

Научная статья
УДК 338.984
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-2-282-293>
EDN: OFFFNB



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (ТРИЗ) ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА И РАЗРАБОТКИ МАТРИЦЫ ЗРЕЛОСТИ

И.В. Анохов¹ ✉, Н.Ю. Торопов²

¹ Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта,
г. Москва, Россия

² Российский дорожный научно-исследовательский институт,
г. Москва, Россия

✉ ответственный автор
i.v.anokhov@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Современный транспорт находится в стадии кардинальной трансформации, связанной с внедрением информационных и интеллектуальных систем. Этот процесс отличается неопределенностью и непредсказуемостью. В статье предпринята попытка теоретически рассмотреть процесс перехода в новое качество. Цель исследования – разработка матрицы зрелости для технической системы «Автомобиль», которая позволила бы судить о ее возможных будущих состояниях.

Материалы и методы. Для анализа тенденций развития технических систем сегодня применяются различные теоретические модели и шкалы (S-образная кривая жизненного цикла, шкала уровня технологической готовности, уровни автономности транспорта и др.), которые не учитывают факторы экономического, социального, инфраструктурного и иного характера. Между тем такой вид транспорта, как автомобиль, отличается высоким уровнем сложности, определяет во многом состояние транспортной системы страны и поэтому требует кардинально иного способа оценки. Для разработки матрицы в статье использован аналитический аппарат Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Результаты. Представлена матрица зрелости, которая отражает процесс последовательного перехода функций технической системы «Автомобиль» к надсистеме. Каждый этап этого перехода означает сворачивание одной из подсистем автомобиля и в настоящее время наблюдается в подсистеме «Вычислитель». В конечном счете автомобиль (в современном его понимании) может кардинально трансформироваться путем сворачивания всех подсистем и передачи их функций надсистеме (интеллектуальной транспортной системе). В итоге его структура будет сведена к подсистеме «Накопитель» с соответствующей монофункцией.

Обсуждение и заключение. Теоретическое представление о структуре и стадиях развития, сформулированное в виде матрицы зрелости, может быть полезным при разработке стратегии развития автомобилестроения и автодорожного хозяйства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автомобиль, перевозки, матрица зрелости, интеллект, транспорт, Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)

Статья поступила в редакцию 16.02.2026; одобрена после рецензирования 03.03.2026; принята к публикации 17.04.2026.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Анохов И.В., Торопов Н.Ю. Применение теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) для оценки перспектив интеллектуализации автотранспорта и разработки матрицы зрелости // Вестник СибАДИ. 2026. Т. 23, № 2. С. 282-293. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-2-282-293>

© Анохов И.В., Торопов Н.Ю., 2026



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-2-282-293>
EDN: OFFFNB

THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ) IN THE FIELD OF AUTOMOBILE TRANSPORT: AN ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR INTELLECTUALIZATION AND THE DEVELOPMENT OF A MATURITY MATRIX

Igor V. Anokhov¹ ✉, Nikolay Yu. Toropov²

¹Railway Research Institute,
Moscow, Russia

²Russian Road Research Institute,
Moscow, Russia

✉ corresponding author
i.v.anokhov@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. Modern transport is undergoing a radical transformation due to the introduction of information and intelligent systems. This process is characterized by uncertainty and unpredictability. The article attempts to consider theoretically the process of transition to a new quality. The purpose of the study is to develop a maturity matrix for the Automobile technical system, which would allow us to assess its possible future states.

Materials and methods. To analyze the trends in the development of technical systems, various theoretical models and scales (S-shaped life cycle curve, scale of technological readiness, levels of transport autonomy, etc.) are used today, which do not take into account factors of an economic, social, infrastructural, and other aspects. Meanwhile, such a type of transport as a car is characterized by a high level of complexity, largely determines the state of the country's transport system, and therefore requires a radically different way of assessment. The analytical apparatus of the Theory of Inventive Problem Solving (TIPS) was used to develop the matrix.

Results. The maturity matrix is presented, which reflects the process of the sequential transition of the functions of the technical system "Automobile" to the supersystem. Each stage of this transition means the reduction of one of the car subsystems, and is currently being occurred in the "Calculator" subsystem. Ultimately, a car (in its modern sense) can be radically transformed by reduction of all subsystems and transferring their functions to an intelligent transport system. As a result, its structure will be reduced to the "Accumulating" subsystem with the corresponding mono-function.

Discussion and conclusion. A theoretical understanding of structure and stages of technical evolution, formulated in the form of the maturity matrix, can be useful in developing a strategy for the progress of automobile construction and road industry.

KEYWORDS: automobile, transportation, maturity matrix, intelligence, transport, Theory of Inventive Problem Solving

The article was submitted: February 16, 2025; approved after reviewing: March 03, 2026; accepted for publication: April 17, 2026.

All authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Anokhov I.V., Toropov N.Yu. Theory of inventive problem solving (TRIZ) in the field of automobile transport: an assessment of the prospects for intellectualization and the development of a maturity matrix. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2026; 23 (2): 282-293. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-2-282-293>

© Anokhov Igor V., Toropov Nikolay Yu., 2026



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

До середины XX в. неявно считалось, что изобретательская и внедренческая деятельность поддаются стимулированию и регламентации в очень ограниченных пределах. Однако активное развитие крупносерийного и массового производств во второй половине прошлого столетия потребовало определенности и предсказуемости в этом вопросе. Как следствие, управление научно-техническими разработками стало приобретать целенаправленный, системный характер, что выразилось в разработке методов оценки технологий:

1) в методике Technology Readiness Assessment (TRA) [1, 2], разработанной Национальным аэрокосмическим агентством США (NASA). Она представляет процесс трансфера технологии в виде трех последовательных этапов:

- определение критических технологических элементов (Critical Technology Elements – CTE);

- оценка уровня технологической готовности (Technology Readiness Levels – TRL);

- разработка плана совершенствования технологии (Technology Maturation Plan – TMP);

2) S-образной кривой жизненного цикла, включающей участки [3, 4]:

- зарождения молодой технологии;

- роста технологии;

- развития ключевой технологии;

- устаревания и замены технологии;

3) шкале уровней автономности транспорта (беспилотных автомобилей), разработанной организацией SAE International (Society of Automotive Engineers) [5]: от уровня 0 (отсутствие автоматизации) до уровня 5 (полный автопилот).

На наш взгляд, такого рода шкалы и методы оценки имеют ограниченный спектр применения по следующим причинам:

- разработка и внедрение технологий рассматриваются в них как линейный процесс, в то время как на практике действует множество непрогнозируемых, нелинейно изменяющихся факторов;

- применимость ориентирована в первую очередь на простые технические системы, что не позволяет в полной мере адаптировать их к таким технологически сложным изделиям, как автомобиль;

- не учитываются факторы экономического, социального, политического, инфраструктур-

ного и иного характера, которые в развитии автомобиля зачастую имеют решающее значение;

- не учитываются возможности информатизации и интеллектуализации автомобиля;

- не учитываются альтернативные пути технологического развития.

Современный автомобильный транспорт имеет высокий уровень сложности (причем не только технической, но и экономико-социальной), не сопоставимый со сложностью любой его составляющей части. По этой причине актуальной задачей на сегодняшний день является разработка адекватных методов оценки зрелости автомобильного транспорта.

Научно-технический прогресс на транспорте

Всякая новая технология на транспорте является продуктом научно-технического прогресса (НТП) и объективно направлена на решение одной или нескольких задач:

- удешевление перевозки грузов, под которыми в данной статье понимается и перевозка пассажиров;

- расширение пропускных возможностей по территории страны;

- повышение гибкости доставки;

- сокращение времени доставки;

- повышение прогнозируемости грузоперевозок.

Теоретически НТП происходит путем передачи функций человека внешним системам. В полной мере это относится и к системе «Автомобиль»: на наш взгляд, его появлению предшествовал ряд технологических этапов:

1. Изобретение тары для грузов (керамические сосуды, мешки, бочки, короба, стеклотара, гофрокартон, паллеты, контейнеры и многое др.). Это позволило добиться стандартизации процессов хранения и перемещения грузов с соответствующим увеличением объемов.

2. Изобретение технических систем, ослабляющих сопротивление внешней среды движущемуся транспорту (колесо, дорожное покрытие).

3. Замена мускульной силы человека или животного силой технического двигателя (парового, электрического, внутреннего сгорания).

4. Изобретение вычислительных систем, дополняющих или заменяющих водительские, диспетчерские и иные функции человека.

Рассмотрим роль НТП в развитии автомобиля с помощью методологии ТРИЗ^{1,2}, которая была разработана советским исследователем Г.С. Альтшуллером.

Одним из главных достоинств методологии ТРИЗ является «перевод решаемой проблемы в более абстрактный вид, чтобы сделать её независимой от её физической области, описывая её в форме противоречий» [6]. Сегодня она широко применяется в России и за рубежом, в т.ч. для решения транспортных задач: технологии применения водорода в топливных элементах [7], при проектировании компонентов для новых моделей автомобилей [8], специального транспорта [9], композитных покрытий [10] и др.

В соответствии с законом полноты частей системы ТРИЗ всякая техническая система, в том числе автомобиль, в наиболее развернутом виде включает следующие подсистемы:

- «Рабочий орган», главной функцией которого является физическое воздействие на объект для получения желаемого эффекта. В рамках настоящей статьи рабочий орган – это та подсистема, с помощью которой преодолевается сопротивление внешней среды и

обеспечивается достижение требуемого эффекта (целевой функции) – перемещение в пространстве (т.е. колесо, электромагнитное поле, воздушная подушка и т.п.).

- «Источник энергии». В данном случае – это все виды вещества и энергии, пригодные для использования в автомобиле.

- «Двигатель». Главная функция – преобразование энергии, получаемой от «Источника энергии».

- «Трансмиссия». Главная функция – передача энергии от «Двигателя» к «Рабочему органу».

Авторы считают, что применительно к транспортному средству перечисленные подсистемы из методологии ТРИЗ необходимо дополнить еще двумя элементами (рисунок 1):

1. «Накопитель», под которым авторы понимают часть автомобиля, предназначенную для размещения пассажиров и груза (кузов грузового автомобиля, салон для пассажиров, платформа для контейнера и т.п.).

2. «Вычислитель». Главная функция – управление «Двигателем», «Трансмиссией» и «Рабочим органом».

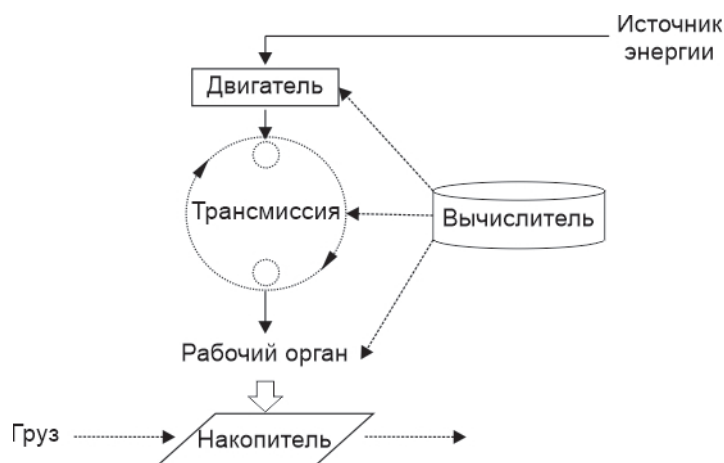


Рисунок 1 – Внутренняя структура технической системы с точки зрения ТРИЗ
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Internal structure of the technical system from the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) perspective
Source: compiled by the authors.

¹ Альтшуллер Г.С. Найти идею: введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. М.: Альпина Паблишер. 2021. 401 с.

² Шпаковский Н.А., Новицкая Е.Л. ТРИЗ. Практика целевого изобретательства. М.: ФОРУМ. 2011. 335 с.

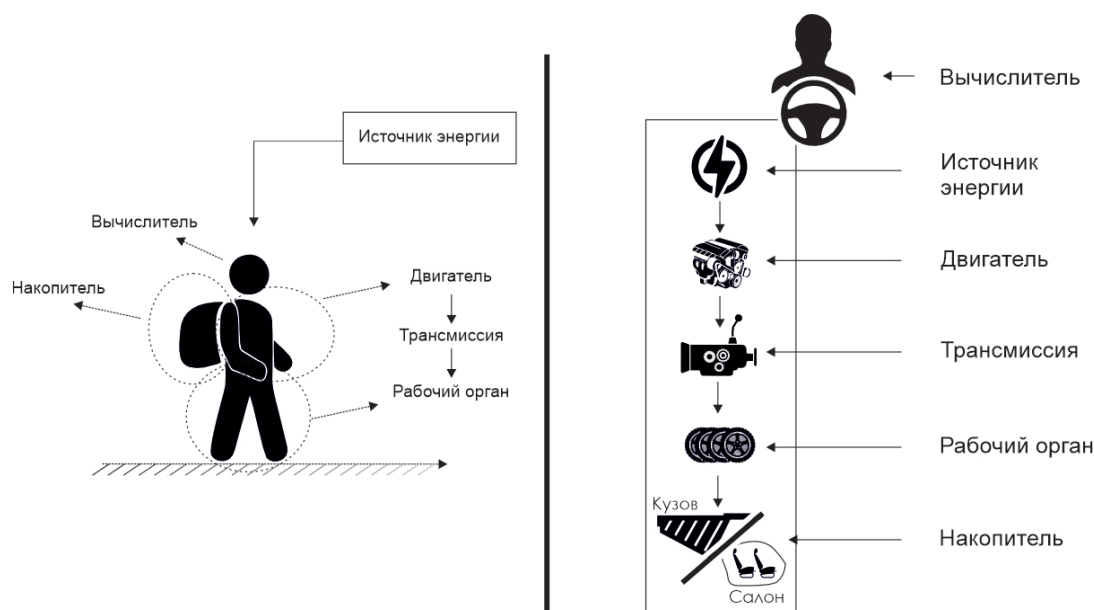


Рисунок 2 – Структура отдельной транспортной единицы с точки зрения ТРИЗ: человека и автомобиля
 Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Structure of the separate transport unit from the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) perspective: a person and a vehicle
 Source: compiled by the authors.

В самом простом понимании транспортное средство может состоять всего из одного человека, переносящего грузы. При этом и такая система будет иметь все перечисленные выше подсистемы (рисунок 2).

На рисунке 2 показано, что каждая отдельная транспортная единица с точки зрения ТРИЗ структурно идентична другим транспортным системам. Более того, на основе работ Г.С. Альтшуллера мы можем предположить, что данная структура фрактально воспроизводится в каждой подсистеме технической системы «Автомобиль»; в свою очередь каждая подсистема эволюционирует в полную систему ТРИЗ (в т.ч. обретая собственный Вычислитель).

Такая гипотеза о фрактальности технических систем и подсистем будет использоваться в дальнейшем анализе данной статьи.

Матрица зрелости автомобильного транспорта

За минувшие эпохи автомобиль как техническая система преодолел несколько этапов развития (зрелости):

1. Нулевой этап. Система состоит из двух подсистем: Накопитель + Рабочий орган (органы движения человека или животного) и/или надсистема (например, в виде рек и озер). Человек являлся единственным транспортным средством, которое иногда дополнялось эле-

ментами механизации (разного рода колесной техникой, подъемными устройствами, инструментами складирования, дорожным покрытием и др.).

2. Этап специализации. Возникает и совершенствуется техническая система перевозки: колесо плюс двигатель (в виде мускульной силы человека и животных). Появляется регулярный процесс грузоперевозок, благодаря чему данный вид транспорта начинает активно развиваться, а грузоперевозки становятся отдельным специализированным видом деятельности.

3. Этап принятия концепции. Мускульная сила человека и животных меняется на технический автономный двигатель, благодаря чему кардинально увеличиваются провозные возможности и грузопотоки. Окончательно складывается концепция автомобиля.

4. Этап автоматизации. Управление подсистемами автомобиля все больше осуществляется с помощью компьютерных программ по заранее заложенному и (что принципиально важно) неизменному алгоритму.

5. Этап интеллектуализации. Происходит передача от человека к технической системе способности частично или полностью изменять выполняемую программу. В результате этого происходит последовательное освобождение человека от непосредственного уча-

ствия в оперативном управлении перевозочным процессом. Другими словами, система «Автомобиль» в этом случае уже способна:

- воспринимать и интерпретировать сигналы внешней среды;
- корректировать программу на основе контекста;
- адаптироваться, самонастраиваться и самообучаться;
- автономно перестраивать весь перевозочный процесс.

Предложенная выше классификация уровней развития автотранспорта будет использована далее авторами для построения матрицы.

Следует отметить, что становление каждого нового этапа развития из указанных выше не уничтожает доминирующую технологию предшествующего этапа полностью, а вытесняет ее в изолированные рыночные ниши (как не исчез, например, гужевой транспорт).

В транспортной отрасли уже есть примеры интеллектуализированных систем, способных действовать без непосредственного присутствия человека: адаптивные системы светофорного управления, высокоавтоматизированный транспорт, автономные средства для доставки грузов (дроны и роботы-доставщики), а также интеллектуальные платежные системы транспорта, системы ситуационного управления и т.п. В стадии теоретической проработки находятся проекты автономных контейнеров [11] и контейлеров [12], автоматизированных интермодальных грузовых перевозок [11], челночных танкеров [13] и т.п. Такого рода примеры означают, что интеллектуализация объективно направлена на полное удаление человека из процесса перевозки и передачу всех его функций киберфизическим системам – это «умные системы, включающие интерактивные инженерные сети из физических и коммуникационных компонент» [14]. По мнению авторов, эти системы должны быть способны выполнять как минимум следующие функции:

- прогнозирование потребности в перемещении груза;
- заблаговременное планирование производственных мощностей для физического перемещения груза (то есть обновление, модификацию или даже замену «Рабочего органа», «Трансмиссии», «Двигателя»);
- комбинирование производственных мощностей для решения текущих задач по физическому перемещению груза и пассажиров;
- контроль над процессом транспорти-

ровки и связанным с ним документооборотом;

- обеспечение всеми видами энергии;
- корректировка процессов прогнозирования, планирования и физической транспортировки.

Интеллектуализация требует выполнения ряда условий:

1. Полная прогнозируемость транспортных потоков.
2. Эффективные инструменты нейтрализации нестабильности внешней среды.
3. Наличие у всех участников транспортировки одного и того же максимально полного объема актуальных данных.
4. Средства транспортировки грузов, технологически способные действовать автоматически в составе киберфизических систем.
5. Значительный рыночный запрос на планомерную и неограниченную по времени перевозку однородных грузов.
6. Полная комплементарность деятельности всех участников перевозочного процесса.

Перечисленные условия в полном объеме сегодня являются труднодостижимыми, но в будущем они могут оказаться вполне выполнимыми.

Матрица зрелости автотранспорта

В методологии ТРИЗ используется целый ряд визуальных матриц, которые постоянно совершенствуются и уточняются [15], а также разрабатывается их математическое представление [16].

На этапе интеллектуализации зрелость той или иной технологии нужно оценивать по степени присвоения ею функций человека.

История развития автомобильного транспорта показывает, что техническая система (т.е. автомобиль) изменялась путем развития её подсистем (технических узлов, агрегатов и др.). Кроме того, активно развивались и надсистемы, в т.ч. надсистема регулирования дорожного движения, информационная надсистема, платежная надсистема и др. И в настоящее время наряду с эволюцией технической системы происходит не всегда внешне видимая эволюция и элементов надсистемы второго и третьего порядков, которая в перспективе может позволить формировать из отдельных транспортных средств беспилотные транспортные потоки. Уже сегодня есть примеры организации движения колонны высокоавтоматизированного транспорта по технологии platooning, при которой два и более грузовых транспортных средства движутся в колонне, активно координируя свое движение с помощью беспроводных технологий, причём

головное транспортное средство является ведущим, а все последующие – ведомыми [17, 18]. При пассажирских перевозках перспективными являются технологии динамической вместимости в виде транспортных средств, способных менять свою вместимость в зависимости от величины пассажиропотока [19]. Преимуществами такой технологии являются уменьшение расхода топлива и повышение эффективности движения, отсутствие издержек на содержание водителей ведомых транспортных средств.

Более того, сегодня мы видим, что стремительно интеллектуализируются и отдельные компоненты автомобиля (т.е. его подсистемы), получая, например, возможность связываться с другими транспортными средствами и с элементами обустройства автомобильных дорог (в т.ч. минуя водителя), а также влиять на движение автомобиля или же полностью управлять им. При этом сама технология движения и конструкция автомобиля концептуально не меняются, а все эволюционные процессы происходят в надсистеме и подсистемах. Другими словами, каждая из подсистем автомобиля постепенно обретает свои собственные подсистемы второго порядка (см. рисунок 1), включая Вычислитель и становясь в полной мере обособленными техническими системами. Уже сейчас некоторые элементы автомобиля способны автоматически изменять собственный режим работы в соответствии с изменяющейся внешней дорожной ситуацией.

Кроме того, сегодня можно наблюдать, как Вычислитель автомобиля постепенно становится функцией надсистемы, которая уже способна дистанционно управлять им в пределах среды штатной эксплуатации. Все меньше остается сомнений в том, что такое управление может осуществляться при любых дорожных условиях и в течение всего жизненного цикла автомобиля, что будет иметь далеко идущие последствия.

В частности, это означает, что интеллектуальная транспортная надсистема должна будет взять на себя и все функции по поддержанию работоспособности автомобиля на весь срок жизненного цикла, включая обеспечение энергией, техническое обслуживание, обновление компьютерных алгоритмов и т.п., а также обеспечивать юридическое и экономическое сопровождение его работы (например, страхование и логистику). Соответственно тенденции развития событий показывают, что

и эти сферы должны оказаться под контролем интеллектуальной надсистемы: только при таком условии могут быть обеспечены массовость, бесперебойность и бесшовность транспортных потоков (что, в свою очередь, обеспечит экономическое преимущество по сравнению с транспортом, управляемым человеком).

Таким образом, в итоге надсистема возьмет на себя управление всеми элементами автомобиля. При этом подсистема «Вычислитель» оказывается физически вынесенной за пределы корпуса автомобиля (вероятно, останутся только те Вычислители, которые являются собственными элементами подсистем). В связи с этим возникает вопрос: могут ли быть физически вынесены еще какие-либо подсистемы?

В данном случае можно рассуждать следующим образом. Как известно, в силу положительного эффекта масштаба при массовой технологии производства себестоимость каждой единицы товара, как правило, значительно ниже, чем при штучном или мелкосерийном производстве. Вследствие этого централизованное обеспечение энергией большого количества однотипных автомобилей дешевле, чем индивидуальное, а транспортировка совокупности вагонов с помощью локомотива выгоднее оснащения каждого вагона собственным двигателем. Логично предположить, что и автоперевозки будут экономически более эффективны, если автомобиль будет снабжаться энергией централизованно, например, с помощью контактного рельса (как метро), электромагнитного поля (как в Hyperloop) и т.п. При таком сценарии автомобиль передает надсистеме и подсистеме как «Источник энергии», так и «Двигатель» (вероятно вместе с «Трансмиссией»). Подсистема «Рабочий орган» (т.е. колесо и подвеска в целом) при достаточном уровне развития технологий также может покинуть автомобиль. В этом случае фактически единственной неустранимой и непередаваемой подсистемой окажется «Накопитель» и автомобиль превращается в предельно упрощенную систему, выполняющую монофункцию – концентрацию грузов и пассажиров в удобной для транспортировки форме.

Таким образом, система «Автомобиль» теоретически может вернуться на исходную точку своего развития (т.е. к «Накопителю»), а затем начать новый виток развития, но на более высоком технологическом уровне (рисунок 3).

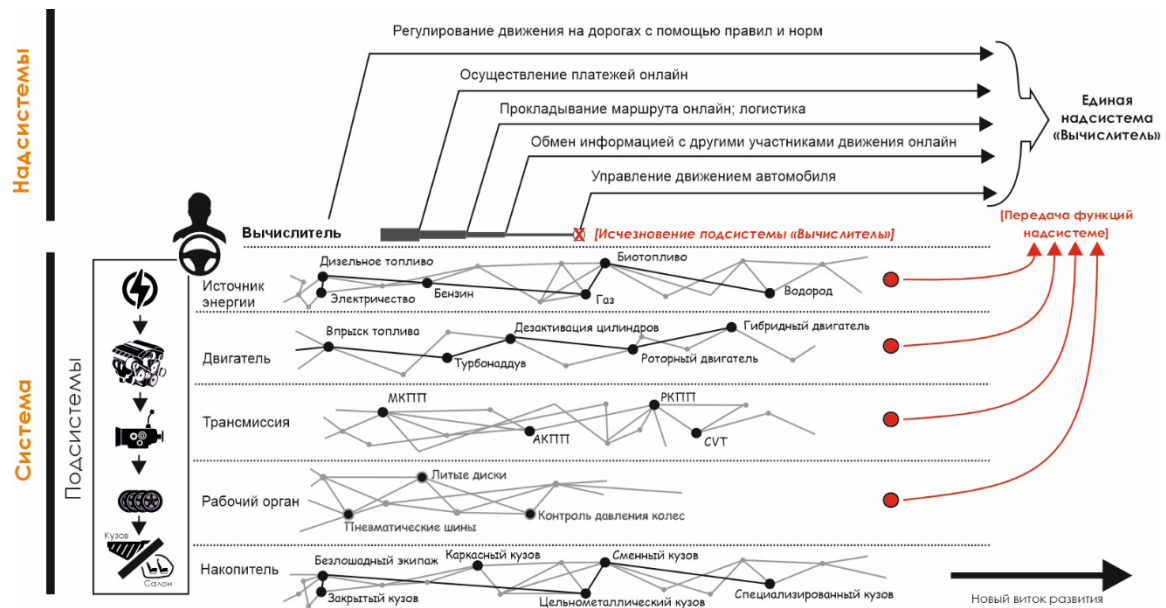


Рисунок 3 – Гипотетическое изменение концепции технической системы «Автомобиль»
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Hypothetical change in the concept of the «Automobile» technical system
Source: compiled by the authors.

На рисунке 3 показано, что предположительно подсистемы автомобиля будут сворачиваться, передавая свои функции в надсистему. В транспортной сфере можно найти примеры свертывания элементов и передачи функций другим подсистемам (например, исчезновение крыльев и выполнение их функций корпусом самолета – экраноплан; несущий кузов автомобиля, заменяющий рамную конструкцию), но на рисунке 3 речь идет о переходе функций в надсистему.

Эволюция подсистем заканчивается в той стадии, когда у них появляется собственный «Вычислитель», информационно связанный с надсистемой. Каждая подсистема имеет собственную скорость развития, но алгоритм этого развития, по-видимому, будет идентичным.

С этой точки зрения наиболее развитой подсистемой автомобиля сегодня является «Вычислитель», т.к. он имеет или может иметь собственные подсистемы второго порядка:

- процессор («Вычислитель» второго порядка или «Вычислитель*»), благодаря которому возможно автономное выполнение части задач по управлению движением автомобиля;
- собственный источник энергии (например, блок питания, аккумулятор, солнечная батарея и т.п.) («Источник энергии*»);
- устройства ввода/вывода («Двигатель*»);

- магистраль или системная шина («Трансмиссия*»);
- оперативную и долговременную память («Накопитель*»);
- процессор («Рабочий орган*»).

В настоящее время происходит последовательная передача функций надсистеме за счет процессора «Вычислителя». Как только все его функции будут переданы, у технической системы «Автомобиль» отпадет объективная необходимость не только в «Вычислителе*», но и в других его подсистемах второго порядка.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из вышесказанного, мы можем в первом приближении оформить матрицу зрелости графически. Это можно осуществить с различной степенью детализации. В максимально обобщенном виде каждая ячейка матрицы может отражать одно из двух состояний: имеется – не имеется, да – нет, «+» или «-». Логика построения матрицы исходит из рассмотренного выше тезиса о том, что каждая подсистема фрактально воспроизводит саму систему. Кроме того, матрица должна отображать уровни развития технической системы «Автомобиль» и позволять судить о ее будущих возможных состояниях (рисунок 4).

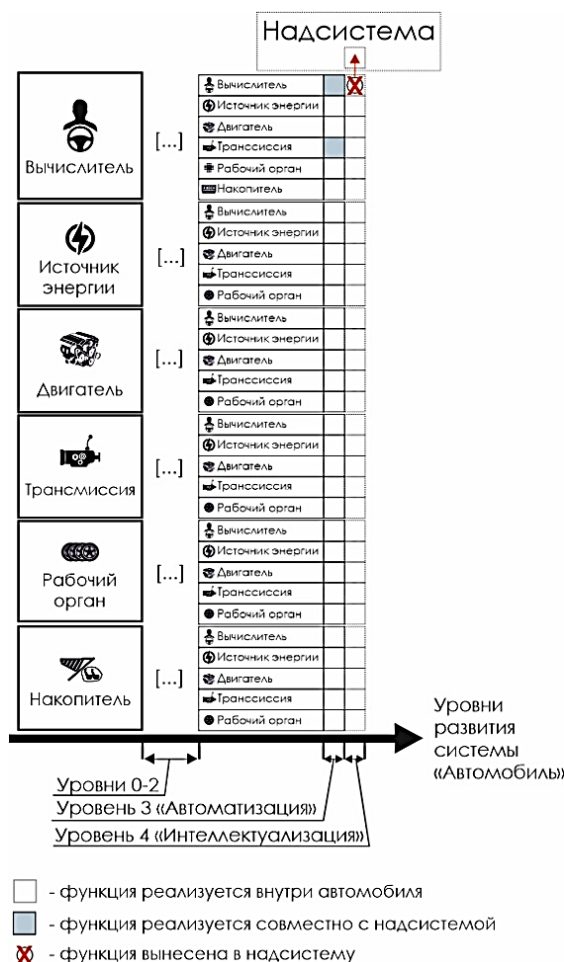


Рисунок 4 – Матрица зрелости технической системы «Автомобиль»: фрактальное развитие системы и сворачивание подсистем (общий вид)
 Источник: составлено авторами.

Figure 4 – Maturity Matrix of the Technical System «Automobile» (general view): fractal development of the system and reduction of subsystems
 Source: compiled by the authors.

В представленной матрице конечный итог развития технической системы «Автомобиль» можно выразить формулировкой идеального конечного результата в ТРИЗ: система отсутствует, а ее функция выполняется. Ранее подобием такой идеальной транспортной системы являлись речные пути, которые позволяли выполнять регулярные перевозки без создания стационарной технической системы. Это означает, что система «Автомобиль» (в современном понимании) может исчезнуть, а ее функции будет выполнять надсистема – аналог водных путей прошлого.

Предложенная матрица требует проверки и апробации, которые планируется осуществить в дальнейших исследованиях.

ВЫВОДЫ

В статье предложено применить методы ТРИЗ для моделирования матрицы зрелости такой сложной технической системы, как автомобиль.

Предложенная в статье матрица зрелости позволит прогнозировать развитие системы и будет полезна в планировании уровня и оценки технологической готовности при разработке инновационной продукции в этой области.

На сегодняшний день конструкцию автомобиля можно считать логически завершенной, т.к. концептуальное развитие происходит главным образом в сфере подсистем и надсистем. В ходе этого надсистемы обеспечивают автомобилю возможность автоматически со-

гласовывать свои движения с другими движущимися объектами и частично снимают часть функций с человека. Кроме того, подсистемы автомобиля теперь способны напрямую контактировать с надсистемой без участия водителя.

Все это позволяет предполагать, что с течением времени надсистемы и все подсистемы обретут способность непрерывно обмениваться информацией между собой, полностью управляя отдельным автомобилем и автомобильными потоками в целом. Следует ожидать, что это произойдет одновременно с исчезновением подсистемы «Вычислитель» в системе «Автомобиль». Процесс декомпозиции технической системы может продолжаться до тех пор, пока она не будет сведена к одной подсистеме «Накопитель» с соответствующей монофункцией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гранич В.Ю., Дутов А.В., Мирошкин В.Л., Сыпало К.И. Об уровнях готовности технологий и применении Калькулятора УГТ для их оценивания // Экономика науки. 2020. Т. 6, № 1-2. С. 6–10. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-6-10. EDN IDJEKP.
2. Митягина М.Н., Назаревич С.А. Применение метода априорного ранжирования при оценке уровня готовности технологии в сложной технической системе // Системный анализ и логистика. 2023. № 2(36). С. 45–53. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-2-45-53. EDN TQBPNX.
3. Kucharavy D., De Guio R. Application of S-shaped curves. *Procedia Engineering*. 2011. No 9. Pp. 559–572.
4. Schilling M.A., Esmundo M., Technology S-curves in renewable energy alternatives: Analysis and implications for industry and government. *Energy Policy*. 2009, doi:10.1016/j.enpol.2009.01.004.
5. Чаруйская М.А. Исследование моделей жизненного цикла технологий // Экономические науки. 2024. № 230. С. 38–45. DOI: 10.14451/1.230.38. EDN PWRELB.
6. Fleury S., Richir S. Some Creative Problem-Solving Methods: TRIZ, C-K, CPS, Design Sprint. In *Immersive Technologies to Accelerate Innovation* (eds S. Fleury and S. Richir). 2021. DOI: 10.1002/9781119887294.ch5
7. Abdul Rahim Z., Iqbal M.S. Innovation Process of Hydrogen Fuel Cell Storage Technology Using the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). *Chem. Eng. Technol.*, 2023. 46: 2635-2643. DOI: 10.1002/ceat.202300310
8. Da Silva RH, Kaminski PC, Armellini F. Improving new product development innovation effectiveness by using problem solving tools during the conceptual development phase: Integrating Design Thinking and TRIZ. *Creat Innov Manag.* 2020;29:685–700. DOI: 10.1111/caim.12399
9. Yu Sen-lin, Cheng Miao, Tian Qian, Community Micro-Ambulance Design Based on QFD and TRIZ Theories, *Mathematical Problems in Engineering*, 2023, 6698270, 25 pages, 2023. DOI: 10.1155/2023/6698270
10. H. Xu, L. Zhang, L. Wang, Y. Lu, H. Feng, A Robust Superhydrophobic/Conductive Composite Coating with Excellent Anticorrosive Performance. *Chemistry Select.* 2021, 6, 10412. DOI: 10.1002/slct.202101043
11. Лapidус Б.М. О создании Интеллектуальной мультимодальной транспортной системы России и проекта «Интеллектуальный контейнерный конвейер» // Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79, № 5. С. 276–281. DOI: 10.21780/2223-9731-2020-79-5-276-281
12. Freimann R., Maier S., Sannia A. Self-Propelled Trailers – An Approach to Type Approval. In: Bargende, M., Reuss, HC., Wagner, A. (eds) 21. *Internationales Stuttgarter Symposium. Proceedings.* Springer Vieweg, Wiesbaden. 2021. DOI: 10.1007/978-3-658-33466-6_2
13. Seungjin Sh., Hong-Seung R., Sung-Ho H. Technical Trends Related to Intermodal Automated Freight Transport Systems (AFTS) // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 34, Is. 2, 2018, Pages 161-169, DOI: 10.1016/j.ajsl.2018.06.013
14. Еремин Н.А., Столяров В.Е., Халворсен А.Л., Басниева И.К. Подводные челночные танкеры для транспортировки углеводородов // *Neftegaz.RU*. 2023. № 11. С. 42–51. EDN: ABXFIB
15. Chen, Shaohan, Kamarudin, Khairul Manami, Yan, Shihua, Analyzing the Synergy between HCI and TRIZ in Product Innovation through a Systematic Review of the Literature, *Advances in Human-Computer Interaction*, 2021, 6616962, 19 pages, 2021. DOI: 10.1155/2021/6616962
16. Lu, Shizhu, Guo, Yuqing, Huang, Wei, Shen, Min, Product Form Evolutionary Design Integrated with TRIZ Contradiction Matrix. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 3844324, 12 pages, DOI: 10.1155/2022/3844324
17. Zeng Y., Wang M., Rajan R. T. Decentralized coordination for truck platooning. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 2022. 37, 1997–2015. DOI: 10.1111/mice.12899
18. Pourmohammad-Zia N., Negenborn R.R., Schulte, F. Collaborative platooning and routing for mixed fleets of electric automated vehicles and conventional trucks. *Intl. Trans. in Op. Res.*, 2025. DOI: 10.1111/itor.70073
19. Аземша С.А. Дорожный пассажирский транспорт динамической вместимости: история появления и перспективы развития // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2024. № 3(69). С. 28–50. EDN LYGXBC.
20. Bergenheim C., Shladover S., Coelingh E. Overview of platooning systems // *Proceedings of the 19th ITS World Congress*. 2012. Oct 22-26. URL: https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/174621/local_174621.pdf (дата обращения: 06.10.2025).

REFERENCES

1. Granich V.Yu., Dutov A.V., Miroshkin V.L., Sypalo K.I. On the levels of technology readiness and the use of the UGT Calculator for their assessment. *Economics of science*. 2020. Vol. 6, No. 1-2. pp. 6-10. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-6-10. EDN IDJEKP.
2. Mityagina M.N., Nazarevich S.A. Application of the a priori ranking method in assessing the level of technology availability in a complex technical system. *System analysis and logistics*. 2023. № 2(36). Pp. 45-53. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-2-45-53. EDN TQBPNX.
3. Kucharavy D., De Guio R. Application of S-shaped curves. *Procedia Engineering*. 2011. No 9. Pp. 559–572.
4. Schilling M.A., Esmundo M., Technology S-curves in renewable energy alternatives: Analysis and implications for industry and government. *Energy Policy*. 2009, doi:10.1016/j.enpol.2009.01.004.
5. Charuyskaya M.A. Research of technology life cycle models. *Economic sciences*. 2024. No. 230. pp. 38-45. DOI: 10.14451/1.230.38. EDN PWRELB.
6. Fleury S., Richir, S. Some Creative Problem-Solving Methods: TRIZ, C-K, CPS, Design Sprint. In *Immersive Technologies to Accelerate Innovation* (eds S. Fleury and S. Richir). 2021. DOI: 10.1002/9781119887294.ch5
7. Abdul Rahim Z., Iqbal M.S. Innovation Process of Hydrogen Fuel Cell Storage Technology Using the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). *Chem. Eng. Technol.*, 2023. 46: 2635-2643. DOI: 10.1002/ceat.202300310
8. Da Silva RH, Kaminski PC, Armellini F. Improving new product development innovation effectiveness by using problem solving tools during the conceptual development phase: Integrating Design Thinking and TRIZ. *Creat Innov Manag*. 2020;29:685–700. DOI: 10.1111/caim.12399
9. Yu Sen-lin, Cheng Miao, Tian Qian. Community Micro-Ambulance Design Based on QFD and TRIZ Theories, *Mathematical Problems in Engineering*, 2023, 6698270, 25 pages, 2023. DOI: 10.1155/2023/6698270
10. H. Xu, L. Zhang, L. Wang, Y. Lu, H. Feng, A Robust Superhydrophobic/Conductive Composite Coating with Excellent Anticorrosive Performance. *Chemistry Select*. 2021, 6, 10412. DOI: 10.1002/slct.202101043
11. Lapidus B.M. On the creation of an Intelligent multimodal transport system in Russia and the Intelligent Container Conveyor project. *Bulletin of VNIIZHT*. 2020. Vol. 79. No. 5. pp. 276-281. DOI: 10.21780/2223-9731-2020-79-5-276-281
12. Freimann R., Maier S., Sannia A. Self-Propelled Trailers – An Approach to Type Approval. In: Bargende, M., Reuss, HC., Wagner, A. (eds) 21. Internationales Stuttgarter Symposium. Proceedings. Springer Vieweg, Wiesbaden. 2021. DOI: 10.1007/978-3-658-33466-6_2
13. Seungjin Sh., Hong-Seung R., Sung-Ho H. Technical Trends Related to Intermodal Automated Freight Transport Systems (AFTS). *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 34, Is. 2, 2018, Pages 161-169, DOI: 10.1016/j.ajsl.2018.06.013
14. Eremin N.A., Stolyarov V.E., Halvorsen A.L., Basnieva I.K. Underwater shuttle tankers for transportation of hydrocarbons. *Neftegaz.RU*. 2023. No. 11. pp. 42-51. EDN: ABXFIB
15. Chen Shaohan, Kamarudin Khairul Manami, Yan Shihua, Analyzing the Synergy between HCI and TRIZ in Product Innovation through a Systematic Review of the Literature, *Advances in Human-Computer Interaction*, 2021, 6616962, 19 pages, 2021. DOI: 10.1155/2021/6616962
16. Lu Shizhu, Guo Yuqing, Huang, Wei, Shen, Min, Product Form Evolutionary Design Integrated with TRIZ Contradiction Matrix. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 3844324, 12 pages, DOI: 10.1155/2022/3844324
17. Zeng Y., Wang M., Rajan, R. T. Decentralized coordination for truck platooning. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 37, 1997–2015. DOI: 10.1111/mice.12899
18. Pourmohammad-Zia N., Negenborn R.R., Schulte F. Collaborative platooning and routing for mixed fleets of electric automated vehicles and conventional trucks. *Intl. Trans. in Op. Res.*. 2025. DOI: 10.1111/itor.70073
19. Azemsha S.A. Dynamic capacity road passenger transport: the history of its appearance and development prospects. *Technical and technological problems of service*. 2024. № 3(69). Pp. 28-50. EDN LYGXBC.
20. Bergenheim C., Shladover S., Coelingh E. Overview of platooning systems. Proceedings of the 19th ITS World Congress. 2012. Oct 22-26. URL: https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/174621/local_174621.pdf (дата обращения: 06.10.2025).

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД СОАВТОРОВ

Анохов И.В. Вклад в общую работу заключается в формулировании идеи статьи, подбора литературы, написании текста, создании изображений.

Торопов Н.Ю. Вклад в общую работу заключается в изучении публикаций по теме статьи, корректировке гипотез; критический анализ статьи, модификация текста и изображений.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Anokhov I.V. Concept development, literature review, text writing, creating the illustration materials.

Toropov N.Yu. Literature review, checking and correction of the hypotheses, critical analysis of the article, text and illustration editing.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анохов Игорь Васильевич – канд. экон. наук, доц. Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (129626, ул. 3-я Мытищинская, д. 10).

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-5983-2982>,

SPIN-код: 1444-3259,

Author ID: 260787,

e-mail: I.V.Anokhov@yandex.ru

Торопов Николай Юрьевич – зам. директора Департамента цифровой трансформации, ФАУ «РОСДОРНИИ» (125493, ул. Смольная, д. 2).

SPIN-код: 1065-7137,

Author ID: 1234059,

e-mail: toropov@rosdornii.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anokhov Igor V. – Cand. of Sci. (Economics), Associate Professor, Railway Research Institute (10, the Third Mytischinskaya Street, Moscow, 129626).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5983-2982>,

SPIN-code: 1444-3259,

Author ID: 260787,

e-mail: I.V.Anokhov@yandex.ru

Toropov Nikolay Yu. – Deputy Director, Digital Transformation Department, Federal Autonomous Institution “Russian Road Research Institute “ (2, Smolnaya Street., Moscow, 125493).

SPIN-code: 1065-7137,

Author ID: 1234059,

e-mail: toropov@rosdornii.ru