ограничения и т.д. (таблица 1).

УРОВНИ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ

Оценка зрелости технологии с помощью метрики (шкалы) и калькулятора УГТ является первым шагом в использовании метрик уровней готовности в проектном управлении. Следующим шагом является определение мероприятий по повышению уровня готовности технологии с текущего до следующего уровня.

Таблица 1

Уровни готовности технологии и уровень доверия достижения УГТ 9

Уровень риска	Уровень готовности	Описание готовности	Уровень доверия
0	9	Продемонстрирована работа реальной системы в условиях реальной эксплуатации	100%
1	8	Создана штатная система и освидетельствована (квалифицирована) в летных условиях посредством испытаний и демонстраций	95%
2	7	Прототип системы прошел демонстрацию в эксплуатационных условиях	90%
3	6	Модель или прототип системы/подсистемы продемонстрированы в условиях, близких к реальным	80%
4	5	Компоненты и/или макеты подсистем верифицированы в условиях, близких к реальным	65%
5	4	Компоненты и/или макеты проверены в лабораторных условиях	45%
6	3	Даны аналитические и экспериментальные подтверждения по важнейшим функциональным возможностям и/или характеристикам выбранной концепции	30%
7	2	Сформулирована технологическая концепция и/или предполагаемые применения возможных концепций для перспективных объектов	12%
8	1	Выявлены и опубликованы фундаментальные принципы	5%
9	0	Сформулирована базовая идея	0%

Источник: [4]

Основные этапы процесса оценки технологии:

1) определение систем, подсистем и компонентов посредством разбиения продукта на составляющие на этапе предпроектных работ;

2) определение УГТ для каждого компонента с помощью калькулятора УГТ;

3) назначение УГТ для каждой подсистемы, как наименьший из УГТ входящих в неё компонентов;

4) назначение TRL для каждой системы, как наименьший из УГТ входящих в неё подсистем;

5) определение всех компонентов, подсистемы и системы, которые находятся на более низком УГТ, чем требуется программой (проектом);

6) оформление отчёта, по первоначальной оценке, технологий программы ниже требуемого;

7) разработка:

- плана развития технологий;
- бюджета (плана финансирования);
- план-графика;
- плана управления рисками;

8) проведение повторной оценки проекта с корректировкой планов и принятием решения о продвижении программы (проекта).

Следует отметить, что анализ российских публикаций в области оценки уровней готовности технологий и практический опыт использования средств оценки уровней готовности позволяет говорить о недостаточной развитости российской системы стандартов в области системной инженерии, в частности посвященных стадиям жизненного цикла, процессам проектирования и разработки сложных технических систем, подходам к описанию архитектуры систем и др. Среди причин сложившейся ситуации можно выделить следующие [1]:

- отсутствие сопоставления уровней готовности с этапами процесса создания авиационной техники и разрабатываемой в процессе создания авиационной техники документацией;
- отсутствие руководств по проведению оценки уровня готовности. Именно в руководствах по TRL (handbook, deskbook, guide) дано подробное описание уровней

готовности, подробный терминологический справочник, указаны необходимые для оценки мероприятия, примерный состав «команд» по их проведению и перечня подготавливаемых документов. Без наличия таких руководств эффективная работа по оценке уровней готовности и разработке мер по повышению уровней готовности является, как минимум, сильно затруднительной;

- неоднозначность определений и проблемы перевода. Так в отечественной редакции термин «breadboard» переводится как «макет», в то время как в стандартах или руководствах по TRL всегда даются пояснения о том, как надо понимать «breadboard» при рассмотрении конкретного уровня TRL;
- часто использование прямого перевода без осмысления («калька») или даже перевода on-line переводчиками, делают крайне сложным понимание определения и описания уровней готовности: «Проведены «Летные испытания» разработанной системы в ходе успешной эксплуатации (OT&E завершена)», «релевантная среда», «эксплуатационная среда».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение идеологии проектного управления на основе методов системного инжиниринга в практику управления научно-исследовательскими работами представляется действенным методологическим подходом, направленным на повышение эффективности исследований и разработок, а следовательно, и создание конкурентоспособной продукции. Вместе с тем существует ряд проблем методологического и отраслевого характера, связанных с прямым копированием стандартов NASA и относящихся к ключевому элементу такого подхода – оценке уровня готовности технологий. Опираясь на опыт внедрения проектного управления, основанного на методах системного инжиниринга, в научные проекты создания отечественной авиационной техники и технологий сформирован уточненный понятийный аппарат и методика применения метрик уровней готовности (калькулятора уровней готовности).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирошкин В.Л.* (2017) Оценка уровней готовности: проблемы / Вторая научно-практическая конференция «Управление созданием научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции». Сборник докладов. Москва.
2. *Mankins J.C.* (1995) Technology readiness levels / Artemis Innovation. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf.
3. Design Development Test and Evaluation (DDT&E) Considerations for Safe and Reliable Human Rated Spacecraft Systems (2007) NASA Engineering and Safety Center Technical Report. 133 p.
4. *Mavris D.N., Bandte O., Brewer J.T.* (1995) A Method for the Identification and Assessment of Critical Technologies Needed for an Economically Viable HSCT / 1st AIAA Aircraft Engineering, Technology, and Operations Congress. Los Angeles.

REFERENCES

1. *Miroshkin V.L.* (2017) Assessment of preparedness levels: problems / Second scientific-practical conference «Management of the creation of a scientific and technical base in the life cycle of high-tech products». Collection of reports. Moscow.
2. *Mankins J.C.* (1995) Technology readiness levels / Artemis Innovation. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf.
3. Design Development Test and Evaluation (DDT&E) Considerations for Safe and Reliable Human Rated Spacecraft Systems (2007) NASA Engineering and Safety Center Technical Report. 133 p.
4. *Mavris D.N., Bandte O., Brewer J.T.* (1995) A Method for the Identification and Assessment of Critical Technologies Needed for an Economically Viable HSCT / 1st AIAA Aircraft Engineering, Technology, and Operations Congress. Los Angeles.

UDC 658: 004.4

Granich V.Yu., Dutov A.V., Miroshkin V.L., Sypalo K.I. About the Technology Readiness Level and the application of the TRL Calculator for their assessment (Central Aerohydrodynamic Institute named after Professor N.E. Zhukovsky, Zhukovsky Str., 1, Moscow Region, Russia, 140180; The National Research Center «Zhukovsky Institute», Vktorenko Str., 7, Moscow, Russia, 125319)

Abstract. The article presents the issues of qualitative and quantitative assessment of readiness for research and development in the field of aviation technology.

Keywords: technology readiness level, system integration, project management.

АКАДЕМИЯ ВОИС



Академия Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) – это ведущий центр обучения и подготовки в области интеллектуальной собственности (ИС), предназначенный для государств – членов ВОИС, прежде всего из числа развивающихся и наименее развитых стран (НРС), а также стран с переходной экономикой. Задача Академии – способствовать укреплению потенциала людских ресурсов в области ИС, что имеет важнейшее значение для инновационной деятельности.

Каталог программ профессионального обучения и повышения квалификации ВОИС на 2020 г. охватывает весь спектр базовых и междисциплинарных тем ИС и представлен на нескольких языках и в нескольких форматах. Курсы ВОИС, как и прежде, опираются на обширный опыт Академии ВОИС в области ИС и в полной мере используют международную сеть партнерских связей, последовательно выстроенную Академией совместно с национальными, региональными и международными учреждениями.

В 2020 г. будет организовано 24 учебных курса по конкретным областям ИС для государственных служащих и других профессиональных представителей государственного сектора, 28 программ дистанционного обучения, 18 летних школ ВОИС. Программы дистанционного обучения включают курсы для самостоятельного освоения, углубленные курсы обучения, проводимые под руководством преподавателей, а также комбинированные учебные курсы.

Подробная информация о курсах и программах дистанционного обучения, сроках и порядке проведения, условиях участия представлена на сайте Академии ВОИС <https://welc.wipo.int>.