

Оценка уровня готовности технологии multifunctional устройств автоматизации помещений

Technology readiness level estimation for multifunctional room automation devices

doi 10.26310/2071-3010.2020.259.5.013



О. В. Калашникова,
студент, кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий, Институт инженерной физики и радиоэлектроники
✉ kalashqk@gmail.com

O. V. Kalashnikova,
student, department of experimental physics and innovative technologies, Institute of engineering physics and radioelectronics



Н. С. Цыганков,
магистр, аспирант, Институт космических и информационных технологий
✉ cyganikita@yandex.ru

N. S. Tsygankov,
master, graduate student, Institute of space and information technologies



А. Э. Петрунина,
аспирант, Институт космических и информационных технологий
✉ kafedra_efit@bk.ru

A. E. Petrunina,
graduate student, Institute of space and information technology



А. К. Москалев,
к. ф.-м. н., доцент, кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий, Институт инженерной физики и радиоэлектроники
✉ ak_moskalev@mail.ru

A. K. Moskalev,
candidate of physico-mathematical sciences, assistant professor, department of experimental physics and innovative technologies, Institute of engineering physics and radioelectronics

Сибирский федеральный университет
Siberian federal university

Оценивать целесообразность внедрения и эффективность вновь разрабатываемой технологии особенно важно при создании технологических инноваций, требующих привлечения значительных ресурсов. В этом плане особую роль приобретает методика, в которой возможно оценивание степени технологической реализуемости разработки нового конкурентоспособного продукта. В работе проведены результаты апробации методики оценки готовности технологии на основе использования интегрированного уровня готовности (IRL) на проекте разработки системы мультисенсорного автоматизированного управления устройствами помещения. С учетом выявленных взаимодействий внутри предлагаемой системы автоматизированного управления устройствами помещения уровень технологической готовности соответствует состоянию — концепция. Рассматриваемый метод контроля технологической составляющей реализации проекта использован авторами при формировании дорожной карты рассматриваемого проекта. Данную методику можно использовать для определения моментов принятия решений о выделении ресурсов внутри портфеля инновационных проектов компаний.

It is especially important to evaluate the feasibility and effectiveness of a newly developed technology when creating technological innovations that require significant resources. In this regard, a special role is played by a technique in which it is possible to assess the degree of technological feasibility of developing a new competitive product. In this work carried out the test of the technology readiness assessment methodology based on the use of an Integrated Readiness Level (IRL) on a project of develop a multi-sensor automated control system for room devices. Taking into account the identified interactions within the proposed system of automated control of room devices, the Technological Readiness Level (TRL) corresponds to the concept state. The considered method of monitoring of the project technological component is used by the authors in the formation of the roadmap of the project in question. This technique can be used to determine the moments of decision-making on the allocation of resources within the portfolio of innovative projects of companies.

Ключевые слова: уровень готовности, оценка, планирование, дорожная карта, инновационный проект.

Keywords: readiness level, assessment, planning, roadmap, innovation project.

Введение

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что в современной инновационной экосистеме успешными являются лишь те компании, которые способны адекватно и быстро реагировать на изменения запросов потенциальных потребителей инновационной продукции. Данная задача является комплексной, и возможными путями ее решения являются проводимый на регулярной основе анализ и прогноз состояния социально-экономической системы, в которой будет распространяться инновация, а также анализ развития всего спектра научных исследований с выявлением потенциально революционных направлений науки, способных изменить производство [1]. В этой связи особую роль для успешной реализации инновационного

проекта приобретает оценка степени технологической реализуемости разработки и определение вероятности появления прорывных технологий, способных составить жизнеспособную целостную систему и стать основой планируемого в рамках инновационного проекта продукта.

В целом каждая компания разрабатывает и внедряет собственные экспертные системы и показатели, в которых заложены различные методики оценки. Это в значительной степени осложняет работу по межорганизационному и межотраслевому мониторингу портфеля инновационных проектов компаний и поддержки наиболее перспективных из них.

Так, рекомендации по проведению экспертизы проектов, внедренные в Красном государственном автономном учреждении «Красноярский региональный

инновационно-технологический бизнес-инкубатор» (далее — КГАУ «КРИТБИ») предполагают ежемесячные доклады в формате презентации на очном заседании экспертного совета инкубатора [2].

Такая экспертиза, называемая «Экспертизой проекта по существу», проводится с целью комплексной оценки научного и технического уровня путем выявления в нем признаков инновационности и коммерциализуемости. Для выполнения оценки на заседании рассматриваются следующие параметры проекта:

- новизна и инновационность технологии, лежащей в основе проекта, конкурентные преимущества;
- наличие прав на объекты интеллектуальной собственности;
- потребительская аудитория, объемы рынка;
- конкуренты и аналоги продукции;
- выручка от реализации продукта (при наличии готовой продукции);
- обратная связь от потенциальных потребителей (при отсутствии готового продукта, либо до старта продаж);
- состав команды и ключевые компетенции.

Как видно из представленного перечня, при оценке проектов основной упор делается именно на составляющие бизнес-модели, и не затрагиваются вопросы технологического прогресса. Кроме того, данная методика не предусматривает метрик и шкал для оценивания каждого параметра и в ней не представлены ключевые объекты оценивания по каждому параметру. Лист экспертной оценки, утвержденный в КГАУ «КРИТБИ», предусматривает только письменный комментарий каждого эксперта, что значительно затрудняет процедуру получения объективной количественной оценки статуса проекта. Кроме того, при таком подходе отсутствует возможность мониторинга хода реализации проекта, отслеживания прогресса, отсутствуют ключевые вехи по технологической составляющей проекта.

Методические рекомендации АО «РВК», разработанные для бизнес-инкубаторов и акселераторов [3], предлагают для мониторинга и контроля за проектом внедрять в практику работы с инновационными компаниями трекинговое сопровождение. Суть трекингового сопровождения заключается в том, что команде, формируемой инновационной компанией, назначается индивидуальный менеджер (трекер), который еженедельно следит за прогрессом команды, помогает им находить решения операционных задач, работает с проблемными процессами функционирования инновационной компании.

Для измеримой оценки прогресса команд трекером предлагается разработать ряд метрик, которые будут сниматься с определенной частотой: раз в несколько

дней, раз в неделю, раз в месяц. Такими метриками могут выступать [3]:

- количество запланированных и выполненных успешно задач;
- количество проверенных гипотез;
- ключевые продуктовые показатели компании;
- ключевые финансовые показатели компании.

Также ключевой обязанностью трекера является мониторинг движения команды по заранее выбранной траектории развития и отслеживание отклонений от нее.

Данная методика, в отличие от рекомендаций КГАУ «КРИТБИ», подразумевает наличие различных точек контроля по проектам, находящимся на различных стадиях — от посевной до стадии масштабирования проекта. Кроме того, данная методика включает в себя конкретные результаты, только при достижении которых возможен переход на следующую стадию инновационного процесса (табл. 1).

Данная методика имеет значительные преимущества по сравнению с методикой КГАУ «КРИТБИ», однако не лишена недостатков. Ключевые результаты, обозначенные в табл. 1, могут способствовать разработке плана-графика и планированию работ по проекту, однако они по-прежнему не дают полного представления относительно технологической составляющей проекта. Таким образом, разрабатываемая траектория развития является исключительно бизнес-ориентированной, и не учитывает технологического прогресса по проекту. Кроме того, метрики, предлагаемые для оценки прогресса проекта, являются ориентировочными, носят рекомендательный характер, и не представляются полными, достаточными и главное — универсальными.

Важно отметить, что среди ключевых предварительных требований в рассматриваемой методике [3] можно назвать определение ключевых показателей эффективности (далее — КПЭ) и создание системы последовательной оценки и отслеживания эффективности. Более того, отмечается, что необходимо контролировать как КПЭ каждого продукта (проекта), так и КПЭ программы в целом как результата взаимодействия и интеграции проектов. Отмечается, что организации, использующие метрический подход к оценке собственных достижений, организации, перед которыми ставятся четкие и понятные показатели, показывают большую стабильность и эффективность как бизнес-единицы.

Процесс создания технологических инноваций, начинающийся с возникновения идеи и завершающийся ее реализацией в промышленных масштабах, требует значительных ресурсов на начальных стадиях, связан-

Таблица 1

Подходы к оценке проектов, в зависимости от стадии [3]

Стадия инновационного проекта	Ключевые результаты для перехода на следующий этап
Идея	Разработана бизнес-модель; разработан план монетизации; проведен первичный анализ рынка; проведен анализ потребителей
Прототип	Разработана базовая модель экономики; разработан прототип продукта
Первые продажи	Протестированы каналы привлечения клиента; подтверждены основные показатели базовой модели экономики; бизнес-план; юридическое лицо; презентация для инвесторов
Масштабирование	Преодоление точки безубыточности, рост продаж

ных с необходимостью обоснования разрабатываемой технологии, разработкой сопроводительной документации, моделированием и проведением экспериментов в лабораторных и полевых условиях, оценкой готовности производства. В процессе решения перечисленных задач компании для контроля работ пользуются различными подходами. Однако ключевым аспектом любого подхода является оценка степени готовности технологического решения перед ее передачей на следующий уровень реализации, предполагаемый в рамках проекта [4].

Одним из подходов, используемых при оценке степени готовности, является анализ на основе шкалы готовности технологий (Technology Readiness Levels, TRL). Данный подход известен достаточно давно и широко используется в таких высокотехнологичных отраслях, как авиастроение, судостроение, ракетно-космическая и др., для некоторых отраслей этот подход является стандартизированным [5, 6]. Данный подход подразумевает разбиение технологического процесса на девять последовательных этапов, каждый из которых включает перечень типовых работ, условий выполнения этих работ, а также заданного для каждого этапа обязательного документационного обеспечения [7].

Таким образом, рассматриваемый подход является универсальным, и не связан с конкретной технической дисциплиной или разделом науки, поэтому он может быть использован для отслеживания хода реализации технологического проекта в различных сферах и разными специалистами, как непосредственными разработчиками, так и руководителями, менеджерами и аудиторами. Кроме того, использование данного подхода дает возможность оценивать риски, связанные с продвижением новых технологий и их отдельных компонентов.

Однако, несмотря на свою универсальность и эффективность, данный подход пока не получил широкого распространения в практике отечественных инновационных компаний. Поэтому изучение возможностей использования данного подхода для оценки хода реализации инновационного проекта или программы, состоящей из нескольких проектов, а также составление дорожной карты технологического развития проекта, представляется актуальной задачей. На сегодняшний день отечественные предприятия применяют экспертные методы оценки готовности научно-технических проектов, которые имеют существенные недостатки и ограничения [8].

Методы и подходы

TRL в каждый конкретный момент времени представляет собой инструмент оценки готовности технологии, позволяющий отнести ее по сопоставлению выполненных типовых работ, условий выполнения этих работ, а также заданного для каждого уровня обязательного документационного обеспечения к одному из девяти уровней.

При создании системы из совокупности технологий большое значение имеет правильное решение вопроса о совместимости разрабатываемых технологий между собой и уже на этапе разработки оценить уровень готовности интегрированной технологии в единой системе. Модифицированный алгоритм TRL, получивший название IRL (Integration Readiness Levels), представляет собой чек-лист для оценки уровня готовности системы, состоящих из совокупности нескольких технологий в их взаимной интеграции. Не исключено, что даже в случае высокого уровня зрелости отдельных технологий, система может быть неполноценной, если не определены процедуры взаимодействия ее подсистем.

Применение данного инструмента позволяет не только контролировать процесс жизненного цикла изделия, но также анализировать портфель проектов для принятия взвешенных управленческих решений. При оценке готовности подсистем и их интеграции одними из оцениваемых параметров являются показатели качества разрабатываемой продукции или технологии, благодаря чему можно заранее определить критические составляющие процесса с точки зрения качества, учесть их при проектировании бизнес-процессов и обеспечить соответствие результатов определенным требованиям инвестора, потребителя и непосредственно производственного процесса.

В данном исследовании методика TRL была апробирована на примере российского стартапа, реализующего проект системы мультисенсорного автоматизированного управления устройствами в помещениях дома.

Оценка уровня готовности технологии выполнялась авторами и 2 специалистами в области автоматизации, разработки и интеграции систем «умный дом» в частном и промышленном секторах в соответствии с калькулятором-опросником, приведенным в ГОСТе [9]. Для получения итоговой совокупной оценки использовался метод Дельфи.

Таблица 2

Уровни готовности технологии

Описание уровня готовности	Коэффициент зрелости
TRL 1 – утверждение и публикация фундаментальных принципов технологии	0-0,11
TRL 2 – формулировка технологической концепции и оценка возможной области применения	0,12-0,22
TRL 3 – начало активных исследований и разработок, теоретическое и экспериментальное доказательство работоспособности представленной концепции	0,23-0,33
TRL 4 – апробация в лабораторных условиях основных технологических макетов и компонентов	0,34-0,44
TRL 5 – апробация основных технологических компонентов в реальных условиях	0,45-0,55
TRL 6 – тестирование модели или прототипа в реальных условиях	0,56-0,66
TRL 7 – демонстрация опытного образца или прототипа в условиях эксплуатации	0,67-0,77
TRL 8 – окончание разработки и испытание системы в условиях эксплуатации	0,78-0,88
TRL 9 – демонстрация технологии в окончательном виде при испытаниях образца	0,89-1

В работе оценка и анализ системы связанных технологий, а также формирование дорожной карты реализации технологического решения и его мониторинга, выполнены в следующем порядке:

1. Моделирование технологической системы, которая представляет совокупность самостоятельных подсистем с внутренними возможными связями и процедурой взаимодействия подсистем между собой, и определение значений уровня готовности технологии каждой подсистемы согласно чек-листу готовности технологии (TRL), представленному в табл. 2, и коэффициента ее зрелости, характеризующего численное значение завершенности подсистемы (технологии).
2. В соответствии с модифицированным чек-листом (IRL) и с учетом выявленных взаимодействий внутри комплексной системы проведена оценка готовности интеграции составных технологий между собой и выполнена количественная оценка зрелости системы в целом.
3. На основании полученных значений составлена дорожная карта дальнейшей реализации проекта с определением контрольных вех для последующего контроля.

Оценка уровня готовности подсистем технологического решения

Ниже приведена совокупность подсистем мультисенсорного устройства автоматизированного управления в доме, а также результат оценки зрелости технологии согласно табл. 2.

1. Управляющий компьютер — это одноплатный компьютер LattePanda производится более 3 лет, на базе которого реализовано много успешных проектов. В данном исследовании готовая технология (одноплатный компьютер) внедряется в реальное устройство, дополняется периферийными элементами. В проекте необходимо завершить разработку корпуса и в дальнейшем требуется продемонстрировать работоспособность новой технологии в сочетании с работой других устройств системы, поэтому требования соответствуют 8 уровню готовности, а коэффициент зрелости можно оценить как 0,8.
2. Отдельные компоненты устройства для жилых помещений протестированы. Опыты с доступными компонентами показывают их совместную работоспособность, протестирована интеграция некоторых функций системы, предстоит проработать программную составляющую, следовательно, данный компонент соответствует 5 уровню готовности, а коэффициент зрелости составляет — 0,47.
3. Как в устройствах для комнат, в приборе для помещений с повышенной влажностью определены составные элементы, опыты с доступными компонентами показывают их совместную работоспособность. Но не полностью готово программное обеспечение, поэтому уровень готовности — 5, коэффициент зрелости — 0,47.
4. Для управляемых элементов освещения создано дизайнерское решение, отдельные компоненты

протестированы в лабораторных условиях. Необходимо проработать особенности конструкции и протестировать работу устройств. Уровень готовности — 4, коэффициент зрелости — 0,36.

5. Протестированы отдельные компоненты «управляемых розеток». Предстоит проработать конструкционные особенности и протестировать в реальных условиях. Уровень готовности — 4, коэффициент зрелости — 0,36.
 6. Подготовлены прототипы оборудования контроля доступа, определены целевые показатели доступности и надежности, предстоит завершить тестирование устройства в реальных условиях. Уровень готовности — 5, коэффициент зрелости — 0,49.
- В результате, итоговый вектор готовности технологий имеет следующий вид:

$$TRL = \begin{bmatrix} 0,8 \\ 0,47 \\ 0,47 \\ 0,36 \\ 0,36 \\ 0,49 \end{bmatrix}.$$

Оценка уровня интеграции подсистем

Ниже подробно описана выполненная авторами оценка готовности интеграции составных частей технологии мультисенсорного устройства автоматизированного управления в доме только для нескольких вариантов корреляций элементов в соответствии с существующими рекомендациями [9].

1. Интеграция контроллера и устройств жилого помещения. База данных показаний датчиков работает за счет управляющего устройства, пользователю отправляются оповещения о задымлении или проникновении с помощью управляющего устройства. Основные алгоритмы работы устройств задаются контроллером. Установлено, что интеграция работоспособна с технической точки зрения и определены ее основные параметры. Предстоит протестировать запись и трансляцию с камеры видеонаблюдения. Уровень интеграции — 7, коэффициент готовности интеграции — 0,68;
2. Интеграция контроллера и устройств помещений с водоснабжением. Показания датчиков движения и протечек воды в ванной комнате будут передаваться на контроллер для отправки оповещений пользователю. Две технологии могут успешно обмениваться информацией и связываться полезным образом, интеграция работоспособна с технической точки зрения, следовательно, уровень интеграции — 7, коэффициент готовности интеграции — 0,8;
3. Интеграция контроллер — элементы освещения. При срабатывании датчика движения и фиксации низкой освещенности на устройствах для помещений, сигнал будет передаваться через контроллер на элементы освещения для их автоматического включения. Освещением можно управлять и непосредственно с помощью приложения на управляющем планшете или удаленно со смартфона,

Уровни готовности интеграции подсистем

	Планшет	Пожаротушение	Водоснабжение	Освещение	Электрообеспечение	Проникновение
Планшет	1	0,68	0,8	0,6	0,6	0,8
Пожаротушение	0,68	1	0,2	0,4	0,35	0,6
Водоснабжение	0,8	0,2	1	0,4	0,35	0,2
Освещение	0,6	0,4	0,4	1	0,2	0,55
Электрообеспечение	0,6	0,35	0,35	0,2	1	0,5
Проникновение	0,8	0,6	0,2	0,55	0,5	1

при этом команды будут передаваться также через контроллер. Компоненты системы управляются и могут составить единую систему, при этом можно определить параметры взаимного влияния, уровень интеграции – 6, коэффициент готовности интеграции – 0,6.

Результат оценки готовности интеграции всех составных частей технологии мультисенсорного устройства по пятнадцати взаимовлияющим параметрами приведен в табл. 3.

Матрица готовности интеграций выглядит следующим образом:

$$IRL = \begin{bmatrix} 1 & 0,68 & 0,8 & 0,6 & 0,6 & 0,8 \\ 0,68 & 1 & 0,2 & 0,4 & 0,35 & 0,6 \\ 0,8 & 0,2 & 1 & 0,4 & 0,35 & 0,2 \\ 0,6 & 0,4 & 0,4 & 1 & 0,2 & 0,55 \\ 0,6 & 0,35 & 0,35 & 0,2 & 1 & 0,5 \\ 0,8 & 0,6 & 0,2 & 0,55 & 0,5 & 1 \end{bmatrix},$$

$$[SRL]=[IRL][TRL]= \begin{bmatrix} 2,3196 \\ 1,672 \\ 1,572 \\ 1,5575 \\ 1,486 \\ 1,884 \end{bmatrix}.$$

Вектор [SRL] стандартным образом преобразуем в его модуль:

$$SRL = 0,271.$$

Интерпретацию показателя SRL, который представляет собой индекс зрелости разрабатываемой технической системы, будем проводить в соответствии с табл. 4 [10].

Применение методики TRL к проекту по разработке системы мультисенсорных многофункциональных устройств «Умного дома» позволило определить, что текущий уровень технологической готовности системы, разрабатываемой в рамках проекта, соответствует уровню «Концепция». Основными задачами для разработки системы является разработка программного

модуля для связки технологических решений, используемых в проекте, а также доработки отдельных подсистем.

Рассматриваемый метод контроля технологической составляющей реализации проекта, предполагающий использование методик TRL и IRL, включая чек-лист необходимых результатов для перехода на следующий уровень TRL, использован авторами при формировании дорожной карты проекта. Построение дорожной карты на основе данных методик (табл. 5).

В качестве результатов контрольных вех представлены уровень TRL, IRL и показатель SRL в совокупности с минимальным комплектом соответствующих условий для их достижения (документация, чертежи, прототипы, протоколы испытаний и т. д.).

Выводы

Использование методик TRL и IRL для оценки прогресса инновационных проектов позволяет, по мере прохождения по инновационному циклу, отслеживать и корректировать вектор технологического развития проекта, планируя, для наиболее эффективного использования ресурсов, привлечение при его реализации необходимых инструментов поддержки. Анализ уровней готовности технологий позволяет сделать выводы о целесообразности трансфера конкретных технологий, дальнейшего продолжения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и продвижения технологии по стадиям жизненного цикла.

В случае принятия решения о начале работ над проектом дорожная карта технологического развития должна быть сформирована при первом контакте проекта с инновационной инфраструктурой. Применение IRL методики для первичной оценки входящих в инфраструктуру нововведений проектов позволит определять события, которые могут являться вехами принятия решений о дальнейшей поддержке проекта или необходимости корректировки плана его технологического развития. Применение данного инструмента через механизм отслеживания количества проектов, успешно прошедших вехи дорожной карты, позволит отслеживать эффективность работы самих объектов инновационной инфраструктуры.

Таким образом, можно сделать вывод, что шкала готовности технологий является именно таким инструментом, который позволит провести оценку технологии и сравнение уровней готовности различ-

Таблица 4
Интерпретация значений уровней зрелости [7]

SRL	Фаза
0,90-1,00	Эксплуатация и поддержка
0,80-0,89	Производство
0,60-0,79	Разработка и демонстрация системы
0,40-0,59	Развитие технологии
0,10-0,39	Концепция

Дорожная карта технологического развития проекта

№	Мероприятие	Конечный результат
1	2	3
1	Разработка управляющего компьютера	Разработан корпус устройства. Проведено тестирование работы. Полностью задокументированы характеристики и особенности работы компьютера
	Итого раздел 1	Достигнут 9 уровень TRL (зрелость не менее 0,95)
2	Разработка прототипа устройства для жилых помещений	Разработан корпус устройства (внешний дизайн, внутренняя структура устройства). Доработано ПО устройства (интерфейс управления, технический интерфейс). Создан стендовый прототип устройства
	Итого раздел 2	Достигнут 6 уровень TRL (зрелость не менее 0,58)
3	Разработка прототипа устройства для помещений с повышенной влажностью	Разработан корпус устройства (внешний дизайн, внутренняя структура устройства). Определены внутренние датчики (движение, оснащение, температуры). Доработано ПО устройства (интерфейс управления, технический интерфейс, сформирован единый протокол обмена данными между датчиками). Создан стендовый прототип устройства
	Итого раздел 3	Достигнута 6 уровень TRL (зрелость не менее 0,58)
4	Разработка рабочего макета умного регулятора света	Разработана конструкция выключателя. Разработан или подобран протокол обмена данными с внешними контроллерами. Проведено успешное тестирование выключателей. Протокол испытаний. Чертежи устройства. Технологические схемы
	Итого раздел 4	Достигнут 5 уровень TRL (зрелость не менее 0,48)
5	Разработка прототипа умного выключателя света	Разработан корпус устройства (внешний дизайн, внутренняя структура устройства). Доработано ПО устройства (интерфейс управления, технический интерфейс, оптимизирован протокол обмена данными). Создан стендовый прототип устройства
	Итого раздел 5	Достигнут 6 уровень TRL (зрелость не менее 0,58)
6	Разработка рабочего макета управляемого электроснабжения розетки	Разработана конструкция розетки (механизм защиты от несанкционированного доступа и управления подачи энергии). Разработан или подобран протокол обмена данными с внешними контроллерами. Проведено успешное тестирование выключателей. Протокол испытаний. Чертежи устройства. Технологические схемы
	Итого раздел 6	Достигнут 5 уровень TRL (зрелость не менее 0,48)
7	Разработка прототипа управляемой розетки	Разработан корпус устройства (внешний дизайн, внутренняя структура устройства) в соответствии с международными требованиями и стандартами. Доработано ПО устройства (интерфейс управления, оптимизирован протокол обмена данными). Создан стендовый прототип устройства
	Итого раздел 7	Достигнут 6 уровень TRL (зрелость не менее 0,58)
8	Разработка прототипа прибора контроля доступа	Разработан корпус устройства (внешний дизайн, внутренняя структура устройства) в соответствии с международными требованиями и стандартами. Доработано ПО устройства (интерфейс управления, разработан протокол безопасного обмена данными, система аутентификации пользователя и каналы аутентификации, включая NFC и отпечатки пальцев). Создан стендовый прототип устройства
	Итого раздел 8	Достигнут 6 уровень TRL (зрелость не менее 0,58)
9	Разработка программного модуля взаимодействия устройства для комнат и контроллера	Разработан механизм создания сценариев, в том числе на основе данных видеокamer. Разработан механизм самодиагностики элементов устройства. Разработана система реагирования (включая базовые сценарии) на данные остальных устройств системы «умный дом» (протокол обмена данными с датчиками протечки воды, движения, задымления)
	Итого раздел 9	Уровень интеграции с остальными системами не менее 0,7
10	Разработка программного модуля взаимодействия устройства для помещений с повышенной влажностью и контроллера	Разработаны системы оповещения пользователей о ЧП (SMS, оповещение служб). Разработан механизм самодиагностики элементов устройства. Разработана система реагирования (включая базовые сценарии) на данные остальных устройств системы «умный дом» (протокол обмена данными с датчиками движения)
	Итого раздел 10	Уровень интеграции с остальными системами не менее 0,7
11	Разработка программного модуля взаимодействия умного выключателя света и контроллера	Разработан механизм самодиагностики элементов устройства. Разработана система реагирования (включая базовые сценарии) на данные остальных устройств системы «умный дом» (протокол обмена данными с датчиками движения и устройством контроля доступа)
	Итого раздел 11	Уровень интеграции с остальными системами не менее 0,7
12	Разработка программного модуля взаимодействия управляемой розетки и контроллера	Разработан механизм самодиагностики элементов устройства. Разработана система реагирования (включая базовые сценарии) на данные остальных устройств системы «умный дом» (протокол обмена данными с датчиками движения и устройством контроля доступа). Разработана система защиты от несанкционированного доступа на основе данных устройства контроля доступа и датчика движения. Разработана система экстренного отключения
	Итого раздел 12	Уровень интеграции с остальными системами не менее 0,7
13	Разработка программного модуля взаимодействия устройства контроля доступа и контроллера	Разработан механизм самодиагностики элементов устройства. Разработана система оповещения о несанкционированном доступе и ведении журнала доступа. Выбран протокол защищенного обмена данными с управляющим устройством. Разработана система оповещения экстренных служб
	Итого раздел 13	Уровень интеграции с остальными системами не менее 0,7

1	2	3
14	Разработка ПО единой системы «умный дом»	Доработка ПО управляющей системы (пользовательский интерфейс управления, система создания сценариев, система отчетности данных с устройств, протокол обмена данными с мобильным телефоном). Разработана система экономного потребления ресурсов (эффективное управление устройствами). Интегрированы все программные модули взаимодействия с ПО контроллера
	Итого раздел 14	Уровень интеграции систем между собой не менее 0,8
15	Разработка прототипа единой системы «Умный дом»	Разработан прототип устройства. Продемонстрирована работа в реальных условиях. Технологическая документация (чертежи, схемы сборки, ТУ)
	Итого раздел 15	Достигнут 8 уровень TRL (зрелость не менее 0,78)
16	Организация серийной единицы системы	Образец с серийного производства (полное соответствие технической документации). Разработаны технологические карты производства (подобрано оборудование, инструменты, упаковочные материалы, процессы)
	Итого раздел 16	Достигнут 9 уровень TRL (зрелость не менее 0,88)

ных технологий в контексте определенной системы не только в отраслях, связанных с конструированием сложной техники и аппаратов, но и в практике малых инновационных компаний.

* * *

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90023.

Список использованных источников

1. А. И. Рудской, И. Л. Туккель. Инноватика: вопросы теории и кадрового обеспечения инновационной деятельности//Инновации. 2015. № 11.С. 3-10.
2. Красноярский региональный инновационно-технологический бизнес-инкубатор. Положение «О порядке проведения экспертизы проектов и присвоения статуса «Резидент КГАУ «КРИТБИ». Красноярск: КРИТБИ, 2018. 14 с.
3. РВК, Бизнес-инкубатор ВШЭ. Методические рекомендации по повышению эффективности функционирования бизнес-инкубаторов и акселераторов. Москва: РВК. 2017. 51 с.
4. B. L. Goldense. Technology Readiness Levels Are Widely Adopted//Machine Design. 2017. Vol. 89. № 5. P. 64.
5. Дж. В. Ковков. Инструменты технологического менеджмента при разработке и реализации проектов в аэрокосмической отрасли//Управленческие науки в современном мире. 2017. № 1. С. 168-172.
6. И. П. Дмитриенко. Методика создания паспорта и информационной карточки технологии для информационной базы НТЗ организаций авиационной отрасли//Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 1-3. С. 21-31.
7. И. Л. Туккель. «Большие вызовы»: глобализация или глокализация? Вариативное проектирование стратегий научно-технологического развития//Инновации. 2016. № 7. С. 24-29.
8. C. S. Galbraith, S. B. Ehrlich, A. F. DeNoble. Predicting Technology Success: Identifying Key Predictors and Assessing Expert Evaluation for Advanced Technologies//The Journal of Technology Transfer. 2006. Vol. 31. Issue 6. P. 673-684.
9. ГОСТ Р 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий. Введ. 2018-06-01. М., 2018. 41 с.
10. А. Ю. Багданов, Р. А. Рызванов. Адаптация лучших мировых практик по оценке уровней готовности технологий, уровней готовности интеграции, системного уровня готовности//Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 4-1. С. 72-82.

References

1. A. I. Rudskoy, I. L. Tukkel Innovation: theory and staffing issues of innovation activity//Innovatsii [Innovation]. 2015. № 11. P. 3-11. (In Russ.)
2. Krasnoyarsk regional innovation and technology business incubator. On the procedure for the examination of projects and assignment of the status of «Resident of RSAI «KRITBI». KRITBI, 2018. P. 14. (In Russ.)
3. RVC, HSE Business Incubator. Guidelines for improving the functioning efficiency of business incubators and accelerators. RVC, 2017. P. 51.(In Russ.)
4. B. L. Goldense. Technology Readiness Levels Are Widely Adopted//Machine Design. 2017. Vol. 89. № 5. P. 64.
5. D. V. Kovkov. Process management tools in the development and implementation of projects in aerospace industry//Upravlencheskie nauki v sovremennom mire [Managerial sciences in the modern world]. 2017. № 1. P. 168-172. (In Russ.)
6. I. P. Dmitrienko. Methodology for a passport and technology information card creating for the S&T information base of aviation industry organizations//Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Actual problems of humanitarian and natural sciences]. 2017. № 1-3. P. 21-31. (In Russ.)
7. I. L. Tukkel. Big Challenges: Globalization or Glocalization? Variable design of scientific and technological development strategies//Innovatsii [Innovation]. 2016. № 7. P. 24-29. (In Russ.)
8. C. S. Galbraith, S. B. Ehrlich, A. F. DeNoble. Predicting Technology Success: Identifying Key Predictors and Assessing Expert Evaluation for Advanced Technologies//The Journal of Technology Transfer. 2006. Vol. 31. Issue 6. P. 673-684.
9. Technology transfer. Technology maturity assessment methodology guide. National standard of the Russian Federation, 2018. 41 p. (In Russ.)
10. A. Ju. Bagdanov, R. A. Ryzvanov. Adaptation of world best practices for assessing technology readiness levels, integration readiness levels, system readiness level//Aktual'nye problem gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Actual problems of the humanities and natural sciences]. 2017. Vol. 4. № 1. P. 72-82. (In Russ.)