

Научная статья
<https://doi.org/10.23672/SAE.2023.24.62.018>
УДК 338.24



ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЗРЕЛОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Сердечный Д.В., Курочкин Д.А., Коньшева А.О., Царькова А.Д.
ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»

Аннотация. Суверенное технологическое развитие достигло такого уровня, что вопрос поиска необходимой технологии во многом сменился на проблему успешного выбора наиболее подходящей из множества вариантов. В связи с этим, возникла необходимость создания методологии оценки технологии с точки зрения соответствия запросам современного производства, что и свидетельствует об актуальности данного исследования. В мировой практике для решения данной задачи существует широкий инструментарий, который необходимо систематизировать и адаптировать в соответствии с конкретной потребностью. Оценку технологии можно представить, как определенную форму исследования с использованием ряда специальных методик, которые, в той или иной степени, позволят определить краткосрочные и долгосрочные последствия применения исследуемой технологии (социальные, экономические, этические, правовые и т.п.). Сегодня оценку зрелости инновационных технологий практикуют множество специализированных организаций во всем мире. Оценку инновационных технологий в узком смысле можно трактовать, как набор конкретных средств исследования технологии на протяжении всего жизненного производственного цикла; то есть, начиная с момента зарождения прототипа и до того момента, когда данная разработка будет принята обществом для ее дальнейшего использования.

Ключевые слова: оценка зрелости технологии, технологический суверенитет, цифровизация, инновационное предприятие, цифровизация управления.

Финансирование: работа выполнена в рамках гранта ГУУ (НИР №1001-23).

APPROACHES TO ASSESSING THE MATURITY OF TECHNOLOGIES

Denis V. Serdechnyy, Danila A. Kurochkin, Anastasia O. Konysheva, Alyona D. Tsarkova
State University of Management, Moscow

Abstract. At the moment, technological development has reached such a level that the question of finding the necessary technology has largely been replaced by the problem of successfully choosing the most suitable one from a variety of options. In this regard, the need arose to create a methodology for assessing technology in terms of compliance with production requirements. In world practice, to solve this problem, there is a wide range of tools that need to be systematized and adapted in accordance with specific needs. Technology assessment can be represented as a certain form of research using a number of special techniques that, to one degree or another, will make it possible to determine the short-term and long-term consequences of using the technology under study (social, economic, ethical, legal, etc.). Today, technology assessment is practiced by many specialized organizations around the world. Technology assessment in the narrow sense can be interpreted as a set of specific means of studying technology throughout its entire life cycle, that is, from the moment the prototype is conceived until the moment when this development is accepted by society for its further use.

Keywords: assessment of technology maturity, technological sovereignty, digitalization, innovative enterprise, digitalization of management.

Введение.

Для содействия развитию суверенной национальной экономики необходимо принять дополнительные меры, направленные на обеспечение развития и поддержки технологических

компаний при выводе их наукоемкой продукции на рынок, а также - масштабировании производства. При этом меры включают в себя не только механизмы финансовой поддержки и модернизацию нормативно правовой базы, но и гибкие ал-

горитмы оценки жизнеспособности инновационных технологий, а также механизмы их трансфера.

Важным аспектом при достижении поставленной цели является эффективное применение научно-исследовательского инструмента в механизме оценки и последующего трансфера инновации.

Таким образом, было бы уместно на базе научно-образовательных организаций создавать центры экспертной оценки технологий реального сектора экономики. Создание подобной структуры позволило бы осуществить взаимодействие научно-исследовательских кадров и обучающихся с компаниями-производителями наукоемкой продукции. Широкий спектр компетенций современного университета способен предложить эффективные решения для предприятий, исходя из их потребностей.

Цель исследования.

Термин «оценка технологии» (Technology assessment, TA) впервые был употреблен в 1965 году на слушаниях в Комитете по науке и астронавтике в Палате представителей Конгресса США. Основная задача данной концепции обозначалась как оказание информационно-аналитической поддержки при принятии решений о развитии и продвижении инновационных технологий, требующих государственного участия. Тогда оценка технологии представлялась как своеобразное связующее звено между промышленными и государственно-политическими институтами. Со временем концепция оценки технологий расширялась, появлялись ее новые функции, такие как оценка положительных и отрицательных эффектов применения соответствующей технологии. Это позволяло заранее определять рискованный потенциал различных инноваций, таких как нано и ядерные технологии [1].

Сегодня оценку технологий практикуют множество специализированных организаций во всем мире. Оценка технологий в узком смысле можно трактовать, как набор конкретных средств исследования технологии на протяжении всего жизненного цикла, то есть, начиная с момента зарождения прототипа и до того момента, когда данная разработка будет принята обществом для ее дальнейшего использования [2,3].

Из вышеописанных трактовок понятия «оценка технологии» логически вытекает вопрос понимания того, что значит «технология принята обществом»? В какой-то степени, это - синоним

понятия «зрелость технологии», и здесь было бы уместно описать данное понятие.

Дартмутский колледж трактует понятие таким образом: «Зрелая технология» – это технология, используемая в течение продолжительного времени, достаточного для того, чтобы в процессе применения были устранены или уменьшены большинство ее изначальных недостатков. В некоторой степени, это определение может подходить к технологии с достаточной научной основой, не получившей, однако, широкого применения [4]. Зрелая технология - ожидается, что ее эксплуатационные характеристики также будут хорошо поняты благодаря устоявшимся спецификациям дизайна [5]. Простота применения различными категориями пользователей (разработчики, эксперты, рядовые пользователи и т.п.) – еще один ключевой показатель зрелости технологии [6].

Техническая зрелость продукта может складываться из пяти основных элементов:

- исчерпывающая документация;
- точно описанные структурные, функциональные и/или принципиальные схемы;
- современный, но при этом устоявшийся (проверенный некоторым временем) набор технологий;
- набор различных тест-кейсов, необходимых для фиксации и проверки ожидаемого состояния системы;
- бизнесовые и технические метрики жизнеспособности и работоспособности продукта [7].

Примеры зрелых технологий:

- Дизайн QWERTY-клавиатуры. Данная технология активно используется несмотря на то, что фактически завершила свое развитие более ста лет назад и все ее пользовательские качества можно назвать устоявшимися.

- Штрих-код. Технология широко используется во всем мире, находится на завершающих этапах своего развития и большинство ее эксплуатационных характеристик не меняются в течение длительного времени.

Технологии, находящиеся в процессе созревания:

- Автомобиль. Эта технология, как вид транспорта, занимает лидирующие позиции во всех развитых странах, однако, для ее эффективного использования требуется весомый вклад в изменение и поддержание инфраструктуры общественных пространств. Отсюда вытекает ряд

проблем, связанных, с экологией, безопасностью, социальной изоляцией и проч.

- Интернет. Всемирную систему компьютерных сетей вполне можно считать целостной технологией. Глобальная сеть популярна и проста в применении, в данный момент число пользователей достигает 5 млрд. человек. Однако эксплуатация данной технологии порождает ряд нерешенных конфликтов между технологическими и человеческими стандартами.

Примеры незрелых технологий: Нанотехнологии – ряд технологических ограничений препятствуют реальному промышленному применению. Биотехнологии – несмотря на очевидную перспективность, технология объективно не способна решить ряд фундаментальных вопросов, касающихся здоровья человека и экологии.

Таким образом, в качестве цели исследования следует опередить рассмотрение существующих методик по оценке зрелости технологий, анализ их преимуществ и недостатков. Результаты подобного анализа будут полезны для разработки комплексного алгоритма аудита инноваций, разработки универсальных методик оценки уровня зрелости технологий.

Материал и методы исследования.

На данный момент существует достаточно большое разнообразие действенных инструментов и методов оценки технологий описанных, в большинстве своем, в ряде зарубежных источников начиная с 80-х годов XX века [8].

Все инструменты можно разделить на два достаточно объемных блока. Инструменты, анализирующие экономическую составляющую объекта исследования. Инструменты, выявляющие направления и сферы применения технологии. У каждого блока есть свои очевидные достоинства и недостатки: инструменты и методы первого блока в основном субъективны ввиду существенного влияния человеческого фактора (практически все, так или иначе, опираются в метод экспертной оценки). Инструменты второго блока, как правило, крайне узкоспециализированы.

Разберем подробнее методы, которые можно использовать для оценки зрелости, готовности технологии, выбор методов обусловлен целесообразностью их применения для оценки жизнеспособности инновационных технологий, поддержки технологических компаний при выводе их наукоемкой продукции на рынок, а также масштабировании производства.

Одним из самых известных методов оценки технологии является кривая Фостера.

Она рассматривает цикл жизни инновационной технологии от зарождения до появления новой, более современной технологии (возникновения технологического разрыва). Этот метод позволяет не столько оценить технологию, сколько определить степень ее зрелости и проследить ее жизненный цикл [9].

Technology Readiness Level (TRL) – это модель оценки уровня готовности технологии. Он был разработан в 1970-х годах космическим агентством НАСА для систематизации и распределения аэрокосмических технологий с точки зрения уровня их готовности. К настоящему моменту область применения данной концепции значительно расширилась и охватила практически все современные технологические отрасли. В современных условиях оценивается не только технологический, но и рыночный, производственный, инженерный организационный уровень готовности [10]. Такая расширенная модель получила название TRPL [11].

Одна и та же технология может располагаться на разных уровнях готовности по различным направлениям.

Методика TRL имеет ряд неоспоримых преимуществ [12]. Метод, в целом, доступен и дает возможность достаточно легко оценить текущее состояние технологии с точки зрения ее целевого использования. TRL позволяет провести сравнительный анализ нескольких технологий, находящихся на одних и тех же этапах разработки. Методику можно назвать эффективным инструментом управления рисками. TRL способен обеспечить превентивную количественную оценку зрелости технологии.

Несмотря на то, что TRL считается классической моделью оценки технологии и активно используется уже несколько десятилетий, следует отметить следующие недостатки [13]. Так, например, фиксация метода только внешних проявлений рассматриваемого процесса. Отсутствие оценки зрелости основных участников: производителя, контрагентов, потребителей. Личейный характер модели делает невозможной оценку нелинейных взаимосвязей между этапами развития технологии. В TRL учитываются исключительно документированные данные (не подлежат оценке, к примеру, ноу-хау). Методика не оценивает политические и правовые аспекты.

3. Модель Capability Maturity Model Integration (CMMI).

CMMI характеризуется комплексным набором инструментов, составляющим, в настоящее время, единую методологию. Модель была

создана в середине 1980-х годов по заказу министерства обороны США, с целью повышения качества разрабатываемого по их заказу программного обеспечения. В процессе создания СММИ была проведена тщательная экспертиза всех ключевых активностей, совершаемых при разработке программного обеспечения, также, отдельно был проведен анализ рисков. По итогам работы был составлен перечень конкретных практических рекомендаций для каждого этапа разработки программного обеспечения (активности). Все рекомендации направлены на ликвидацию, либо существенное снижение конкретных рисков. Далее была разработана специализированная анкета, состоящая из 101 вопроса.

Алгоритм применения модели СММИ в отношении конкретной компании/проекта: группировка всех активностей по процессным областям, подробная фиксация ответов на все вопросы анкеты.

Уровень зрелости – это ключевой показатель оценки по модели СММИ. Основное достоинство СММИ заключается в том, что в основе модели лежит понятие процесса. Соответственно, все риски – это риски процессов. Таким образом, СММИ делает основной акцент на то, что практически все проблемы – проблемы процессные, и не стоит винить во всем пресловутый человеческий фактор.

Цель метода. Развертывания функций качества/Quality function deployment (QFD) заключается в развитии технологии/продукта посредством повышения эффективности коммуникации между потребителем и производителем. Метод QFD был впервые предложен в середине 1960-х годов Едзи Акао, инженером японской компании Mitsubishi. QFD призван обеспечить определенный уровень качества технологии на всех этапах ее жизненного цикла, гарантирующий соответствие конечного результата всем требованиям потребителей. Считается, что применение данного метода способствует эффективной идентификации всех (в том числе скрытых) ожиданий потенциального потребителя и, как следствие, снижению издержек на всех этапах производства. Так, затраты на проектирование технологии могут быть снижены на 500%, на создание пилотной партии – до 40% [14, 15, 16, 17].

Также, одним из инструментов визуализации QFD является «Дома качества/House of Quality» (НОQ), построение которого способствует принятию более эффективных производ-

ственных решений за счет выявления взаимозависимостей между элементами QFD-матрицы.

Результаты.

В современных условиях главное и сложное для производящей инновационный продукт организации определить технологический предел и начать разработку и внедрение новой технологии для того, чтобы не отстать в технологическом развитии (это приведет к потере конкурентоспособности). При этом необходимо учитывать актуальные политические и правовые аспекты.

Так, например, TRL нельзя считать универсальной системой оценки технологии, что приводит к появлению многочисленных модификаций данной системы. В России, в настоящее время, для качественной оценки уровня готовности проектов преимущественно используется ГОСТ Р58048-2017. Данный подход основан на шкале TRL, но для максимизации эффективности ее адаптировали под внутреннее законодательство страны. Концептуально разницы между TRL и ГОСТ нет, поэтому ГОСТ перенимает на себя все достоинства и недостатки TRL.

Что касается СММИ, его основа – это 22 процессные области. Для каждой конкретной процессной области есть определенный набор целей. Соответственно, для эффективного использования модели под каждый конкретный вид деятельности необходимо делать группировку всех активностей по процессным областям – что может быть весьма трудоемко.

Модель СММИ не затрагивает решение технических проблем. При этом многим малым предприятиям присуща хаотичность, реактивность и непредсказуемость процессов, что, как показывает практика, несколько не снижает их эффективности. При этом в соответствии с градацией СММИ, такие компании будут находиться на 1 уровне зрелости. Таким образом, эффективность модели ограничивается масштабными проектами, где данная характеристика процессов действительно будет свидетельствовать о дополнительных рисках.

Разработка НОQ позволяет выявить ряд скрытых потребностей клиентов, определить недостатки аналогичных технологий и, тем самым, выявить направления по усовершенствованию продукта, оценить зрелость технологии. При всех очевидных достоинствах QFD, необходимо отметить, что данный метод будет эффективен исключительно на этапах развития существующего продукта, поскольку при создании новой

технологии ее потенциальные потребители не способны сформулировать свои требования.

Заключение.

Основные упомянутые инструменты по оценке зрелости технологий, несомненно, имеют ряд недостатков и нуждаются в доработках, либо адаптации под конкретную технологию. Необходимо создать универсальную методику оценки зрелости технологии, отражающую специфику современных условий. Универсальность разрабатываемой методики, скорее всего, удастся обеспечить за счет более тесного взаимодействия науки и бизнеса. Вовлечение сотрудников и обу-

чающихся университета в научно-исследовательскую, экспертную и аналитическую деятельность позволит эффективность этой деятельности. Привлечение научно-исследовательского потенциала университета, несомненно, повысит эффективности функционирования предприятий, внедряющих наукоемкие технологии. Разработанные методики и модели оценки зрелости технологий и предприятий могут быть использованы в качестве эмпирической базы для подготовки различных научных исследований.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование в формате double-blind peer review (рецензенту неизвестны имя и должность автора, автору неизвестны имя и должность рецензента). Рецензия может быть предоставлена заинтересованным лицам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are reviewed in the double-blind peer review format (the reviewer does not know the name and position of the author, the author does not know the name and position of the reviewer). The review can be provided to interested persons upon request.

Литература:

1. Кафиятуллина, Ю. Н., Курочкин Д. А., Сердечный Д. В. Принципы цифровой трансформации бизнеса в современных условиях. Часть I // Вестник университета. 2022. № 6. С. 74-82.
2. Букач Б.А., Митус К.Н., Писарюк С.Н. Алгоритм ранжирования научно-исследовательских проектов и разработок университета в зависимости от уровня их коммерческого потенциала // Вопросы инновационной экономики. 2021. №Т.11, № 4. С. 1627–1641.
3. Сердечный, Д. В. Аспекты обеспечения качества инновационного продукта // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2023. № 4. С. 265-268.
4. Определение зрелой технологии (в области устойчивости и безопасности энергоснабжения и использования) // из RBAEF памятка, Дартмутский колледж. [Электронный ресурс]. URL: <https://home.dartmouth.edu/about> (дата обращения: 20.11.2023).
5. Truffer, B., Schippl, J., Fleischer, T. Decentering technology in technology assessment: Prospects for socio-technical transitions in electric mobility in Germany // Technological Forecasting and Social Change. 2017. Vol. 122, P. 34-48. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.04.020
6. Philibert C. Technology innovation, development and diffusion // OECD ENVIRONMENT DIRECTORATE AND INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oecd.org/env/cc/2956490.pdf> (дата обращения: 18.11.2023).
7. Святой Грааль: техническая зрелость продукта // Хабр. [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/companies/leroy_merlin/articles/733042/ (дата обращения: 21.11.2023).
8. Beims, R.F., Simonato, C.L., Wiggers, V.R. Technology readiness level assessment of pyrolysis of trygliceride biomass to fuels and chemicals // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 112. P. 521–529. DOI: 10.1016/j.rser.2019.06.017.
9. Довбий И.П., Шмаков Б.В., Кривые Альтшуллера-Фостера в инновационном процессе // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2016. №2. С. 105-111.
10. Комаров А.В., Пихтарь А.Н., Гриневский И.В. и др. Концептуальная модель оценки технологической готовности научно-технологического проекта и его потенциала на ранних стадиях разработки // Экономика науки. 2021. № 2. С. 111–134.
11. Петров А.Н., Сартори А.В., Филимонов А.В. Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий // Экономика науки. 2016. № 4. С. 244–260.

12. Cruza, C., Cisternasa, L.A., Kraslawski, A. *Scaling problems and control technologies in industrial operations: Technology assessment // Separation and Purification Technology*. 2018. Vol. 207. P. 20-27. DOI:10.1016/j.seppur.2018.06.023.

13. ГОСТ Р 58048-2017. *Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий*. М.: Стандартинформ, 2018. 41 с.

14. Комаров А.В., Петров А.Н., Сартори А.В. *Модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технических проектов // Экономика науки*. 2018. №1. С.47–57.

15. Гришин В.Н., Гуреев П.М., Дуненкова Е.Н., Онищенко С.И., Сергеева К.Н., Шайлиева М.М., Дегтярева В.В., Камчатова Е.Ю., Прохорова И.С., Ручкин В.Б., Сердечный Д.В. *Развитие инновационного потенциала промышленности в условиях обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации*. М.: ООО «Русайнс», 2023. 178 с.

16. Кафиятуллина Ю.Н., Сердечный Д.В. *Подходы и инструменты совершенствования предпринимательской деятельности в современных условиях*. М.: ООО «Русайнс», 2023. 324 с.

17. Cruz, C., Cisternas, L.A., Kraslawski, A. *Scaling problems and control technologies in industrial operations: Technology Assessment // Separation and Purification Technology*. 2018. Vol. 207. P. 20-27.

References:

1. Kafiyatullina, Yu. N., Kurochkin D. A., Serdechny D. V. *Principles of digital transformation of business in modern conditions. Part I // University Bulletin*. 2022. No. 6. P. 74-82.

2. Bukach B.A., Mitus K.N., Pisaryuk S.N. *Algorithm for ranking research projects and developments of a university depending on the level of their commercial potential // Issues of innovative economics*. 2021. No. T.11, No. 4. P. 1627–1641.

3. Serdechny, D. V. *Aspects of ensuring the quality of an innovative product // Humanitarian, socio-economic and social sciences*. 2023. No. 4. P. 265-268.

4. *Definition of mature technology (in the field of sustainability and security of energy supply and use) // from RBAEF memo, Dartmouth College. [Electronic resource]. URL: <https://home.dartmouth.edu/about> (accessed 11/20/2023)*.

5. Truffer, B., Schippl, J., Fleischer, T. *Decentering technology in technology assessment: Prospects for socio-technical transitions in electric mobility in Germany // Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol. 122, pp. 34-48. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.04.020

6. Philibert C. *Technology innovation, development and diffusion // OECD ENVIRONMENT DIRECTORATE AND INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. [Electronic resource]. URL: <https://www.oecd.org/env/cc/2956490.pdf> (access date: 11/18/2023)*.

7. *Holy Grail: technical maturity of the product // Habr. [Electronic resource]. URL: https://habr.com/ru/companies/leroy_merlin/articles/733042/ (access date: 11/21/2023)*.

8. Beims, R.F., Simonato, C.L., Wiggers, V.R. *Technology readiness level assessment of pyrolysis of tryglyceride biomass to fuels and chemicals // Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 112. P. 521–529. DOI: 10.1016/j.rser.2019.06.017.

9. Dovbiy I.P., Shmakov B.V., Altshuller-Foster curves in the innovation process // *Bulletin of SUSU. Series: Economics and management*. 2016. No. 2. pp. 105-111.

10. Komarov A.V., Pikhtar A.N., Grinevsky I.V. and others. *Conceptual model for assessing the technological readiness of a scientific and technological project and its potential at the early stages of development // Economics of Science*. 2021. No. 2. pp. 111–134.

11. Petrov A.N., Sartori A.V., Filimonov A.V. *Comprehensive assessment of the state of scientific and technical projects through the level of technology readiness // Economics of Science*. 2016. No. 4. pp. 244–260.

12. Cruza, C., Cisternasa, L.A., Kraslawski, A. *Scaling problems and control technologies in industrial operations: Technology assessment // Separation and Purification Technology*. 2018. Vol. 207. R. 20-27. DOI:10.1016/j.seppur.2018.06.023.

13. GOST R 58048-2017. *Technology transfer. Guidelines for assessing the maturity level of technologies*. М.: Standartinform, 2018. 41 p.

14. Komarov A.V., Petrov A.N., Sartori A.V. *Model of a comprehensive assessment of technological readiness of innovative scientific and technical projects // Economics of Science*. 2018. No. 1. pp.47–57.

15. Grishin V.N., Gureev P.M., Dunenkova E.N., Onishchenko S.I., Sergeeva K.N., Shailieva M.M., Degtyareva V.V., Kamchatova E.Yu., Prokhorova I.S., Ruchkin V.B., Serdechny D.V. *Development of the innova-*

tive potential of industry in the conditions of ensuring the technological sovereignty of the Russian Federation. M.: LLC "Rusains", 2023. 178 p.

16. Kafiyatullina Yu.N., Serdechny D.V. *Approaches and tools for improving business activity in modern conditions. M.: LLC "Rusains", 2023. 324 p.*

17. Cruz, C., Cisternas, L.A., Kraslawski, A. *Scaling problems and control technologies in industrial operations: Technology Assessment // Separation and Purification Technology. 2018. Vol. 207. R. 20-27.*

Информация об авторах:

Сердечный Денис Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры управления инновациями, Государственный университет управления, Москва, dv_serdechnyj@guu.ru.

Курочкин Данила Александрович, старший преподаватель кафедры управления инновациями, Государственный университет управления, Москва, da_kurochkin@guu.ru

Коньшева Анастасия Олеговна, студентка кафедры управления инновациями, Государственный университет управления, Москва, anastacia.konysheva@yandex.ru

Царькова Алена Дмитриевна, студентка кафедры управления инновациями, Государственный университет управления, Москва, alona.tsarcova.ru@gmail.com

Denis V. Serdechnyy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Innovation Management, State University of Management, Moscow

Danila A. Kurochkin, Senior Lecturer of the Department of Innovation Management, State University of Management, Moscow

Anastasia O. Konysheva, student of the Department of Innovation Management, State University of Management, Moscow

Alyona D. Tsarkova, student of the Department of Innovation Management, State University of Management, Moscow