

**А.В. КОМАРОВ,**

ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ» (Москва, Российская Федерация;  
e-mail: abkom@mail.ru)

**К.А. КОМАРОВ,**

ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ» (Москва, Российская Федерация;  
e-mail: kirill.080789@gmail.com)

**К.В. ШУРТАКОВ,**

ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ» (Москва, Российская Федерация;  
e-mail: shurtakov@fcntp.ru)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИХ НЕВЫПОЛНЕНИЯ

УДК: 338.28

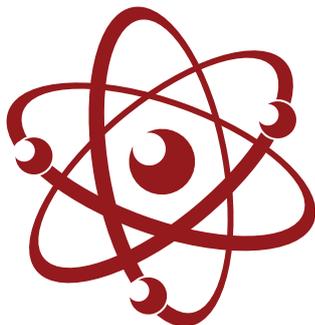
<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-1-19-38>

**Аннотация:** В статье предложены подходы к оценке риска невыполнения научно-технологических проектов, основанные на анализе накопленной различными институтами инновационного развития информации, и проводимом в соответствии с требованиями методологии комплексной оценки технологической готовности проектов. Один из представленных подходов позволяет строить для последующего анализа матрицу рисков, характеризующих возможность перехода проекта на более высокий уровень технологического развития, а второй основан на выявлении эмпирических зависимостей между уровнем технологической готовности выполняемого проекта и риском нарушения сроков его выполнения. Приведены примеры практического применения разработанных подходов для проектов, выполняемых по программным мероприятиям федеральных целевых программ в сфере исследований и разработок по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России. Описанные модели предназначены для применения в органах управления институтами инновационного развития с целью повышения эффективности реализуемых программ поддержки.

**Ключевые слова:** научно-технологический проект, модель, уровень готовности технологии, TPRL, TRL, УГТ, риск, снижение риска, оценка

**Благодарность:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России за счёт средств субсидии на выполнение государственного задания (проект № 075-01395-20-01).

**Для цитирования:** Комаров А.В., Комаров К.А., Шуртаков К.В. Использование методологии комплексной оценки научно-технологических проектов для оценки рисков их невыполнения. *Экономика науки*. 2021; 7(1):19–38. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-1-19-38>



© А.В. Комаров, К.А. Комаров,  
К.В. Шуртаков, 2021 г.

### ВВЕДЕНИЕ

**Н**аучно-технологические проекты, выполняемые в рамках различных мероприятий программ поддержки инновационного развития, изначально обладают рисками или возможностями возникновения условий, приводящих к негативным последствиям для всех участников, вовлеченных в процесс их выполнения, как исполнителей этих проектов, так и сотрудников органов управления (ОУ) институтов инновационного развития. Эти риски отражают неопределенности, присущие проекту, с точки зрения достижения требуемых целей во время его выполнения. Если для исполнителей проекта эти неопределенности связаны в первую очередь, с техническими и технологическими аспектами выполняемых работ, то

для сотрудников ОУ они проявляются в таких характеристиках, как длительность проекта – будет она увеличена или нет, размер финансовой поддержки – придется ее увеличивать во проведения запланированных работ или нет, а также, как могут быть оценены риски неудачного выполнения проекта в определенные моменты принятия управленческих решений.

Оценка рисков исполнителями проектов, знающих предметную область его выполнения, может быть осуществлена с использованием хорошо известных методов управления рисками, имеющих вид различных руководств [1–3] и ГОСТов [4, 5] и др., которые определяют основные методические подходы к осуществлению этих процессов. Появление метода оценки уровней готовности технологии TRL [6] позволило усовершенствовать процессы оценки технологических рисков, как, например, предложено в работах [7–9], на основе того, что при достижении технологией критериев эффективности, присущих определенным уровням ее готовности, неопределенность процесса успешной разработки технологии уменьшается с ростом уровня ее готовности.

Если же говорить об оценке рисков невыполнения проекта в ОУ, то в настоящее время отсутствует единая методология управления такими рисками. Очевидно, что разработка такой методологии позволит повысить эффективность прогнозирования успешности и своевременности выполнения макроэкономических показателей программ поддержки, таких, например, как:

- полнота выполнения программы;
- результативность и эффективность программы;
- влияние программы поддержки на социально-экономическое развитие страны.

В последнее время получили значительное развитие методы оценки результативности выполнения научно-технологических проектов [10, 11], отправной точкой для разработки которых являются метод TRL [6] и метод Stage-Gate® [12], однако они не отвечают на вопрос, в какой степени снижается неопределенность выполнения проекта при повышении уровня его технологической готовности. В работе [13] предложен подход к оценке риска неудачи создания новой технологии в авиационной

отрасли, в котором в качестве исходной информации для такой оценки используются значения вероятностей перехода новой технологии между уровнями ее готовности, но определение значений вероятностей перехода новой технологии на новый (более высокий уровень) весьма затруднительно, поэтому использование данного подхода на практике носит весьма ограниченный характер. Как известно, неопределенность выполнения научно-технологического проекта максимальна в самом начале его выполнения, поэтому уже на этом этапе важно понимать, будут ли нарушены планируемые сроки и стоимость его выполнения. В данной работе не рассматриваются вопросы определения размеров финансовой поддержки научно-технологических проектов или расчета их стоимости (а также ее возможного изменения) с учетом неопределенности их выполнения, как, например, в работах [14, 15] и руководствах [16, 17]. В рамках настоящего исследования предлагаются подходы к построению эмпирических аналитических зависимостей прогнозирования возможных рисков, связанных с увеличением сроков выполнения научно-технологических проектов в зависимости от уровня их технологической готовности, а также подходы к разработке отдельных элементов системы управления рисками невыполнения проекта, таких, например, как классификация, описание и методы оценки возможных рисков, определяющих невыполнение научно-технологического проекта, основанные на комплексной оценке уровня технологической готовности проекта [11].

### **ЭМПИРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ НАРУШЕНИЯ СРОКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ**

Как правило, нарушение сроков выполнения научно-технологического проекта связано с тем, что результаты, получаемые исполнителями проекта, не обладают требуемыми характеристиками в определенные моменты плана-графика его выполнения. Отметим, что ранее уже осуществлялись попытки выявления связи различных параметров инновационных

проектов с отдельными метриками, такими как, например, уровень готовности TRL, как это сделано в работах [18], [19], [20].

Покажем, как используя основные постулаты методологии комплексной оценки технологической готовности проектов TPRL, можно связать уровень технологической готовности научно-технологического проекта с возможным увеличением сроков его выполнения. В общем случае длительность проектов, уровень технологической готовности которых относительно не высок, может значительно отличаться от длительности проектов с высоким уровнем технологической готовности, поэтому выявление общих закономерностей в определении сроков выполнения различных проектов в зависимости от уровня их технологической готовности может оказаться неразрешимой задачей. Однако, в рамках конкретных программ инновационного развития оказывается возможным определить эмпирические зависимости между уровнем технологической готовности проектов и возможным увеличением сроков их выполнения для получения результатов, удовлетворяющих заданным требованиям.

Основные этапы построения таких эмпирических зависимостей продемонстрируем на примере анализа проектов, выполненных в рамках программных мероприятий федеральных целевых программ «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России», реализованных с 2007 по 2020 год. Для анализа в рамках методологии TPRL мы отобрали следующие параметры, относящиеся к научно-технологическим проектам:

1. Уровень технологической готовности на старте выполнения проекта – TPRL (целые значения от 2 до 7).

2. Достигнутый индекс технологической готовности научно-технологического проекта в момент его окончания –  $I$  (дробное число от 0 до 1).

3. Планируемый уровень технологической готовности, который должен быть достигнут в ходе выполнения проекта –  $trpl$  (целые значения от 4 до 9).

4. Планируемый срок выполнения научно-технологического проекта –  $\Delta T$  (в месяцах).

Заметим, что научно-технологическими проектами, выполненными в рамках анализируемых федеральных целевых программ, обладают следующими особенностями.

Во-первых, сроки выполнения этих проектов задаются директивно, а их нарушение приводит к экономическим санкциям в отношении исполнителей. Чтобы оценить возможное увеличение срока выполнения проекта, индекс технологической готовности которого не совпадает с планируемым, использовалось предположение о равномерности увеличения уровня технологической готовности проекта во время выполнения проекта. Тогда относительное увеличение срока выполнения проекта  $\varepsilon(\Delta T)$  может быть определено с использованием следующего соотношения:

$$\varepsilon(\Delta T) = \frac{1 - I}{\Delta T}. \quad (1)$$

Во-вторых, для некоторых из рассматриваемых проектов календарные планы или план-графики их выполнения были составлены без полного учета требований методологии TPRL в отношении последовательности выполнения работ по проекту. Это привело к тому, что в определенные моменты выполнения таких проектов в них получены результаты, имеющие различные уровни технологической готовности, поэтому, чтобы уменьшить неопределенность в определении уровня технологической готовности таких проектов в целом, мы использовали подход, описанный в работе [21].

Как принято в методологии TPRL [11], все основные вычисляемые параметры, характеризующие научно-технологический проект, принимают значения 0 или 1, что делает возможным оценить вероятности достижения определенного уровня технологической готовности  $P(TPRL)$  на основе использования биномиального распределения:

$$P(TPRL) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}, \quad (2)$$

где

$n$  – общее количество параметров,

$k$  – количество параметров, значение которых равно 1,

$p$  – вероятность параметра (в нашем случае  $p = 0,5$ : параметр или выполнен или нет).

Для всех анализируемых проектов нами были построены таблицы, имеющие вид *таблицы 1*.

Таблица 1

**Пример определения вероятности достижения определенного уровня технологической готовности для анализируемых проектов (ГК № 02.525.11.5007)**

|         |   |   |   |   |   |   |      |      |   |
|---------|---|---|---|---|---|---|------|------|---|
| TPRL    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7    | 8    | 9 |
| P(TPRL) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,81 | 0,64 | 0 |

Неопределенность  $U$  в оценке достигнутого уровня технологической готовности может быть определена с использованием соотношения:

$$U = \sum_{i=1}^9 \gamma_i F(TPRL_i), \quad (3)$$

где  $\gamma$  – некоторые коэффициенты, а  $F$  – функция распределения неопределенности. Выражение (3) может быть упрощено, т.к. мы видим, что для случая, например, представленного в таблице 1, неопределенность в определении уровней технологической готовности с 1 по 6 отсутствует, поэтому, для этого конкретного случая мы можем считать, что:

$$U = (1 - P_7)(1 - P_8)F_6 + P_7(1 - P_8)F_7 + P_8F_8. \quad (4)$$

В общем случае нормированные коэффициенты  $\gamma$  могут быть вычислены на основании соотношений:

$$\gamma_j = P_j \prod_{i=j+1}^8 (1 - P_i), \quad j = 1, 2, \dots, 8$$

$$\gamma_9 = P_9 \quad (5)$$

Используя данные таблицы 1 и уравнения (5), мы можем вычислить значения кумулятивной функции  $CDF_i$ , описывающей распределение неопределенности оценки уровня технологической готовности для каждого из значений уровня TPRL:

$$CDF_i = \sum_{j=1}^i \gamma_j. \quad (6)$$

Для данных из таблицы 1 значения рассчитанных параметров по формулам (3)-(6) представлены в таблице 2.

Окончательно достигнутый уровень технологической готовности проекта определяется на основе метода Монте-Карло с использованием соотношения:

$$TPRL = \min_i (CDF_i - r > 0), \quad (7)$$

где  $r$  – случайное число из интервала (0, 1).

После определения значения достигнутого уровня технологической готовности каждого из анализируемых проектов с использованием соотношения (7), для всех них по формуле (1) были рассчитаны значения возможного относительного увеличения времени выполнения проекта  $\varepsilon(\Delta T)$ . Для каждого из начальных значений уровней технологической готовности проектов TPRL были определены максимальные и средние значения  $\varepsilon(\Delta T)$ . На рисунке 1 показаны полученные результаты проведенного анализа величин  $\varepsilon(\Delta T)$  как функции от переменной TPRL.

Анализируя значения  $\varepsilon(\Delta T)$ , представленные на рисунке 1, мы можем, например, отметить, что для проектов, начальный уровень технологической готовности которых равен 2, среднее значение возможного увеличения срока выполнения проекта равно  $\varepsilon(\Delta T) = 0,17$ , а для проектов, начальный уровень технологической готовности которых равен 6, среднее значение  $\varepsilon(\Delta T) = 0,13$ , т.е. мы видим, что уменьшение среднего значения величины  $\varepsilon(\Delta T)$  представляет собой монотонно убывающую функцию.

Таблица 2

**Пример расчета параметров для определения неопределенности в расчете уровня технологической готовности проекта (ГК № 02.525.11.5007)**

|          |   |   |   |   |   |        |        |      |   |
|----------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|---|
| TPRL     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6      | 7      | 8    | 9 |
| P(TPRL)  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1      | 0,81   | 0,64 | 0 |
| $\gamma$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0684 | 0,2916 | 0,64 | 0 |
| CDF      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0684 | 0,36   | 1    | 1 |

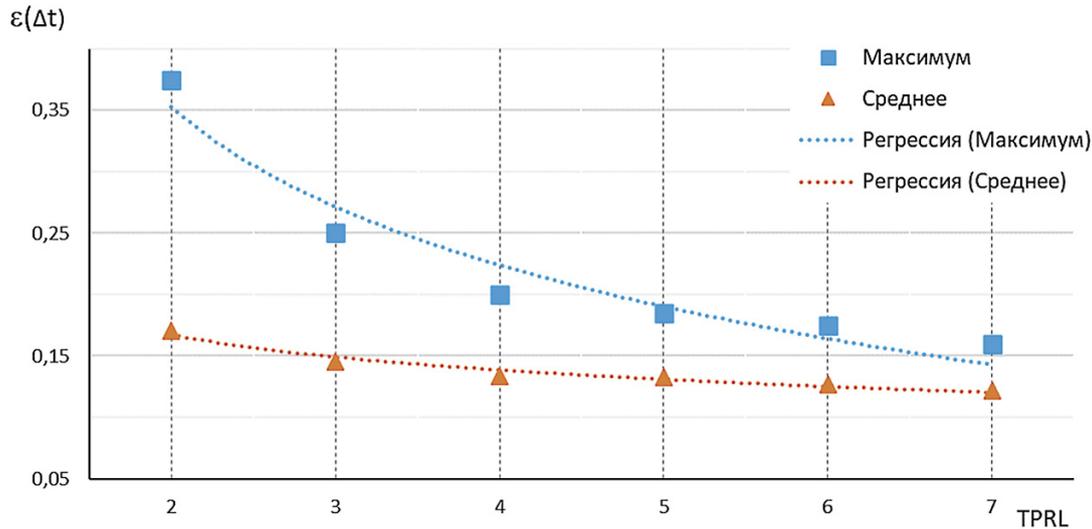


Рисунок 1. Возможное относительное увеличение сроков выполнения проекта  $\varepsilon(\Delta T)$  (максимальное значение, среднее значение, регрессионный анализ) как функция TPRL на старте проекта

Этот результат также можно интерпретировать следующим образом: чем выше начальный уровень технологической готовности проекта на старте, тем лучше качество подготовки проекта, а, следовательно, менее вероятно возможное нарушение сроков выполнения проекта.

Полученные экспериментальные данные для величин  $\varepsilon(\Delta T)$  позволяют провести регрессионный анализ, результат которого также представлен на рисунке 1. Для максимального и среднего значения  $\varepsilon(\Delta T)$  нами были получены эмпирические аналитические модели вида:

$$\varepsilon(\Delta T) = a \ln(x) + b, \quad (8)$$

параметры которых представлены в таблице 3.

В таблице 3 значение  $R^2$  показывает величину достоверности аппроксимации эмпирических данных с помощью моделей вида (8).

Перейдем теперь к определению количественного значения риска возможного увеличения срока выполнения научно-технологического проекта как функции от уровня технологического развития проекта на старте. Под таким риском мы будем понимать вероятность того, что относительное значение возможного увеличения срока выполнения проекта  $\varepsilon_j$ , начальное значение уровня технологической готовности равно  $TPRL = j$ , будет больше определенного значения  $\tilde{\varepsilon}_j$ :

$$Risk|_{TPRL=j} = P(\varepsilon_j > \tilde{\varepsilon}_j). \quad (9)$$

Таблица 3

#### Параметры эмпирических моделей для величины $\varepsilon(\Delta T)$

| Параметр модели                  | Значение |
|----------------------------------|----------|
| Максимум $\varepsilon(\Delta T)$ |          |
| $a$                              | -0,117   |
| $b$                              | 0,3525   |
| $R^2$                            | 0,94     |
| Среднее $\varepsilon(\Delta T)$  |          |
| $a$                              | -0,026   |
| $b$                              | 0,1673   |
| $R^2$                            | 0,96     |

Для того, чтобы это соотношение можно было применять для расчета количественных значений соответствующих рисков, необходимо предварительно по экспериментальным данным установить вид плотности распределения для величины для каждого из уровней технологической готовности TPRL. Не ограничивая общности, покажем далее, как можно установить вид графика риска превышения сроков выполнения проекта в зависимости от значения уровня технологической готовности TPRL проекта для случая, когда величина  $\varepsilon_j$  имеет нормальное распределение для каждого из значений TPRL:

$$f(\varepsilon_j)|_{TPRL=j} = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\varepsilon_j - \bar{\varepsilon}_j)^2}{2\sigma_j^2}\right), \quad (10)$$

где  $\bar{\varepsilon}_j$  – среднее значение величины  $\varepsilon(\Delta T)$  для уровня TPRL=j, которое может быть определено по формуле (8) с использованием значений таблицы 3, а  $\sigma_j$  – стандартное отклонение. Из статистического анализа известно, что стандартное отклонение может быть определено как:

$$\sigma_j \approx \frac{(\text{Максимум}(\varepsilon(\Delta T)) - \text{Минимум}(\varepsilon(\Delta T)))|_{TPRL=j}}{4} = \frac{\text{Максимум}(\varepsilon(\Delta T))|_{TPRL=j}}{4}, \quad (11)$$

где максимальное значение величины  $\varepsilon(\Delta T)$  для уровня TPRL = j определяется по формуле (8) с использованием значений таблицы 3.

С учетом сделанных предположений выражение (9) может быть преобразовано к виду:

$$\text{Risk}|_{TPRL=j} = 1 - \Phi\left(\frac{\varepsilon_j - \bar{\varepsilon}_j}{\sigma_j}\right), \quad (12)$$

где  $\Phi(z)$  – функция Лапласа, значения которой представлены в виде табулированных таблиц [22].

Используя выражение (10), мы можем построить номограммы для определения рисков возможного увеличения сроков выполнения научно-технологического проекта в зависимости от его начального уровня технологической готовности, как это представлено на рисунке 2.

Представленные на рисунке 2 номограммы могут быть использованы в ОУ следующим образом.

Рассмотрим без ограничения общности горизонтальный срез  $\varepsilon(\Delta T) = 0,2$ , показанный на рисунке 2 красным цветом. Если проект имеет начальный уровень технологического развития TPRL=2, то риск возможного увеличения сроков его выполнения на 20% равен 30%, но если начальный уровень технологического развития TPRL=5, то риск возможного увеличения на 20% срока его выполнения равен уже примерно 10%, т.е. исходя из требования к допустимому значению риска возможного увеличения сроков выполнения проекта, для него могут быть установлены требования

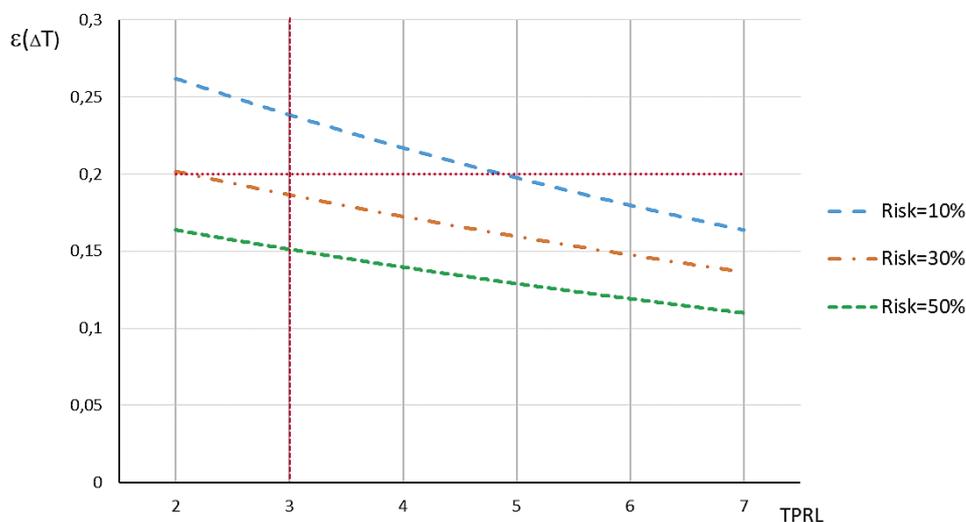


Рисунок 2. Номограммы распределения рисков возможного увеличения сроков выполнения научно-технологического проекта в зависимости от его начального уровня технологической готовности

к начальному уровню технологического развития проекта. Если же теперь рассмотреть вертикальный срез  $TPRL=3$ , также представленный на *рисунке 2* вертикальным отрезком красного цвета, то, используя представленные номограммы в ОУ могут быть определены допустимые значения возможного увеличения сроков выполнения научно-технологического проекта, которые будут определяться требуемым риском для данного значения уровня  $TPRL=3$ . Так, если предельное значение риска не должно превышать 10%, то для получения требуемых в проекте результатов может потребоваться изменение сроков выполнения проекта примерно на 23%, но если значение риска может быть принятым на уровне 50%, то возможное увеличение срока выполнения проекта будет равно 15%.

Таким образом, номограммы распределения рисков возможного увеличения сроков выполнения научно-технологического проекта в зависимости от его начального уровня технологической готовности или допустимого уровня риска увеличения сроков выполнения научно-технологического проекта могут быть использованы для принятия обоснованных решений с точки зрения риска возможного увеличения сроков выполнения проекта на этапе проведения конкурсных процедур на оказание финансовой поддержки.

### **МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕХОДА ПРОЕКТА НА БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

Эмпирическая модель, устанавливающая связь между уровнем технологической готовности научно-технологического проекта и риском возможного увеличения сроков его выполнения, является инструментом для повышения эффективности и обоснованности принимаемых решений в ОУ в отношении этого проекта, однако, она все же не позволяет определить специфику возникающих потенциальных проблем и рисков, которые могут возникнуть при его выполнении. Зачастую исполнители проекта сосредотачиваются на достижении

высокого уровня TRL отдельных элементов технологии, проводя при этом оценку возможных технических рисков, причем эти риски анализируются для оцениваемых элементов технологии по-отдельности, без учета потенциальных рисков, связанных с интеграцией создаваемых элементов в конечную систему. Каждый научно-технологический проект может обладать весьма специфическими потенциальными рисками, при этом сотрудники ОУ, сопровождающие проект, могут и не обладать достаточными знаниями, позволяющими подробно учитывать такую специфику при принятии решений. Вместе с тем, обладая достаточной информацией о том, с какими рисками выполнения проектов сталкивались менеджеры проектов в ОУ ранее (при выполнении других проектов), мы можем классифицировать такие риски и связать эту классификацию с методологией  $TPRL$ , что позволит уже на этапе проведения оценки уровня технологического развития проекта выявлять потенциальные риски:

- перехода проекта на более высокий уровень технологического развития,
- перехода проекта на следующий этап плана-графика его выполнения,
- создания конечной системы при передаче результатов проекта в другой институт инновационного развития.

Если говорить о системном подходе выполнения проекта для менеджера (руководителя) выполняемого проекта, то в системной инженерии известна методология  $RI3$  [23], позволяющая оценивать негативные эффекты интеграции различных элементов технологии в систему, причем эти элементы могут быть как новыми, так и разработанными ранее. Методология  $RI3$  позволяет идентифицировать технические и технологические риски проектов в рамках стандартного процесса управления рисками на основе специально разработанных анкет, вопросы которых сформулированы по результатам анализа ранее выполненных проектов в области военного авиастроения США, т.е. можно утверждать, что методология  $RI3$  обладает предметной спецификой. В какой-то степени методология  $RI3$  расширяет возможности стандартных систем управления рисками, дополняя их специфику общими

подходами для выявления потенциальных проблем, которые уже приходилось решать исполнителям проектов и научно-технологических программ. Вопросы анкет методологии R13 формулируются таким образом, чтобы выявить технические и технологические риски не собственно предмета разработки, а скорее, риски его включения в систему, в которую он должен интегрироваться. R13 позволяет также выявить области разработки, в которых необходима информация о выполняемом проекте или недостаточна или отсутствует, что позволяет менеджерам проекта более детально уточнять план-график выполнения проекта с целью проведения дополнительных исследований. Еще одной существенной чертой методологии R13 является то обстоятельство, что она используется в системе управления рисками проектов, которая в каком-то смысле является единой, как для исполнителей проектов, так и для органов управления, контролирующей разработку.

Несмотря на ряд очевидных преимуществ методологии R13, она не может быть использована в явном виде для создания системы управления рисками выполнения научно-технологических проектов в органах управления институтами инновационного развития из-за следующих обстоятельств:

- институты инновационного развития могут оказывать финансовую поддержку проектам, тематика выполнения которых является весьма широкой, а не только связана с военным авиастроением;
- в органах управления института инновационного развития требуется обобщенный анализ параметров поддержанных проектов без детального рассмотрения специфики предметной области выполнения проекта;
- в органах управления институтами инновационного развития требуется выявление системных рисков проектов для более точного планирования затрат на внедрение результатов или их последующее использование в других проектах и программах.

Использование при разработке системы управления рисками выполнения научно-технологических проектов в ОУ основных элементов методологии комплексной оценки

технологического уровня TPRL позволит снять значительное количество ограничений, связанных с узкой спецификой разрабатываемых технологий, за счет применения унифицированных подходов и инструментов, предоставляемых методологией TPRL.

Для идентификации системных рисков проектов, которые существенно влияют на процессы управления ими, необходимо провести анализ накопленной в ОУ информации о выполненных и выполняемых проектах. Не ограничивая общности, дальнейшие рассуждения мы будем проводить на примере реализации различных программных мероприятий федеральных целевых программ «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» (далее – ФЦП).

Чтобы выявить общие проблемы, с которыми сталкивались как исполнители проектов, так и сотрудники органа управления ФЦП, приводящие к срыву сроков выполнения проектов или ненадлежащего их исполнения, был проведен анализ:

- отчетной документации, представляемой исполнителями проектов на всех этапах выполняемого проекта;
- заключений организаций-мониторов на отчетную документацию (для каждого этапа);
- экспертных заключений (для каждого этапа);
- сведений о составе проектной команды (для каждого этапа)
- решений приемочных комиссий (для каждого этапа);
- материалы обратной связи с исполнителями проектов, как для «проблемных» с точки зрения органа управления ФЦП проектов, так и для проектов, которые могут быть отнесены к т.н. группе «проектов лучших практик».

Проведенный анализ показал, что основные причины, которые могут привести к различным негативным последствиям во время выполнения научно-технологических проектов ФЦП могут быть отнесены к одной из следующих групп:

1. Зрелость процесса разработки (проектная зрелость и стабильность).

2. Масштабируемость и сложность проекта.
3. Интеграция системы (от уровня отдельных компонентов к системе в целом).
4. Эксперименты/Испытания/Тестирование.
5. Программное обеспечение (использование и разработка).
6. Надежность.
7. Сопровождение и поддержка.
8. Проектная команда (квалификация и компетенции сотрудников).

9. Организация выполнения проекта.

Каждая из этих групп аккумулирует внутри себя типовые причины, выявить наличие которых при выполнении научно-технологических проектов можно с помощью специальных вопросов (см. пример в *таблице 4*).

Вопросы для каждой из групп составлены таким образом, чтобы ответ на них предусматривал только ответы «ДА» или «НЕТ», а в отдельных случаях «НЕ ПРИМЕНИМО».

Таблица 4

### Вопросы для выявления возможных негативных последствий для группы (на примере группы 9. Организация выполнения проекта)

| № вопроса | Вопрос  |
|-----------|---|
| 9.01      | Используются ли при выполнении проекта программные системы проектного управления?   |
| 9.02      | Установлены ли четкие полномочия в команде проекта?   |
| 9.03      | Установлены ли четкие разграничения ответственности в команде проекта?  |
| 9.04      | Были ли выявлены организационные барьеры, препятствующие развитию и обмену знаниями <sup>1</sup> , и были ли снижены связанные с этим риски?  |
| 9.05      | Обеспечивается ли надлежащая сбалансированность полномочий по различным аспектам разработки <sup>2</sup> (аппаратное обеспечение, программное обеспечение, нефункциональные системы) технологии/продукта? |
| 9.06      | Имеются ли подписанные договоры со всеми соисполнителями и поставщиками материалов и оборудования на текущей стадии разработки?   |
| 9.07      | Определены ли соисполнители и поставщики материалов и оборудования для на следующих этапах разработки?  |
| 9.08      | Являются ли соисполнители и поставщики материалов и оборудования для разработки критических элементов технологии/продукта жизнеспособными и надежными с точки зрения проблемной области и бизнеса?        |
| 9.09      | Обладают ли все соисполнители и подрядчики устойчивыми связями?   |
| 9.10      | Доступны ли бюджеты для проектирования на более высоких уровнях?  |
| 9.11      | Имеется ли или создана необходимая материальная база/площадки для проведения разработки и изготовления технологии/продукта?   |
| 9.12      | Достаточно ли полно разрабатывается необходимая проектная документация?   |
| 9.13      | Разработана ли бизнес-модель <sup>3</sup> изготовления и продвижения технологии?  |
| 9.14      | Разработана ли и опробована производственная технология <sup>4</sup> изготовления разработанной технологии/продукта?  |
| 9.15      | Достаточно ли регулярно проводятся патентные исследования в предметной области проекта, что обусловлено темпами технологического развития?  |
| 9.16      | Решены ли вопросы легального использования предшествующей интеллектуальной собственности?   |
| 9.17      | Правильно ли решены ли вопросы защиты интеллектуальной собственности  |
| 9.18      | Разработаны ли необходимые справочные и учебные материалы для обучения потребителей операционного и обслуживающего персонала?   |
| 9.19      | Создана ли служба сопровождения и поддержки потребителей для разработанной технологии/продукта?   |

<sup>1</sup> Например: взаимодействие между соисполнителями, вопросы использования чужой ИС, отсутствие договоров с сотрудниками и т.п.

<sup>2</sup> Например: разработчик датчика обладает ответственностью, но не обладает полномочиями в необходимой коррекции требований, или – руководитель разработки обладает ответственностью но не обладает полномочиями заключать необходимые договоры.

<sup>3</sup> На ранних стадиях разработки – отдельные элементы бизнес-модели.

<sup>4</sup> На ранних стадиях разработки – производственная технология может быть воспроизведена в определенном масштабе.

Это объясняется тем, что на отдельных уровнях технологической готовности некоторые вопросы не являются необходимыми для оценки выполняемого проекта, например, на низких уровнях технологической готовности не имеет смысла получать ответы на вопросы, связанные с эксплуатацией конечной технологии или продукта. Если на определенный вопрос получен ответ «ДА», то он должен быть подтвержден ссылками на документы, содержащих информацию, которая позволяет дать такой ответ, если же на вопрос получен ответ «НЕТ», то это означает, что могут возникнуть различные негативные последствия, вызванные отсутствием необходимых сведений о выполняемом проекте. Заметим также, что каждый из вопросов, является результатом проведенного анализа причин негативных последствий, которые возникали при выполнении проектов ФЦП. Например, появление вопроса 9.12 из *таблицы 4* объясняется тем, что если проектная документация разрабатывается формально и не соответствует требованиям нормативных документов, то это может привести к различным рискам при интеграции элементов технологии в конечную систему, а также рискам, связанным с эксплуатацией и сопровождением развернутой системы, или использования полученных результатов как научно-технического задела для разработки других систем. Если такая ситуация возникнет при выполнении комплексных научно-технологических проектов, то это может привести к тому, что различные разработчики

отдельных подпроектов, входящих в комплексный проект, будут вынуждены перепроверять характеристики смежных систем, созданных другими соисполнителями.

Разработка системы вопросов для выявления возможных негативных последствий выполнения проекта потребовала определенной модификации модели комплексной оценки научно-технологических проектов, описанной в работе [11]. Для данной модели были разработаны специальные методы, позволяющие переходить от оценки параметров и показателей выполняемого проекта к формированию ответов на вопросы, относящиеся к каждой из 9 групп типовых причин, которые могут в дальнейшем вызвать определенные негативные последствия, а, следовательно, и риски выполнения проекта. Разработанные методы основываются на формировании для каждого из уровней технологической готовности TPRL 9 специальных матриц перехода от рассчитанных значений характеристик показателей проекта Н (в терминах модели [11]) к оценке ответа на вопросы каждой из 9 групп. Размерность матрицы перехода определяется количеством вопросов, входящих в группу причин негативных последствий и общим количеством рассчитываемых характеристик Н показателей проекта на каждом уровне технологической готовности.

Для каждого из вопросов, входящих в группы 1–9 (см. выше), на который в результате комплексной оценки научно-технологического проекта был получен ответ «НЕТ», должны

Таблица 5

### Шкала критериев возможных негативных последствий для проекта

|   |  |
|---|--|
| 1 | Минимальное воздействие на результаты проекта и техническую производительность разрабатываемой технологии, не влияющее на успех проекта в целом. Будут достигнуты цели проекта в области технической эффективности или достигнуты технические и технологические проектные преимущества.  |
| 2 | Незначительное снижение технической производительности может быть допущено при незначительном влиянии на успех проекта. Технические характеристики будут ниже целевых (ТЗ) или технологические возможности будут снижены (ТЗ), но в приемлемых пределах.   |
| 3 | Умеренная недостаточная техническая производительность с ограниченным влиянием на успех проекта. Технические показатели будут ниже целевых (ТЗ), их значения будут приближаться к недопустимым пределам, или значительно уменьшаются технические границы проектирования, что ставит под угрозу достижение пороговых значений производительности разрабатываемой системы. |
| 4 | Значительное ухудшение технических характеристик при умеренном влиянии на успех проекта. Технические показатели неприемлемо ниже целевых значений (ТЗ), либо отсутствуют технические допуски для проектирования, и производительность системы будет ниже пороговых значений.   |
| 5 | Резкое снижение пороговых значений технических показателей поставит под угрозу успех проекта или не будет достигнут ключевой параметр производительности разрабатываемой технологии/продукта.  |

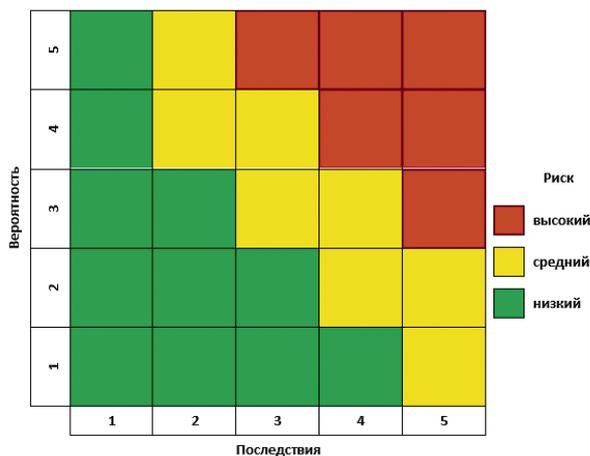
Таблица 6

**Шкала вероятности наступления возможных негативных последствий**

| Уровень | Характеристика вероятности наступления последствия | Значение вероятности (%) |
|---------|--|--------------------------|
| 5       | Почти точно  | 81–99                    |
| 4       | Высоковероятно                                     | 61–80                    |
| 3       | Вероятно   | 41–60                    |
| 2       | Низкая вероятность                                 | 21–40                    |
| 1       | Маловероятно                                       | 5–20                     |

быть оценены по 5-ти балльным шкалам возможные негативные последствия для дальнейшего выполнения проекта и вероятности их наступления в соответствии с данными таблиц 5 и 6.

Возможные категории негативных последствий и вероятностей их наступления могут быть изображены в виде двухмерной матрицы, как показано на рисунке 3.



**Рисунок 3. Отображение уровней рисков проекта в виде матрицы 5x5 с использованием трехцветной палитры**

На рисунке 3 проиллюстрирован стандартный подход к изображению рисков с использованием трехцветной палитры и показано как значения шкал (или категорий) возможных последствий и вероятности их наступления трансформируются в т.н. матрицу рисков. Такое изображение рисков является наглядным с точки зрения быстрой оценки уровней рисков проекта, однако рисунок 3 не позволяет определить, какая из групп возможных причин возникновения негативных последствий дает

наивысший вклад в формирование этих рисков, чтобы выработать наиболее эффективные управленческие решения для стабилизации процесса выполнения проекта. Для того, чтобы от матрицы рисков, изображенной на рисунке 3 перейти к диаграмме, описывающей вклад в потенциальный риск каждой из групп причин негативных последствий, использовалась матрица перехода, определяющая рейтинг групп причин возможных негативных последствий, изображенная на рисунке 4.

| Вероятность \ Последствия | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|
| 5                         | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 4                         | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 3                         | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 2                         | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 1                         | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
|                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

**Рисунок 4. Матрица перехода от матрицы рисков к рейтингу групп причин негативных последствий**

Используя матрицу перехода, изображенную на рисунке 4, совместно с матрицей рисков проекта, можно теперь построить диаграмму вклада групп причин негативных последствий в формирование потенциальных системных рисков, как это показано, например, на рисунке 5.

Матрица перехода, представленная на рисунке 4, также дает возможность оценить вклад каждой из причин возникновения негативных



Рисунок 5. Вклад групп причин возможных негативных последствий в риски выполнения проекта

последствий в пределах определенной группы. Например, для группы 9, с использованием данных таблицы 4 и примера, представленного на рисунке 5, мы можем определить вклад полученных ответов на вопросы анкеты в результат формирования потенциальных рисков проекта так, как это представлено на рисунке 6, чтобы выявить наиболее проблемные аспекты выполняемого проекта.

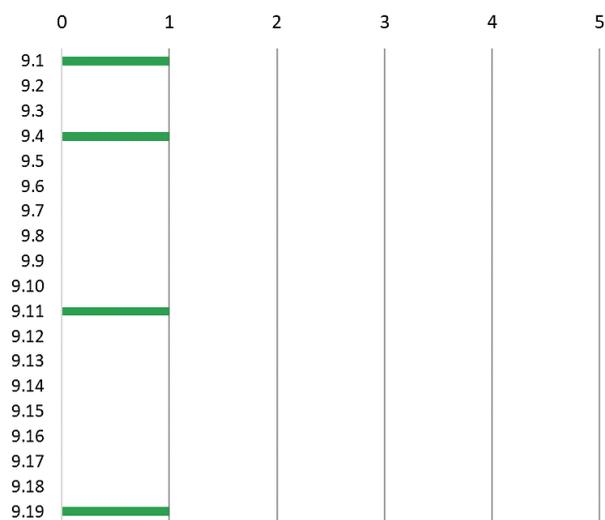


Рисунок 6. Оценка вклада каждой из причин в общий риск проекта (пример)

Общая схема выявления рисков невыполнения проекта в ОУ в определенные моменты плана-графика его выполнения представлена на рисунке 7.

Процесс оценки потенциальных рисков невыполнения проекта в ОУ начинается после проведения комплексной оценки его технологического уровня в рамках методологии TPRL, во время которой с помощью специализированных инструментов, таких, например, как [24] рассчитываются численные значения характеристик показателей уровня технологической готовности. Рассчитанные значения с использованием матриц перехода, разработанных для каждой из 9 групп возможных причин негативных последствий выполнения проекта, отображаются на пространство вопросов, позволяющих выявить возникновение возможных негативных последствий выполнения проекта. Вопросы составлены таким образом, что если на них получен ответ «ДА», то это свидетельствует о том, что проект соответствует обобщенным лучшим практикам выполнения проектов в институте инновационного развития. Конечно, для конкретного проекта они могут и не быть лучшими в каком-то смысле, однако в любом случае, эти вопросы помогут рассмотреть сотрудникам ОУ и исполнителям

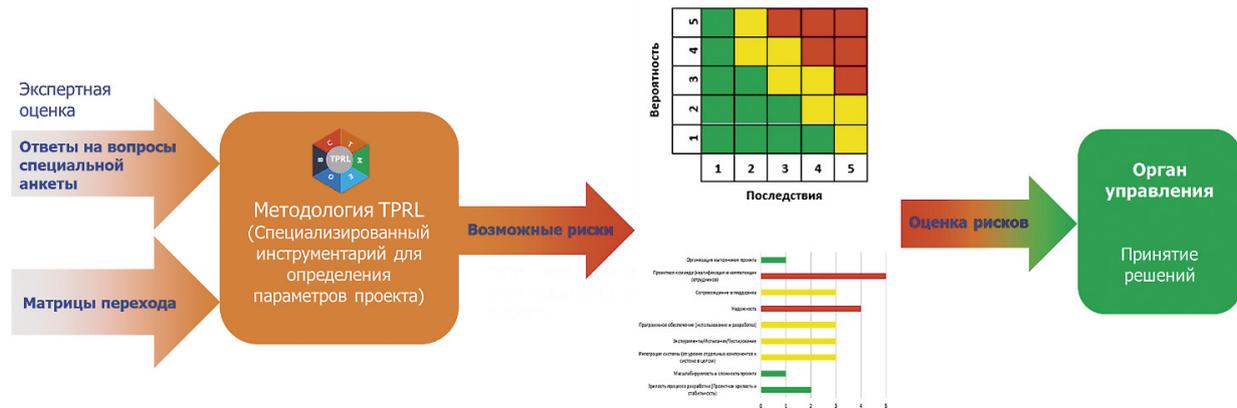


Рисунок 7. Схема выявления рисков невыполнения научно-технологического проекта в ОУ

проекта отмеченные проблемы под другим углом зрения. Если на вопросы получен ответ «НЕТ», то формируется общий список таких вопросов, отражающих определенные причины возникновения негативных последствий, и для каждой из них прогнозируются негативные последствия, оцениваются вероятности их возникновения и определяется уровень рисков невыполнения для проекта, к которым они могут привести. На последнем этапе оценивается вклад каждой из причин для каждой из 9 групп в риск невыполнения проекта, для последующего принятия управленческих решений, направленных на устранение причин, которые могут привести рискам невыполнения проекта: от высоких к низким.

Если процесс оценки потенциальных рисков проекта проводится в моменты достижения определенного уровня технологической готовности проекта, то его результатом будет оценка рисков невыполнения проекта при переходе на более высокий уровень технологической готовности, если же он проводится в момент завершения работ на определенном этапе плана-графика выполнения работ, то

его результатом будет оценка рисков невыполнения проекта на следующем этапе плана-графика. В любом случае, оценка рисков, проводимая по на основе предложенного нами подхода, может дать дополнительные аргументы для принятия эффективных управленческих решений в отношении выполняемого проекта.

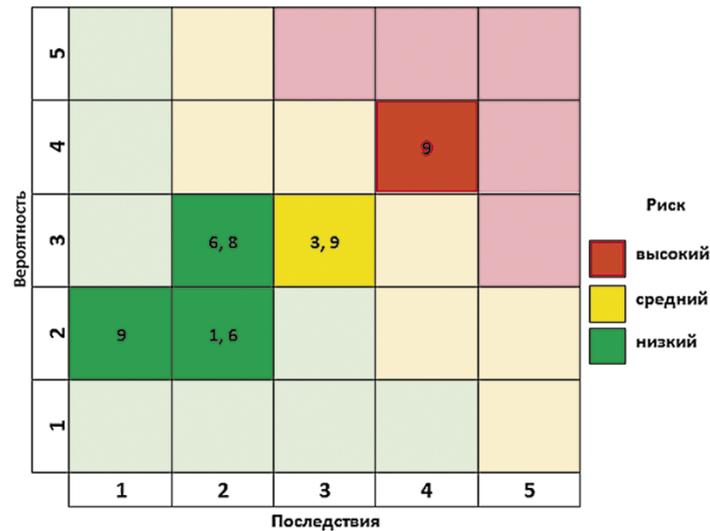
На рисунках 8–10 приведены примеры оценки рисков невыполнения проектов для некоторых проектов ФЦП, сделанные на завершающей стадии выполнения проектов, что позволяет рассматривать результаты этих оценок как прогноз будущих возможных рисков проектов для дальнейшего выполнения работ по выведению полученных результатов на рынок. Численные значения уровней технологической готовности проектов, оценка рисков для которых проиллюстрирована на рисунках 8–10, а также достигнутые ими индексы технологической готовности представлены в таблице 7.

На рисунках 8а, 9а, 10а, представлены матрицы возможных рисков с оценкой их степени, а на рисунках 8б, 9б, 10б – детализация вклада каждой из групп возможных причин возникновения

Таблица 7

### Планируемые и достигнутые уровни технологической готовности проектов

| № соглашения/<br>контракта | Планируемый<br>уровень TPRL | Достигнутый<br>индекс TPRL | Текущий индекс TPRL<br>на последнем этапе |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
| 07.524.12.4022             | 6                           | 5,8                        | 0,80                                      |
| 14.580.21.0003             | 5                           | 4,71                       | 0,71                                      |
| 14.581.21.0004             | 4                           | 3,68                       | 0,68                                      |



а) матрица рисков



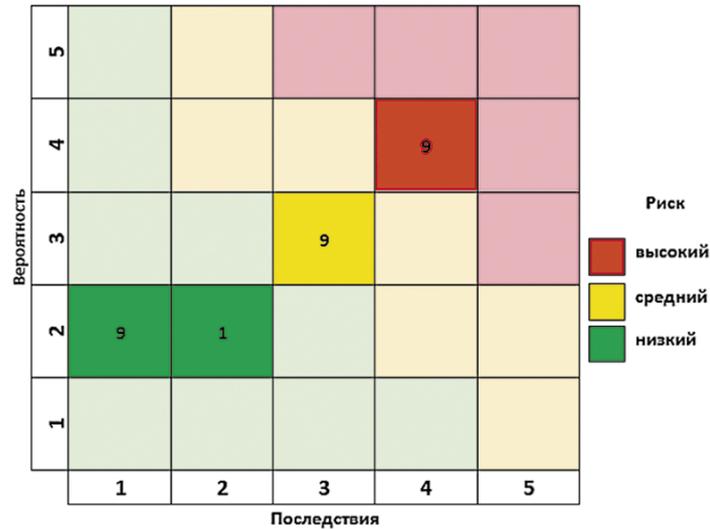
б) вклад в риск невыполнения проекта различных причин возникновения негативных последствий

Рисунок 8. Оценка рисков для соглашения/контракта № 07.524.12.4022

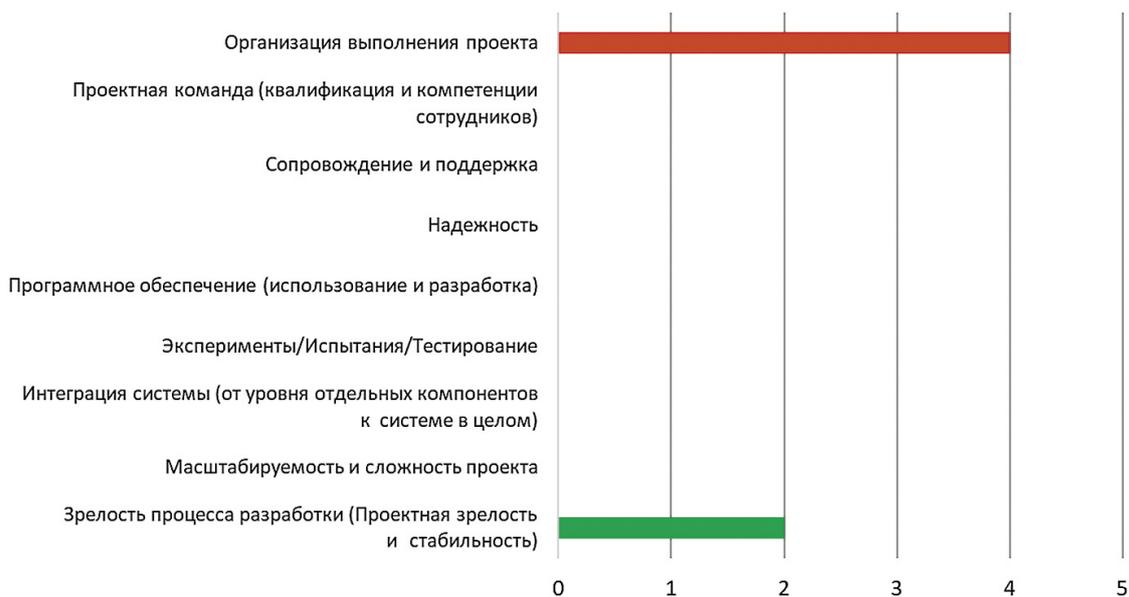
негативных последствий для выполняемых проектов в полученную оценку риска их невыполнения.

Анализ представленных на рисунках 8–10 данных показывает, что несмотря на то, что цели и задачи проектов были достигнуты, а результаты выполнения работ приняты приемочными комиссиями, у всех проектов, послуживших источниками данных для оценки рисков, связанных с дальнейшим

продолжением работ по тематике рассмотрены проектов, направленных на выведение полученных результатов на более высокие уровни технологической готовности, имеются высокие риски в группе причин возможных негативных последствий выполнения проекта «Организация выполнения проекта». Более детальный анализ вклада каждой из причин этой группы в общий вклад возможных рисков



а) матрица рисков

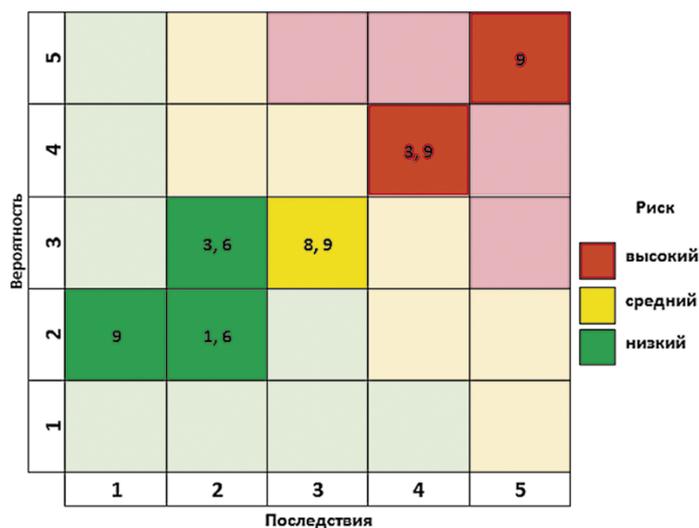


б) вклад в риск невыполнения проекта различных причин возникновения негативных последствий

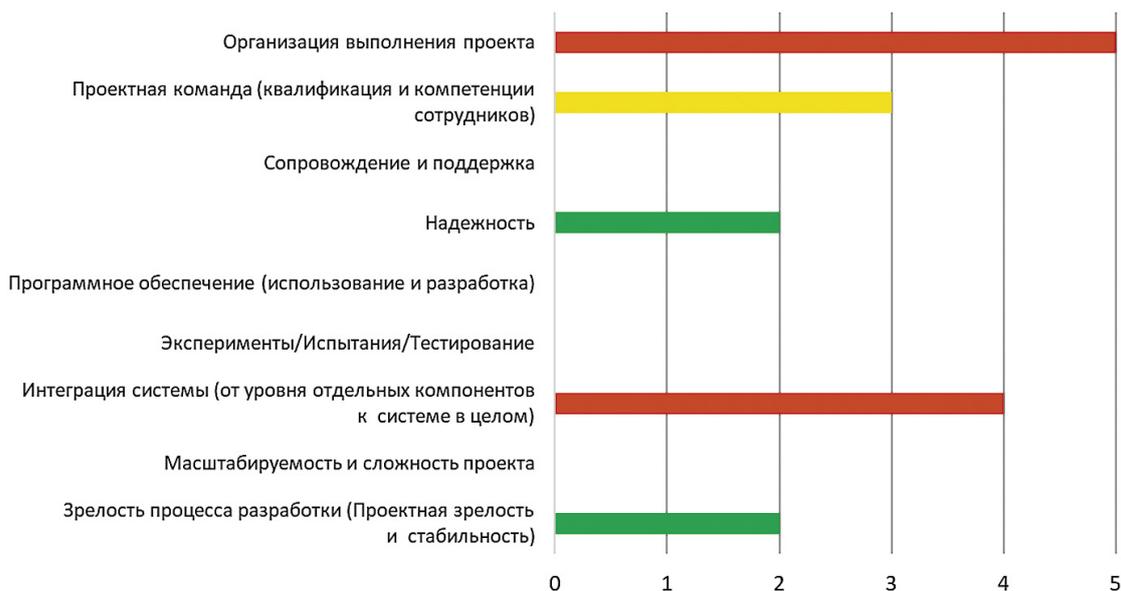
Рисунок 9. Оценка рисков для соглашения/контракта № 14.580.21.0003

проекта показывает, что у исполнителей всех приведенных в качестве примера проектов нет ясного понимания того, какова должна быть бизнес-модель изготовления и продвижения разработанной технологии, а также ими не был проведен (с точки зрения методологии TPRL) необходимый комплекс работ по разработке и апробации промышленной технологии изготовления образцов продуктов, получаемых

с использованием достигнутых результатов проектов. Как нетрудно заметить, у проекта 14.581.21.0004 имеются высокие риски дальнейшего продолжения работ, связанные с тем, что при его выполнении не полностью выполнены требования методологии TPRL в области интеграции полученных результатов в конечную систему, что также подтверждается самым низким (из приведенных примеров) значением



а) матрица рисков



б) вклад в риск невыполнения проекта различных причин возникновения негативных последствий

Рисунок 10. Оценка рисков для соглашения/контракта № 14.581.21.0004

текущего индекса технологической готовности, равного 0,68.

Самым перспективным из всех приведенных примеров для дальнейшего продолжения работ является проект 14.580.21.0003, т.к. количество возможных причин негативных последствий у него минимально, а риски, связанные с разработкой промышленной технологии могут быть уменьшены за счет

детального и полного учета всех требований, предъявляемых к выполняемым работам со стороны методологии TPRL, а также участия в дальнейших работах по выведению на рынок созданной в проекте технологии индустриального партнера, располагающего как необходимой промышленно-технологической базой, так и специалистами с необходимыми навыками и компетенциями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описаны подходы к оценке рисков невыполнения научно-технологических проектов, проводимой сотрудниками органов управления институтами инновационного развития, приводящие как к возможным срывам запланированных сроков их выполнения, так и различным негативным последствиям при переходе проекта на более высокий уровень технологического развития или при переходе проекта к выполнению работ на следующем этапе плана-графика его выполнения.

Разработанные подходы основываются на анализе накопленной информации о выполненных ранее научно-технологических проектах, позволяющем как выявить общие закономерности и причины, которые могут привести к возникновению рисков их невыполнения, так и установить эмпирическую связь между уровнями технологической готовности проекта и возможным увеличением запланированного срока его выполнения.

Описанные в статье подходы используют элементы методологии комплексной оценки научно-технологических проектов TPRL, что позволяет расширить перечень исходной информации для принятия эффективных управленческих решений в органах управления институтами инновационного развития в отношении поддержанных ими проектов.

Предложенные в статье подходы и методы могут быть использованы для оценки комплексных научно-технологических проектов для получения оценки рисков интеграции результатов отдельных подпроектов в рамках конечной системы.

Приведенные примеры показывают, как можно использовать предложенные способы оценки рисков невыполнения проекта как на этапе отбора проектов для оказания финансовой поддержки, так и при мониторинге за ходом их выполнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Air Force Instruction 90-802. Risk Management (2019) [www.e-Publishing.af.mil](http://www.e-Publishing.af.mil).
2. NASA Risk Management Handbook (2011) / NASA. <http://ntrs.nasa.gov>.
3. Project Management in Research and Development. White Paper (2010) / EFCOG.
4. ГОСТ Р 56275-2014 (2016) Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов / Техэксперт. <http://docs.cntd.ru/document/1200118641>.
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска (2011) / Техэксперт. <http://docs.cntd.ru/document/1200090083>.
6. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and Technology NASA. [http://www.artemisinnovation.com/images/TRL\\_White\\_Paper\\_2004-Edited.pdf](http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf).
7. Moon T., Smith J., Cook S. (2005) Technology Readiness and Technical Risk Assessment for the Australian Defence Organisation.
8. Mankins J.C. (2009) Technology readiness and risk assessments: A new approach // *Acta Astronautica*. 65(9-10):1208-1215.
9. NGNP Risk Management through Assessing Technology Readiness Status (2010) // Idaho National Laboratory. Next Generation Nuclear Plant Project. Idaho Falls, Idaho 83415.
10. Петров А.Н., Комаров А.В. (2020) Оценка уровня технологической готовности конкурсных заявок с использованием методологии TPRL // *Экономика науки*. 6(1-2):88-99.
11. Комаров А.В., Петров А.Н., Сартори А.В. (2018) Модель комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов // *Экономика науки*. 4(1):47-57.
12. Cooper R.G., Edgett S.J. (2006) Stage-Gate and the Critical Success Factors for New Product Development / *BPTrends*. <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/publicationfiles/07-06-ART-Stage-GateForProductDev-Cooper-Edgett1.pdf>.
13. Сухарев А.А., Власенко А.О. (2019) Метод формализации выбора вариантов реализации комплексного научно-технологического проекта (на примере планирования разработки технологий создания перспективных региональных самолетов) // *Друckerовский вестник*. 4:126-139.
14. Chuck A. (2018) Parametric Cost and Schedule Modeling for Early Technology Development / The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory.
15. Ferguson R., Goldenson D., McCurley J., Stoddard R., Zubrow D., Anderson D. (2011) Quantifying Uncertainty in Early Lifecycle Cost Estimation (QUELCE) / Software Engineering Measurement and Analysis (SEMA) Cost Estimation Research Group.

16. USAF Cost Risk and Uncertainty Analysis Handbook (2007).
17. NASA Cost Estimating Handbook (CEH) v. 4 (2007) // NASA OCFO. <https://www.nasa.gov/offices/ocfo/nasa-cost-estimating-handbook-ceh>.
18. *El-Khoury B., Kenley C.R.* (2014) An Assumptions-Based Framework for TRL-Based Cost and Schedule Models // *Journal of Cost Analysis and Parametrics*. 7(3):160-179.
19. *Dubos G.F., Saleh J.H., Braun R.* (2007) Technology Readiness Level, Schedule Risk and Slippage in Spacecraft Design: Data Analysis and Modeling // AIAA SPACE 2007 Conference & Exposition. Long Beach, California. 18-20 September 2007.
20. *Garg T., Eppinger S., Joglekar N., Olechowski A.* (2017) Using TRLs and System Architecture to Estimate Technology Integration Risk / 21st International Conference on Engineering Design, ICED17. 21-25 August, 2017.
21. *Engel D.W., Dalto A.C., Anderson K.K., Sivaramakrishnan C., Lansing C.* (2012) Development of Technology Readiness Level (TRL) Metrics and Risk Measures / OSTI. URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1067968>. DOI:10.2172/1067968. 2012.
22. ГОСТ Р 50779.21-96 (1997) Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение / Техэксперт. <http://docs.cntd.ru/document/1200001380>.
23. *Yang K.* (2008) Risk Identification: Integration & Ilities (RI3) Guidebook.
24. *Жебель В.В., Комаров А.В., Комаров К.А., Шуртаков К.В.* (2018) Программное средство для комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов // *Экономика науки*. 4(1):58-68.

### Информация об авторах

**Комаров Алексей Валерьевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела аналитических исследований, ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ»; Web of Science ResearcherID: ABI-1166-2020, ORCID: 0000-0003-4703-4702 (Российская Федерация, 123557, г. Москва, Пресненский Вал, д. 19, строение 1; e-mail: abkom@mail.ru)

**Комаров Кирилл Алексеевич** - ведущий специалист отдела аналитических исследований, ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ»; Web of Science ResearcherID: AAN-2512-2021, ORCID: 0000-0001-9334-7350 (Российская Федерация, 123557, г. Москва, Пресненский Вал, д. 19, строение 1; e-mail: kirill.080789@gmail.com)

**Шуртаков Константин Владимирович** – заместитель генерального директора по управлению проектами, ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ»; Web of Science ResearcherID: AAG-8420-2021, ORCID: 0000-0002-5580-8643 (Российская Федерация, 123557, г. Москва, Пресненский Вал, д. 19, строение 1; e-mail: shurtakov@fcntp.ru)

#### **A.V. KOMAROV,**

Directorate of State Scientific and Technical Programmes (Moscow, Russian Federation; e-mail: abkom@mail.ru)

#### **K.A. KOMAROV,**

Directorate of State Scientific and Technical Programmes (Moscow, Russian Federation; e-mail: kirill.080789@gmail.com)

#### **K.V. SHURTAKOV,**

Directorate of State Scientific and Technical Programmes (Moscow, Russian Federation; e-mail: shurtakov@fcntp.ru)

## USING THE METHODOLOGY FOR THE COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROJECTS TO ESTIMATE RISKS OF THEIR FAILURE

UDC: 338.28

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-1-19-38>

**Abstract:** The article proposes approaches to assessing the risk of non-implementation of scientific and technological projects, based on the analysis of data from institutions for innovative development of information, and carried out following the requirements of a comprehensive assessment of projects' technological readiness. One of the approaches presented allows you to build a matrix for subsequent analysis that describes the possibility of a project

moving to a higher level of development, and the second is based on identifying empirical dependencies between the level of readiness of the project being executed and the risk of violating its deadlines. Examples of applying the developed approaches for practical tasks on program activities of target programs in the field of research and development in priority areas of the scientific and technological complex of Russia are given. The described models are intended for use in the governing bodies of innovative development institutions to increase the implemented support programs' efficiency.

**Keywords:** *scientific and technological project, model, technology readiness level, TPRL, TRL, UGT, risk reduction, risk, assessment*

**Acknowledgements:** The study was carried out with the Ministry of Science of Russia's financial support through a subsidy for the implementation of a state assignment (project No. 075-01395-20-01).

**For citation:** Komarov A.V., Komarov K.A., Shurtakov K.V. Using the Methodology for the Comprehensive Assessment of Scientific and Technological Projects to Estimate Risks of their Failure. *The Economics of Science*. 2021; 7(1):19–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-1-19-38>

## REFERENCES

1. Air Force Instruction 90-802. Risk Management (2019) [www.e-Publishing.af.mil](http://www.e-Publishing.af.mil).
2. NASA Risk Management Handbook (2011) / NASA. <http://ntrs.nasa.gov>.
3. Project Management in Research and Development. White Paper (2010) / EFCOG.
4. GOST R 56275-2014 (2016) Risk management. Good Practice Risk Guide for Projects / TechExpert. <http://docs.cntd.ru/document/1200118641>. (In Russ.)
5. GOST R ISO / IEC 31010-2011. Risk management. Risk Assessment Methods (2011) / TechExpert. <http://docs.cntd.ru/document/1200090083>. (In Russ.)
6. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and Technology NASA. [http://www.artemisinnovation.com/images/TRL\\_White\\_Paper\\_2004-Edited.pdf](http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf).
7. Moon T., Smith J., Cook S. (2005) Technology Readiness and Technical Risk Assessment for the Australian Defence Organisation.
8. Mankins J.C. (2009) Technology readiness and risk assessments: A new approach // *Acta Astronautica*. 65(9-10):1208-1215.
9. NGNP Risk Management through Assessing Technology Readiness Status (2010) // Idaho National Laboratory. Next Generation Nuclear Plant Project. Idaho Falls, Idaho 83415.
10. Petrov A.N., Komarov A.V. (2020) Assessment of the level of technological readiness of bids using the TPRL methodology // *The Economics of Science*. 6(1-2):88-99. (In Russ.)
11. Komarov A.V., Petrov A.N., Sartori A.V. (2018) Model of a comprehensive assessment of the technological readiness of innovative scientific and technological projects // *The Economics of Science*. 4(1):47-57. (In Russ.)
12. Cooper R.G., Edgett S.J. (2006) Stage-Gate and the Critical Success Factors for New Product Development / *BPTrends*. <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/publicationfiles/07-06-ART-Stage-GateForProductDev-Cooper-Edgett1.pdf>.
13. Sukharev A.A., Vlasenko A.O. (2019) A method of formalizing the choice of options for implementing an integrated scientific and technological project (on the example of planning the development of technologies for creating promising regional aircraft) // *Drukerovskiy Vestnik*. 4:126-139. (In Russ.)
14. Chuck A. (2018) Parametric Cost and Schedule Modeling for Early Technology Development / The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory.
15. Ferguson R, Goldenson D, McCurley J, Stoddard R, Zubrow D., Anderson D. (2011) Quantifying Uncertainty in Early Lifecycle Cost Estimation (QUELCE) / Software Engineering Measurement and Analysis (SEMA) Cost Estimation Research Group.
16. USAF Cost Risk and Uncertainty Analysis Handbook (2007).
17. NASA Cost Estimating Handbook (CEH) v.4 (2007) // NASA OCFO. <https://www.nasa.gov/offices/ocfo/nasa-cost-estimating-handbook-ceh>.
18. El-Khoury B., Kenley C.R. (2014) An Assumptions-Based Framework for TRL-Based Cost and Schedule Models // *Journal of Cost Analysis and Parametrics*. 7(3):160-179.
19. Dubos G.F., Saleh J.H., Braun R. (2007) Technology Readiness Level, Schedule Risk and Slippage in Spacecraft Design: Data Analysis and Modeling // AIAA SPACE 2007 Conference & Exposition. Long Beach, California. 18-20 September 2007.
20. Garg T., Eppinger S., Joglekar N., Olechowski A. (2017) Using TRLs and System Architecture to Estimate Technology Integration Risk / 21st International Conference on Engineering Design, ICED17. 21-25 August, 2017.
21. Engel D.W., Dalto A.C., Anderson K.K., Sivaramakrishnan C., Lansing C. (2012) Development of Technology Readiness Level (TRL) Metrics and Risk Measures / OSTI. URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1067968>. DOI:10.2172/1067968. 2012.
22. GOST R 50779.21-96 (1997) Statistical methods. Definition rules and methods for calculating

statistical characteristics based on sample data. Part 1. Normal distribution / Techexpert. <http://docs.cntd.ru/document/1200001380>. (In Russ.)

- 23.** Yang K. (2008) Risk Identification: Integration & Ilities (RI3) Guidebook.

- 24.** Zhebel V.V., Komarov A.V., Komarov K.A., Shurtakov K.V. (2018) A software tool for a comprehensive assessment of the technological readiness of innovative scientific and technological projects // The Economics of Science. 4(1):58-68. (In Russ.)

## Authors

**Komarov Aleksey Valerievich** – Senior Researcher, Analytical Research Department, Directorate of State Scientific and Technical Programmes; Web of Science ResearcherID: ABI-1166-2020, ORCID: 0000-0003-4703-4702 (Russian Federation, 123557, Moscow, Presnensky Val, 19, building 1; e-mail: abkom@mail.ru)

**Komarov Kirill Alekseevich** - Leading Specialist of the Analytical Research Department, Directorate of State Scientific and Technical Programmes; Web of Science ResearcherID: AAH-2512-2021, ORCID: 0000-0001-9334-7350 (Russian Federation, 123557, Moscow, Presnensky Val, 19, building 1; e-mail: kirill.080789@gmail.com)

**Shurtakov Konstantin Vladimirovich** - Deputy General Director for Project Management, Directorate of State Scientific and Technical Programmes; Web of Science ResearcherID: AAG-8420-2021, ORCID: 0000-0002-5580-8643 (Russian Federation, 123557, Moscow, Presnensky Val, 19, building 1; e-mail: shurtakov@fcntp.ru)

## РОССИЯ ВОШЛА В ТОП-10 СТРАН ПО ПАТЕНТНОЙ АКТИВНОСТИ



В соответствии с докладом ВОИС «World Intellectual Property Indicators 2019», в 2019 г. Россия заняла 9 место в мире по числу поданных патентных заявок, подав 35511 заявок в течение года.

Согласно данным доклада, в 2019 г. патентное ведомство Китая получило 1,4 млн. заявок, что вдвое больше, чем получили соответствующие органы США (621,4 тыс.). На третьем месте рейтинга расположилось патентное ведомство Японии (307969), на четвертом – Корейское ведомство интеллектуальной собственности (218,9 тыс.). Замыкает топ-5 мировых лидеров по числу патентных заявок Европейское патентное ведомство (181,5 тыс.). В совокупности на эти пять ведомств в прошлом году пришлось 84,7% общемирового объема заявок. В топ-10 мировых лидеров также вошли ведомства Германии (67434), Индии (53627), Канады (36488) и Австралии (29758).

Рост числа заявок наблюдался в Южной Корее (+4,3%), Евросоюзе (+4,1%) и США (+4,1%). В Китае и Японии, наоборот, было зафиксировано снижение на 9,2% и 1,8% соответственно. Количество заявок в Китае снизилось впервые за 24 года из-за сокращения на 10,8% числа заявок от резидентов. Это было вызвано общим изменением законодательства в стране в целях оптимизации структуры заявок и повышения их качества, поясняется в докладе.

В России число патентных заявок снизилось на 6,4%. Руководитель Роспатента Григорий Ивлиев отметил, что «это обусловлено падением поступления заявок как российских заявителей (уменьшилось на 6,37%), так и иностранных заявителей (снижение на 6,58%)». Стоит отметить, что в прошлом году завершено рассмотрение по 45742 заявкам на изобретение. По сравнению с предыдущим годом число рассмотренных заявок в 2019 г. увеличилось на 337 заявок. Такое увеличение объясняется сокращением сроков их рассмотрения. Средняя длительность рассмотрения заявок на изобретение по итогам 2019 г. составила 5,69 месяца, что на 29,3% меньше, чем в 2018 г. (8,05 месяца)».

Источник: <https://rospatent.gov.ru/ru/news/vipo-07122020>