

УДК 001.5:004.896
Научная специальность: 5.2.6

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2024

Технико-экономическое обоснование целесообразности применения технологии цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла аварийно-спасательной техники

Дурнев Р.А.,

Российская академия ракетных и артиллерийских наук,
107564, Россия, г. Москва,
1-я Мясниковская ул., д. 3,
стр. 3

Жданенко И.В. *,

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий),
121352, Россия, г. Москва,
ул. Давыдовская, д. 7

Свиридок Е.В.,

Российская академия ракетных и артиллерийских наук,
107564, Россия, г. Москва,
1-я Мясниковская ул., д. 3,
стр. 3

Аннотация

Анализ научных работ свидетельствует о многочисленных преимуществах применения технологии цифровых двойников при разработке и применении различных изделий, в том числе образцов аварийно-спасательной техники.

В статье предложен методический подход к решению задачи технико-экономического обоснования целесообразности применения технологии системы цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла аварийно-спасательной техники, основанный на методе анализа иерархий.

Ключевые слова: технологии цифровых двойников; метод анализа иерархий; аварийно-спасательная техника.

Для цитирования: Дурнев Р.А., Жданенко И.В., Свиридок Е.В. Технико-экономическое обоснование целесообразности применения технологии цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла аварийно-спасательной техники // Проблемы анализа риска. 2024. Т. 21. № 1. С. 78–90.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Feasibility Study the Feasibility of Using Digital Twins Technology at Various Stages of the Life Cycle of Emergency Rescue Equipment

Roman A. Durnev,

Russian Academy of Missile and Artillery Sciences,

1-ya Myasnikovskaya str., 3/3,
Moscow, 107564, Russia

Irina V. Zhdanenko*,

Federal State Budgetary
Establishment «All-Russian
Scientific Research Institute for
Civil Defence and Emergencies
of the EMERCOM of Russia»

(Federal Science and High
Technology Center),
Davydkovskaya str., 7, Moscow,
121352, Russia

Ekaterina V. Sviridok,

Russian Academy of Missile and Artillery Sciences,

1-ya Myasnikovskaya str., 3/3,
Moscow, 107564, Russia

Abstract

The analysis of scientific papers testifies to the numerous advantages of using digital twin technology in the development and application of various products, including samples of emergency rescue equipment. The article proposes a methodological approach to solving the problem of feasibility study of the feasibility of using digital twin system technology at various stages of the life cycle of emergency rescue equipment, based on the method of hierarchy analysis.

Keywords: digital twin technologies; hierarchy analysis method; emergency rescue equipment.

For citation: Durnev R.A., Zhdanenko I.V., Sviridok E.V. Feasibility study the feasibility of using digital twins technology at various stages of the life cycle of emergency rescue equipment // Issues of Risk Analysis. 2024;21(1):78–90. (In Russ.).

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

Метод анализа иерархий

Заключение

Список источников

Введение

В настоящее время наблюдаются непрерывное усложнение конечных продуктов и соответствующих производственных процессов, возрастающая скорость изменений технологий и техники, ускорение темпов развития промышленности, укорачивание циклов разработки изделий. Для того чтобы соответствовать таким реалиям, в мире происходит глобальная цифровая трансформация экономики в цифровую экономику, а высокотехнологичной промышленности — в цифровую промышленность, формируются цифровые платформы, цифровые двойники (DigitalTwin) реальных объектов и продуктов, а также производственных процессов. Анализ работ [1–4 и др.] свидетельствует о многочисленных преимуществах применения технологии цифровых двойников (ТЦД) при разработке и применении различных изделий, в том числе образцов аварийно-спасательной техники (АСТ).

В работе [4] отмечается, что в промышленности в современных условиях выделяют основные показатели эффективности различных процессов при внедрении цифровых технологий:

- срок вывода продукта на рынок;
- производительность труда;
- качество продукции;
- время производственного цикла и др.

Оптимизация этих процессов в рамках перехода к цифровой экономике повышает прозрачность деятельности предприятия, положительно влияет на его деловую репутацию, позволяет более точно классифицировать различные процессы, нивелирует влияние человеческого фактора и повышает качество продукции.

При этом наблюдаются: упрощение процесса менеджмента предприятиями, сокращение использования ручного труда, затраты времени на процесс создания и производства изделия, на процессы обеспечения и обслуживания, снижение вероятности ошибок. Это, в свою очередь, приводит к повышению производительности и сокращению издержек предприятия, повышению качества планирования работ и управления предприятием, улучшению в обслуживании клиентов при предоставлении потребителям модернизированной продукции, а также в обеспечении более быстрого взаимодействия с ними, появлению широких возможностей по выявлению проблем в существующих процессах создания и производства продукции.

По результатам опроса, проведенного консалтинговой компанией по цифровой трансформации KMDA, положительные результаты цифровизации бизнес-процессов в российских компаниях оказались следующими (рис. 1):

В научных статьях также выделяют и слабые стороны цифровизации различных процессов предприятия и выпускаемых им изделий, связанные со следующим:

- нехватка компетентных специалистов в этой сфере значительно влияет на качество и темпы цифровизации процессов;
- для реинжиниринга процессов необходимо достаточно длительное время, поэтому во время перехода на предприятии будут существовать традиционный режим и инновационный (цифровой) параллельно. Потребуются дополнительные затраты на разработку плавного перехода от одной формы ведения хозяйства к другой;
- цифровизация процессов и изделий влечет значительные расходы для предприятия как финансовые, так и временные. Кроме того, процесс характеризуется глубокой занятостью персонала и необходимостью его обучения.

Для оценки преимуществ и недостатков процессов цифровизации производств и, в частности, ТЦД изделий, необходима технико-экономическая оценка. При этом, как показывает анализ [1, 4, 6 и др.], в настоящий момент отсутствуют подходы к технико-экономической оценке (ТЭО) различных объектов и процессов, связанных с цифровизацией.

Метод анализа иерархий

Решение задачи технико-экономического обоснования целесообразности применения ТЦД на различных этапах жизненного цикла образцов АСТ возможно экспертным путем. При этом специалистам будет необходимо оценить влияние рассматриваемой технологии на параметры, такие как [4]:

- уменьшение количества натурных испытаний;
- сокращение времени вывода на рынок;
- увеличение точности испытаний;
- сокращение времени подготовки производства;
- сокращение времени адаптации к изменениям технологического процесса;
- сокращение срока выпуска и реализации продукции;
- повышение безопасности производства;

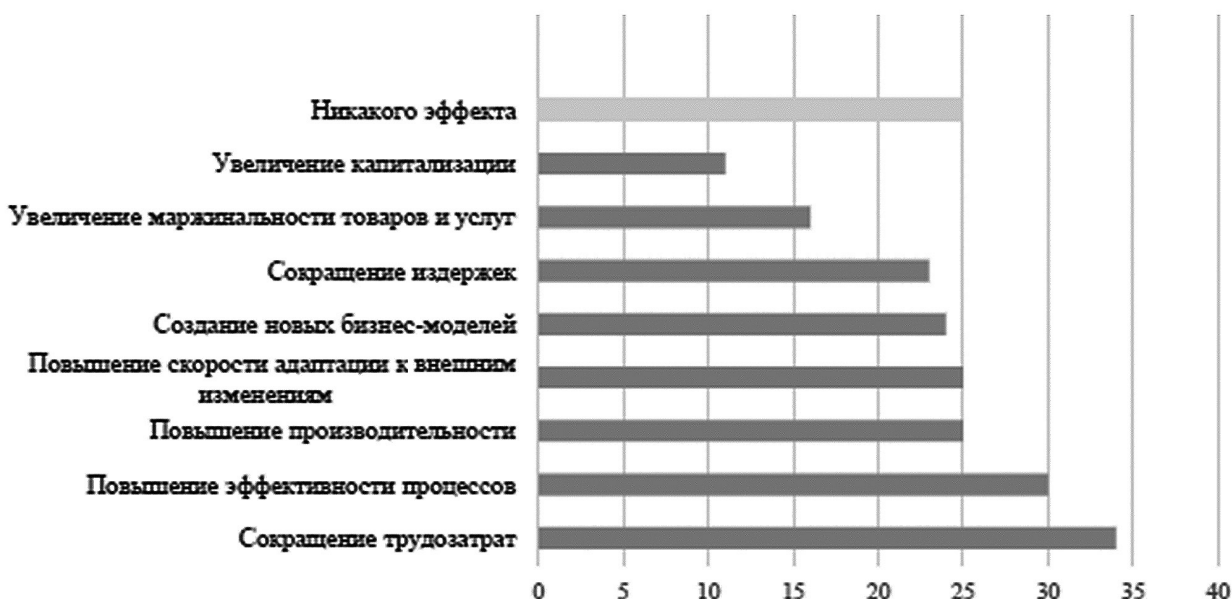


Рис. 1. Влияние цифровизации на бизнес-процессы российских предприятий, % [5]

Figure 1. The impact of digitalization on the business processes of Russian enterprises, % [5]

- улучшение прогнозирования сбоев оборудования;

- смягчение рисков ошибок персонала;
- повышение уровня автоматизации;
- повышение эффективности утилизации;
- снижение энергопотребления и другие.

Эти параметры, в свою очередь, будут влиять на следующие частные показатели:

- сокращение издержек по оплате труда;
- расширение рынка сбыта;
- увеличение производительности труда;
- сокращение простоев оборудования;
- сокращение ремонтных расходов;
- сокращение количества брака;
- снижение затрат на подготовку персонала.

Частные показатели будут являться элементами, влияющими на обобщенные показатели, связанные:

- со снижением себестоимости изделий;
- с увеличением объема производства;
- с улучшением качества изделий.

Это будет способствовать увеличению прибыли, повышению эффективности изделия, что повлияет на затраты на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) изделий.

Указанная взаимосвязь параметров, показателей и стадий ЖЦ показана на рис. 2.

Связи между указанными величинами, показанными на рис. 2 стрелками, носят различный характер — прямой и опосредованный, линейный и нелинейный, значимый и малосущественный. Кроме того, очевидно иерархическое построение указанных связей. Поэтому необходимо использование методов, которые бы учитывали эти особенности. Одним из них является метод анализа иерархий [7], который учитывает многоуровневую иерархичность построения различных систем, объектов, процессов и явлений окружающего мира и использует положения теории измерения, матричной алгебры и экспертных опросов.

Основными этапами методического подхода являются:

- построение иерархической схемы влияния двух вариантов ЖЦ образца АСТ — с ТЦД и без нее — на обобщенный показатель технико-экономической оценки (рис. 3);
- проведение попарных сравнений частного влияния двух вариантов ЖЦ образца АСТ на параметры, параметров на показатели и показателей на обобщенный показатель технико-экономической оценки (ТЭО);
- частные оценки влияния двух вариантов ЖЦ образца АСТ на параметры и показатели;
- интегральная оценка влияния двух вариантов ЖЦ образца АСТ на обобщенный показатель ТЭО.

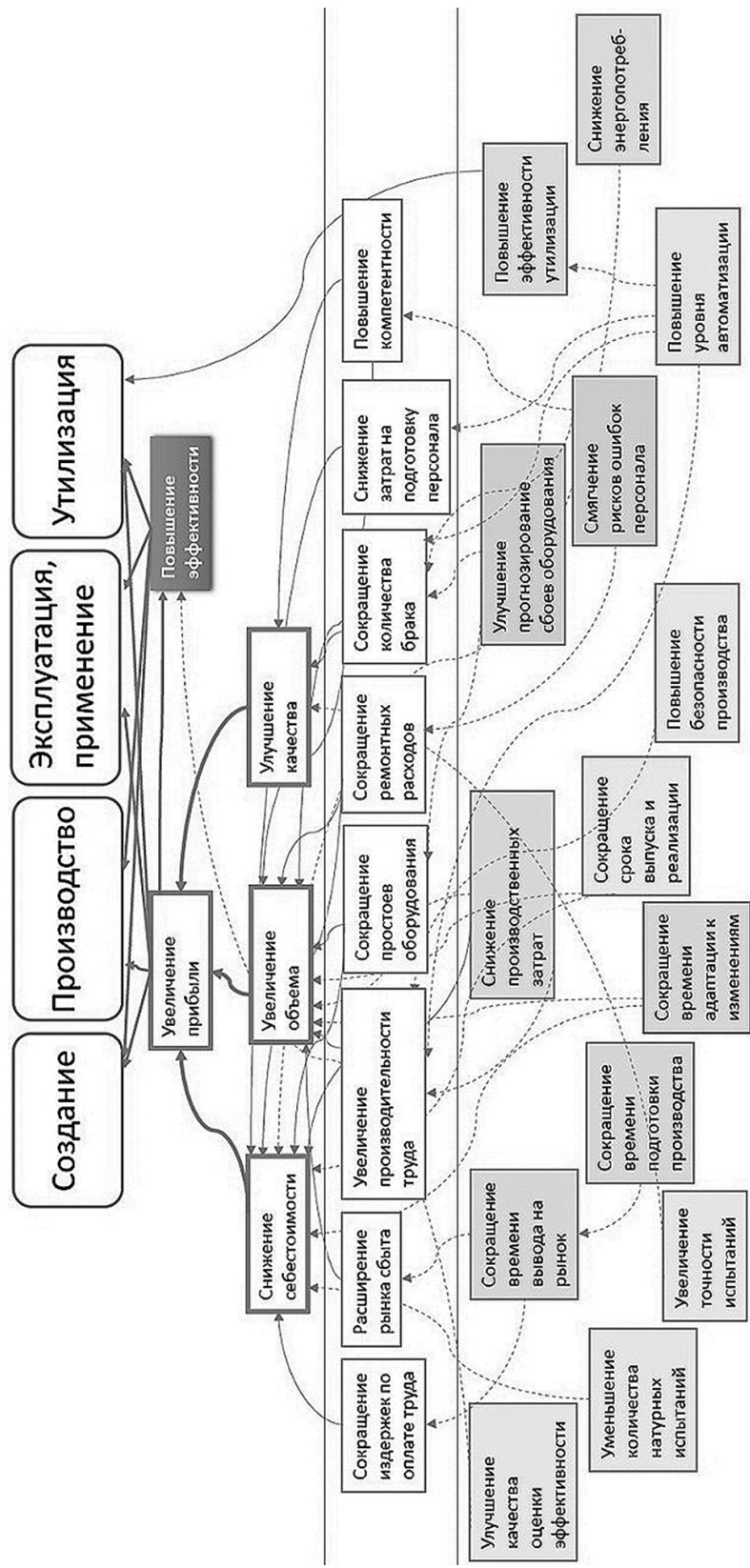


Рис. 2. Взаимосвязь параметров, показателей и стадий ЖЦ, необходимая при технико-экономическом обосновании целесообразности применения ТЦД на различных этапах жизненного цикла АСТ

Figure 2. Interconnection of parameters, indicators and stages of the life cycle required in the feasibility study of using digital twin technologies at various stages of the life cycle of emergency rescue equipment

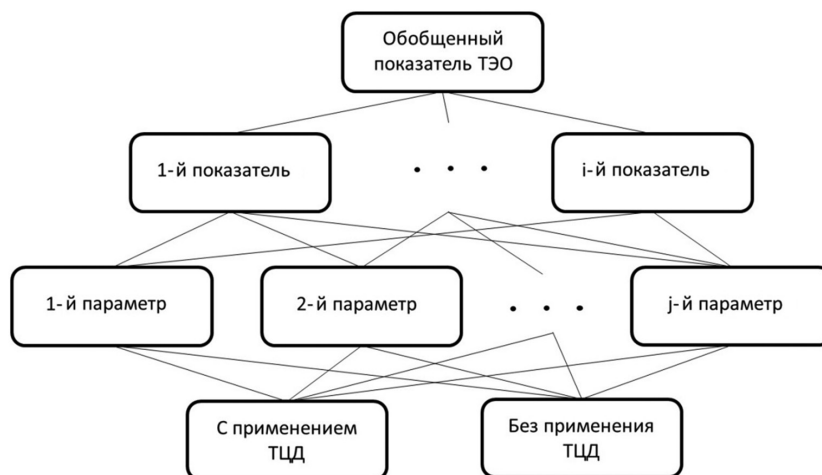


Рис. 3. Схема технико-экономической оценки для обоснования целесообразности применения ТЦД на различных этапах жизненного цикла АСТ

Figure 3. Feasibility study diagram for feasibility study of using digital twin technology at various stages of life cycle of emergency response equipment

Сравнение в рамках метода анализа иерархий (МАИ) может проводиться на основе реальных измерений или с помощью выведения фундаментальной шкалы (как из дискретных, так и из непрерывных парных сравнений), которая отражает относительную силу предпочтений и ощущений. МАИ имеет специфические аспекты, связанные с отклонением суждений от согласованности и с измерением этого отклонения, а также с зависимостью внутри групп (уровней) и между группами элементов иерархической структуры. Этот метод нашел широкое применение в задачах многокритериального принятия решений, стратегического планирования и распределения ресурсов [7], а также в задачах разрешения конфликтов [8]. Кроме того, он весьма успешно применялся для прогнозирования и в других областях [9]. В общем случае МАИ предназначен для анализа нелинейных структур, которые применяются для выполнения как дедуктивного, так

и индуктивного вывода без использования силлогизма, а также для одновременного рассмотрения множества факторов с учетом зависимостей и обратных связей между ними и для нахождения компромисса в процессе вывода заключения.

На основании вышесказанного иерархическая схема технико-экономической оценки для обоснования целесообразности применения ТЦД на различных этапах жизненного цикла АСТ представлена на рис. 4.

С учетом этой схемы были составлены и заполнены экспертным путем таблицы попарного сравнения (табл. 1–9). Всего в работе приняли участие пять экспертов из ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) и ФГБУ РАРАН Минобороны России, имеющие опыт научно-технического сопровождения разработки образцов технических средств. Оценки согласованности, предусмотренные в [7], свидетельствуют о достаточной их транзитивности и высоком единодушии экспертов.

Таблица 1. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ в параметры: сокращение издержек по оплате труда, сокращение затрат на подготовку персонала и сокращение объемов различных мероприятий, в т. ч. испытаний

Table 1. Assessment of the contribution of life cycle variants of the emergency response equipment sample to the parameters: reduced labor costs, reduced training costs and reduced activities, including testing

Сокращение издержек по оплате труда	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение затрат на подготовку персонала	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение объемов различных мероприятий, в т. ч. испытаний	С ТЦД	Без ТЦД
С ТЦД	1	3	С ТЦД	1	4	С ТЦД	1	9
Без ТЦД	1/3	1	Без ТЦД	1/4	1	Без ТЦД	1/9	1

Таблица 2. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ в параметры: сокращение времени подготовки производства, сокращение простоев оборудования и сокращение ремонтных расходов*Table 2. Assessment of the contribution of life cycle options of the emergency response equipment sample to the parameters: reduction of production preparation time, reduction of equipment downtime and reduction of repair costs*

Сокращение времени подготовки производства	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение простоев оборудования	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение ремонтных расходов	С ТЦД	Без ТЦД
С ТЦД	1	5	С ТЦД	1	3	С ТЦД	1	2
Без ТЦД	1/5	1	Без ТЦД	1/3	1	Без ТЦД	1/2	1

Таблица 3. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ в параметры: сокращение расходов на хранение и другие мероприятия, сокращение количества брака и снижение риска ошибок персонала*Table 3. Assessment of the contribution of life cycle options of a sample of emergency equipment to the parameters: reduction of storage costs and other measures, reduction of the number of defects and reduction of the risk of personnel errors*

Сокращение расходов на хранение и другие мероприятия	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение количества брака	С ТЦД	Без ТЦД	Снижение риска ошибок персонала	С ТЦД	Без ТЦД
С ТЦД	1	2	С ТЦД	1	9	С ТЦД	1	9
Без ТЦД	1/2	1	Без ТЦД	1/9	1	Без ТЦД	1/9	1

Таблица 4. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ в параметры: повышение уровня автоматизации, повышение компетентности персонала и улучшение качества испытаний*Table 4. Assessment of the contribution of life cycle options of a sample of emergency response equipment to the parameters: increasing the level of automation, increasing the competence of personnel and improving the quality of tests*

Повышение уровня автоматизации	С ТЦД	Без ТЦД	Повышение компетентности персонала	С ТЦД	Без ТЦД	Улучшение качества испытаний	С ТЦД	Без ТЦД
С ТЦД	1	9	С ТЦД	1	5	С ТЦД	1	9
Без ТЦД	1/9	1	Без ТЦД	1/5	1	Без ТЦД	1/9	1

Таблица 5. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ на параметры: улучшение взаимодействия между структурными подразделениями, увеличение производительности труда и сокращение времени выпуска изделия*Table 5. Assessment of the contribution of life cycle options of the emergency response equipment sample to the parameters: improvement of interaction between structural units, increase of labor productivity and reduction of product release time*

Улучшение взаимодействия между структурными подразделениями	С ТЦД	Без ТЦД	Увеличение производительности труда	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение времени выпуска изделия	С ТЦД	Без ТЦД
С ТЦД	1	1	С ТЦД	1	7	С ТЦД	1	7
Без ТЦД	1	1	Без ТЦД	1/7	1	Без ТЦД	1/7	1

Таблица 6. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ на параметры: расширение рынка реализации, повышение безопасности производства и сокращение времени вывода на рынок

Table 6. Assessment of the contribution of life cycle options of a sample of emergency response equipment to the parameters: expansion of the implementation market, improvement of production safety and reduction of time to market

Расширение рынка реализации	С ТЦД	Без ТЦД	Повышение безопасности производства	С ТЦД	Без ТЦД	Сокращение времени вывода на рынок	С ТЦД	Без ТЦД
С ТЦД	1	1	С ТЦД	1	9	С ТЦД	1	7
Без ТЦД	1	1	Без ТЦД	1/9	1	Без ТЦД	1/7	1

Таблица 7. Оценка вклада параметров в показатель «Снижение себестоимости АСТ»

Table 7. Assessment of the contribution of parameters to the indicator "Reduction of the cost of emergency rescue equipment"

Снижение себестоимости АСТ	Сокращение издержек по оплате труда	Сокращение затрат на подготовку персонала	Сокращение объемов различных мероприятий, в т.ч. испытаний	Сокращение времени подготовки производства	Сокращение простоев оборудования	Сокращение ремонтных расходов	Сокращение расходов на хранение и другие мероприятия	Сокращение количества брака	Снижение риска ошибок персонала	Повышение уровня автоматизации	Увеличение производительности труда
Сокращение издержек по оплате труда	1	1/3	1/9	1/7	1/5	1/5	1/3	1/9	1/9	1/9	1/7
Сокращение затрат на подготовку персонала	3	1	1/9	1/7	1/5	1/5	1/3	1/9	1/9	1/9	1/7
Сокращение объемов различных мероприятий, в т.ч. испытаний	9	9	1	5	3	3	7	1/5	1/7	1/3	3
Сокращение времени подготовки производства	7	7	1/5	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/3	3
Сокращение простоев оборудования	5	5	1/3	1	1	1	1	1/7	1/7	1/7	1/2
Сокращение ремонтных расходов	5	5	1/3	1	1	1	1	1/9	1/9	1/7	1/3
Сокращение расходов на хранение и другие мероприятия	3	3	1/7	3	1	1	1	1/9	1/9	1/9	1/5
Сокращение количества брака	9	9	5	5	7	9	9	1	1/2	2	1/3
Снижение риска ошибок персонала	9	9	7	7	7	9	9	2	1	3	3
Повышение уровня автоматизации	9	9	3	3	7	7	9	1/2	1/3	1	5
Увеличение производительности труда	7	7	1/3	1/3	2	3	5	3	1/3	1/5	1

Таблица 8. Оценка вклада параметров в показатель «Улучшение качества АСТ»

Table 8. Assessment of the contribution of parameters to the indicator “Improving the quality of emergency rescue equipment”

Улучшение качества ЯАСТ	Сокращение количества брака	Снижение риска ошибок персонала	Повышение уровня автоматизации	Повышение компетентности персонала	Улучшение качества испытаний	Улучшение взаимодействия между структурными подразделениями
Сокращение количества брака	1	1	1/2	2	1	7
Снижение риска ошибок персонала	1	1	1/2	2	1	5
Повышение уровня автоматизации	2	2	1	2	1	5
Повышение компетентности персонала	1/2	1/2	1/2	1	1	5
Улучшение качества испытаний	1	1	1	1	1	7
Улучшение взаимодействия между структурными подразделениями	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1

Таблица 9. Оценки вклада параметров в показатель «Увеличение объема (интенсивности) производства АСТ»

Table 9. Assessment of the contribution of parameters to the indicator “Increase in the volume (intensity) of emergency rescue production”

Увеличение объема (интенсивности) производства АСТ	Сокращение простоев оборудования	Повышение уровня автоматизации	Улучшение взаимодействия между структурными подразделениями	Увеличение производительности труда	Сокращение времени выпуска изделия	Расширение рынка реализации	Повышение безопасности производства	Сокращение времени вывода на рынок
Сокращение простоев оборудования	1	1/7	2	1/2	1	3	1/5	1/5
Повышение уровня автоматизации	7	1	9	2	2	7	1	9
Улучшение взаимодействия между структурными подразделениями	1/2	1/9	1	1/5	1/5	1/2	1/7	1/2
Увеличение производительности труда	2	1/2	5	1	1	3	1/7	3
Сокращение времени выпуска изделия	1	1/2	5	1	1	5	1/7	1
Расширение рынка реализации	1/3	1/7	2	1/3	1/5	1	1/9	2
Повышение безопасности производства	5	1	7	7	7	9	1	9
Сокращение времени вывода на рынок	5	1/9	2	1/3	1	1/2	1/9	1

Дальнейшая обработка результатов попарного сравнения позволила оценить вклад:

• вариантов жизненного цикла образца АСТ — с ТЦД и без нее — в параметры оценки (табл. 10);

• вариантов жизненного цикла образца АСТ — в показатели оценки (табл. 11).

Таблица 10. Оценка вклада показателей в обобщенный показатель технико-экономической эффективности жизненного цикла АСТ

Table 10. Assessment of the contribution of indicators to the generalized indicator of technical and economic efficiency of the life cycle of emergency response equipment

Обобщенный показатель технико-экономической эффективности жизненного цикла АСТ	Снижение себестоимости АСТ	Улучшение качества АСТ	Увеличение объема (интенсивности) производства АСТ
Снижение себестоимости АСТ	1	1/3	1/2
Улучшение качества АСТ	3	1	5
Увеличение объема (интенсивности) производства АСТ	2	1/5	1

Таблица 11. Оценка вклада вариантов жизненного цикла образца АСТ

Table 11. Assessment of the contribution of life cycle options of the emergency response equipment sample

Параметры	Варианты		Приращение, в раз
	без ТЦД	с ТЦД	
Сокращение издержек по оплате труда	0,25	0,75	3
Сокращение затрат на подготовку персонала	0,2	0,8	4
Сокращение объемов различных мероприятий, в т.ч. испытаний	0,1	0,9	9
Сокращение времени подготовки производства	0,2	0,8	4
Сокращение простоев оборудования	0,25	0,75	3
Сокращение ремонтных расходов	0,3	0,7	2,3
Сокращение расходов на хранение и другие мероприятия	0,3	0,7	2,3
Сокращение количества брака	0,1	0,9	9
Снижение риска ошибок персонала	0,1	0,9	9
Повышение уровня автоматизации	0,1	0,9	9
Повышение компетентности персонала	0,2	0,8	4
Улучшение качества испытаний	0,1	0,9	9
Улучшение взаимодействия между структурными подразделениями	0,5	0,5	-
Увеличение производительности труда	0,13	0,87	6,7
Сокращение времени выпуска изделия	0,13	0,87	6,7
Расширение рынка реализации	0,5	0,5	-
Повышение безопасности производства	0,1	0,9	9
Сокращение времени вывода на рынок	0,13	0,87	6,7

Заключение

Таким образом, предложен методический подход к решению задачи технико-экономического обоснования целесообразности применения технологии цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла аварийно-спасательной техники, основанный на методе анализа иерархий. В результате применения такого подхода получена оценка влияния двух вариантов жизненного цикла образца аварийно-спасательной техники на обобщенный показатель технико-экономической оценки:

- вариант жизненного цикла аварийно-спасательной техники без технологии цифровых двойников — 0,13;
- вариант жизненного цикла аварийно-спасательной техники с технологией цифровых двойников — 0,87.

Это свидетельствует о том, что технико-экономическая эффективность жизненного цикла аварийно-спасательной техники при применении технологии цифровых двойников увеличивается, по мнению экспертов, более чем в семь раз.

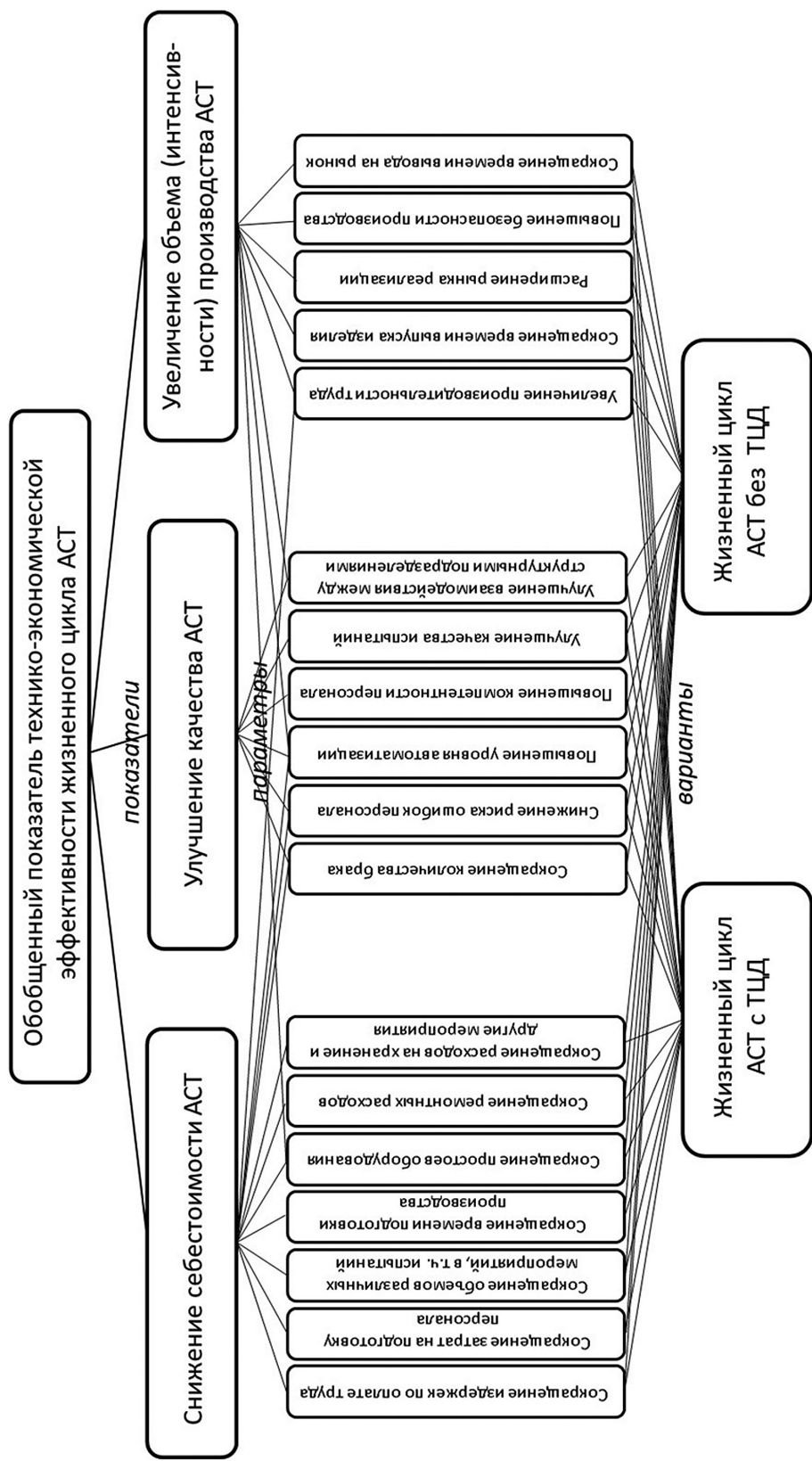


Рис. 4. Иерархическая схема технико-экономической оценки для обоснования целесообразности применения ТЦД на различных этапах жизненного цикла АСТ
Figure 4. Hierarchical scheme of technical and economic assessment to substantiate the feasibility of using digital twin technology at various stages of the life cycle of emergency response equipment

Список источников [References]

1. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / научная редакция профессора Боровкова А.М.: ООО «Альянс-Принт», 2020. URL: <https://digitalatom.ru/digital-twin-book> [Prokhorov A., Lysachev M. Digital double. Analysis, trends, world experience/scientific edition of Professor A. Borovkov: Alliance- Print LLC. 2020. URL: <https://digitalatom.ru/digital-twin-book>. (In Russ.)]
2. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики / М.А. Измайлова, М.А. Морозов, Н.С. Морозова [и др.]. Москва: Мир науки, 2021. 296 с. ISBN978-5-6045770-6-6 [Digital transformation of industrial enterprises in an innovative economy/M.A. Izmailova, M.A. Morozov, N.S. Morozova [et al.]. Moscow: World of Science, 2021. 296 p. ISBN 978-5-6045770-6-6. (In Russ.)]
3. Пантюхин О.В. Разработка методологии управления качеством продукции ответственного назначения на основе цифровых двойников технологических процессов и изделий (на примере изготовления гильз для высокоэффективных патронов) / дисс. на соискание ученой степени д.т.н. Тула: ФГБОУВО «Тульский государственный университет», 2021. 272 с. [Pantukhin O. V. Developing a methodology for managing the quality of responsible products based on digital twins of technological processes and products (on the example of the manufacture of sleeves for high-performance cartridges) / diss. for the degree of Doctor of Technical Sciences Tula: Federal State Budgetary Institution "Tula State University," 2021. 272 p. (In Russ.)]
4. Петренко С.И. Оценка влияния внедрения цифрового двойника на эффективность бизнес-процессов промышленного предприятия: магистерская диссертация / С.И. Петренко; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт экономики и управления, Кафедра экономики и управления на металлургических и машиностроительных предприятиях. Екатеринбург, 2022. 142 с. Библиогр.: с. 125–132 [Petrenko S.I. Assessment of the impact of the introduction of a digital twin on the efficiency of business processes of an industrial enterprise: master's thesis / S.I. Petrenko; Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Institute of Economics and Management, Department of Economics and Management at Metallurgical and Machine-Building Enterprises. Yekaterinburg, 2022. 142 p. Bibliogr.: p. 125–132. (In Russ.)]
5. Цифровой консалтинг KMDA. Цифровая трансформация в России-2020. URL: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (дата обращения 20.04.2021). [KMDA digital consulting. Digital transformation in Russia-2020. URL: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (Accessed: 20/04/2021)]
6. Военная экономика в XXI веке: серия монографий в 7 книгах / Министерство обороны Российской Федерации, 46 Центральный научно-исследовательский институт, Военная академия материально-технического обеспечения имени А.В. Хрулева. [Изд. 2-е, доп.]. Санкт-Петербург: ВAMTO, 2022. ISBN 978-5-6046334-1-0. [Military economy in the 21st century: a series of monographs in 7 books / Ministry of Defense of the Russian Federation, 46 Central Research Institute, Military Academy of Logistics named after A. V. Khrulev.— [Ed. 2nd, add.]. St. Petersburg: VAMTO, 2022. ISBN 978-5-6046334-1-0. (In Russ.)]
7. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 278 с. [Saati T.L. Decision making. Hierarchy analysis method / Per. from English M.: Radio and Communications, 1993. 278 p.]
8. Саати Т.Л., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с. [Saati T.L., Kearns K. Analytical Planning. Organization of systems: Trans. from English. M.: Radio and Communications, 1991. 224 p.]
9. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. М.: Издательство ЛИКИ, 2008. 357 с. [Saati T.L. Decision making in dependencies and feedbacks: Analytical networks. Trans. from English. M.: LKI Publishing House. 2008. 357 p.]

Сведения об авторах

Дурнев Роман Александрович: доктор технических наук, доцент, академик Российской академии ракетных и артиллерийских наук, первый вице-президент, ФГБУ «Российская академия ракетных и артиллерийских наук»

Количество публикаций: 302

Область научных интересов: социальные технологии управления риском ЧС, прогнозирование развития системы вооружения

Контактная информация:

Адрес: 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3
rdurnev@rambler.ru

Жданенко Ирина Васильевна: старший научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: 108

Область научных интересов: анализ рисков

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, дом 7
izhdanenko@yandex.ru

Свиридок Екатерина Викторовна: кандидат технических наук, член-корреспондент, заместитель руководителя секретариата Совета главных конструкторов по системе вооружения сухопутной составляющей сил общего назначения ФГБУ «Российская академия ракетных и артиллерийских наук»

Количество публикаций: 49

Область научных интересов: анализ рисков на взрыво- и химически опасных предприятиях, программно-целевое планирование развития военной и специальной техники

Контактная информация:

Адрес: 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3
svkate1@rambler.ru

Статья поступила в редакцию: 09.02.2024

Одобрена после рецензирования: 14.02.2024

Принята к публикации: 16.02.2024

Дата публикации: 29.02.2024

The article was submitted: 09.02.2024

Approved after reviewing: 14.02.2024

Accepted for publication: 16.02.2024

Date of publication: 29.02.2024