



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

научная статья
УДК 330.4

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СОРСИНГА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Канд. экон. наук **ФАРХУТДИНОВ И.И.** ✉, д-р физ.-мат. наук **ИСАВНИН А.Г.**
Набережночелнинский институт К(П)ФУ
(ilnour1986@inbox.ru)

Представлена оценка целесообразности применения производственных моделей сорсинга на основе двухслойной искусственной нейронной сети прямого распространения с фиксированными или условно-динамическими весами. Также в работе обозначены перспективы и дальнейшие шаги развития применения нейросетевых технологий для решения задачи "делать или покупать?".

Ключевые слова: экономика сорсинга, задача "делать или покупать", искусственные нейронные сети, модель МакКаллока—Питса, инсорсинг, сингл-аутсорсинг, мульти-аутсорсинг, модель сорсингового манёвра, матрица аутсорсинга, факторы принятия управленческих решений.

ASSESSMENT OF FEASIBILITY OF USING INDYSTRIAL SOURCING'S MODELS BASED ON AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK Farkhoutdinov I.I., Isavnin A.G.

This paper presents an assessment of the feasibility of using indystrial sourcing's models based on a two-layer artificial neural network of direct propagation with fixed weights. The paper also outlines the prospects and further steps for the development of the use of neural network technologies to solve make-or-buy decision.

Keywords: economy of sourcing, make-or-buy decision, artificial neural networks, McCulloch-Pitts Neuron, insourcing, single-outsourcing, multi-outsourcing, model of sourcing's maneuver, outsourcing matrix, factors of managerial decision-making.

Использование матрицы аутсорсинга — самый распространённый в мире инструмент решения задачи "делать или покупать?". Однако этот метод имеет ряд недостатков, в том числе принципиальных. В частности, при принятии управленческих решений используются только два фактора, тогда как в реальности факторов принятия решения может быть гораздо больше. Данное

ограничение привело к тому, что на сегодняшний день в научно-практической литературе представлено достаточно большое количество авторских методик оценки целесообразности применения моделей сорсинга, основанных на матрице аутсорсинга, которые по сути являются адаптированными версиями матрицы, например, к конкретной фирме или конкретному производству.

Также следует отметить, что действующие на практике матрицы аутсорсинга рекомендуют к применению очень ограниченное число моделей сорсинга, что, безусловно, является значимым ограничением, так как экономика сорсинга, будучи молодым и перспективным направлением экономической науки, порождает всё новые и новые эффективные модели, каждая из которых является адекватным следствием продолжающегося в мире углубления разделения труда.

В связи с вышесказанным перспективными являются разработки, направленные на преодоление действующих ограничений доминирующего на практике метода. В ранее опубликованной авторами работе¹ для решения задачи "делать или покупать" был предложен подход, основанный на применении нейросетевых технологий, однако данный подход базировался на использовании искусственного нейрона, поэтому следующим шагом является разработка полноценных искусственных нейронных сетей с перспективой построения на их основе программных продуктов.

¹ Фархутдинов И.И., Исавин А.Г. Перспективы применения искусственных нейронных сетей для решения экономических задач в рамках сорсинга // Журнал «Экономический анализ: теория и практика». — 2019. Т. 18, вып. 8 (491). — С. 1565—1580.

| № | Наименование недостатка | Суть недостатка |
|---|--|---|
| 1 | Двухфакторность | Подавляющее большинство представленных в научно-практической литературе матриц аутсорсинга является двумерным, следовательно, при принятии управленческих решений о применении моделей сорсинга, руководством фирмы используются только два фактора. В реальности факторов гораздо больше |
| 2 | Равнозначность факторов | Так как матрица аутсорсинга строится на базе декартовой системы координат, то факторы принятия решения являются равнозначными. На практике, в зависимости от принятой на предприятии стратегии и продуктовой политики, некоторые факторы могут иметь большую значимость, чем другие |
| 3 | Ограниченное количество моделей сорсинга | Матрица аутсорсинга является информационным инструментом принятия решения, поэтому увеличение её размерности с целью включения большего количества моделей сорсинга существенно усложняет визуальное восприятие руководством фирмы результатов анализа составных элементов продукта или бизнес-процессов. Поэтому на практике в основном применяют двумерные матрицы аутсорсинга, которые на выходе предлагают ограниченное количество моделей сорсинга |

Основные недостатки матрицы аутсорсинга

Как было отмечено во введении данной статьи, матричный подход к оценке целесообразности применения моделей сорсинга имеет ряд принципиальных недостатков. В табл. 1 представлены *ключевые недостатки*.

Тем не менее матрица аутсорсинга является самым востребованным и удобным в мире методом решения задачи "делать или покупать", поэтому при устранении вышеуказанных недостатков матричный принцип приобретает очевидные преимущества перед другими существующими на сегодняшний

день подходами, например такими, как однофакторные подходы, к которым можно отнести оценку экономической целесообразности применения моделей сорсинга [1, с. 41—43], оценку финансовой целесообразности применения моделей сорсинга [2] и др. Одним из способов устранения недостатков матричного принципа является перенесение данных принципов в искусственные нейронные сети.

Матрица аутсорсинга в интерпретации искусственного нейрона

В настоящей работе мы рассмотрим авторскую матрицу аутсорсин-

га, основанную на использовании таких факторов принятия решения, как "стратегическая значимость" и "рентабельность"² (рис. 1).

При перенесении данной матрицы аутсорсинга на стандартную модель формального нейрона факторы принятия решения становятся входными сигналами, а сама математическая модель имеет вид:

$$y = f(s) = f(x_1 w_1 + x_2 w_2), \quad (1)$$

где y — выходной сигнал нейрона, т.е. предлагаемая модель сорсинга; $f(s)$ — функция активации; x_1 — фактор "стратегическая значимость"; x_2 — фактор "рентабельность"; w_1 — вес (значимость) фактора "стратегическая значимость"; w_2 — вес (значимость) фактора "рентабельность".

Функция активации описывается следующим образом:

$$f(s) = \begin{cases} \text{аутсорсинг, если } s < T; \\ \text{инсорсинг, если } s \geq T, \end{cases} \quad (2)$$

где T — порог нейрона.

Структурная схема искусственного нейрона, решающего задачу "делать или покупать" и построенного на основе авторской матрицы аутсорсинга, представлена на рис. 2.

Из представленной интерпретации видно, что: искусственный нейрон может принимать n -е количест-

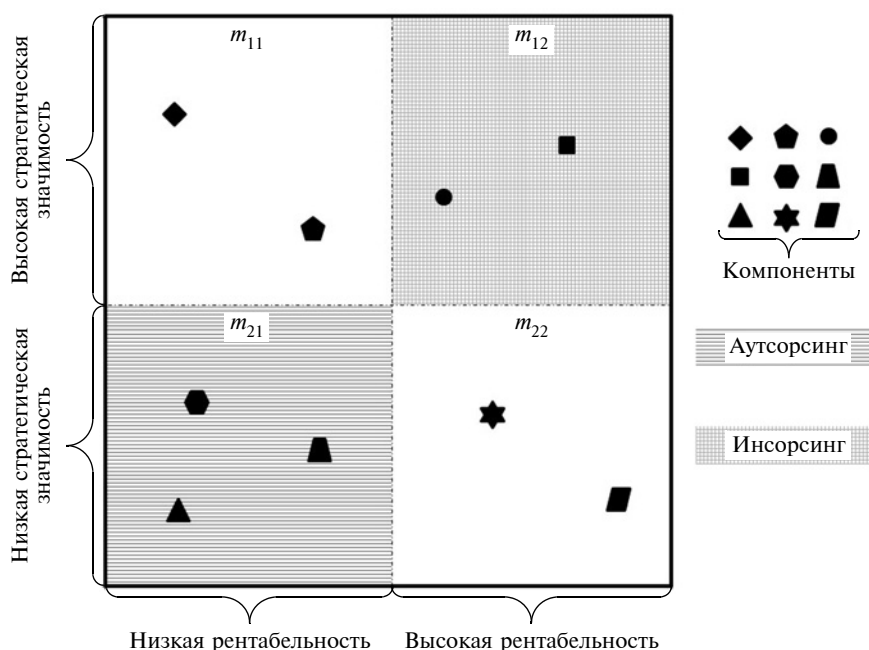


Рис. 1. Авторская матрица аутсорсинга

² Исавнин А.Г., Фархутдинов И.И. Метод оценки целесообразности применения производственного аутсорсинга // Журнал «Региональная экономика: теория и практика». — 2013. — № 4 (283). — С. 16—20.

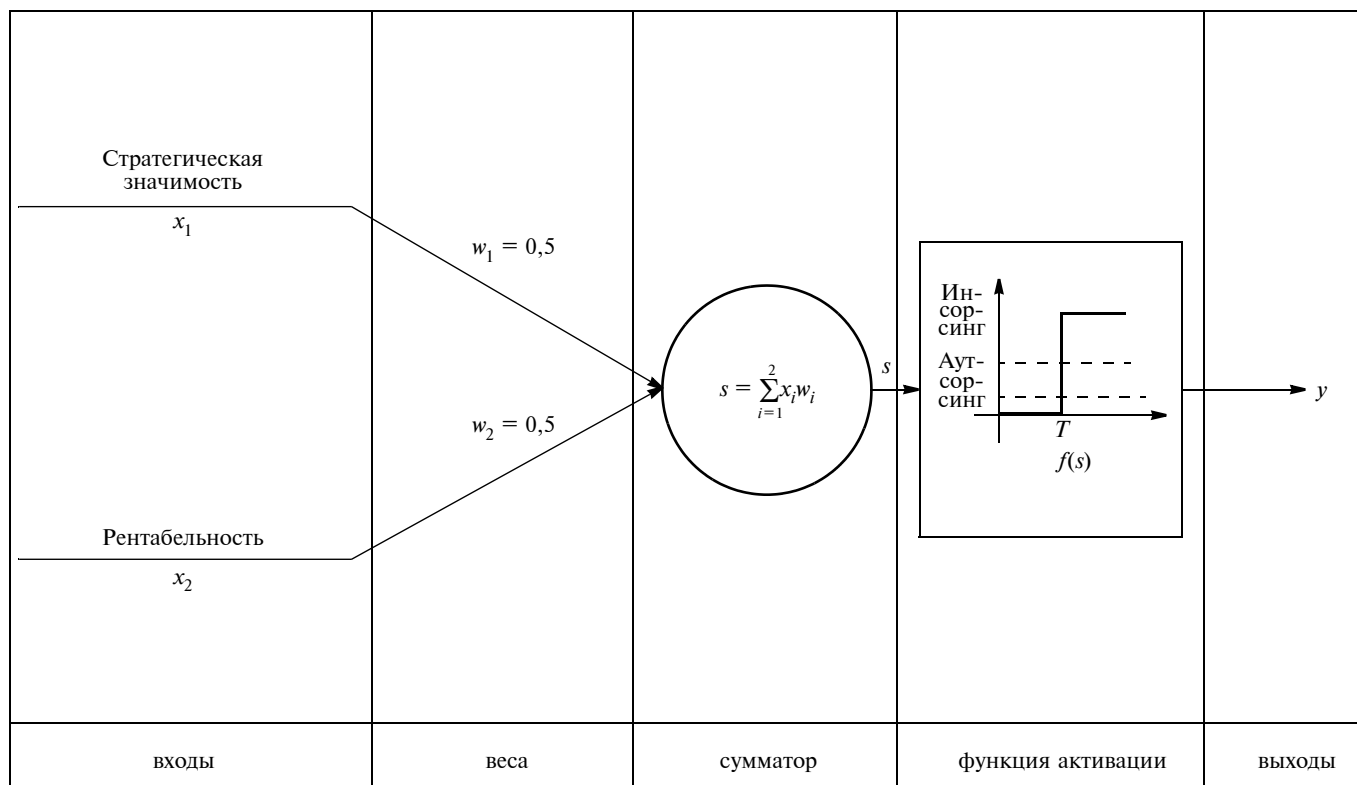


Рис. 2. Авторская матрица аутсорсинга в интерпретации искусственного нейрона

во входных сигналов (факторов принятия решения), следовательно, модель, способная осуществлять многофакторную оценку целесообразности применения моделей сорсинга; веса каждого входного сигнала регулируемы, в частности, могут быть заданы разработчиком или сформированы по результатам обучения, следовательно, каждый фактор принятия решения может иметь свою индивидуальную значимость; функция активации может быть задана таким образом, что выходной сигнал нейрона может предлагать более двух моделей сорсинга, в частности, путём задания двух и более порогов нейрона; данный искусственный нейрон может являться выходным слоем нейронной сети, следовательно, факторы принятия решения могут быть выходными сигналами нейронов, составляющих либо входной, либо скрытый слой сети.

В настоящей работе оценка целесообразности применения производственных моделей сорсинга будет основана на двухслойной нейронной сети прямого распространения,

поэтому первым этапом разработки предлагаемого подхода является построение входного слоя сети, в частности, искусственных нейронов, выходными сигналами которых будут факторы принятия решения.

Факторы принятия управленческих решений

Перед тем как приступить к построению входного слоя нейросети, следует обозначить некоторые правила, на которые будет опираться предлагаемый подход:

1. Факторы принятия управленческих решения задаются значениями 0 и 1, что соответствует, например, если мы говорим о факторе "стратегическая значимость", низкой и высокой стратегической значимости, т.е. элементам матрицы $m_{21} \cup m_{22}$ и $m_{11} \cup m_{12}$ соответственно (см. рис. 1).

2. Входными сигналами первого слоя нейросети являются критерии, определяющие значения факторов принятия решения, например, критериями, формирующими фактор "стратегическая значимость", явля-

ются "перспективы на будущее", "значимость для бренда" и др.³.

3. Значимость всех входных сигналов нейронов сети является либо фиксированной, т.е. задаётся разработчиком продукта ЭВМ, построенного на основе предлагаемой математической модели, либо условно-динамической, в частности, задаётся оператором данного программного продукта.

Как было отмечено выше, факторы принятия управленческих решений "стратегическая значимость" и "рентабельность", принимающие значения 0 или 1, являются выходными сигналами нейронов, составляющих входной слой разрабатываемой нейросети, следовательно, данные нейроны будем именовать как "стратегическая значимость компонента" и "экономическая значимость компонента" соответственно.

³ Исавин А.Г., Фархутдинов И.И. Метод оценки целесообразности применения производственного аутсорсинга // Журнал «Региональная экономика: теория и практика». — 2013. — № 4 (283). — С. 16—20.

Так как целью данной статьи является разработка модели, осуществляющей многофакторную оценку целесообразности применения моделей сорсинга, то во входной слой нейросети также необходимо включить нейроны, отражающие другие не менее важные аспекты решения задачи "делать или покупать". Анализ литературы по данной тематике продемонстрировал, что аспекты, связанные с качеством исполнения бизнес-процесса и потребительски-

ми свойствами оцениваемого компонента, являются весьма значимыми при построении матриц аутсорсинга, например, встречаются такие факторы принятия управленческого решения, как "качество" [3], "уровень исполнения бизнес-процессов" [4, с. 91], "уровень компетентности по бизнес-процессу" [5, с. 94], "относительная возможность реализации" [6].

Также в условиях современных торговых войн важнейшим аспек-

том решения задачи "делать или покупать" являются всевозможные рыночные ограничения, например такие, как национальная принадлежность поставщика, удаленность поставщика от заказчика, количество потенциальных поставщиков на рынке и др. Третий и четвертый нейроны входного слоя будут именоваться как "потребительская значимость компонента" и "рыночные ограничения и коммерческие возможности".

Определив нейроны входного слоя разрабатываемой нейросети, необходимо определить критерии, определяющие значения факторов принятия решения. Касательно нейрона "стратегическая значимость компонента", критерии заимствуем из авторской матрицы аутсорсинга, в частности, подробное *описание входных сигналов* изложено в табл. 2.

Для нейрона "экономическая значимость компонента" используем критерии, широко применяемые в авторских методиках оценки целесообразности и экономического эффекта от применения моделей сорсинга⁴, в частности, такие критерии, как "маржинальная рентабельность компонента", "доля чистой прибыли в маржинальной рентабельности компонента", "доля полезных затрат в постоянных издержках компонента" и "поведение затрат на закупку компонента у поставщика/поставщиков". В табл. 3 представлено более подробное описание входных сигналов нейрона "*экономическая значимость компонента*". В таблице: диапазоны принимаемых значений входных сигналов "маржинальная рентабельность компонента", "доля чистой прибыли в маржинальной рентабельности компонента" и "доля полезных затрат в постоянных издержках компонента" являются

Таблица 2

| Номер сигнала | Критерий | Принимаемые (вводимые оператором ЭВМ) значения |
|---------------|--|--|
| 1 | Перспективы производства компонента | Баллы: 0 — краткосрочные; 1 — среднесрочные; 2 — долгосрочные |
| 2 | Значимость компонента для бренда | Баллы: 0 — слабая; 1 — средняя; 2 — сильная |
| 3 | Значимость для конечного продукта | Баллы: 0 — компонент устанавливается только в качестве опции; 1 — компонент может быть в виде дополнительного решения или обязательным при некоторых вариантах (комплектациях) конечного продукта; 2 — компонент является незаменимой частью продукта |
| 4 | Альтернативные перспективы (наличие технических решений, дающих вторую жизнь компоненту, например, существенно повышают КПД компонента или существенно снижают себестоимость производства компонента и др.). | Баллы: 0 — нет подобных трендов (технических решений); 1 — имеется подобный тренд — небольшие перспективы; 2 — имеется подобный тренд — большие перспективы |

Таблица 3

| Номер сигнала | Критерий | Принимаемые (вводимые оператором ЭВМ) значения |
|---------------|---|---|
| 1 | Маржинальная рентабельность компонента | Принимает значение от 5 до 150 % |
| 2 | Доля чистой прибыли в маржинальной рентабельности компонента | Принимает значение от 0 до 100 % |
| 3 | Доля полезных затрат в постоянных издержках компонента | Принимает значение от 10 до 100 % |
| 4 | Поведение затрат на закупку компонента у поставщика/поставщиков | Баллы: 0 — депрессивное; 1 — пропорциональное; 2 — прогрессивное |

⁴ Исаев А.Г., Фархутдинов И.И. Оценка экономической эффективности применения аутсорсинга с помощью системы «директ-костинг» // Автомобильная промышленность. — 2013. — № 6. — С. 1—3; Исаев А.Г., Фархутдинов И.И. Оптимизация условно-постоянных затрат посредством применения моделей сорсинга // Журнал «Финансовая аналитика: проблемы и решения». — 2018. — Т. 11, вып. 1. — С. 62—76.

индивидуальными для каждого предприятия.

Критерии, являющиеся входными сигналами нейрона "потребительская значимость компонента", могут быть определены каждым предприятием индивидуально, в том числе, исходя из утверждённой в организации системы менеджмента качества, однако в настоящей работе предложим критерии, которые, по нашему мнению, являются классическими по отношению к качеству и потребительскому свойству того или иного компонента, в частности, используем такие входные сигналы, как "опыт производства компонента", "является ли компонент элементом, который потребитель отключает, в том числе, демонтирует, или заменяет, или усовершенствует", "является ли компонент конструктивно удачным" и "уровень рекламаций". В табл. 4 представлены принимаемые значения каждого входного сигнала.

Нейрон "рыночные ограничения и коммерческие возможности" условно можно разделить на две составляющие, характеризующие соответствующими критериями, в частности, значимость компонента по рыночным ограничениям определяется такими критериями как "количество аутсорсеров на рынке", что является логичным, так как наличие на рынке большого количества потенциальных поставщиков формирует конкурентную среду, а единственный аутсорсер, будучи монополистом, способен сгенерировать заказчику дополнительные издержки⁵, и "территориальное расположение аутсорсеров", что также является логичным, так как, помимо того факта, что удалённость поставщика напрямую отражается на логистических затратах, в условиях современных торговых войн, вводимых санкций и пандемии крайне высок риск прекращения поставок

⁵ Исавнин А.Г., Фархутдинов И.И. Особенности применения производственного аутсорсинга на российском автомобилестроительном предприятии // LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2013, Saarbruecken, Germany, ISBN 978-3-659-42197-6. 188 с.

| Номер сигнала | Критерий | Принимаемые (вводимые оператором ЭВМ) значения |
|---------------|--|--|
| 1 | Опыт производства компонента | Баллы: 0 — нет; 1 — есть, по обходным (альтернативным) технологиям; 2 — есть, предыдущего поколения (предыдущей модели) компонента; 3 — есть |
| 2 | Является ли компонент элементом, который потребитель отключает, в том числе, демонтирует, или заменяет, или усовершенствует | Баллы: 0 — да; 1 — нет |
| 3 | Является ли компонент конструктивно удачным (характеристики компонента (некоторые или все ключевые показатели) ощутимо превышают заданные в техническом задании) | Баллы: 0 — нет; 1 — да |
| 4 | Уровень рекламаций | Баллы: 0 — высокий; 1 — средний; 2 — низкий При отсутствии опыта производства выставляется значение 0 |

Таблица 5

| Номер сигнала | Критерий | Принимаемые (вводимые оператором ЭВМ) значения |
|---------------|---|--|
| 1 | Наличие рынков сбыта компонента (не только в составе конечного продукта, но и как самостоятельный продукт, например, рынок запасных частей, покупки другими производителями и т.п.) | Баллы: 0 — нет; 1 — да |
| 2 | Наличие сервисных продуктов, прилагаемых к компоненту (компонент "облагается" сервисным продуктом, т.е. платными услугами) | Баллы: 0 — нет; 1 — да |
| 3 | Количество аутсорсеров на рынке | От 0 до 10 (если больше, то также выставляется значение 10) |
| 4 | Территориальное расположение аутсорсеров | Баллы: 0 — зарубежные (большая часть); 1 — удалённый регион страны (большая часть); 2 — местные (большая часть) |

из-за рубежа⁶. Значимость компонента по коммерческим возможностям определяется такими критериями

⁶ Примером является образовавшийся по причине пандемии дефицит полупроводниковых микрочипов в мировом автомобилестроении (источник: https://www.autostat.ru/editorial_column/48333/).

ми как, "наличие рынков сбыта компонента" и "наличие сервисных продуктов, прилагаемых к компоненту". В табл. 5 представлено более подробное описание входных сигналов нейрона "рыночные ограничения и коммерческие возможности".

Очевидно, что принимаемые, т.е. вводимые оператором ЭВМ, значения, указанные в табл. 2, 3, 4 и 5,

Таблица 6

| № | Нейрон | Принимаемое значение | Характеристика |
|---|---|----------------------|--|
| 1 | Стратегическая значимость компонента | 0 | Содержание производства компонента в контуре предприятия является стратегически нецелесообразным |
| | | 1 | Освоение или сохранение производства компонента является стратегически верным решением |
| 2 | Экономическая значимость компонента | 0 | Производство и реализация компонента либо экономически мало эффективно, либо убыточно |
| | | 1 | Производство и реализация компонента генерируют для предприятия ощутимую прибыль |
| 3 | Потребительская значимость компонента | 0 | Низкие качество и потребительские свойства компонента свидетельствуют о низком уровне компетентности предприятия в части разработки и производства данного или аналогичного компонента |
| | | 1 | Высокие качество и потребительские свойства компонента свидетельствуют о высоком уровне компетентности предприятия в части разработки и производства данного или аналогичного компонента |
| 4 | Рыночные ограничения и коммерческие возможности | 0 | Компонент имеет низкую коммерческую целесообразность, а благоприятная рыночная среда способствует беспрепятственной закупке компонента "на стороне" |
| | | 1 | Компонент имеет высокую коммерческую целесообразность, а неблагоприятная рыночная среда потенциально реализует риски аутсорсинга |

Таблица 7

| № | Модель | Описание |
|---|---|--|
| 1 | Мульти-аутсорсинг | Предполагает поставки компонента от нескольких аутсорсеров одновременно |
| 2 | Внешний сингл-аутсорсинг | В рамках данной модели заказчик взаимодействует только с одним поставщиком |
| 3 | Модель сорсингового манёвра "локализация компонентов продукции совместного предприятия" | Гибридная модель сорсинга, представляющая собой реструктуризационный производственный аутсорсинг с элементами инсорсинга |
| 4 | Внутренний сингл-аутсорсинг | Поставщиком компонента является дочернее общество |
| 5 | Инсорсинг | Процесс производства компонента полностью сконцентрирован внутри предприятия |

необходимо нормализовать, например, привести к значениям в диапазоне от нуля до единицы. Далее после нормализации значений и перемножения каждого значения на соответствующий вес, который, как было отмечено выше, либо задаётся разработчиком продукта ЭВМ, либо оператором данного продукта, производится суммирование и, исходя из полученного результата и заданного для каждого нейрона

входного слоя сети значения порога⁷, функция активации определяет, какую значимость⁸ для предприятия представляет исследуемый

⁷ Данное значение аналогично значимости входных сигналов нейронов сети может быть либо фиксированной, либо условно-динамической.

⁸ Низкой или высокой, т.е. 0 или 1 соответственно.

компонент по тому или иному фактору принятия решения. Краткая характеристика каждого принимаемого значения в нейронах входного слоя сети представлена в табл. 6.

Примечание к табл. 6: для нейрона "рыночные ограничения и коммерческие возможности" очевидно, что чем выше коммерческая целесообразность компонента и менее благоприятная рыночная среда, тем больше оснований для содержания производства компонента в контуре предприятия.

Функция активации выходного слоя сети

Следующим шагом к построению предлагаемого в настоящей работе подхода является доработка выходного слоя сети, в частности, нейрона, математически описанного выражениями (1) и (2). Данная доработка, направленная на устранение недостатка "ограниченное количество моделей сорсинга" (см. пункт 3, табл. 1), опирается на формирование последовательного ряда моделей сорсинга, начинающегося с модели, при котором контроль заказчика над процессом производства компонента минимален, и завершающегося моделью "инсорсинг", т.е. ситуацией, когда предприятие осуществляет полный контроль над производственными процессами. Опираясь на ранее опубликованные научные работы⁹, предлагаем ряд, состоящий из таких моделей сорсинга, как "мульти-аутсорсинг", "внешний сингл-аутсорсинг", "модель сорсингового манёвра "локализация компонентов продукции сов-

⁹ Исавнин А.Г., Фархутдинов И.И. Особенности применения производственного аутсорсинга на российском автомобилестроительном предприятии // LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2013, Saarbruecken, Germany, ISBN 978-3-659-42197-6, 188 стр.; Исавнин А.Г., Фархутдинов И.И. Оценка экономического эффекта от применения модели сорсингового манёвра на промышленном предприятии // Региональная экономика: теория и практика. — 2014. — № 43 (370). — С. 45—50; Фархутдинов И.И., Исавнин А.Г. Теоретические аспекты производственных форм сорсинга // Журнал «Экономический анализ: теория и практика». — 2019. — Т. 18, вып. 1. — С. 108—120.

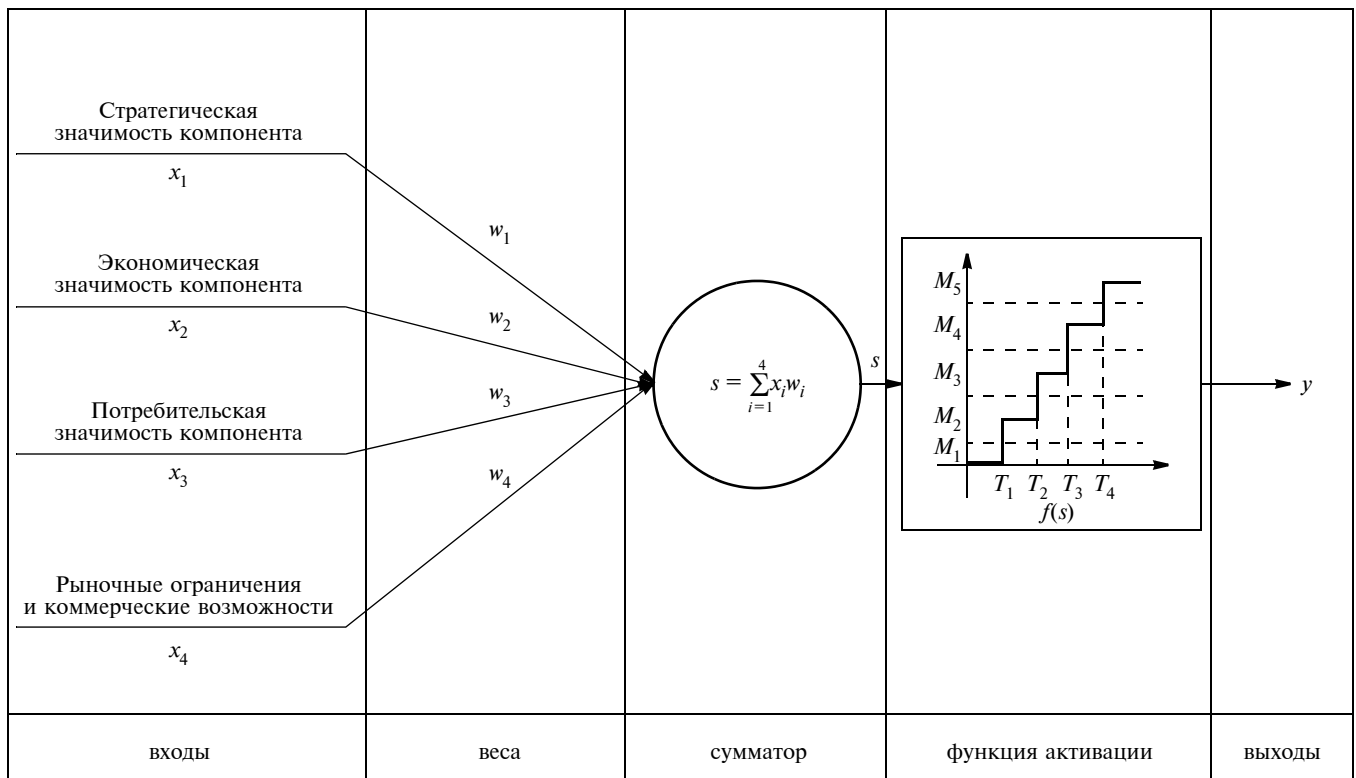


Рис. 3. Структурная схема искусственного нейрона выходного слоя сети

местного предприятия", "внутренний сингл-аутсорсинг" и "инсорсинг". В табл. 7 представлено краткое описание каждой модели.

Функция активации, дополненная предлагаемыми моделями сорсинга и, как следствие, способная предлагать более двух моделей сорсинга, описывается следующим образом:

$$f(s) = \begin{cases} \text{мульти-аутсорсинг, если } s < T_1; \\ \text{внешний сингл-аутсорсинг,} \\ \text{если } T_1 \leq s < T_2; \\ \text{модель сорсингового манёвра,} \\ \text{если } T_2 \leq s < T_3; \\ \text{внешний сингл-аутсорсинг,} \\ \text{если } T_3 \leq s < T_4; \\ \text{инсорсинг, если } s \geq T_4, \end{cases} \quad (3)$$

где T_1, T_2, T_3, T_4 — пороги нейрона.

Аналогично нейронам входного слоя сети значения порогов T_1, T_2, T_3, T_4 задаются либо разработчиком, либо оператором продукта ЭВМ.

Также учитывая, что предлагаемая модель производит многофакторную оценку целесообразности

применения производственных моделей сорсинга, выражение (1) подвергается следующей корректировке:

$$y = f(s) = f(x_1 w_1 + x_2 w_2 + x_3 w_3 + x_4 w_4), \quad (4)$$

где x_1 — фактор "стратегическая значимость компонента"; x_2 — фактор "экономическая значимость компонента"; x_3 — фактор "потребительская значимость компонента"; x_4 — фактор "рыночные ограничения и коммерческие возможности"; w_1 — вес (значимость) фактора "стратегическая значимость компонента"; w_2 — вес (значимость) фактора "экономическая значимость компонента"; w_3 — вес (значимость) фактора "потребительская значимость компонента"; w_4 — вес (значимость) фактора "рыночные ограничения и коммерческие возможности".

Также следует отметить, что значения весов w_1, w_2, w_3, w_4 аналогично весам входных сигналов нейронов входного слоя являются либо фиксированными, либо условно-динамическими.

Структурная схема доработанного искусственного нейрона, являю-

щегося выходным слоем разрабатываемой нейросети, представлена на рис. 3. Здесь: M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 — предлагаемые нейроном модели сорсинга.

Двухслойная нейросеть прямого распространения

Завершающим этапом является консолидация входного и выходного слоёв в единую нейронную сеть. На основе выражения (4) составим математическое описание предлагаемой двухслойной нейронной сети прямого распространения:

$$y = f(s) = f\left(\sum_{i=1}^4 \left(\varphi_i \left(\sum_{j=1}^4 a_{ij} v_{ij}\right)\right) w_i\right), \quad (5)$$

где a_{ij} — j -й критерий i -го нейрона входного слоя; v_{ij} — вес (значимость) j -го критерия i -го нейрона входного слоя; φ_i — функция активации i -го нейрона входного слоя. Структурная схема нейросети представлена на рис. 4.

Таким образом, предложенный подход к оценке целесообразности применения производственных моделей сорсинга, основанный на раз-

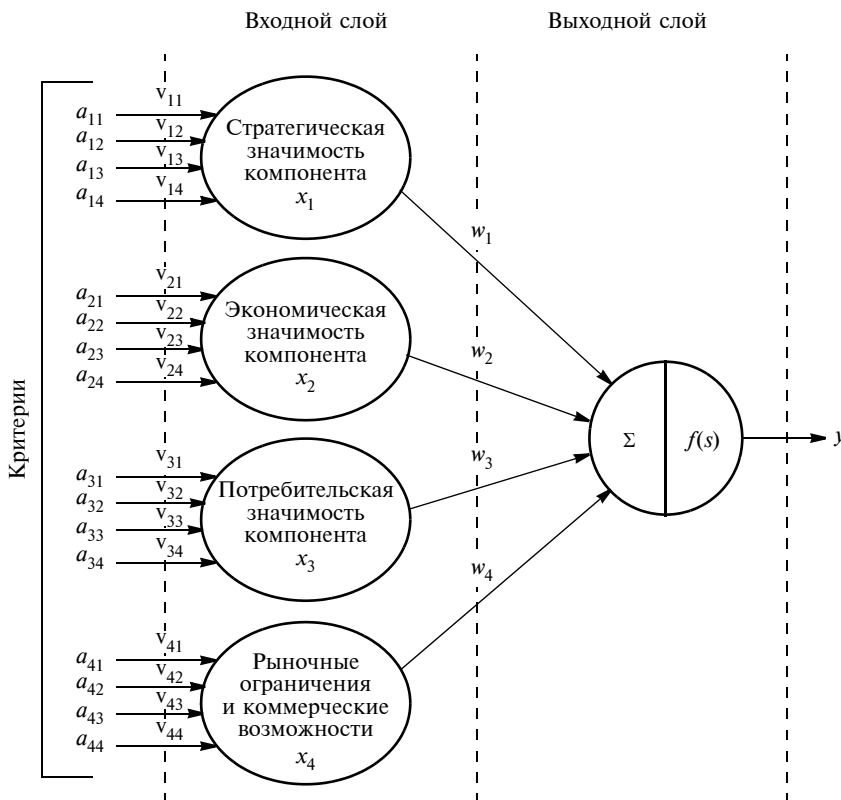


Рис. 4. Структурная схема двухслойной искусственной нейросети прямого распространения

работке двухслойной искусственной нейронной сети прямого распространения, позволил преодолеть существенные недостатки самого популярного в мире метода решения задачи "делать или покупать", именуемого матрицей аутсорсинга. В частности, устранены такие недостатки, как двухфакторность, равнозначность факторов принятия управленческого решения и ограниченность предлагаемых моделей сорсинга.

Очевидно, что, применяя данный подход, каждое предприятие может индивидуально для себя выработать факторы принятия управленческих решений и критерии, определяющие значимость того или иного компонента по этим факторам, а также

подобрать необходимые значения весов и порогов нейронов. В связи с этим количество нейронов во входном слое и количество входных сигналов (критериев) могут принимать любые значения, поэтому следует доработать выражение (5) следующим образом:

$$y = f(s) = f\left(\sum_{i=1}^n \left(\varphi_i \left(\sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} v_{ij}\right)\right) w_i\right), \quad (6)$$

где n — количество нейронов во входном слое; m_i — количество входных сигналов (критериев) i -го нейрона входного слоя.

Дальнейшим развитием применения нейросетевых технологий для решения задачи "делать или поку-

пать?" представляется доработка нейросети по следующему направлению: анализ научно-практической литературы с целью выработки более полного перечня критериев, определяющих значения факторов принятия управленческого решения и охватывающих все возможные аспекты организации серийного производства компонентов выпускаемой продукции, и, как следствие, формирование новых нейронов во входном слое сети; разработка скрытого слоя сети и дополнение выходного слоя новыми нейронами с применением других видов функций активации с целью увеличения количества предлагаемых нейросетью моделей сорсинга.

Источники

1. Сосунова Л.А., Карпова Н.П. Критерии оценки целесообразности аутсорсинга // Российское предпринимательство. 2011. № 3-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-otsenki-tselesoobraznosti-autsorsinga>
2. Савельева М.Ю., Савельева Ю.В. Оценка финансовой целесообразности производственного аутсорсинга с учётом роста стоимости компании // Российское предпринимательство. 2015. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-finansovoy-tselesoobraznosti-proizvodstvennogo-autsorsingasa-uchetom-rosta-stoimosti-kompanii>
3. Митрофанова Е. Как оптимизировать бизнес-модель компании. [Электронный ресурс]. URL: <http://fd.ru/articles/14585-kak-optimizirovatbiznes-model-kompanii>
4. Махмутов И.И. Методы и модели аутсорсинга / И.И. Махмутов, И.А. Муртазин, Н.В. Карпова // В мире научных открытий. — 2015. — № 1 (61). — С. 80—104. RL: file:///C:/Users/ntc-fii/Downloads/VMNO_161_2015.pdf
5. Моисеева Н.К., Малютин О.Н., Москвина И.А. Аутсорсинг в развитии делового партнерства. — М.: Финансы и статистика, 2012.
6. McIvor R., Wall A.P., Humphreys P.K., McKittrick A. A Study of Performance Measurement in the Outsourcing Decision. CIMA Publishing. Research Executive Summaries Series, 2009, vol. 4, iss. 3, 120 p.

Статья поступила в редакцию 31.07.21;
одобрена после рецензирования 19.08.21;
принята к публикации 24.08.21.

Уважаемые коллеги и подписчики,

11 ноября 2021 года исполнится 30 лет со дня образования ОАО "Автосельхозмаш-холдинг" (ОАО "АСМ-холдинг").

Общество стало первой в новейшей истории России межгосударственной организацией на экономическом пространстве СНГ, объединившей большинство предприятий автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения стран Содружества.

Кадровый состав общества на этом этапе формировался из наиболее квалифицированных специалистов упраздненного в 1991 году Министерства автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения СССР. Это позволило сохранить уникальную базу данных о потенциале отрасли, а высокий профессионализм работников был и остаётся востребованным при выполнении аналитической работы по запросам Администрации Президента Российской Федерации, Федерального Собрания Российской Федерации, Минпромторга России, Минэкономразвития России, российский и зарубежных предприятий автомобильной сферы.

Сегодня общество представляет собой широко известную в стране и далеко за её пределами авторитетную компанию широкого профиля, комплексно обслуживающую отрасль в сферах статистической и деловой информации, экономического анализа, инвестиционной деятельности, проведения отраслевых форумов и формирования выставочных и других публичных мероприятий.

В течение длительного времени ОАО "АСМ-холдинг" является членом ряда отраслевых объединений федерального уровня. Информационные ресурсы "ОАО "АСМ-холдинг" используют Государственная Дума, Торгово-промышленная палата РФ, Министерство промышленности и торговли, Министерство экономического развития и другие органы государственной власти. Компания оказывает консалтинговые и информационные услуги более чем 100 отечественным и зарубежным компаниям, а также различным инвестиционным и аналитическим структурам, информационным агентствам.

Благодарим Вас за многолетнее информационное сотрудничество.

Руководство и коллектив
сотрудников ОАО "АСМ-холдинг"



АНАЛИТИЧЕСКАЯ И КОНСАЛТИНГОВАЯ
КОМПАНИЯ

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АСМ-ХОЛДИНГ»

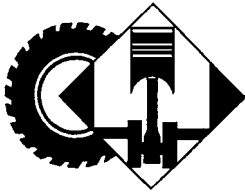
1991 30 2021
ЛЕТ

КОНСАЛТИНГ
В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ И СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ
Статистико-аналитический обзор производства и продаж
автомобильной, тракторной, специальной и сельхозтехники
Сборник новостей науки и техники автостроения и сельхозмашиностроения

ВЫСТАВКИ
Автотранспортные средства и компоненты, технология автомобильного производства

ФОРУМЫ, КОНГРЕССЫ, КОНФЕРЕНЦИИ
по актуальным проблемам развития автомобильной промышленности,
сельхозмашиностроения и тракторостроения

WWW.ASM-HOLDING.RU
Москва, ул. Кузнецкий мост, 21/5



научная статья
УДК 629.3

УПРАВЛЕНИЕ ФРИКЦИОНАМИ ПЛАНЕТАРНОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

Д-р техн. наук ТАРАСИК В.П. ✉, РОМАНОВИЧ Ю.С.
Белорусско-Российский университет
(tarasikvp39@gmail.com)

Приведены результаты исследований влияния характеристик управления включением фрикционов планетарной коробки передач карьерного самосвала с гидромеханической передачей на динамические нагрузки в трансмиссии автомобиля и теплонапряжённость фрикционов. Получены графики зависимостей принятых критериев оценки качества переходных процессов от параметров управления фрикционами. Рассмотрены способы улучшения характеристик управления.

Ключевые слова: гидромеханическая передача, гидротрансформатор, планетарная коробка передач, базовая коробка передач, делитель, фрикцион, характеристики управления, удельная мощность и работа буксования фрикциона.

PLANETARY GEARBOX FRICTION CLUTCHES CONTROL OF MINING TRUCK Tarasik V.P., Romanovich Yu.S.

The results of studies of the influence of the control characteristics of the clutch engagement of a planetary gearbox of a mining dump truck with a hydromechanical transmission on the dynamic loads in the vehicle transmission and the thermal stress of the clutches are presented. The graphs of the dependences of the accepted criteria for assessing the quality of transient processes on the parameters of clutch control are obtained. Ways to improve control characteristics are considered.

Keywords: hydromechanical transmission, torque converter, planetary gearbox, base gearbox, divider, clutch, control characteristics, power density and clutch slip work.

На карьерном самосвале БелАЗ грузоподъёмностью 60 т применяется гидромеханическая передача, в состав которой входят гидродинамический трансформатор (ГДТ) и шестиступенчатая планетарная коробка передач (ПКП). Переключение передач осуществляется многодисковыми фрикционами с гидроприводом управления. Передача снабжена мехатронной системой автоматического управления (МСАУ), обеспечивающей автоматическое переключение передач и диагностирование технического состояния всех её основных механизмов. Структура МСАУ, конструктивное исполнение и принцип действия приведены в [1, 2].

В состав коробки передач (рис. 1) представлена входят четыре планетарных ряда, для управления которыми предусмотрено шесть фрикционов: две муфты Φ_1 и Φ_2 и четыре тормоза T_1, T_2, T_3, T_4 . Фрикционы, ис-

пользуемые для включения соответствующих передач указаны в таблице.

Планетарная коробка передач выполнена по схеме с тремя степенями свободы, следовательно, для включения любой ступени необходимо замкнуть два фрикциона. Её структуру можно условно представить состоящей из двух частей — базовой коробки передач (БКП) и дополнительной коробки (ДК), выполняющей функции делителя. Делитель расположен на входе ПКП и выполнен с прямой и повышающей передачами. Прямая передача получается замыканием фрикциона Φ_1 , а повышающая — замыканием T_1 . В состав БКП входят три планетарных ряда и фрикционы управления Φ_2, T_2, T_3, T_4 . Более подробно структура и параметры планетарной коробки передач изложены в [2, 3].

Применение делителя в схеме ПКП позволяет удвоить число ступеней базовой коробки передач и обеспечить равномерный ряд передаточных чисел, что очень важно для карьерных самосвалов. Однако такая схема при каждой смене передачи в БКП требует одновременного управления двумя парами фрикционов — два фрикциона выключаются, а вместо них включаются два других. Такие комбинации осуществляются при переключениях $2 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 5, 5 \rightarrow 4$ и $3 \rightarrow 2$. Это существенно усложняет организацию процесса согласованного управления фрикционами, влияет на надёжность и долговечность их работы и ухудшает качество переходных процессов при переключении передач.

Опыт создания МСАУ показывает, что высокие показатели качества переходных процессов в трансмиссии при переключении передач достигаются путём подбора параметров характеристик управления фрикционами коробки передач [3–5].

В общем виде графики характеристик управления фрикционами изображены на рис. 2. Их формирование осуществляет МСАУ посредством электрогидравлических пропорциональных клапанов (ЭГПК) [1, 2]. Характеристика давления выключаемого фрикциона обозначена $p_{\Phi 1}$, а включаемого — $p_{\Phi 2}$. Основными параметрами характеристики включаемого фрикциона являются начальное $p_{\Phi 20}$ и конечное $p_{\Phi 2к}$ давления рабочей жидкости, скорость нарастания давления dp_{Φ}/dt и время регулирования t_p . При переключении учитывается время перекрытия передач $t_{п.п}^-$. Отрицательное время перекрытия обозначено $t_{п.п}^-$, положительное — $t_{п.п}^+$. Давление фрикциона блокировки гидротрансформатора обозначено $p_{г.т}$.

Одной из причин высоких динамических нагрузок в трансмиссии при переключении передач является неблагоприятная особенность характеристики коэф-

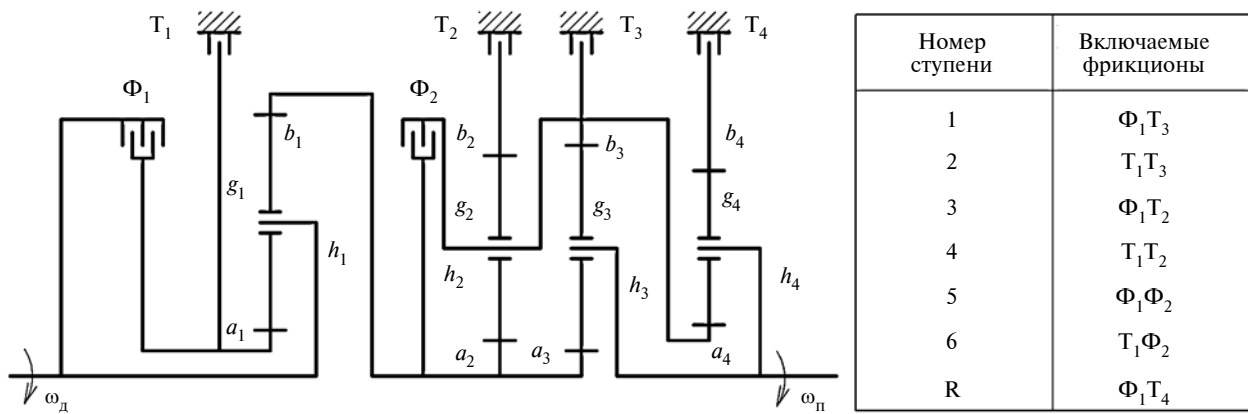


Рис. 1. Кинематическая схема коробки передач

коэффициента трения фрикционной пары металлокерамика МК5 — сталь 65Г, заключающаяся в значительном различии начального μ_0 и конечного μ_k значений коэффициента трения [2]. Для компенсации этого недостатка можно использовать корректор давления, который в заключительной стадии процесса буксования соответствующим образом снижает давление в приводе управления фрикционом. Функциональная схема формирования алгоритма управления включением фрикциона с корректором давления приведена в [5].

Корректор давления реализует функцию $k_p = 1 - k_{\omega} \exp(-k_{ep} |\omega_{ск}|)$, где k_p — коэффициент снижения давления гидропривода управления фрикционом; $\omega_{ск}$ — относительная скорость скольжения фрикционных дисков в процессе буксования включаемого фрикциона; k_{ω} — значение коэффициента k_p при $\omega_{ск} = 0$; k_{ep} — коэффициент экспоненты.

При снижении скорости скольжения фрикционных дисков $\omega_{ск}$ в процессе включения фрикциона давление в его гидроцилиндре $p_{г.ц}$ постепенно снижается согласно выражению $p_{г.ц}(t) = k_p(t)p_{ф}(t)$, где $p_{ф}(t)$ — характеристика давления, формируемая ЭГПК для управления включаемым фрикционом ($p_{ф2}(t)$ — на рис. 2).

Цель настоящего исследования — определить влияние параметров характеристик управления фрикционами переключения передач на показатели качества переходных процессов и разработать рекомендации по оптимизации параметров управления. Исследование процессов переключения передач осуществлялось на основе математического моделирования. Динамическая модель системы двигатель — трансмиссия — автомобиль — дорога представлена на рис. 3.

Математическая модель системы приведена в [4]. Имитировалось движение самосвала в условиях карьера "Ерунаковский" (г. Новокузнецк, Кемеровская обл. РФ). Характеристика этого карьера в графической форме показана на рис. 4 (h — уклоны участков дороги; s — длина пути подъема из карьера).

При моделировании осуществлялось варьирование параметров характеристики давления $p_{ф20}$, $p_{ф2к}$ и параметров корректора k_{ep} , k_{ω} . Значение $dp_{ф}/dt$ сохранялось постоянным. При переключениях с низших на высшие передачи кратковременно снижали угол пово-

рота педали акселератора $\Delta\gamma_a$ на 20 % с целью предотвращения разгона двигателя.

В качестве критериев оценки качества процессов управления переключением передач использовались следующие параметры: удельная работа $W_{уд}$ и удельная мощность $P_{уд}$ буксования фрикциона; время буксования $t_{б}$; максимальное приращение температуры поверхностного слоя фрикционных дисков $\Delta T_{п}$; приращение объемной температуры после завершения процесса включения фрикциона $\Delta T_{об}$; максимальное значение вращающего момента на карданном валу трансмиссии M_k ; максимальное ускорение автомобиля в переходном процессе a_{max} ; максимальное значение производной ускорения по времени (джерк) j_{max} .

Результаты моделирования процесса переключения со второй на третью передачу (переключение 2 → 3) в форме графиков приведены на рис. 5, а—з. Они соответствуют параметрам управления $t_{п.п} = 0$ и $\Delta\gamma_a = 20\%$. Использована кусочно-линейная характеристика управления давлением $p_{ф2}$ с начальным значением $p_{ф20} = 0,2$ МПа (см. рис. 2), а параметры корректора давления $k_{ep} = 0,02$; $k_{\omega} = 0,5$. Индексы в обозначениях всех исследуемых параметров на рис. 5, а—з соответствуют обозначениям управляемых фрикционов.

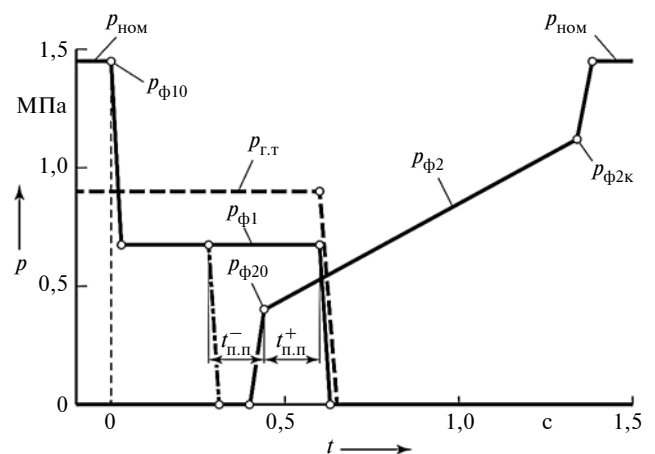


Рис. 2. Характеристики управления фрикционами планетарной коробки передач

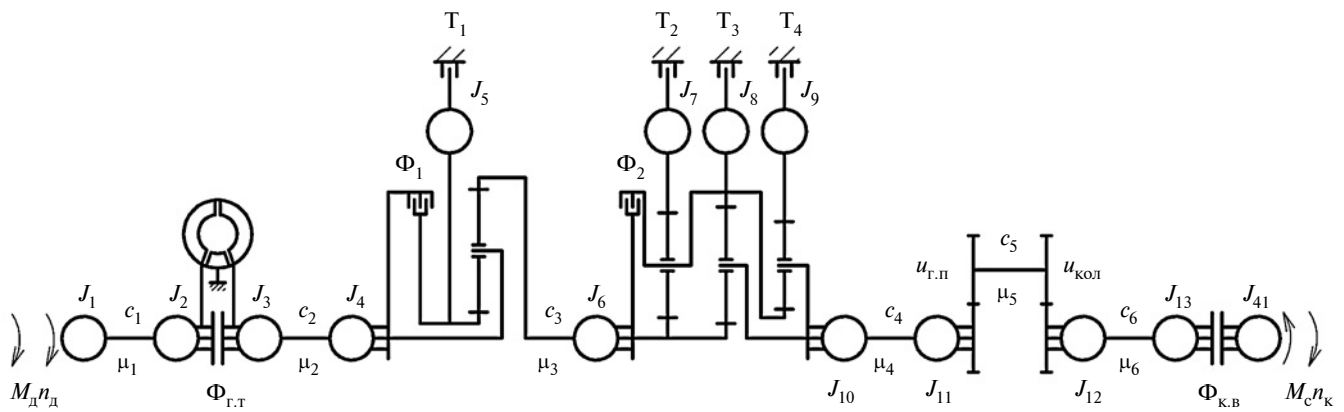


Рис. 3. Динамическая модель системы "двигатель—трансмиссия—автомобиль—дорога"

В момент подачи сигнала МСАУ на переключение передачи давления p_{T1} , p_{T3} снижаются (примерно в четыре—пять раз). После заполнения гидроцилиндров включаемых фрикционов Φ_1 и T_2 формируются характеристики давлений $p_{\Phi1}$, p_{T2} , а гидроцилиндры фрикционов T_1 и T_3 соединяются со сливом. Одновременно выключается фрикцион блокировки ГДТ ($p_{\text{бл}} = 0$). Время регулирования давлений $p_{\Phi1}$ и p_{T2} принималось равным $t_p = 1,0$ с (см. рис. 2). Если тот или иной фрикцион замыкается за более короткий интервал времени, чем принятое t_p , то давление сразу же поднимается до номинальной величины, как показано на рис. 5, а, что предотвращает его последующую разблокировку и буксование при возможном увеличении передаваемой нагрузки в переходном процессе.

Характеристики $p_{\Phi1}$ и p_{T2} получены с учетом влияния корректора давления согласно выше приведённым формулам. Из этих характеристик видно, что они существенно отклоняются от кусочно-линейной характеристики $p_{\Phi}(t)$, соответствующей рис. 2. Нарастание $p_{\Phi1}$ и p_{T2} с уменьшением скорости скольжения дисков быстро снижается, особенно у фрикциона делителя Φ_1 . Происходит его быстрое замыкание и в результате основная работа трения совершается фрикционом T_2 базовой КП. Графики удельной работы $W_{\Phi1}$, W_{T1} и удельной мощности трения $P_{\Phi1}$, P_{T2} представлены на рис. 5, б. Очевидно, что времена буксования включаемых фрикционов Φ_1 и T_2 существенно различаются: фрикцион базовой коробки передач T_2

буксует 0,692 с, а фрикцион делителя Φ_1 только 0,271 с, т. е. в 2,55 раза меньше. Поэтому удельные работа и мощность буксования этих фрикционов значительно различаются. Но процессы буксования обоих фрикционов не конфликтны и относительные скорости скольжения их фрикционных дисков $\omega_{\text{СК}}$ согласованно снижаются (рис. 5, в).

Различия графиков удельных мощностей буксования включаемых фрикционов Φ_1 и T_2 обуславливает аналогичные соотношения температур нагрева фрикционных дисков — поверхностных $\Delta T_{\text{п.т2}}$, $\Delta T_{\text{п.ф1}}$ и объёмных $\Delta T_{\text{об.т2}}$, $\Delta T_{\text{об.ф1}}$ (см. рис. 5, в).

На рис. 5, д показан график момента на карданном валу $M_{\text{К}}$. Его значение плавно изменяется, амплитуды колебаний сравнительно невелики. Наблюдается лишь кратковременное торможение, что сопровождается замедлением автомобиля (рис. 5, е) и амплитудами колебаний джерка (рис. 5, з). Но в реальных условиях движения машины, как показывает опыт, это практически неощутимо водителем.

Снижению динамических нагрузок в трансмиссии и высокой плавности хода автомобиля в данном случае способствовало управление двигателем Δu_a , позволившее исключить забросы скоростей вращения двигателя n_d и турбины ГДТ n_t (рис. 5, ж). При этом существенно снижается работа трения фрикционов и нагрев дисков.

Графики, представленные на рис. 6, а—з, иллюстрируют протекание исследуемых процессов при переключении 3 → 2. В этом случае включаются фрикционы T_1 и T_3 вместо Φ_1 и T_2 . Интенсивность нарастания давления в гидроцилиндрах этих фрикционов p_{T1} и p_{T3} корректор плавно снижает в процессе буксования (рис. 6, а), ГДТ разблокируется перед переключением передачи, что в совокупности способствует снижению динамических нагрузок и теплонапряжённости фрикционов. Как видно из рис. 6, б, время буксования фрикциона делителя T_1 при рассматриваемом переключении больше, чем фрикциона БКП T_3 (первое составляет 0,461 с, а второе — 0,23 с). Поэтому удельные работа и мощность буксования фрикциона делителя выше, чем фрикциона БКП (рис. 6, б). Но их значения много меньше, чем при переключении на высшую пе-

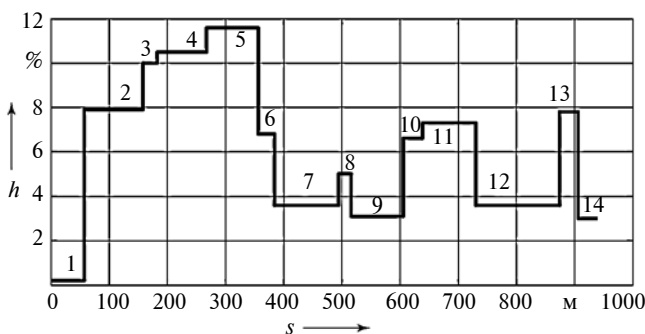


Рис. 4. Характеристика маршрута движения самосвала

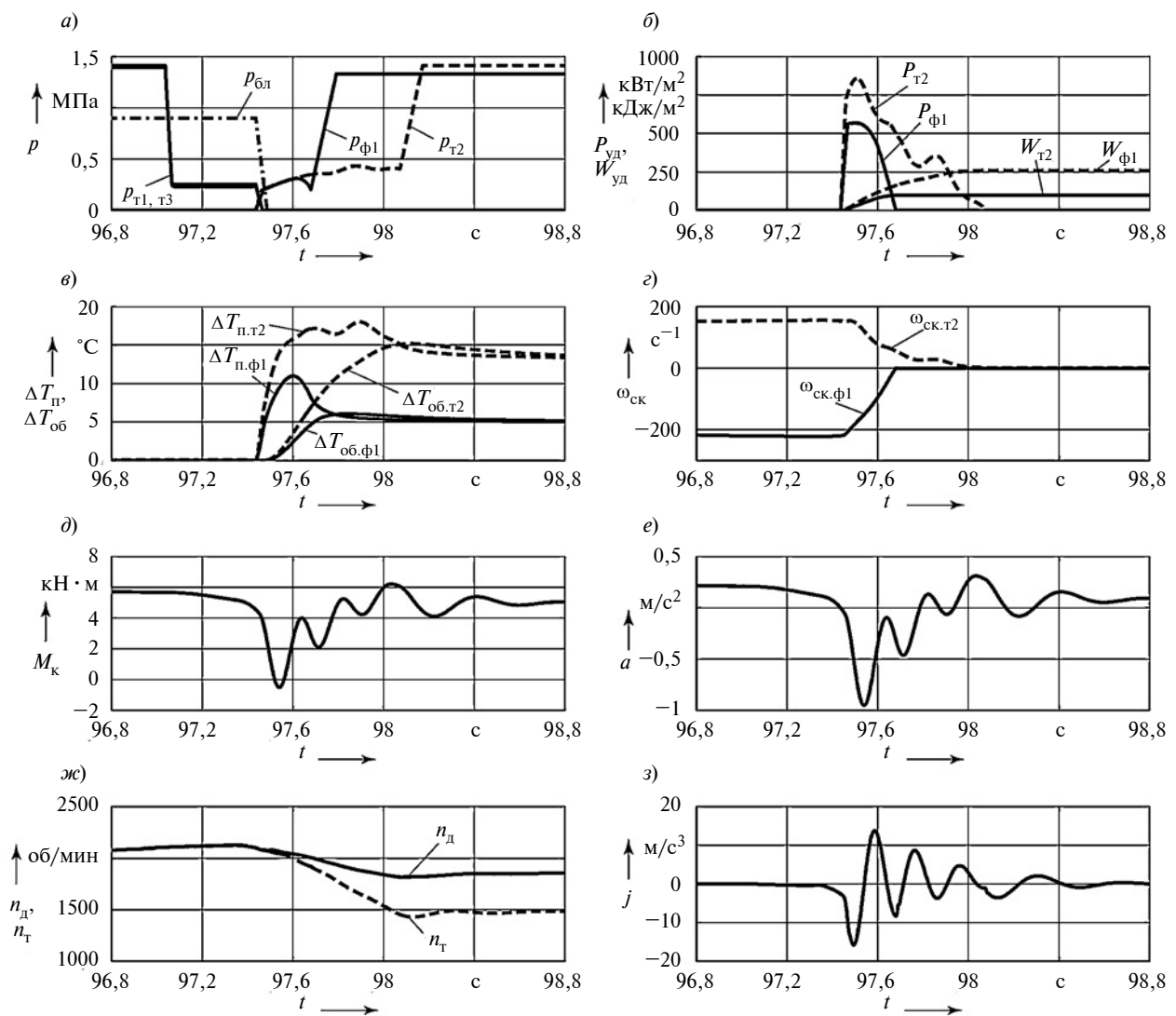


Рис. 5. Изменение во времени показателей качества переходного процесса при переключении передач 2 → 3

редачу (рис. 5, б). В результате оказывается, что теплонапряжённость фрикционов при переключении на низшую передачу существенно ниже, чем при переключении на высшую. Температура нагрева фрикционных дисков также ниже (см. рис. 6, в). Предварительное разблокирование ГДТ (рис. 6, а) позволяет к моменту переключения разогнать двигатель и турбину до более высокой желаемой частоты вращения n_d и n_t (рис. 6, ж) и за счёт этого снизить теплонапряжённость включаемых фрикционов.

Однако динамичность процесса переключения в данном случае оказывается довольно высокой: значение момента M_k возрастает более чем в два раза, возникает большой тормозной момент (рис. 6, д), значительные амплитуды колебаний ускорения a и джерка j (рис. 6, е и з). Таким образом, при переключениях на низшую передачу динамичность переходного процесса выше, а теплонапряжённость фрикционов ниже, чем при переключениях на высшую передачу.

На рис. 7, а представлены графики изменения коэффициентов трения $\mu_{\phi 1}$, $\mu_{T 2}$ и коэффициентов корректоров давления $k_{p\phi 1}$, $k_{pT 2}$ в процессе буксования

фрикционов Φ_1 , T_2 при переключении 2 → 3, а на рис. 7, б — коэффициентов $\mu_{T 1}$, $\mu_{T 3}$ и $k_{pT 1}$, $k_{pT 3}$ фрикционов T_1 , T_3 при переключении 3 → 2. Постепенное снижение текущих значений коэффициентов k_{p_i} по мере завершения процессов буксования фрикционов позволяет соответственно снижать давления в гидроцилиндрах включаемых фрикционов, компенсируя при этом быстрое возрастание коэффициентов трения.

Для оценки влияния характеристик управления фрикционами на принятые показатели качества переходных процессов при переключении передач проведён комплекс имитационных компьютерных испытаний при различных сочетаниях значений параметров характеристик $p_{\phi}(t)$ и $k_p(t)$. При этом варьировались параметры $p_{\phi 0}$ включаемых фрикционов (см. рис. 2) в пределах 0—0,4 МПа с шагом 0,1 МПа и параметр k_{ep} корректора давления в пределах 0,01—0,04 с шагом 0,01 при постоянном его параметре $k_{\omega} = 0,5$. На рис. 8, а—е приведены результаты, полученные при переключении на высшую передачу 2 → 3, а на рис. 9, а—е — на низшую передачу 3 → 2. Сплошными линиями изображены графики изменения показателей

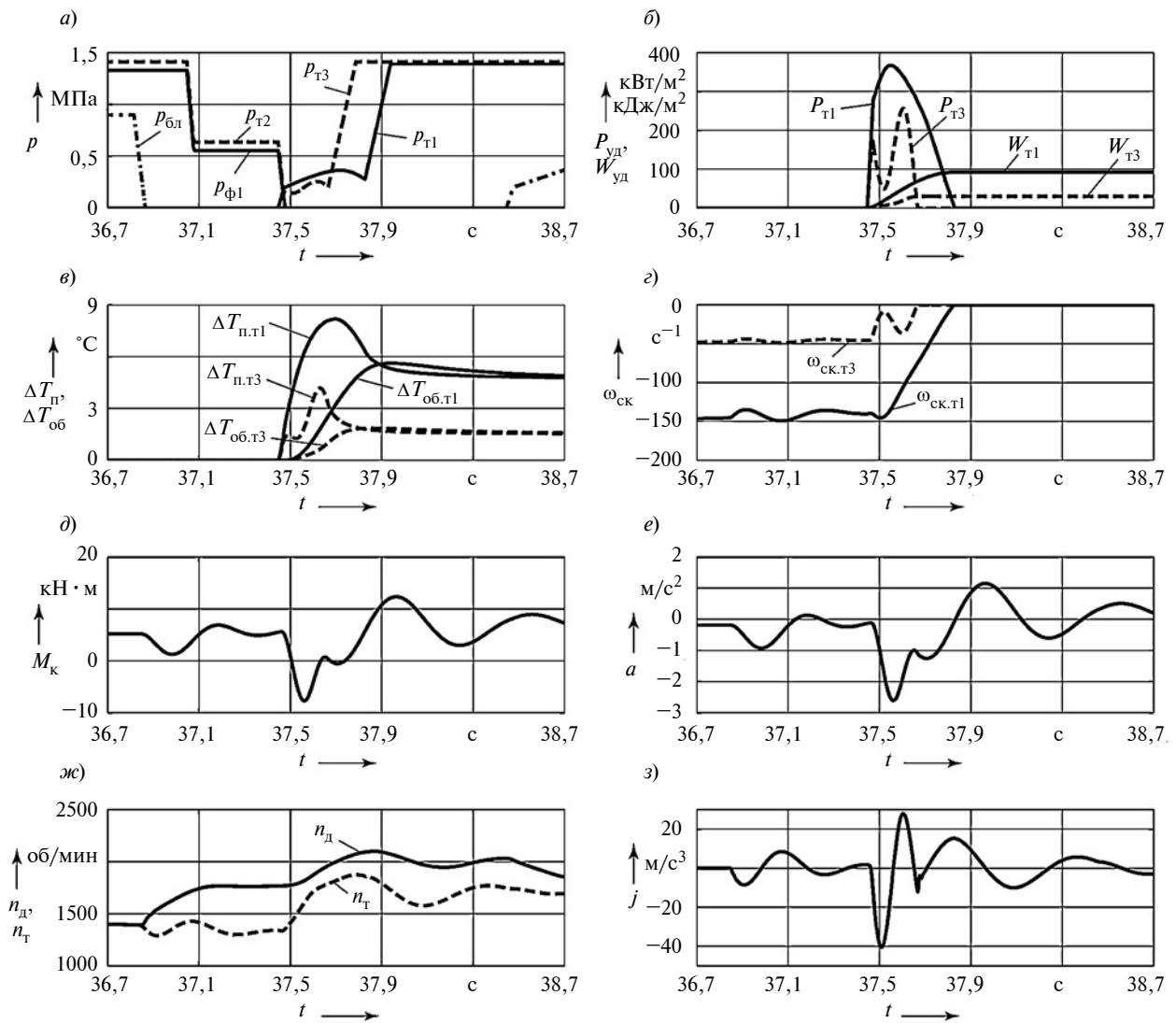


Рис. 6. Изменение во времени показателей качества переходного процесса при переключении передач 3 → 2

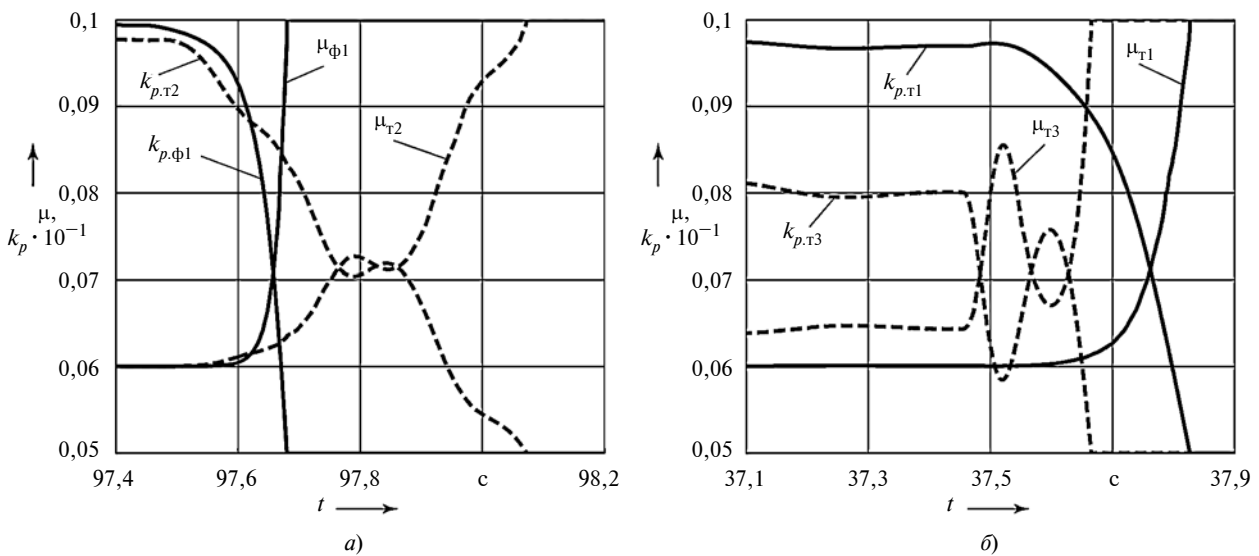


Рис. 7. Изменение коэффициентов трения и корректоров давления при переключении с низшей на высшую передачу (а) и с высшей на низшую (б)

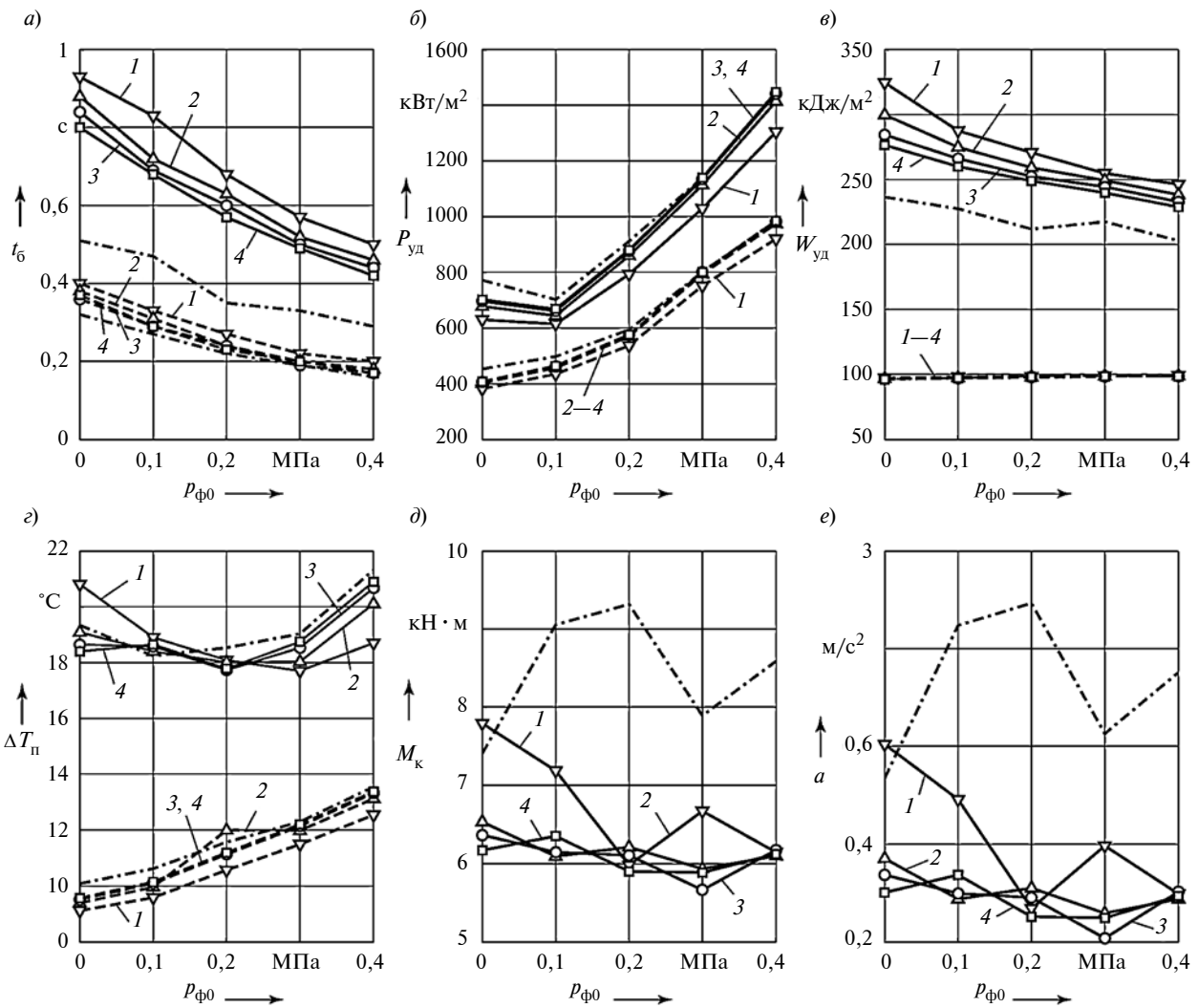


Рис. 8. Влияние параметров управления фрикционами на критерии оценки процесса переключения передач 2 → 3

соответствующего фрикциона делителя, а штриховыми — фрикциона БКП. Цифрами 1, 2, 3, 4 на всех графиках обозначены процессы, соответствующие $k_{ep} = 0,01-0,04$. Графики, изображённые штрихпунктирными линиями, относятся к системе управления фрикционами без использования корректора давления.

На рис. 8, а изображены графики времени буксования фрикциона делителя $t_{\phi 1}$ и фрикциона БКП $t_{\phi 2}$ при переключении 2 → 3. Увеличение k_{ep} приводит к снижению времени буксования обоих фрикционов. При этом наибольшее влияние k_{ep} оказывает на фрикцион БКП: существенно снижаются удельная мощность буксования $W_{уд}$ (рис. 8, в), температура дисков $\Delta T_{\Pi, T2}$ (рис. 8, г), момент M_k (рис. 8, д), ускорение a (рис. 8, е). Можно также отметить, что увеличение давления в начальной точке характеристики $p_{\phi 0}$ приводит к возрастанию удельной мощности трения фрикционов $P_{\phi 1}$, $P_{\phi 2}$ (рис. 8, б) и температуры обоих фрикционов (рис. 8, з).

Сравним показатели качества управления фрикционами, получаемые при использовании корректора давления и без него. Как следует из рис. 8, а–е, корректор давления позволяет снизить удельную мощ-

ность трения $P_{уд}$, температуру фрикционных дисков ΔT_{Π} и особенно существенно нагрузку в трансмиссии M_k и ускорение a . Удельная работа буксования $W_{уд}$ при этом, естественно, возрастает, что сопровождается увеличением износа фрикционных дисков.

Аналогичное влияние оказывают параметры характеристик управления фрикционами $p_{\phi 0}$ и k_{ep} на показатели качества переходных процессов при переключении на низшую передачу 3 → 2 (рис. 9, а–е). Однако максимальные значения ряда оцениваемых показателей значительно меньше, чем при переключении на высшую передачу. Особенно это относится к удельной мощности и удельной работе буксования, температуре фрикционных дисков. Момент в трансмиссии M_k и ускорение a , наоборот, оказываются в этом случае существенно выше, особенно при отсутствии корректора давления (рис. 9, д и е). Сильное влияние на момент в трансмиссии оказывает параметр $p_{\phi 0}$. При $p_{\phi 0} > 0,3$ значение M_k возрастает в 1,5–2 раза.

На основе полученных результатов исследования процессов переключения передач можно рекомендовать следующие значения параметров управления фрикционами ПКП анализируемого карьерного самосвала:

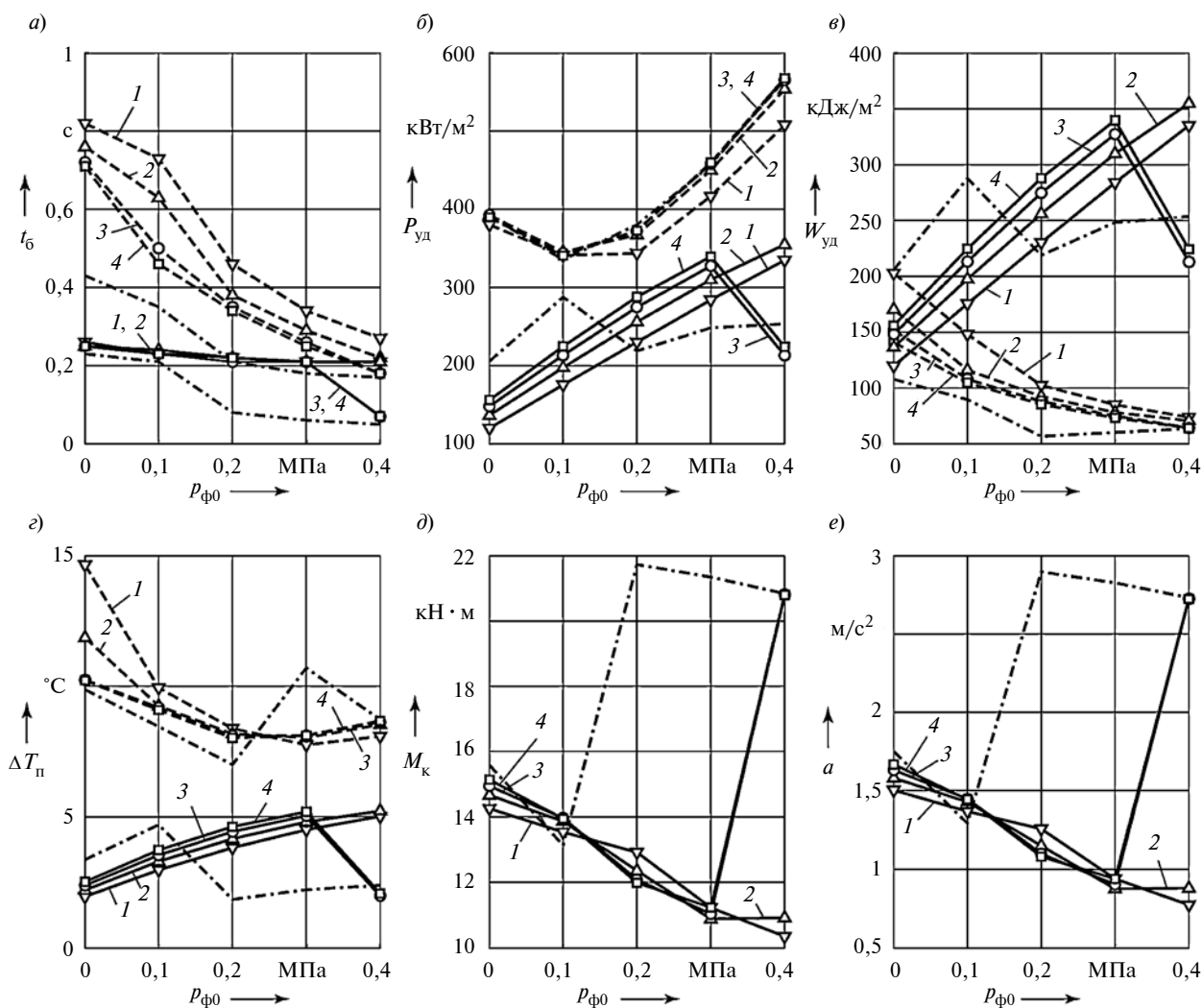


Рис. 9. Влияние параметров управления фрикционными на критерии оценки процесса переключения передач 3 → 2

начальное значение давления $p_{f0} = 0,2$; параметры корректора давления $k_{ep} = 0,02$; $k_{\omega} = 0,5$.

Таким образом, органическое свойство коробок передач сложной структуры, выполненных по кинематической схеме с тремя степенями свободы, содержащих делитель и базовую коробку передач, состоит в том, что при смене передачи в БКП приходится осуществлять одновременное управление четырьмя фрикционными: необходимо выключить фрикционы делителя и БКП предыдущей передачи и включить фрикционы последующей передачи, но *обеспечить одновременное замыкание двух включаемых фрикционов практически невозможно*. В планетарной КП с делителем при переключении с низшей на высшую передачу первым замыкается фрикцион делителя, а основная величина работы трения приходится на фрикцион БКП. При переключении же с высшей на низшую передачу, наоборот, раньше замыкается фрикцион БКП. Повысить качество процесса переключения передач (уменьшить нагрузки в трансмиссии, понизить удельную мощность трения и температуру фрикционных дисков; повысить плавность движения автомобиля) позволяет

применение корректора давления в системе управления фрикционными планетарной коробки передач.

Источники

1. Тарасик В.П. Мехатронная система автоматического управления гидромеханической передачей мобильных машин / В.П. Тарасик, Н.Н. Горбатенко, Р.В. Плякин, В.С. Савицкий // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. — 2015. — № 2 (47). — С. 68–80.
2. Горбатенко Н.Н. Диагностирование гидромеханических передач: монография / Н.Н. Горбатенко, А.Н. Егоров, В.В. Регина и др.; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В.П. Тарасика. — Могилёв: Белорус.-Рос. ун-т, 2010. — 511 с.
3. Тарасик В.П. Исследование процессов функционирования фрикционов планетарной коробки передач / В.П. Тарасик, Ю.С. Романович // Грузовик. — 2014. — № 9 (приложение к журналу Грузовик: Карьерные самосвалы). — С. 2–16.
4. Тарасик В.П. Методика моделирования планетарной коробки передач / В.П. Тарасик // Автомобильная промышленность. — 2018. — № 10. — С. 10–18.
5. Тарасик В.П. Влияние характеристик управления фрикционными гидромеханической передачи на показатели эффективности их функционирования / В.П. Тарасик, О.В. Пузанова // Автомобильная промышленность. — 2020. — № 11. — С. 4–11.
6. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник / В.П. Тарасик. — Минск Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2017. — 592 с.

Статья поступила в редакцию 30.07.21;
одобрена после рецензирования 16.08.21;
принята к публикации 24.08.21.

УГЛЫ НАКЛОНА КОЛЁС, ИХ ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

(В порядке обсуждения)

Д-р техн. наук БАЛАБИН И.В.¹,
канд. техн. наук ЧАБУНИН И.С.²✉

¹ МГТУ имени Н.Э. Баумана,

² МВОКУ

(tchabunin@rambler.ru)

Анализируется проблема стабилизации управляемых колёс автомобиля путём выбора соответствующих значений углов бокового (весовая стабилизация) и продольного (скоростная стабилизация) наклона оси поворота колеса (шкворня).

Ключевые слова: устойчивость мобильной машины, углы наклона колеса, продольный и поперечный углы наклона шкворня.

WHEEL TILT ANGLES END THEIR IMPACT ON THE STABILITY OF A MOBILE CAR (In the order of discussion)

Balabin I.V., Chabunin I.S.

The authors of the article analyze the problem of stabilization of the controlled wheels of the car by selecting the appropriate values of the angles of lateral (weight stabilization) and longitudinal (speed stabilization) inclination of the axis of rotation of the wheel (pivot).

Keywords: stability of the mobile machine, wheel tilt angles, longitudinal and transverse angles of the pivot.

Одним из важнейших свойств мобильной машины, обеспечивающих её эффективность эксплуатации и безопасность, как известно, является устойчивость движения — по прямой и при маневрировании. Начиная с создания первых образцов автомобилей и по сегодняшний день этому вопросу при проектировании уделяется первостепенное внимание. По мере совершенствования машин, повышения их скоростных возможностей, проблема стала только усугубляться. Однако нужно отдать должное тем относительно простым конструктивным мероприятиям, с помощью которых отслеживается угол поворота рулевого колеса и достигается его самовозврат в исходное положение, соответствующее прямолинейному движению, чем обеспечивается стабилизация управляемых колёс.

Возвращение управляемых колёс в нейтральное положение под действием стабилизирующих моментов улучшает управляемость и манёвренность автомобиля [1]. Это конструктивное мероприятие не потеряло своей эффективности с повышением скорости движения, гарантируя устойчивое прямолинейное движение, в том числе и на больших скоростях, а также при движении на повороте. Для этого, как известно, ось, вокруг которой поворачивается плоскость колеса, располагалась с некоторым отклонением от вертикали в поперечном и продольном направлениях, образуя так называемые боковой (β) и продольный (γ) углы наклона шкворня (рис. 1 [2]). При этом первый угол обеспечивает стабилизацию положения плоскости колеса

под воздействием силы тяжести, а влияние второго проявляется в процессе поворота колеса, при том в тем большей степени, чем выше скорость движения на повороте. По этим причинам боковой угол наклона шкворня часто называют углом весовой стабилизации, а продольный — углом скоростной стабилизации.

Данные конструктивные мероприятия при всей их простоте зарекомендовали себя с самой положительной стороны и применяются на протяжении длительного времени, в полной мере удовлетворяя всем требованиям и не теряя своей эффективности по мере повышения скоростных возможностей транспортных средств. Они вполне достойны именоваться классическим надёжным решением.

В общем случае движения автомобиля на его управляемые колёса действуют моменты, обусловленные вертикальными F_z , продольными касательными F_x , поперечными касательными F_y реакциями опорной поверхности (рис. 2). Кроме того, существенную роль играют моменты, возникающие вследствие поперечной эластичности шин, а также от трения в механизме и приводе рулевого управления. При этом каждый из моментов в отдельности может оказывать либо стабилизирующий, либо дестабилизирующий эффект в зависимости от конкретных условий движения и от конструктивных параметров колёсной машины [3]. Поскольку управляемые колёса связаны между собой, то в конечном итоге важен суммарный момент от действующих на внешнее и внутреннее по отношению

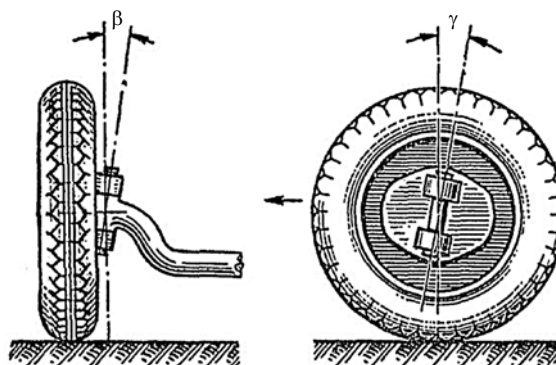


Рис. 1. Поперечный и продольный углы наклона шкворня

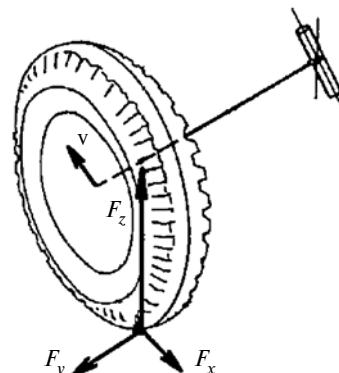


Рис. 2. Силы, действующие в пятне контакта внутреннего по отношению к центру поворота управляемого колеса с опорной поверхностью

к центру поворота колеса моментов. Важную роль в величине данного момента играют поперечный и продольный углы наклона шкворней управляемых колёс. Увеличение этих углов приводит к росту величины стабилизирующего момента, стремящегося вернуть управляемые колёса в нейтральное положение, соответствующее прямолинейному движению машины, после снятия усилий с рулевого колеса. Однако влияние этих углов при различных режимах движения транспортного средства неравнозначно. Так, при движении автомобиля по криволинейной траектории и маневрировании с малыми скоростями основное значение имеет поперечный угол наклона шкворня, а при значительных скоростях, напротив, решающая роль принадлежит углу продольному. Кроме того, стабилизирующий момент от вертикальных реакций значительно меньше момента от поперечных реакций [3], поэтому угол β принимают существенно больше угла γ .

Однако чрезмерное увеличение углов β и γ может привести к ухудшению управляемости автомобиля, поскольку, во-первых, при повороте рулевого колеса этот стабилизирующий момент будет существенно препятствовать его осуществлению, а во-вторых, случайные ударные нагрузки, действующие на управляемые колёса при движении, будут вызывать моменты, стремящиеся отклонить колёса от нужного направления движения. По этим причинам оптимальные величины бокового и продольного углов наклона шкворней задать сложно. Их выбор представляет собой непростую задачу, которая решается путём их экспериментального определения, и далеко не всегда удачно.

При более внимательном рассмотрении свойства стабилизации управляемых колёс автомобиля классическое решение оказывается несвободным от весьма серьезных недостатков. В первую очередь, с точки зрения условия работы самого колеса, шина которого при повороте подвергается усиленному боковому воздействию, вызывающему её повышенный износ и неравномерный износ по ширине беговой дорожки протектора в тем большей степени, чем больше угол поворота колеса. Это, в свою очередь, контрпродуктивно повышает устойчивость движения мобильной машины по криволинейной траектории.

При повороте положительный продольный угол γ наклона шкворня приводит к увеличению угла наклона плоскости внутреннего по отношению к центру поворота колеса и к его уменьшению у наружного колеса. Как было установлено ранее, углы наклона внутреннего и наружного колёс должны иметь определённое соотношение с углом их поворота [4]. Но оба колеса наклоняются к центру поворота автомобиля, увеличивая устойчивость движения. Поперечный же угол наклона шкворня приводит к тому, что угол развала управляемых колёс увеличивается при их повороте. Таким образом, внутреннее по отношению к центру поворота колесо наклоняется в сторону поворота автомобиля, а наружное же, наоборот, наклоняется в противоположную сторону, не улучшая, а ухудшая устойчивость движения мобильной машины по криволинейной траектории (рис. 3).

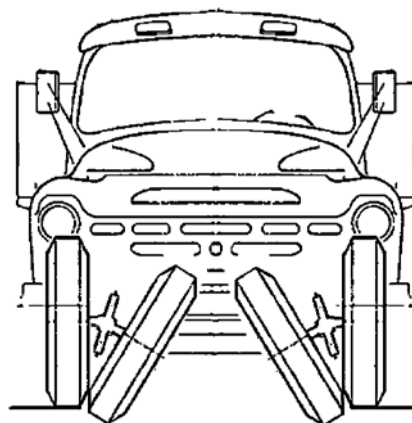


Рис. 3. Наклон управляемых колёс при их повороте на 180°

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что на современных автотранспортных средствах, оборудованных современным усилителем рулевого управления, боковой угол наклона шкворня β следует признать избыточным для стабилизации движения мобильной машины по криволинейной траектории, поскольку с этой функцией эффективно справляется механизм рулевого усилителя, который не только снижает требуемое усилие на рулевом колесе при повороте машины, но и в полной мере надёжно фиксирует положение колёс в нужном положении. То есть установка шкворня с наклоном в поперечной плоскости сегодня нецелесообразна, а отказ от неё позволит в значительной степени устранить (снизить) неравномерность износа шин управляемых колёс и напряжённость элементов рулевого управления, включая его механизм и привод.

Усилитель рулевого управления, наряду с облегчением управлением машиной, должен эффективно гасить толчки и удары со стороны дороги, исключать явления автоколебаний управляемых колёс, сохранять стабилизацию управляемых колёс. Одно из важнейших требований к усилителям рулевого управления — обеспечение самовозврата рулевого колеса при движении в прямолинейном направлении. Функция самовозврата для принудительного возвращения управляемых колёс в положение прямолинейного движения при снятии усилий с рулевого колеса позволяет вернуть управляемые колёса в нейтральное положение. Если же эта функция отсутствует, то отказ от бокового угла наклона шкворня будет преждевременным, поскольку она является одной из основных, обеспечивающих устойчивое движение автомобиля, и не противоречит общей тенденции развития конструкции современного автомобиля.

Как показывает анализ значений бокового угла наклона шкворня, используемых в мировом автомобилестроении, у разных моделей автомобилей этот угол существенно различается. С уменьшением бокового угла шкворня улучшается устойчивость движения автомобиля при повороте, существенно снижается износ шин, однако уменьшается самовозврат рулевого колеса, что приводит к необходимости постоянного подруливания. Наличие в системе рулевого управления усилителя с функцией самовозврата, с нашей точки

зрения, делает ненужной установку шкворня с поперечным наклоном.

Таким образом, на обсуждение автомобильной общестественности выносятся один из важнейших вопросов, связанный с обеспечением безопасности движения транспортного средства, а именно применение бокового угла наклона шкворня управляемого колеса. Учитывая тот факт, что боковой угол наклона, являясь эффективным средством обеспечения самовозврата колёс для движения в прямолинейном направлении, особенно при малых скоростях движения, наряду с этим превносит существенные недостатки, связанные с рабочим процессом шины и рулевого привода, подвергая первую ускоренному и неравномерному износу, не следует ли признать излишним его наличие в конструкциях автомобилей, оснащённых современными усилителями рулевого управления с функцией самовозврата колёс?

научная статья

УДК 629.33

НЕПРЕДНАМЕРЕННОЕ СИЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЕДУЩИЕ КОЛЁСА ПЕРЕДНЕПРИВОДНОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ РЕЗКОМ УСКОРЕНИИ

Канд. техн. наук САВЕЛЬЕВ В.А.

НАМИ

(valeriy.savelev@nami.ru)

Резкий старт переднеприводного автомобиля без сопротивления повороту рулевого колеса может привести к изменению траектории движения. В этом случае возникает аварийная ситуация. Возможное изменение траектории движения автомобиля зависит от ряда составляющих поворачивающего момента. Подчеркивается особая роль гироскопических моментов управляемых колёс при их максимальной разгрузке.

Ключевые слова: переднеприводный автомобиль, резкий старт, шарнир равных угловых скоростей, поворачивающий момент, аварийная ситуация, гироскопический эффект.

UNINTENTIONAL FORCE IMPACT ON THE DRIVING WHEELS OF A FRONT-WHEEL DRIVE CAR DURING SUDDEN ACCELERATION

Saveliev V.A.

A quick start of a front-wheel-drive vehicle without resisting the steering wheel can lead to a change in the driving path. In this case, an emergency occurs. The possible change in the trajectory of the vehicle depends on a number of components of the turning moment. The special role of the gyroscopic moments of the controlled wheels at their maximum unloading is emphasized.

Keywords: front-wheel drive car, a sharp start, the hinge of equal angular, turning moment, emergency situation, gyroscopic effect.

Известно, что переднеприводные автомобили при трогании с большим ускорением могут обнаруживать склонность к отклонению вправо или влево от прямолинейного направления движения, т.е. к уводу в соответствующую сторону [1]. Увод автомобиля особенно

Каким должен быть продольный угол наклона шкворня — вопрос дальнейшего исследования. Значительный разброс значений углов стабилизации, используемых в конструкциях автомобилей различных отечественных и зарубежных фирм, подтверждает отсутствие обоснованных рекомендаций по выбору значений этих углов, оставляя вопрос открытым.

Источники

1. Чайковский И.П., Саломатин П.А. Рулевые управления автомобилей. — М.: Машиностроение, 1987. — 176 с.
2. <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/shiny-i-diski/ustanovka-napravlyayushhih-koles-avtomobilya/>
3. Иларионов В.А. Стабилизация управляемых колёс. Издание 2-е, переработанное и дополненное. — М.: Издательство "Транспорт", 1966. — 168 с.
4. Балабин И.В. Способ поворота колёсных безрельсовых мобильных машин. Патент на изобретение RU 2191129 C2, 20.10.2002. Заявка № 2000131910/28 от 20.12.2000.

*Статья поступила в редакцию 27.07.21;
одобрена после рецензирования 11.08.21;
принята к публикации 24.08.21.*

опасен при резком трогании на мокрой или обледенелой дороге после остановки, например, у светофора. При этом изменение траектории движения автомобиля вследствие быстрого поворота управляемых колёс может быть неожиданным для водителя, грозящим возникновением аварийной ситуации. Поэтому представляет теоретический и практический интерес анализ возможных причин такого изменения траектории движения автомобиля.

Проблема увода переднеприводного автомобиля при движении обсуждается во многих работах. Односторонне и упрощенно — в одних [2], с привлечением результатов экспериментальных исследований и более сложных моделей — в других [1, 3].

Причиной увода переднеприводного автомобиля ВАЗ-2108 вправо в работе [2] считаются конструктивные особенности левого и правого приводных валов, различающихся длиной, следовательно, и углами в наружных шарнирах $\varphi_{\text{л}}$ и $\varphi_{\text{п}}$ соответственно. Вследствие разных углов в наружных шарнирах в процессе передачи от силового агрегата на приводные валы равных по величине крутящих моментов левое и правое колёса оказываются под воздействием численно разных силовых факторов, являющихся проекциями векторов исходных моментов на направления, параллельные осям шкворней. Поскольку в рассматриваемом случае $\varphi_{\text{л}} \neq \varphi_{\text{п}}$, причём $\varphi_{\text{л}} > \varphi_{\text{п}}$, то момент, поворачивающий левое колесо, превышает соответствующий момент, стремящийся повернуть правое колесо во встречном направлении, чем и ограничивается объяснение причин увода автомобиля вправо в процессе его резкого разгона. В действительности всё обстоит сложнее, картина более богата особенностями, проявляющимися при движении в таком режиме [1, 3].

При резком разгоне переднеприводного автомобиля система привода его колёс подвержена комплексу воздействий, в результате чего формируется непреднамеренный поворачивающий момент $M_{\text{пов}}$. Этот мо-

мент может являться причиной изменения траектории движения автомобиля и представлять опасность аварии, если вызванный им рывок руля будем неожиданным для водителя. Он определяется рядом составляющих: $M_{пов} = f(\Delta M_{и}, \Delta M_{т}, \Delta M_{ос}, \Delta M_{гир})$, где $\Delta M_{и}$ — составляющая поворачивающего момента как разность изгибающих моментов, возникающих при вращении под нагрузкой кручения левого и правого приводных валов и передаваемых ведомыми элементами их наружных шарниров равных угловых скоростей на ступицы колёс; $\Delta M_{т}$ — разность моментов от тяговых сил, поворачивающих левое и правое колёса; $\Delta M_{ос}$ — разность моментов от осевых сил в шлицевых соединениях системы привода левого и правого колёс; $\Delta M_{гир}$ — разность гироскопических моментов левого и правого колёс при изменении плоскости их вращения.

В свою очередь эти составляющие $M_{пов}$ зависят от ряда факторов: от пространственного положения приводных валов, следовательно, и от углов в шарнирах левого и правого колёс, от распределения нагрузки на колёса, от условий сцепления колёс с дорогой в рассматриваемом процессе.

В работе [1] отражены результаты большого объёма экспериментальных исследований. Однако интерпретация полученных новых экспериментальных результатов недопустимо упрощена. Например, утверждается, что изменение траектории движения автомобиля в процессе "интенсивного трогания" при свободном от управляющего воздействия рулем колесе осуществляется в два этапа. Первый этап определяется как мгновенный поворот ведущих управляемых колёс в процессе их буксования, а второй — как увод автомобиля при последующем разгоне без пробуксовки колёс. Такое описание не отвечает физической сущности развивающегося во времени и в пространстве динамического процесса. В данном случае поворот ведущих управляемых колёс не может быть мгновенным. Это не одномоментное событие, а растянутый во времени процесс, определяемый крутящим моментом $M_{кр}$, передаваемым приводными валами на колёса от силового агрегата, изменением нагрузки на передние колёса разгоняющегося автомобиля, параметрами системы привода колёс, условиями взаимодействия колёс с поверхностью дороги, т.е. коэффициентами их сцепления с дорогой, свойствами упругости шин. В начале ускоренного движения он характеризуется увеличением угла поворота колёс при уменьшении нагрузки на них. При приближении нагрузки на передние колёса к нулевому значению происходит качественное изменение картины поведения рассматриваемого динамического процесса.

Кроме того, в этой работе утверждается, что "...возникновение "увода" автомобиля определяют в основном моменты вторичных пар сил (изгибающие моменты), возникающие в наружных шарнирах приводных валов, которые превалируют в общей величине момента, поворачивающего колеса при пробуксовке". Здесь следует отметить два обстоятельства. Во-первых, при пробуксовке колёс крутящий момент, передаваемый приводными валами на ступицы колёс, минима-

лен (ограничивается трением в дифференциале), следовательно, и поворачивающий момент, обусловленный изгибающим моментом, также минимален. Во-вторых, при снижении нагрузки на передние колёса в процессе интенсивного разгона (в пределе — до нуля при отрыве колёс от поверхности дороги) скорость их вращения возрастает. При этом проявляются гироскопические эффекты, не учитываемые в работе [1]. Эти гироскопические эффекты приводят к резкому повороту передних колёс, изменяя ситуацию и определяя дальнейшую траекторию движения автомобиля на завершающем этапе его разгона.

Следует отметить, что разность значений изгибающих моментов, действующих на ведомые звенья наружных шарниров привода левого и правого колёс, является наибольшей частью из вышерассмотренных слагаемых поворачивающего момента $\Delta M_{пов}$, как и утверждается в работе [1], но только на первой фазе разгона автомобиля. Вторая фаза разгона автомобиля требует особого рассмотрения, результаты которого приведены ниже.

Величина вторичного изгибающего момента зависит от подводимого крутящего момента и угла между ведущим и ведомым элементами наружного шарнира приводного вала. Вторичный изгибающий момент является составляющей исходного крутящего момента, передаваемого приводным валом на ведомый элемент наружного шарнира. Вторые такие моменты, передаваемых на ведомый вал шарнирного узла двумя шариками, расположенными в плоскости, перпендикулярной плоскости угла в шарнире, показаны на рис. 1 и 2. Крутящий момент $M_{кр}$, передаваемый от силового агрегата к наружному шарниру, трансформируется в момент, который непосредственно участвует в преодолении сопротивления вращению колёс M_2 и в момент $M_{и}$, не участвующий в процессе преодоления этого сопротивления, а являющийся изгибающим моментом, действующим на закреплённый в ступице колеса хвостовик шарнира, приводя к повороту этого колеса. При равенстве моментов $M_{кр}$, передаваемых на левое и правое колёса, соответствующие составляющие этих моментов не равны из-за разницы углов между ведущими и ведомыми элементами наружных шарниров. На рис. 1 показано разложение вектора крутящего мо-

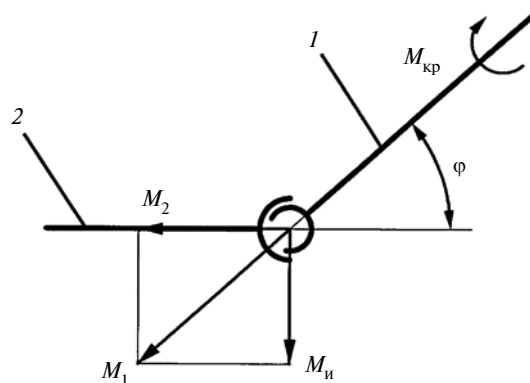


Рис. 1. Схема разложения вектора крутящего момента M_1 при $\varphi > 0$

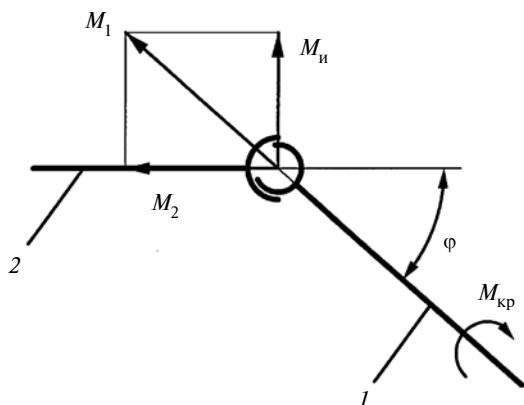


Рис. 2. Схема разложения вектора крутящего момента M_1 при $\varphi < 0$

мента $M_{кр} = M_1$ на вектор M_2 и на вектор M_i для случая расположения центра внутреннего шарнира левого приводного вала выше линии, проходящей через оси колёс (угол $\varphi > 0$), а на рис. 2 — для случая, когда центр внутреннего шарнира левого приводного вала расположен ниже этой линии (угол $\varphi < 0$).

Проекции векторов изгибающих моментов $M_i^л$ и $M_i^п$ на оси поворота левого и правого колёс (шкворни), являющиеся поворачивающими моментами $W_{нл}$ и $W_{нп}$, передаваемыми от ведомых элементов наружных шарниров через ступицы на связанные с ними колёса, и варианты их направлений показаны на рис. 3. Здесь отображены ситуации, относящиеся к случаю разгона автомобиля с одинаковыми условиями по сцеплению левого и правого колёс с поверхностью дороги, а силовой агрегат занимает разное угловое положение, определяемое координатами центров внутренних шарниров. Эти положения силовой агрегат может занимать как в результате его линейных перемещений в вертикальном направлении и угловых колебаний относительно продольной оси, так и распределения нагрузок, приходящихся на левое и правое колёса автомобиля.

Поворачивающие моменты $W_{нл}$ и $W_{нп}$, обусловленные действием изгибающих моментов, порождаемых в левом наружном шарнире $M_i^л$ и $M_i^п$ — правом наружном шарнире, зависят от углового положения последних по отношению к осям поворота колёс (осям шкворней) и определяются в соответствии с выражениями: $W_{нл} = M_i^л \cos \varphi_л$; $W_{нп} = M_i^п \cos \varphi_п$, где $\varphi_л$ и $\varphi_п$ — углы между векторами $M_i^л$ и $M_i^п$ и осями поворота колёс, соответственно слева и справа.

Результирующий поворачивающий момент от действия изгибающих $M_i^л$ и $M_i^п$ определится следующим образом: $\Delta M_i = |M_i^л \cos \varphi_л - M_i^п \cos \varphi_п|$. Для наглядности в таблице в компактной форме показаны направления поворачивающих моментов $W_{нл}$ и $W_{нп}$ от действия изгибающих моментов $M_i^л$ и $M_i^п$ левого (л) и правого (п) приводных валов и результирующего поворачивающего момента ΔM_i .

При резком разгоне автомобиля, сопровождающемся разгрузкой и проскальзыванием управляемых колёс относительно поверхности дороги действием осевых

сил в шлицевых соединениях приводных валов изменяются плоскости вращения колёс, в результате чего проявляются гироскопические эффекты в вертикальной и горизонтальных плоскостях.

Влияние гироскопических эффектов на поворачивающий момент показали проведённые в НАМИ эксперименты, в ходе которых осуществлялся резкий разгон переднеприводного автомобиля, приводящий к значительной, даже полной разгрузке передних колёс и соответствующей их пробуксовке. Для иллюстрации этого влияния ниже приведены результаты двух экспериментов, в ходе которых регистрировались динамические процессы для полностью нагруженного автомобиля ВА3-21093. В одном из них через промежуток времени 0,5 с после начала ускоренного движения угол поворота ступицы колеса составил $3,4^\circ$, а в течение следующих 2,2 с угол скачкообразно уменьшился до значения $2,4^\circ$. Максимальный крутящий момент, передаваемый приводным валом, при этом изменялся от $840 \text{ Н} \cdot \text{м}$ в начальной фазе разгона до $340 \text{ Н} \cdot \text{м}$ в конечной фазе этого процесса. Уменьшение нагрузки на переднее управляемое колесо в процессе разгона авто-

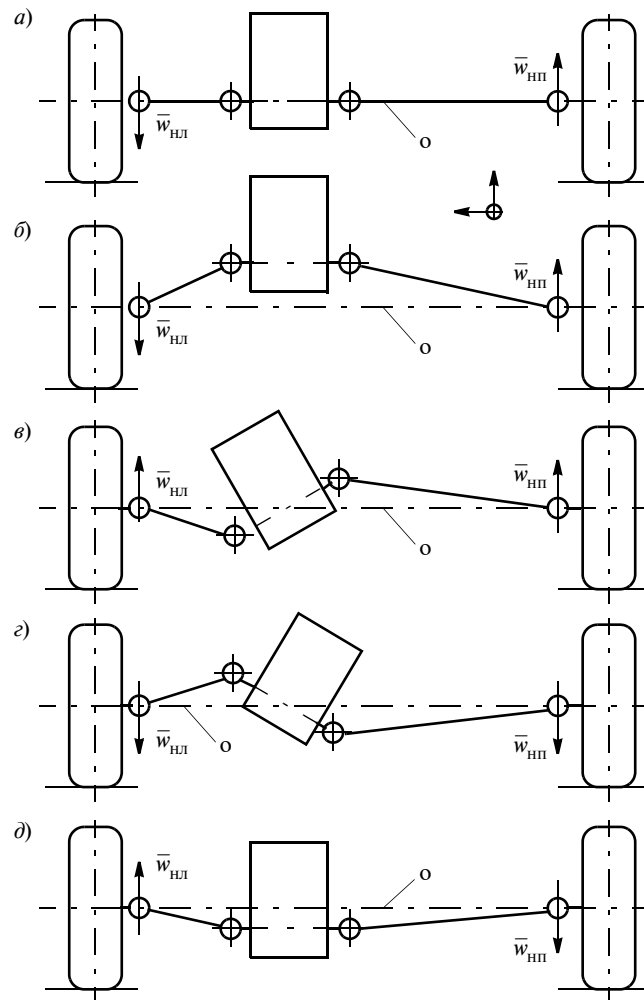


Рис. 3. Схема направлений поворачивающих моментов $W_{нл}$ и $W_{нп}$ от действия изгибающих моментов $M_i^л$ и $M_i^п$ в зависимости от положения силового агрегата

| | | | |
|--|--|--|-------------------------------|
| Направления поворачивающих моментов $W_{нл}$ и $W_{нп}$ от действия изгибающих моментов наружных шарниров левого ($л$) и правого ($п$) приводных валов | | | |
| $\downarrow\uparrow$ $л п$ | $\uparrow\uparrow$ $л п$ | $\downarrow\downarrow$ $л п$ | $\uparrow\downarrow$ $л п$ |
| Направление результирующего поворачивающего момента $\Delta M_{и}$ от действия изгибающих моментов $W_{нл}$ и $W_{нп}$ на управляемые колёса | | | |
| Влево | а) $W_{нл} > W_{нп}$ — вправо б) $W_{нл} < W_{нп}$ — влево в) $W_{нл} = W_{нп}$ — прямо | а) $W_{нл} > W_{нл}$ — влево б) $W_{нл} < W_{нл}$ — вправо в) $W_{нл} = W_{нп}$ — прямо | Вправо |

мобилья способствует более интенсивному проскальзыванию, приводя к увеличению скорости его вращения и, следовательно, к более выраженному гироскопическому эффекту. Во втором эксперименте через 0,9 с после начала разгона угол поворота ступицы колеса достиг 3° , а через следующий промежуток времени, примерно равный 1,9 с, угол поворота составил $1,3^\circ$, но в противоположном относительно предыдущего отклонения направлении, т.е. изменился в результате на $4,3^\circ$, также скачкообразно, как и в первом случае. Максимальный крутящий момент при этом достигал $1185 \text{ Н} \cdot \text{м}$ в начальной фазе, а в конечной фазе при уменьшении нагрузки на колёса вследствие разгрузки передних колёс в процессе ускоренного движения автомобиля при его резком разгоне снижался до нулевого значения. Скачкообразное изменение угла поворота передних колёс в фазе разгона с максимальным ускорением и соответствующей значительной разгрузкой этих колёс чётко указывает на проявление гироскопических эффектов, изменяющих общую картину динамики процесса, демонстрируя переход системы из одного состояния в другое, т.е. своеобразную её бифуркацию. Здесь следует отметить, что поворот управляемых колёс, обусловленный гироскопическими эффектами при вращении этих колёс, происходит в на-

правлении, обратном повороту в первой фазе разгона автомобиля, что может быть наглядно представлено применением мнемонического "правила буравчика". Гироскопические моменты, действующие в вертикальной плоскости, влияют как на условия сцепления колёс с дорогой, изменяя нормальную реакцию от весового фактора, так и обуславливают возникновение гироскопических моментов в горизонтальной плоскости и, следовательно, влияют на изменение поворачивающего момента, следовательно, и угла поворота колёс.

Таким образом, в соответствии с работой [1] увод переднеприводного автомобиля со свободным рулевым управлением при резком разгоне в основном определяется влиянием на этот процесс изгибающих моментов второго порядка. Однако теоретический анализ и результаты экспериментальных исследований показывают, что на начальном и конечном этапах процесса разгона роль составляющих поворачивающего момента существенно различна. При интенсивном разгоне и значительной разгрузке передней оси роль изгибающих моментов второго порядка в процессе формирования поворачивающего момента уменьшается, а роль гироскопических эффектов возрастает, изменяя общую картину рассматриваемого процесса.

Источники

1. Иванов С.Н. Динамические процессы в переднеприводном автомобиле при трогании / С.Н. Иванов, Н.П. Кочешков, В.П. Петунин // Совершенствование технико-экономических показателей автомобильной техники: Сб. науч. тр. НАМИ, 1991. — С. 51—57.
2. Коноп Э. Тянет на сторону / Э. Коноп // За рулём. — 2000. — № 5. — С. 170.
3. Савельев В.А. Возможность движения переднеприводного автомобиля по непредсказуемой траектории в процессе интенсивного трогания / В.А. Савельев // Труды VIII Всероссийской научной конференции "Нелинейные колебания механических систем" (Нижний Новгород, 22—26 сентября 2008 г.). В 2-х томах. Том 2 / Под редакцией Д.В. Баландина, В.И. Ерофеева. Нижний Новгород: Издательский дом "Диалог Культур". 2008. — С. 212—215.
4. Савельев В.А. Об учёте гироскопического момента в математической модели переднеприводного автомобиля. Проектирование, испытания, эксплуатация транспортных машин и транспортно-технологических комплексов / Сборник материалов международной научно-технической конференции. Нижний Новгород, 2005. — С. 90—91.

Статья поступила в редакцию 12.07.21;
одобрена после рецензирования 04.08.21;
принята к публикации 06.08.21.

По вопросам подписки на журнал "АП", а также размещения рекламы обращайтесь в Издательство "Инновационное Машиностроение" по тел. 495.785-60-69, 916.558-76-92 и электронной почте realiz@mashin.ru

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГЛУШИТЕЛЬ-РАЗДЕЛИТЕЛЬ ГАЗОВ

СИЖУК В.И., УФИМЦЕВ С.А. ✉

(sirqvark@mail.ru, 912.306-87-20)

Рассматривается новая конструкция глушителя-разделителя газов с использованием закручивания потоков отработавших газов и разделения их компонентов, позволяющая уменьшить габариты глушителя и более эффективно утилизировать отработавшие газы.

Ключевые слова: глушитель, завихрение потоков, отработавшие газы, малые габариты, утилизация.

SMALL-SIZED SILENCER-SEPARATOR OF GASES

Sizhuk V.I., Ufimtsev S.A.

A new design of the gas separator silencer is considered, using the twisting of the exhaust gas flows and the separation of their components, which allows reducing the size of the silencer and more efficiently disposing of the exhaust gases.

Keywords: silencer, swirl of flows, exhaust gases, small dimensions, disposal.

Глушение шума пульсирующего потока отработавших газов двигателей внутреннего сгорания в основном производится отражающими (реактивными), диссипативными (активными, превращающими звуковую энергию набегающих волн в тепловую) и комбинированными глушителями, в которых отражение сочетается с диссипацией. Реактивные глушители эффективно снижают низкочастотный шум, а диссипативные — высокочастотный шум. Звуковая волна пульсирующего потока газов является преимущественно плоской волной, ортогональной к вектору смещения потока.

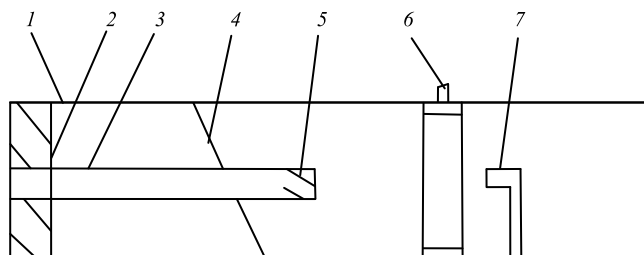
Принципиальная схема рассматриваемого глушителя-разделителя газов приведена на рисунке. Здесь: 1 — цилиндрический корпус; 2 — первый многолопастный завихритель потока отработавших газов; 3 — центральная труба; 4 — разрезное кольцо для крепления второго конца центральной трубы к корпусу; 5 — второй завихритель; 6 — устройство отвода диоксида азота и макрочастиц сажи; 7 — устройство отвода оксида углерода и микрочастиц сажи.

Первый завихритель 2 закреплён в корпусе (соосно ему) и имеет плавно уменьшающийся угол наклона лопастей к ортогональной плоскости — от 60...80° в начале завихрителя до 8...15° в конце (лопасти на рисунке показаны упрощённо линейными). Наружный диаметр лопастей первого завихрителя охватывается внутренней поверхностью входной части цилиндрического корпуса глушителя, а к ступице этого многолопастного завихрителя прикреплена центральная труба 3, внутренний и наружный диаметры которой равны соответственно наружному и внутреннему диаметрам ступицы первого завихрителя. Закреплённое на центральной трубе разрезное кольцо 4, соединяет цилиндрический корпус и центральную трубу, причём угол наклона между плоскостью кольца и ортогональной плоскостью равен минимальному углу наклона лопас-

тей первого завихрителя к ортогональной плоскости (8...15 градусов). Второй дополнительный (центральный) лопастной завихритель 5, расположенный в конце центральной трубы, может быть выполнен из стенки самой трубы, а направление закрутки его лопастей совпадает с направлением закрутки лопастей первого завихрителя (лопасти второго завихрителя на рисунке также показаны упрощённо).

Поступательное движение пульсирующего потока отработавших газов первым завихрителем преобразуется в ускоренное вращательное движение потока по кольцевым (винтовым) линиям вокруг центральной трубы. Фронт звуковой волны после первого многолопастного завихрителя преимущественно параллелен образующей внутренней цилиндрической поверхности корпуса глушителя. Он многократно отражается от внутренней поверхности корпуса глушителя, что при взаимодействии фаз чётных и нечётных отражённых волн обуславливает их уменьшение, т.е. заглушение вследствие интерференции волн. Весомым фактором, снижающим шум, служит снижение разности давлений между соседними витками винтовых линий потока отработавших газов. Кроме того, эффективность шумоглушения повышается за счёт увеличения времени и пути взаимодействия и взаимоглушения закрученных пульсирующих газов практически на всей длине глушителя и времени их переотражения от стенок и дифракционного и шумокомпенсирующего взаимодействия.

Поступательно-вращательное движение потока отработавших газов после первого завихрителя отсасывает газы из выпускного трубопровода ДВС и снижает сопротивление потоку, т.е. снижает противодавление и способствует выносу твёрдых макрочастиц (сажи) к внутренней поверхности цилиндрического корпуса и повышению частоты столкновений их между собой и с внутренней поверхностью корпуса, приводящим к уменьшению их размеров, а также к разделению потока газов на его составляющие в соответствии с их плотностью, занимающие концентрические области вокруг оси глушителя. Диоксид азота и макрочастицы сажи с большей плотностью занимают концентрические области наружных слоёв и подводятся к устройству 6 отвода тяжёлых фракций отработавших газов на утилизацию или на рециркуляцию, а оксид углерода и микрочастицы сажи занимают концентрические области внутренних слоёв и подводятся к устройству 7



Принципиальная схема глушителя-разделителя отработавших газов

| Включенная передача | Точка измерения | Уровень шума, дБа | | |
|---------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Глушитель МАК 2.361201010 | Предлагаемый глушитель-разделитель | Штатный глушитель без нейтрализатора |
| III | Слева | 85,0 | 85,5—86,0 | 89,0 |
| III | Справа | 86,0 | 88,5—89,0 | 89,0 |
| IV | Слева | 84,5 | 84,5—85 | 89,0 |
| IV | Справа | 85,5 | 86,5—87,0 | 89,0 |
| V | Слева | 85,0 | 84,5—85,0 | 89,0 |
| V | Справа | 85,0 | 86,0 | 89,0 |

отвода лёгких фракций на утилизацию (нейтрализацию) или на рециркуляцию.

Таким образом, выделенные компоненты отработавших газов можно утилизировать наиболее удобным для каждого компонента способом, например, путём рециркуляции в цилиндрах ДВС или дожиганием, или нейтрализацией химикатами или катализаторами и др. При этом можно подвергать нейтрализации не весь объём газов, а только выделенные вредные составляющие, что позволит снизить сопротивление глушителя и уменьшить его массогабаритные характеристики и повысить ресурс.

Установка внутри центральной трубы дополнительного второго лопастного завихрителя с тем же направлением закрутки позволяет снизить пожароопасность и снизить шум благодаря взаимодействию выходящих из внутренней трубы газов и газов внутри цилиндрического корпуса на оставшемся свободном участке от конца внутренней трубы до конца глушителя.

Экспериментальный образец глушителя без отвода разделённых составляющих газов на утилизацию изготовлен и испытан на автомобиле "Урал-4320-41" с турбонаддувным дизелем ЯМЗ-236 HE2. Сопротивление системы выпуска составило 8 кПа при допустимом по ТУ 37.319.258—94 10 кПа. Результаты сравнительных испытаний данного автомобиля с экспериментальным глушителем-разделителем газов, глушителем с нейтрализатором фирмы МАК, а также серийным глушителем без нейтрализатора в связи с производимым ими шумом и в отношении внешнего шума приве-

дены в таблице (Протокол испытаний № 503/102 от 10.10.2002 г.).

Следует отметить, что при испытаниях корпус экспериментального глушителя не был закреплён к раме автомобиля из-за невозможности использования штатного крепления: испытуемый глушитель длиной 930 мм и диаметром 125 мм консольно висел на жёстком креплении фланца глушителя к выпускному коллектору двигателя; не было и штатного металлорукава между глушителем и выходным коллектором, развязывающего глушитель от вибраций ДВС.

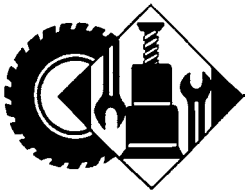
Из сравнения вышеуказанных глушителей следует: предлагаемый глушитель имеет сопоставимые результаты по шуму с глушителем МАК 2.36-1201010 с катализатором при замерах слева и превышает на 0...3 дБа при замерах справа, при соответствии сопротивления, и имеет лучшие характеристики по сравнению с серийным глушителем без нейтрализатора при меньшем в восемь раз объёме.

Возрастание уровня шума макета глушителя на разных передачах при замерах справа от 0 до 3 дБа, можно объяснить только тем, что с уменьшением скорости движения автомобиля с пятой до третьей передачи возрастает амплитуда вибраций ограждающих конструкций автомобиля, т.е. возрастает составляющая структурного шума. Эта составляющая может быть обусловлена отсутствием качественного крепления макетного образца к раме автомобиля и жёсткой связью глушителя с ДВС. Для измерений слева её влияние на результаты существенно меньше, поэтому при испытаниях значительную долю вносил структурный шум, что не позволило выделить вклад в суммарный шум 86 дБ слева и 86...89 дБ справа самого глушителя из-за его вибраций от ДВС и соударений с рамой. Но, даже с учётом добавки значительной доли структурного шума, суммарный шум не превысил 86...89 дБ, как у серийного глушителя автомобиля "Урал" без нейтрализатора при меньшем объёме.

Авторы готовы уступить право патентообладателя как в РФ, так и за рубежом (в соответствии с постановлением Правительства РФ № 1368 от 15.12.2016 г. о стопроцентном государственном субсидировании затрат на оплату пошлин, связанных с патентованием за рубежом) и оформить дополнительную заявку на вариант изобретения на глушитель-разделитель отработавших газов.

*Статья поступила в редакцию 22.06.21;
одобрена после рецензирования 07.07.21;
принята к публикации 08.07.21.*

По вопросам размещения статей в журнале "Автомобильная промышленность" обращайтесь в редакцию по тел. 499.269-54-98, 915.412-52-56 и электронной почте avtoprom-atd@mail.ru



научная статья

УДК 629.33

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОБРАЩЕНИИ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ТЕРРИТОРИИ РФ

Канд. техн. наук КОМАРОВ В.В. ✉, АНДРИАНОВ Ю.В.

НИИАТ

(komarov@niiat.ru)

Рассмотрены подходы к формированию нормативного правового обеспечения процессов эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств. Сформулированы правовые условия, необходимые для обеспечения реализации на территории Российской Федерации всех стадий полного жизненного цикла таких ТС. Предложены структура и основные положения проекта федерального закона, регулирующего отношения, возникающие при обращении высокоавтоматизированных ТС на территории Российской Федерации, на полном цикле жизни.

Ключевые слова: высокоавтоматизированные транспортные средства, система автоматизированного вождения, интеллектуальная дорожно-транспортная инфраструктура, безопасность, информационная система, полный жизненный цикл.

REGULATORY LEGAL SUPPORT FOR THE OPERATION OF HIGHLY AUTOMATED VEHICLES ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Komarov V.V., Andrianov Yu.V.

Approaches to the development of regulatory legal support for the operation of highly automated vehicles (HAV) are considered. The legal conditions necessary to ensure the implementation of all stages of the whole life cycle of the HAV on the territory of the Russian Federation are formulated. The structure and main provisions of the draft federal law regulating the relations arising during the circulation of HAV on the territory of the Russian Federation on the whole life cycle are proposed.

Keywords: highly automated vehicles, automated driving system, intelligent road transport infrastructure, safety, information system, whole life cycle.

Внедрение инновационных технологий автоматического управления транспортными средствами и их сетевого взаимодействия уже в ближайшем будущем может коренным образом изменить состояние дел в автотранспортной и дорожной отраслях. Оптимистичные оценки предполагают, что высокоавтоматизированные транспортные средства (ВАТС) будут составлять до 30 % парка автомобилей к 2040 году [1]. В краткосрочной перспективе, скорее всего, доля ВАТС на дорогах будет незначительной (рис. 1).

Развитие высокоавтоматизированного транспорта потребует проведения существенных институциональных изменений в области ав-

томобильного транспорта и дорожного хозяйства [2–4]. К правовым условиям, необходимым для обеспечения реализации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС (рис. 2), относятся: полномочия участников отношений в сфере обращения ВАТС; требования к ВАТС; требования в отношении интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры (ИДТИ); требования и условия функционирования автоматизированной информационной системы ВАТС; обеспечение безопасной эксплуатации ВАТС; основы деятельности в сфере эксплуатации ВАТС; ответственность за нарушение законодательства о ВАТС.

Развитие международного законодательства в сфере автомобильного транспорта

Разрабатываемые Глобальным форумом по безопасности дорожного движения Организации объединенных наций (WP.1) поправки к Конвенции о дорожном движении 1968 года (Конвенция) позволят договаривающимся сторонам постепенно внедрять ВАТС на приемлемых для себя условиях [5]. Изменения и дополнения вносятся в раздел определений.

В частности, под термином "водитель" предлагается понимать всякое лицо, *изнутри или снаружи* управляющее транспортным средством. Изменён термин "пользователь дороги", который означает любого участника дорожного движения, например пешехода, велосипедиста или водителя, а также автоматизированную систему вождения (АСВ) [2], активированную водителем.

Предлагаются два новых определения "автоматизированная система вождения" и "динамический контроль". "Автоматизированная система вождения" означает систему транспортного средства, в которой используется аппаратно-программное обеспечение, осуществляющее динамический контроль за управлением транспортным средством на устойчивой основе. "Динамический контроль" означает выполнение в реальном масштабе времени всех оперативных и тактических функций, необходимых для передвижения транспортного средства. Это включает управление движением транспортного средства в боковом и продольном направлении, контроль за дорогой, реагирование на явления, происходящие в условиях дорожного движения, а также планирование и сигнализацию манёвров".

Проект поправок обязует пользователей дороги, включая водителей и их автоматизированные транспортные средства, в случае если АСВ

активна, немедленно выполнять любое указание правоохранительных органов и лиц, уполномоченных регулировать дорожное движение.

Сохраняется положение Конвенции, что каждое транспортное средство, включая транспортные средства с АСВ, должны иметь водителя. Водитель может самостоятельно

осуществлять динамическое управление, задействуя систему помощи водителю или без неё, а также может делегировать динамическое управление АСВ. Водитель должен быть в состоянии активировать или деактивировать АСВ посредством конкретной команды. Любая ссылка на водителя или пользователя дороги в

связи с осуществлением динамического управления также относится к автоматизированному транспортному средству и его АСВ, когда она активна.

Для ВАТС требование о наличии водителя считается выполненным, если его АСВ соответствует национальным техническим правилам и любым применимым международным нормативно-правовым документам, касающимся колёсных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колёсных транспортных средствах, и законодательству договаривающейся стороны, регулирующему эксплуатацию ВАТС.

Под применимыми международными нормативно-правовыми документами, касающимися колёсных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колёсных транспортных средствах, подразумеваются требования, установленные международными соглашениями, принятыми договаривающейся стороной. К их числу может относиться Женевское соглашение 1958 года [6].

Водителю транспортного средства следует избегать любых действий, которые не связаны с вождением. Водитель, когда АСВ его транспортного средства активна, может выполнять другие действия, не связанные с вождением, при условии, что эти действия не мешают ему/ей безопасно реагировать на требования АСВ взять на себя задачу управления, если это необходимо. В национальном законодательстве договаривающихся сторон следует установить правила в этой области. Водитель ВАТС должен иметь возможность активировать или деактивировать АСВ своего транспортного средства и поддерживать с ней связь, с тем, чтобы иметь возможность управлять ею.

Пассажиры транспортного средства должны соблюдать любые указания по безопасности, данные водителем или АСВ, в зависимости от обстоятельств. Пассажиры не должны без необходимости отвлекать водителя или мешать нормальной работе АСВ.

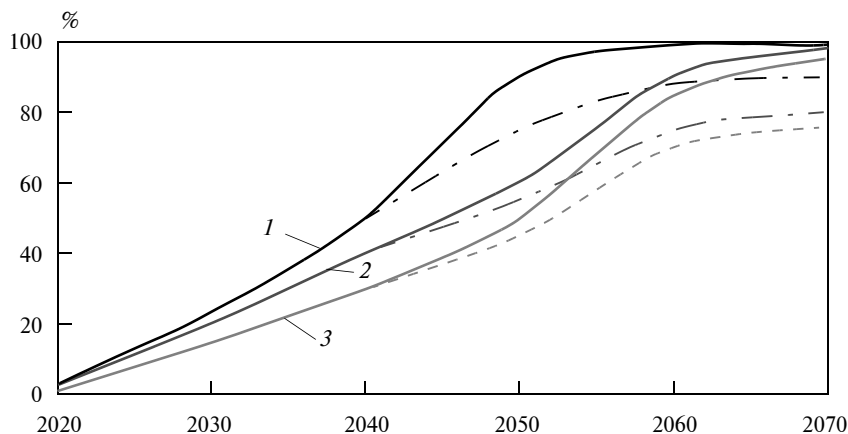


Рис. 1. Прогноз (оптимистичский — сплошные линии, пессимистический — пунктирные) распространения ВАТС:
1 — продажи; 2 — поездки; 3 — парк



Рис. 2. Правовые условия, необходимые для обеспечения реализации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС

Помимо этого, АСВ должна соответствовать национальному законодательству, регулирующему эксплуатацию ВАТС. В соответствии с этим положением договаривающиеся стороны могут также вводить в действие дополнительные требования об эксплуатации АСВ. Ни одна из сторон не обязана соглашаться с эксплуатацией АСВ на своей территории или предпринимать действия для её недопущения только по той причине, что другая сторона допускает их эксплуатацию.

Предусматривается, что Договаривающиеся стороны могут отказываться в допуске на свою территорию в международное движение автотранспортных средств, прицепов или составов транспортных средств, включая ВАТС, которые соответствуют только национальным стандартам в области транспортных средств, но не международным признанным стандартам в области транспортных средств.

Развитие законодательства Российской Федерации в сфере ВАТС

Каждая договаривающаяся сторона Конвенции может определять в национальном законодательстве предписания, дополняющие положения Конвенции или являющиеся более строгими.

Создание нормативного правового обеспечения процессов эксплуатации ВАТС на полном цикле жизни в РФ началось с документов стратегического планирования в автомобилестроении и в смежных отраслях. К ним относятся Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., Стратегия развития автомобильной промышленности РФ на период до 2025 г., Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности РФ до 2024 г. и на период до 2035 г., Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2030 г., Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования, план мероприятий ("дорожная карта") по совершенствованию за-

конодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению "Автонет", Программа деятельности государственной компании "Российские автомобильные дороги" на долгосрочный период (2010—2024 г.).

В соответствии со стратегией развития автомобильной промышленности РФ на период до 2025 г. установлено, что ключевыми глобальными трендами, обладающими наибольшим потенциалом влияния на развитие российского автомобильного рынка и отрасли в целом, являются повышение автономности транспортных средств и внедрение сетевых (телекоммуникационных) технологий в транспортных системах. При этом в состав приоритетных направлений инновационного развития автомобилестроения в РФ входят технологии автономизации и роботизации транспортных средств, интеллектуальные системы безопасности и управления, телематические транспортные системы.

Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования направлена на снятие административных барьеров и разработку согласованных нормативных требований в целях поддержки безопасной интеграции беспилотных транспортных средств с традиционными участниками дорожного движения и повышения качества предоставляемых транспортных услуг.

Цели и задачи законодательного обеспечения обращения ВАТС

Реализация целей, задач и мероприятий, предусмотренных документами стратегического планирования, потребовала разработки новых нормативных правовых актов и внесения изменений в действующие акты с целью правового регулирования сферы обращения ВАТС на полном цикле жизни. В настоящее время в России действует Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ "Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифро-

вых инноваций в РФ, который распространяется, в том числе, на проектирование, производство и эксплуатацию ВАТС, аттестацию их операторов, предоставление транспортных и логистических услуг и организацию транспортного обслуживания. В соответствии с указанным законом в области обеспечения безопасности дорожного движения может быть установлено специальное регулирование, отличающееся от регулирования, предусмотренного положениями Федерального закона "О безопасности дорожного движения" от 12.12.1995 г. № 196-ФЗ. Такое специальное регулирование устанавливается программой экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций. Положения данной программы могут изменять или исключать действие положений Федерального закона "О безопасности дорожного движения".

Одной из целей экспериментального правового режима является формирование по результатам его реализации новых видов и форм экономической деятельности, способов осуществления экономической деятельности. В отношении участников экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций в соответствии с программой экспериментального правового режима могут быть изменены или исключены пункты Федерального закона "О безопасности дорожного движения", устанавливающие требования к подтверждению соответствия и регистрации ВАТС, их техническому состоянию, техническому осмотру, техническому обслуживанию и страхованию, а также требования по обеспечению безопасности дорожного движения, предъявляемые к юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, физическим лицам при эксплуатации транспортных средств, медицинскому обеспечению и допуску к управлению.

Срок действия экспериментального правового режима определяется программой экспериментального правового режима и не может превышать три года. По итогам мониторинга экспериментального правового режима и оценки эффектив-

ности и результативности его реализации определяется допустимость придания специальному регулированию свойства общего регулирования. Действие экспериментального правового режима прекращается досрочно при вступлении в силу актов общего регулирования (федеральные законы, акты Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти, государственных корпораций и др.), применение которых ведёт к его прекращению.

Главным этапом в формировании общего регулирования эксплуатации ВАТС должна стать разработка соответствующего федерального закона, регулирующего отношения, возникающие при обращении ВАТС на территории Российской Федерации (далее Федеральный закон). Его обеспечит проведение единой государственной политики в сфере развития инновационных технологий, применяемых в сфере транспорта. Будут созданы правовые условия, необходимые для обеспечения реализации на территории Российской Федерации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС и охраны жизни и здоровья граждан, защиты прав и законных интересов, а также охраны имущества граждан, юридических лиц и государства при эксплуатации ВАТС.

Для достижения указанных целей Федеральный закон должен обеспечить решение следующих основных задач: создание системы нормативно-правового регулирования реализации всех стадий полного жизненного цикла высокоавтоматизированных транспортных средств на территории Российской Федерации; повышение безопасности дорожного движения и создания безопасной транспортной среды путём снижения роли человеческого фактора и влияния ошибок, совершаемых водителями; правовое содействие внедрению автоматизированных и роботизированных технологий организации дорожного движения с участием высокоавтоматизированных транспортных средств; правовое содействие развитию интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры, обеспечивающей

внедрение беспилотного дорожного движения с участием высокоавтоматизированных транспортных средств; гармонизация нормативных требований в целях поддержки безопасной интеграции высокоавтоматизированных транспортных средств в процесс дорожного движения на автомобильных дорогах Российской Федерации; создание благоприятных условий для разработки и внедрения цифровых инноваций в сфере автомобильного транспорта; повышение качества жизни граждан путём всестороннего удовлетворения потребностей в транспортной мобильности, развития связанного с ней рынка услуг; создания комфортных условий самостоятельного передвижения для лиц с ограниченными возможностями; осуществление перевозок грузов в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий без риска для жизни и здоровья людей; снижение нагрузки на улично-дорожную сеть путём её более эффективного использования и распространения технологий подключения транспортных средств к дорожно-транспортной инфраструктуре; повышение конкурентоспособности дорожно-транспортной инфраструктуры Российской Федерации и экспортного потенциала российских компаний на мировых рынках путём развития беспилотных технологий.

Обеспечение безопасного технического состояния ВАТС

Появление ВАТС, которые во многом будут полагаться на технические системы, обеспечение исправности и надёжности их работы выходит на первый план. Вероятно, что существующая система обеспечения надлежащего технического состояния ТС, в которой вся ответственность за работоспособность систем, узлов и агрегатов лежит на владельце ТС, неприемлема для ВАТС и нуждается в пересмотре. Халатность владельцев в отношении контроля технического состояния критически важных систем ВАТС может привести к повышенным рискам возникновения ДТП по этой причине, что будет воспринято как

ненадёжность систем и приведёт к задержкам во внедрении.

Модернизация системы контроля и обеспечения безопасного технического состояния ВАТС, сложная задача и не может быть решена в действующем правовом поле. Действующая система технической эксплуатации нуждается в совершенствовании. Современные информационные технологии обеспечивают возможность непрерывного дистанционного контроля технического состояния ВАТС и подключенных ТС. К деятельности по техническому обслуживанию и ремонту ВАТС следует допускать аккредитованные организации.

Федеральный закон должен усилить требования к структуре, функциям и параметрам интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры.

С целью обеспечения информационной поддержки обращения и мониторинга эксплуатации ВАТС на территории РФ Федеральным законом должно быть предусмотрено создание единой автоматизированной информационной системы ВАТС (ЕАИС). Оператор ЕАИС организует её взаимодействие с информационными ресурсами федеральных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. ЕАИС ВАТС должна взаимодействовать с автоматизированной информационной системой обязательного страхования, единой автоматизированной информационной системой технического осмотра, государственным информационным ресурсом, содержащим сведения по аккредитации, единым реестром российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

Информационный ресурс ЕАИС должен включать: реестр изготовителей ВАТС; реестр автоматизированных систем вождения; реестр программного обеспечения автоматических систем вождения; реестр бортовых автономных регистраторов информации; реестр владельцев ВАТС; реестр операторов сервисного обслуживания; единый реестр техников-мехатроников [7]; картографическую информацию в отно-

шении автомобильных дорог, включая информацию об интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуре и электронной модели дороги; данные о случаях передачи информации ВАТС в экстренные оперативные службы; информацию о деактивации автоматизированных систем вождения, дорожно-транспортных происшествий и иных событий с участием ВАТС; сведения о проведении сервисных обслуживаний ВАТС; оперативную информацию о месте нахождения ВАТС и движения его по маршруту; статистическую информацию и аналитическую информацию об эксплуатации ВАТС; иную информацию, используемую для решения задач в сфере эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств. К информации, содержащейся в ЕАИС, обеспечивается свободный доступ, за исключением информации ограниченного доступа.

Безопасность ВАТС должна быть подтверждена в установленном порядке в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза "О безопасности колёсных транспортных средств" (ТР ТС 018/2011) с оформлением изготовителем ВАТС специальной декларации. Соответствующие изменения технического регламента разрабатываются. ВАТС должны незамедлительно посредством звукового, визуального, тактильного или иного сигнала уведомлять пользователей и операторов сервисного обслуживания о возникшей угрозе безопасности.

Обеспечение информационной безопасности эксплуатации ВАТС

Участники отношений, возникающих при обращении ВАТС на территории РФ, должны обеспечивать информационную безопасность на основе: реализации организационных и технических мер, направленных на обеспечение защиты информации в сфере эксплуатации ВАТС от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от

иных неправомерных действий в отношении такой информации; предотвращения неправомерного доступа к информации, обрабатываемой ВАТС, уничтожения такой информации, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления и распространения, а также иных неправомерных действий в отношении такой информации; непрерывного взаимодействия с государственной системой обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации. Обязательным условием обеспечения информационной безопасности является своевременное обновление программного обеспечения ВАТС и программного обеспечения взаимодействующих с ним объектов интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры.

Поэтапное внедрение ВАТС в сферу автомобильных перевозок пассажиров и грузов должно способствовать: повышению безопасности перевозочного процесса из-за снижения аварийности по причине "человеческого фактора" (количество подобных ДТП составляет до 80 % от общего их числа) путём исключения ошибок и невнимательности, вождения в состоянии усталости, алкогольного и наркотического опьянения; улучшению организации дорожного движения путём повышения равномерности загрузки улично-дорожной сети, увеличения интенсивности транспортных потоков и скоростей движения, снижения потребления топлива и уровня вредных выбросов, сокращения простоев автомобилей (вплоть до круглосуточной их работы) и повышения эффективности их использования; повышению комфорта и мобильности пользователей (в том числе для тех граждан, которые не могут управлять обычными ТС, или использовать традиционные средства передвижения), полному отказу в перспективе от личного транспорта, решению проблем парковки и т.д. Вместе с тем развитие высокоавтоматизированного транспорта, как показано выше, потребует

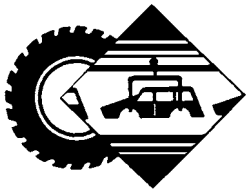
проведения существенных институциональных изменений в области автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.

Принятие Федерального закона, регулирующего отношения, возникающие при обращении ВАТС на территории РФ, обеспечит проведение единой государственной политики в сфере развития инновационных технологий, применяемых в сфере транспорта. Будут созданы правовые условия, необходимые для обеспечения реализации на территории Российской Федерации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС и охраны жизни и здоровья граждан, защиты прав и законных интересов, а также охраны имущества граждан, юридических лиц и государства при эксплуатации ВАТС.

Источники

1. Litman T. Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning // 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC. 2016. TRB Paper No. 15-3326.
2. Комаров В.В. Методические подходы к формированию понятийного аппарата в сфере создания и развития систем автоматизированного вождения автотранспортных средств [Текст] / В.В. Комаров, С.А. Гараган // Автомобильная промышленность. — 2019. — № 10. — С. 11—20.
3. Комаров В.В. Требования к управлению высокоавтоматизированным транспортным средством в условиях крайней необходимости [Текст] / В.В. Комаров, С.А. Гараган // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2021. — Январь—март. — С. 14—20.
4. Комаров В.В. Об установлении юридической ответственности в случаях ДТП с участием высокоавтоматизированных транспортных средств [Текст] / В.В. Комаров, С.А. Гараган // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2021. — Апрель—июнь. — С. 16—26.
5. Официальный сайт Глобального форума по безопасности дорожного движения ООН (WP.1) [Электронный ресурс]. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp1/ECE-TRANS-WP1-2019-7r.pdf>.
6. Официальный сайт Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств ООН (WP.29) [Электронный ресурс]. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp1/ECE-TRANS-WP1-2019-7r.pdf>.
7. Профессиональный стандарт "Мехатроник". Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 февраля 2017 года № 175н.

*Статья поступила в редакцию 17.09.21;
одобрена после рецензирования 23.09.21;
принята к публикации 27.09.21.*



научная статья
УДК 656.138

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСАДОЧНОЙ СХЕМЫ ВОДИТЕЛЯ И ПассаЖИРОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

ШВЕЁВ И.А., канд. экон. наук ШВЕЁВА Е.И. ✉

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) ФУ
(shveeva_katya222@mail.ru)

Представлена методика проектирования посадочной схемы водителя и пассажиров АТС с использованием интеллектуальной системы моделирования "Siemens NX". Проанализирована компоновочная схема рабочего места водителя грузового автомобиля с использованием двух манекенов разных перцентилей.

Ключевые слова: проектирование, автотранспортное средство, интеллектуальная система Siemens NX, технологии, эксплуатация.

SIMULATION OF THE LANDING DIAGRAM OF THE DRIVER AND PASSENGERS OF A MOTOR VEHICLE Shveyov I.A., Shveyova E.I.

This article describes how to design a vehicle driver and passenger landing scheme using the intelligent Siemens NX simulation system. The layout diagram of the truck driver's workplace using two mannequins of different percentiles was analyzed.

Keywords: design, motor vehicle, Siemens NX intelligent system, technology, vehicle operation.

Конкурентоспособность предприятий автомобилестроительной отрасли уже невозможно обеспечить без современных многокомпонентных решений по управлению жизненным циклом изделий. Многие российские компании, участвующие в разработке и создании автомобилей, в последние годы взяли на вооружение использование зарубежных PLM-систем. Современные автомобили представляют собой сложные технические объекты, состоящие из множества деталей. Необходимо не только сконструировать и качественно собрать автомобиль, но и оценить спрос на рынке, просчитать специфику эксплуатации на всех этапах. Вот поэтому так важна роль систем управления жизненным циклом изделия (*Product Lifecycle Management, PLM*). Основными особенностями использования системы Siemens NX является гибридное моделирование, представляющее пользователю широкий выбор необходимых инструментов

по построению и работы с моделью, а также позволяет выбрать конструктивные элементы, оперативно менять их и связи между ними [1].

В процессе компоновки автомобиля необходимо выполнить одну из важных задач — разместить пассажиров в салоне. Их расположение сильно влияет на общую компоновку автотранспортного средства. Позиция водителя должна быть комфортной, с хорошей обзорностью и дося-

гаемостью до центра управления автомобиля. Панели приборов должны быть хорошо видны, при этом светящиеся шкалы не должны отражаться в ветровом стекле. Кроме всего прочего нужно найти компромисс между водителями разного роста и комплекции [1]. Размещение пассажиров в салоне автомобиля осуществляют путём разработки посадочной схемы.

Под компоновкой посадочной схемы водителя подразумевают геометрические параметры, характеризующие его положение относительно колёсной базы и органов управления. Задачи по моделированию посадочной схемы водителя и пассажиров определяются на этапе общей компоновки автотранспортного средства. В системе "Siemens NX" задаются основные параметры компоновки посадочных мест водителя и пассажиров, а именно [1; 2]: *класс транспортного средства и область эксплуатации автомобиля; принципиальная компоновочная и структурная схема; предварительные технические параметры и характеристики автотранспортного средства; требования к дизайну; дополнительные специальные требования.*

Для разработки рабочего места водителя и проверки эргономических характеристик салона автомобиля и позы пассажиров специаль-

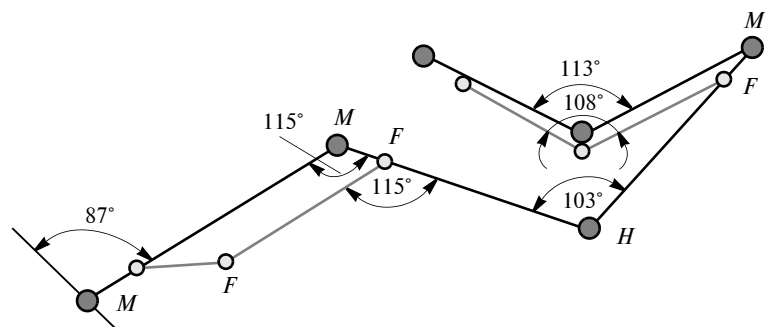


Рис. 1. Схема размеров по "Directive 2780 VDI" (рабочая поза вождения соответствует рекомендациям "G. Dupuis"):

M — мужчина (95%), F — женщина (5%)

но разработаны и стандартизированы манекены (ГОСТ 20304—90 (СТ СЭВ 4016—83)). Размерные параметры манекенов построены на основе статистических данных. Например, базовый манекен, по которому подбирают размеры салона многие автопроизводители — это манекен мужского типа "95-го уровня репрезентативности", или "95-го перцентиля" (ГОСТ 20304—90 или DIN 33408). Его рост составляет 187 см при весе около 94 кг. Понятие "95-й перцентиль" показывает, что 95 % людей согласно статистике, имеют рост меньше, чем данный манекен. Манекен с маленьким ростом, согласно которому выбираются регулировки сиденья и органов управления, это как правило, женский манекен 5-го перцентиля. При разработке рабочего места водителя, характеризующего манекена 95-го перцентиля, сиденье будет сдвинутым в крайнее заднее положение, а для манекена 5-го перцентиля — в крайнее переднее положение [2]. Примеры схем размеров и положений суставов манекенов показаны на рис. 1 и 2.

Согласно предоставленной модели двухмерного манекена, компоновочной схемы кабины автомобиля КамАЗ-5490 (рис. 3) и стандартов разработки рабочего места водителя можно смоделировать в системе "Siemens NX" посадочную схему водителя данного автомобиля [2].

Для размещения двухмерного манекена следует указать расположения ключевых элементов на компоновочном чертеже автомобиля в ПО "Siemens NX". Этими элементами считаются *H-point*, *AHP* и *BOF* [2].

В ПО "Siemens NX" представлена двухмерная модель манекена 95-го перцентиля (рис. 4) [2]. В результате изучения основных элементов модели, на примере двух участвующих в данном исследовании водителей разного перцентиля, проводится анализ эргономических параметров рабочего места водителя кабины автомобиля КамАЗ-5490.

Первый водитель имеет рост 165 см и соответствует 25-му перцентилю. Второй водитель имеет рост 187 см и соответствует 95-му перцентилю. После размещения во-

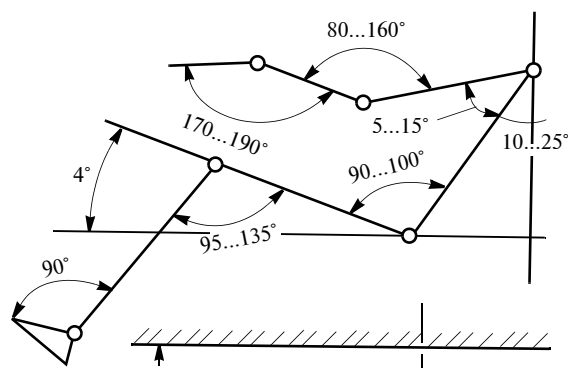


Рис. 2. Суставные углы посадки водителя грузового автомобиля, рекомендуемые по ГОСТ 37.001.413—86

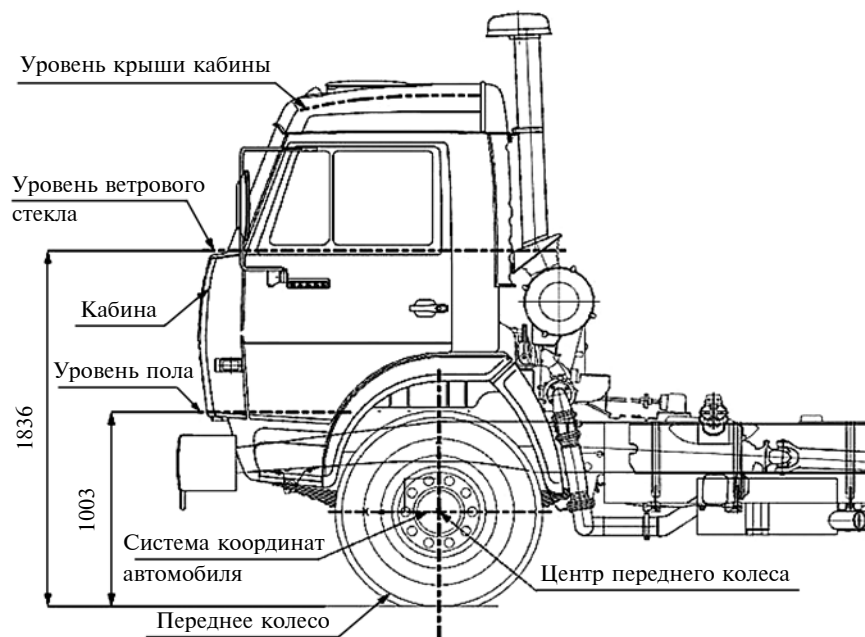


Рис. 3. Компоновочная схема грузового автомобиля КамАЗ-5490

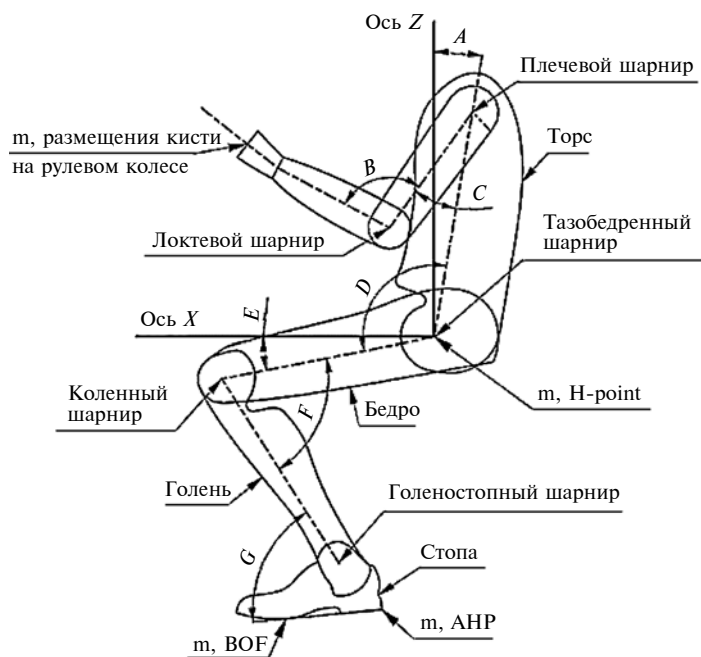


Рис. 4. 2D-модель манекена 95-го перцентиля



Рис. 5. Фотографии первого (лев) и второго (прав) водителей в кабине автомобиля



Рис. 6. Определение суставных шарниров



Рис. 7. Суставные углы для человека с ростом 165 см и 187 см

дителей в кабине грузового автомобиля КамАЗ-5490 и фотофиксации положения их тел (рис. 5), сделанные фотографии загружаются в среду "Siemens NX", где определяется расположение центров суставных шарниров.

Расположение суставных шарниров отражено на рис. 6 после определения ключевых точек *H-point*, *АНР* и *BOF* для людей такого роста [2]. На рис. 7 представлены значения суставных углов для водителей, участвующих в данном исследовании, где *H-point* обозначена в соответствии с образцом манекена и определены углы *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G* в суставных шарнирах [2].

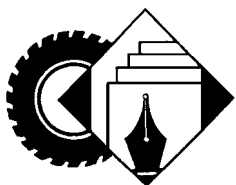
Данные ключевых угловых параметров манекенов отображены в таблице. Для сравнения здесь же представлены нормативные значения суставных углов из ГОСТ 20304—90, а серым фоном выделены значения, отличающиеся от норматива.

Как видим, наиболее удобное положение в кабине грузового автомобиля КамАЗ-5490 занимает второй водитель (см. рис. 7). Таким образом, использование ПО "Siemens NX" позволяет смоделировать наиболее оптимальное и комфортное положение водителя в салоне автомобиля, что повышает его работоспособность в процессе эксплуатации транспортного средства.

Источники

1. Чуркин М.Г., Поздышев А.И., Мальцев И.В. Разработка управляющих программ в системе "Siemens NX" для обработки сложных пространственных конструкций / М.Г. Чуркин, А.И. Поздышев, И.В. Мальцев // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. — 2015. — № 2. — С. 113—121.
2. Программный продукт "PLM Software Siemens NX CAM".

Статья поступила в редакцию 27.08.21;
одобрена после рецензирования 02.09.21;
принята к публикации 06.09.21.



научная статья

УДК 629.33

КИТАЙ: РАЗВИТИЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ¹

Канд. экон. наук **САЗОНОВ С.Л., ВАН ЦЗИНВЭЙ**

Институт Дальнего Востока РАН

(sazonovch@mail.ru)

В наши дни автомобильная промышленность КНР претерпевает существенную трансформацию — крупнейшие китайские автопроизводители с научно-техническими компаниями, исследовательскими центрами и крупными телекоммуникационными корпорациями активно разрабатывают и внедряют в производство искусственные нейронные сети, основанные на технологиях искусственного интеллекта (ИИ), цифровые технологии и технологии "Больших данных", создают алгоритмы для использования ИИ и облачных вычислений в области беспилотного вождения, мониторинга дорожной обстановки, контроля и управления городским трафиком — в целом эта работа направлена на превращение китайских мегаполисов в "умные" города с удобной транспортной инфраструктурой и интеллектуальным автомобильным транспортом, а основной тренд уже очевиден — будущее китайского автопрома будет связано с автономным вождением, которое станет массовым явлением. Уже сегодня в Китае обмен информацией между автомобилями по технологии V2V вместе с получением автомобилями через технологию V2I данных о ситуации на дорогах и актуальных цифровых карт дорог позволяет в тестовом режиме обеспечивать безопасное и эффективное дорожное движение автономных автомобилей. Стремительное развитие новых технологий связи и беспилотного вождения в КНР становится не только одним из важнейших драйверов инновационного развития китайской промышленности, который генерирует значительный социальный и экономический мультипликативные эффекты в экономике страны, но и конкурентным преимуществом китайских компаний на мировом рынке продаж "умных" автомобилей и строительстве инновационных магистралей для беспилотных автомобилей, использующих альтернативные источники энергии.

Ключевые слова: Китай, автомобильная промышленность, беспилотное (автономное) вождение, искусственный интеллект, облачные вычисления, алгоритмы, мобильная связь 5G, драйвер, мультипликативный эффект.

CHINA: DEVELOPMENT OF HIGH TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF AUTONOMOUS DRIVING S.L. Sazonov, Wang Jingwei

Today, the automobile industry in China is undergoing a significant transformation — major Chinese automakers with scientific and

technical companies, research centers and large telecommunications corporations are actively developing and implementing artificial neural networks based on artificial intelligence (AI) technologies, digital technologies and "Big data" technologies, creating algorithms for using AI and cloud computing in the field of driverless driving, road monitoring, control and management of urban traffic — in general, this work is aimed at turning Chinese megacities into "smart" cities with convenient transport infrastructure and intelligent road transport, and the main trend is already obvious — the future of the Chinese car industry will be associated with autonomous driving, which will become a mass phenomenon. Even today, in China, the exchange of information between cars using V2V technology, together with the receipt of data on the road situation and up-to-date digital road maps by cars through V2I technology, allows the safe and efficient road traffic of autonomous cars in a test mode. The rapid development of new communication technologies and driverless driving in China is becoming not only one of the most important drivers of innovative development of Chinese industry, which generates significant social and economic multiplier effects in the country's economy, but also a competitive advantage of Chinese companies in the global market of "smart" cars' sales and the construction of innovative highways for driverless cars, using alternative energy sources.

Keywords: China, automotive industry, driverless (autonomous) driving, artificial intelligence, cloud computing, algorithms, 5G mobile communication, driver, multiplier effect.

КНР придаёт огромное внимание вопросам финансирования новейших разработок в области создания алгоритмов для систем ИИ, применяемых в АИИЭ, а основные научно-исследовательские центры расположены в городах Шанхай, Гуанчжоу, Пекин (только в столице Китая действует 260 центров разработки систем ИИ). Согласно докладу американской аналитической компании "СВ Insights", в 2018 г. КНР впервые обогнала США по объёмам инвестиций в развитие стартапов, которые занимаются разработкой алгоритмов для систем ИИ — если доля США в общем объёме мировых капиталовложений в этой области составляла 37 %, то Китай увеличил свою долю до 49 % [10]. В 2018 г. правительство Китая инвестировало около 16 млрд юаней в развитие отрасли разработки систем ИИ, разработку и совершенствование алгоритмов для обработки "Больших данных" — в первую очередь в развитие аналитических платформ "Больших данных", использующих системы ИИ на базе нейронных систем, что востребовано автомобильной отраслью для анализа данных о состоянии дорожного трафика, обеспечивающего безопасное автономное вождение автомобиля. Согласно "Стратегии инновационного развития производства интеллектуальных транспортных средств", к 2020 г. добавленная стоимость отрасли разработки алгоритмов для систем ИИ должна соста-

¹ Продолжение. Начало в "АП" № 10, 2021 г.

вить 150 млрд юаней, к 2025 г. — 400 млрд юаней и к 2030 г. — 1 трлн юаней соответственно, а по словам министра Министерства промышленности и информатизации Мяо Вэя, к 2020 г. объём рынка автомобилей с ИИ составит около 14 млрд долл. [11].

В конце мая 2019 г. автомобиль с системой дистанционного управления 5G прошёл тест-драйв в г. Чунцин, в ходе которого оператор успешно осуществлял дистанционное управление автомобилем, отслеживая ситуацию на дороге через прямую трансляцию, поддерживаемую сетью 5G. Разработчиками нового автомобиля стали чунцинский филиал компании телекоммуникационных услуг China — Telecom China Automotive Engineering Research Institute, а также компания по поставке коммуникационных средств Datang Mobile Communications Equipment. Китайские инженеры работали над тем, чтобы оснастить новый автомобиль большим количеством интеллектуальных функций, таких как раннее предупреждение об аварийных рисках, помехах, аварийного состояния дорожного полотна и т.п. [12] В 2019 г. в Чунцине начались испытания беспилотного электробуса с использованием мобильной сети 5G, оснащённого инновационными технологиями — сетью контроллеров (Controller Area Network) и обзорным лазерным локатором, способным выполнять все автономные операции с помощью мобильной сети 5G. Максимальная проектная скорость 12-местного электробуса, совместно разработанного компаниями China Mobile, Huawei, Юго-Восточным университетом и французской компанией Easy Mile, составляет 20 км/ч. Китайский автопроизводитель Zhejiang Geely Holding Group объявил о запуске серийного производства в 2021 г. первых автомобилей с поддержкой связи формата 5G и системой C-V2X (Cellular Vehicle-To-Everything), которая представляет собой беспроводную технологию, обеспечивающую связь между автомобилями, водителями, автодорожной инфраструктурой и трафиком [13]. Новые автомобили компании Geely будут производиться в сотрудничестве с интернет-провайдерами Qualcomm Inc (США) и Gosuncin Technology Group Co (КНР) и будут представлять собой первые автомобили с автономной технологией 3-го уровня. Применение технологий с поддержкой 5G и системой C-V2X (специального датчика, сообщающего о состоянии окружающей обстановки в условиях отсутствия прямой видимости) будет обеспечивать безопасность автономного вождения и заранее предупреждать системы автомобиля о возникающих опасностях. Специалисты компании Geely утверждают, что в начале 2019 г. некоторые модели их автомобилей уже достигли 2-го уровня, но с внедрением вышеуказанных технологий к концу 2021 г. они будут повышены до 3-го уровня. Муниципальные власти г. Гуанчжоу (пров. Гуандун) в марте 2019 г. объявили, что в 2020 г. все автобусные остановки общественного транспорта будут оснащены оборудованием для мобильной связи пятого поколения, а максимальная анонсированная скорость в сетях 5G составит 12 гигабит в секунду [14].

Применение наработанных высоких технологий в области беспилотного вождения позволяют генериро-

вать значительный экстернальный эффект во многих отраслях транспортного комплекса КНР. Кроме того, многие отрасли китайской промышленности, в особенности логистики, уже сегодня успешно применяют ИИ на своих предприятиях, что является наиболее благоприятным фактором с точки зрения повышения эффективности и работоспособности, а также снижения себестоимости продукции. Например, в начале 2018 г. был сдан в тестовую эксплуатацию самый большой в мире автоматизированный контейнерный терминал — 4-я очередь шанхайского глубоководного порта "Яншань", который оснащён как полностью автоматизированным оборудованием, так и автоматизированной системой управления и способен обрабатывать до 15 млн контейнеров. Именно здесь в январе 2018 г. начались испытания полностью автоматизированного беспилотного грузовика-погрузчика для перевозки контейнеров по зонам проведения погрузочно-разгрузочных работ. Грузовик, разработанный компанией Shanghai Zhenhua Heavy Industry и китайским стартапом Westwell Lab. (г. Шанхай), чья длина составляет 18 м, оборудован шестью камерами слежения, радаром миллиметрового диапазона (который определяет местоположение объектов путём измерения отражения излучаемых радиоволн) и автоматическим навигатором, способен самостоятельно выбирать самый удобный маршрут перевозки контейнеров по портовой территории со скоростью 30 км/час. Погрузчик умеет объезжать препятствия и способен избегать аварийных ситуаций благодаря встроенным системам экстренного торможения, т.е., по словам китайских инженеров, является транспортным средством со "100%-ной безопасностью". Погрузчик работает 24 часа в сутки и способен увеличить эффективность работы порта на 50 %. К примеру, для порта средних размеров с ежегодным объёмом обработки контейнеров в 2,5 млн ед. для обеспечения погрузочно-разгрузочных работ требуется около 200 грузовиков-погрузчиков (с четырьмя водителями для каждого), а ежегодная зарплата каждого китайского водителя такого погрузчика составляет от 60 тыс. юаней (9,372 тыс. долл.) до 120 тыс. юаней. На пристани автоматического контейнерного терминала в портовой зоне Цяньвань порта Циндао (пров. Шаньдун) больше не используется труд стивидорных рабочих — их заменили беспилотные электромашины, которые передвигаются упорядоченно и организованно, а портовые краны без кабины управления активно работают в контейнерном секторе. В портовой зоне осталось лишь несколько инженеров, которые контролируют работу автоматических транспортных средств через компьютеры. Сегодня 9 человек контролируют погрузочно-разгрузочные работы, для которой раньше требовалось более 60 человек. Работа на контейнерной пристани полностью автоматизирована, а средняя эффективность портовой логистики составляет 33,1 контейнера в час, что намного превышает объёмы работы традиционных пристаней. Компьютерная система автоматически генерирует рабочие инструкции, а беспилотные автомобили и погрузчики выполняют нужные задачи — "автоматическая пристань" опира-

ются на такие технологии, как Интернет-вещей, интеллектуальную систему по контролю, информационное управление, коммуникационную навигацию, использование "Больших данных" и алгоритмы облачных вычислений. Министерство транспорта КНР намерено постепенно начать внедрение подобных грузовиков-погрузчиков в ведущих китайских портах, таких как Чжухай, Гуанчжоу (пров. Гуандун), Тяньцзинь, Нинбо-Чжоушань и др. 28 ноября 2019 г. первый в мире терминал, оборудованный системой связи формата 5G с автопогрузчиками на водородном топливе, был введён в эксплуатацию в порту Циндао. В отличие от традиционных терминалов, не только загрузка, но и разгрузка контейнеров автопогрузчиками и грузовиками с платформами автономно контролируются интеллектуальными системами. Основное подъёмное оборудование также будет работать на водородном топливе, а цель этих инновационных решений состоит в достижении нулевых выбросов загрязняющих веществ. Автоматизированный терминал также изменил метод работы традиционного терминала — теперь крановщики могут одновременно управлять шестью подъёмными устройствами в центре управления на расстоянии 100 м, и один контейнер загружается и выгружается на грузовой автомобиль менее чем за 90 секунд. По сравнению с традиционным терминалом, операционная эффективность увеличилась на 30 %, ручной труд сократился на 70 %, степень автоматизации и эффективности намного превосходит другие порты мирового класса. Новое, введённое в эксплуатацию терминальное оборудование обеспечило достижение полностью нулевых выбросов — по оценкам, весь терминал, как ожидается, сократит выбросы диоксида углерода примерно на 28 тыс. т, а выбросы диоксида серы — примерно на 300 т в год. 23 ноября 2019 г. контейнеровоз, принадлежащий China COSCO SHIPPING Corporation Limited (COSCO SHIPPING), прибыл к причалу в порту Сямэнь в (пров. Фуцзянь). Однако на терминале не было рабочих, хотя активно начались погрузочно-разгрузочные работы — терминал уникален благодаря своему автоматизированному оборудованию, а загрузка контейнера на судно занимала в среднем 2 минуты — подобные терминалы есть в портах Шанхая и Циндао). Автомобили-погрузчики перевозят контейнеры между причалом и складом, причём работают они круглосуточно, процесс полностью автоматизирован и не требует участия человека. Предназначенные для погрузки и разгрузки контейнеров мостовые краны, рельсовые порталные краны и AGV (беспилотные платформы-контейнеровозы Automated Guided Vehicles (AGV), которые перемещают грузы по терминалу порта под управлением ИИ), были изготовлены компанией Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co. Ltd. — одним из крупнейших в мире производителей кранов и крупных стальных конструкций. Посредством лазерного сканирования и позиционирования компьютерная программа направляет кран, позволяя найти четыре угла каждого контейнера, точно захватить его и положить на беспилотный грузовик. Эти AGV оснащены интеллектуальными системами управления, ко-

торые могут планировать оптимальные маршруты в зависимости от условий движения в режиме реального времени, в то время как лазерная система предотвращения столкновений и ультразвуковая измерительная система обеспечивают их безопасную и бесперебойную работу и даже сигнализируют о том, что следует подзарядить аккумуляторные батареи. Благодаря этому автоматизированному терминалу портовая компания сократила затраты на рабочую силу, увеличила эффективность обработки и сэкономила энергию по сравнению с традиционными терминалами, поскольку все операции по погрузке и разгрузке осуществляются с помощью электромобилей. Все оборудование терминала работает на электричестве, что делает его первым в мире полностью свободным от двигателей внутреннего сгорания, без загрязнений и без выбросов. План по созданию первого интеллектуального терминала на основе мобильной связи 5G был разработан в июле 2019 г. в сотрудничестве с компанией China Mobile, которая будет поставлять в терминал коммуникационное оборудование, интеллектуальные приложения для 5G и облачные вычисления. Признавая, что сеть 4G не может соответствовать строгим требованиям к производительности с точки зрения временных интервалов и пропускной способности, руководство терминала решило использовать формат связи 5G, поскольку с помощью сети 5G можно решить проблемы аномальных помех связи и большой задержки в традиционном режиме и успешно реализовать передачу сигналов управления AGV с небольшой задержкой и высокой надёжностью. Следуя своим маршрутам, AGV должен отправить контейнер в указанное место в течение предписанного периода времени, что не является очень сложной задачей — именно передача сетевого сигнала крайне важна для AGV для правильного выполнения своих задач и очевидные преимущества сети 5G, несомненно, могут заложить прочную основу для дальнейшей модернизации терминала [15—18].

Современное развитие "умной" инновационной автодорожной инфраструктуры позволяет удовлетворить потребности развития китайской экономики и общества в автотранспортных услугах посредством улучшения показателей качества, доступности, экологичности и безопасности. Строительство этих магистралей, которые стали свидетельством инновационной зрелости китайской науки и промышленности, превращается в новую стратегическую отрасль китайской промышленности, содействуя развитию смежных высокотехнологичных производств. В конце декабря 2017 г. в г. Цзинань (пров. Шаньдун) китайская компания Qilu Transportation Development Group после 10 месяцев работы завершила строительство второго участка дороги, который состоит из солнечных панелей, обеспечивающих беспроводную зарядку АИАИЭ, осуществляемую синхронно во время движения автомобиля. Разработанные китайскими инженерами инновационные панели способны улавливать и перерабатывать до 25 % солнечной энергии, преобразовывая её электричество, а вырабатывая ежегодно 1 млн кВт/ч электрической энергии из солнечной, батареи могут также использовать излишки энергии для покрытия

потребностей 800 домохозяйств, прилегающих к трассе автодороги, для растапливания снега, который в зимнее время заметает дорожное покрытие, а также для освещения полотна дороги, обеспечения энергопитания дорожных знаков, камер видеонаблюдения дорожного движения и пунктов взимания дорожных сборов. Избыточная электрическая энергия также будет передаваться на государственную сеть Китая, а в дальнейшем в дорожную инфраструктуру автомобильной магистрали планируется инкорпорировать такую функцию, как подключение Интернета. Протяжённость участка автомобильной дороги составила 1,12 км (этот участок составляет часть высокоскоростной кольцевой автомобильной дороги в южной части г. Цзинань) и он состоит из трёх слоёв, которые способны выдерживать вес грузовика среднего размера. Верхний слой представляет собой прозрачный бетон, который по свойствам похож на стандартный асфальт. Центральным слоем являются солнечные панели (батареи) общей площадью 5875 кв. м, нижний слой представляет собой изоляцию для защиты солнечных батарей от влажности, исходящей от земли, а общая мощность этих солнечных панелей составляет 817,2 кВт. Автомобильная дорога, гарантийный срок службы которой определён в 20 лет, в техническом отношении уже готова к эксплуатации, однако различные тесты и проверки продлятся ещё до начала 2021 г. Стоимость строительства и эксплуатации китайской инновационной автомобильной дороги пока не разглашается, но по заверению китайских специалистов, она составляет 50 % себестоимости строительства подобных "солнечных дорог" в западных странах, а по мере развития сети подобных магистралей в Китае стоимость как прокладки, так и эксплуатации будет постоянно снижаться. Это уже второй участок дороги, построенный в г. Цзинань, а 1-й участок дороги со встроенной фотогальванической инфраструктурой протяжённостью 160 м был построен в г. Цзинань в сентябре 2017 г. Также в конце 2017 г. и в г. Шаосин (пров. Чжэцзян) был построен участок фотогальванической дороги. В перспективе китайские инженеры планируют применять автономное управление электромобилей на этих специальных дорогах при помощи компьютеров, которые возьмут на себя организацию процесса движения, составление маршрута, осуществление контроля за возможными опасностями и управление машиной, что позволит обеспечить максимальный комфорт и безопасность. Водителю АИИЭ по этим дорогам останется лишь задать конечный пункт назначения, а остальные функции возьмёт на себя компьютер. В отдалённой перспективе планируется строительство автомобильных дорог со встроенной системой беспроводной зарядки электромобилей — способ передачи энергии будет аналогичен принципу работы большинства зарядных устройств: ряд индукционных катушек, встроенные под дорожным покрытием, будут генерировать магнитные поля, которые будут улавливаться принимающими устройствами электромобилей и трансформировать их в электрическую энергию, необходимую для работы двигателя. В начале 2018 г. в провинции Чжэцзян (восток КНР) началось строи-

тельство первой "интеллектуальной" интерактивной скоростной автомобильной магистрали, отличающаяся повышенным уровнем информативности и безопасностью. Магистраль протяжённостью 161 км, которая будет состоять из шести полос, свяжет г. Ханчжоу (административный центр пров. Чжэцзян) с г. Шаосин и крупнейшим в мире портом Нинбо-Чжоушань (в 2017 г. его грузооборот превысил 1 млрд т). Строительство и введение магистрали в эксплуатацию, которое намечено на 2022 г. позволит повысить на 30 % среднюю скорость движения автомобилей до 150—160 км/ч (есть планы Министерства транспорта КНР вообще отменить лимит скорости на этой скоростной автомобильной магистрали, как это принято, например, в Германии) и сократить до 1 часа (с нынешних двух часов) время в пути между тремя городами. Повышение скорости движения по скоростной автомобильной магистрали Ханчжоу—Нинбо—Шаосин будет обеспечено применением инновационных интеллектуальных технологий, включая системы беспилотного контроля и предупреждения, которые в перспективе будут дополнены подключением систем Интернета (Internet of Vehicles), которые также будут поддерживать системы автономного вождения. Это обеспечит возможность бесконтактного проезда автомобилей через пункты взимания платы, что позволит обеспечить поддержание высокой скорости автомобилей на магистрали. Вдоль маршрута скоростной автомобильной дороги будут установлены солнечные панели для обеспечения выработки электроэнергии для питания светодиодов, которые в автоматическом режиме будут передавать на компьютер автомобилей, проезжающих по автомагистрали, сведения о состоянии дорожного полотна (в случае появления осадков, либо гололедицы), о возможных заторах, либо авариях, возникающих на пути движения автомобиля. Световые диоды будут менять свой цвет в зависимости от времени суток и дорожной обстановки и обеспечивать также подсветку полотна магистрали. Китайские проектировщики утверждают, что в будущем в полотно скоростного шоссе будет интегрирована система зарядки электромобилей в мобильном режиме, которые будут иметь специальное оборудование, предназначенное для беспроводной зарядки по ходу движения, а правительство КНР планирует в будущем внедрить эти технологии на всех скоростных автомобильных магистралях страны. В марте 2019 г. в провинции Хайнань началось строительство двухполосного Хайнаньского шоссе № 1 протяжённостью 1040 км, которое объединит все местные автомобильные дороги общей протяжённостью 6 тыс. и обеспечит устойчивую связь между 12 прибрежными городами. Автомагистраль будет иметь форму петли вокруг островной провинции, а часть трассы протяжённостью 208 км будет проходить вдоль морского побережья. Автомобильное движение по автобану будет поддерживаться технологией 5G, GPS-позиционированием и использованием массива "Больших данных", а управление транспортными средствами будет поддерживаться путём постепенного внедрения интеллектуального управления, обеспечиваемого мониторингом трафика в режиме реального

времени. В 2020 г. строительная корпорация Beijing Capital Highway Development Group начнёт строительство скоростной автомобильной магистрали Пекин—Сюньань протяжённостью 100 км, причём общая протяжённость отрезка скоростного шоссе в Пекине составит 30 км, а в провинции Хэбэй — 70 км. Будет построено 8 полос в обе стороны. Две внутренние полосы движения специально будут предназначены для автомобилей с системами автономного управления, а также на магистрали будет внедрена интеллектуальная система сбора платежей [19, 20].

По прогнозам Beijing News, в 2020 г. объём рынка сбыта автономных АИАИЭ в Китае достигнет 170 млрд юаней (24,31 млрд долл.), а согласно долгосрочным прогнозам издания, в общем объёме пассажирооборота на долю беспилотных АИАИЭ в 2040 г. может прийти до 66 % пассажиро-километров, что обеспечит доход в размере 0,9 трлн долл. от продаж беспилотных АИАИЭ и 1,1 трлн долл. от предоставления услуг мобильной связи. В 2040 г. объём продаж беспилотных АИАИЭ в Китае составит более 40 % объёма продаж новых "умных" автомобилей и 12 % общего автомобильного парка КНР. Следует отметить, что стремительное развитие новых технологий связи и беспилотного вождения в КНР становится не только одним из важнейших драйверов инновационного развития китайской промышленности, который генерирует значительный социальный и экономический мультипликативные эффекты в экономике страны, но и конкурентным преимуществом китайских компаний на мировом рынке продаж "умных" автомобилей и строительстве "умных" инновационных автомобильных магистралей для АИАИЭ. Китайские аналитики утверждают, что развитие технологии передачи данных в формате связи 5G будет стимулировать увеличение темпов роста ВВП КНР на 0,1 п.п. в 2020 г. и на 5,8 п.п. в 2030 г. После 2025 г. рост уровня безопасности вождения на китайских магистралях достигнет рекордных 96 %, а автономные АИАИЭ сохранят жизни миллионам людей и сэкономят бюджету страны более 350 млрд юаней только за 10 лет активной эксплуатации на магистралях Китая, что вызовет сокращение рынка страхования на 30 % в 2025 г. и на 80 % в 2040 г. Полисы страхования станут покупать не владельцы "умных" АИАИЭ, а крупные автопроизводители, которые будут закладывать стоимость страховки в цену беспилотного АИАИЭ [21]. Согласно прогнозу аналитиков КААП, в 2025 г. объём мирового рынка автомобилей, оборудованных технологиями связи формата 5G и 6G, системами автономного вождения и IoV, составит 72,5 млн ед. общей стоимостью 1,48 трлн юаней (221 млрд долл.), ежегодные темпы роста этого рынка составят 10 %, а на долю КНР будет приходиться около 45 % объёма этого рынка (на втором месте будет США (30 %), а на третьем — страны Евросоюза (23 %)). Согласно прогнозам одного из крупнейших американских финансовых холдингов, JP Morgan Chase, Китай уже сегодня становится крупнейшим мировым рынком беспилотных АИАИЭ с встроенными технологиями ИИ и 5G, что обеспечит к 2030 г. рост ежегод-

ного дохода бюджета КНР только от продаж этих технологий до 280—300 млрд долл. [21].

Источники

- World's largest auto market eyes NEV, AI for new growth. URL: http://www.china.org.cn/business/2019-04/19/content_74698594.htm (дата обращения: 20.04.2019).
- New Infrastructure Construction to Push Economic Growth. China's construction of new infrastructure is expected to create new drivers for economic growth. URL: http://www.bjreview.com/Business/202003/t20200315_800197102.html (дата обращения: 17.03.2020).
- Chen Liubing. China's AI ecosystem is changing real economy, says Li Kaifu. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201904/04/WS5ca561c3a3104842260b464f.html> (дата обращения: 05.04.2019).
- Liu Kunin, Zhao Ruixue. Sweden. OK's Chinese firm to test self-driving cars on roads. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/13/WS5df33de8a310cf3e3557e050.html> (дата обращения: 14.12.2019).
- Zhou Zheng. China supports development of new energy intelligent cars. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202001/15/WS5a5c41faa3102c394518f46a.html> (дата обращения: 17.01.2020).
- Year-ender: Major achievements in internet and technology. URL: http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/21/WS5dfd4dc9a310cf3e3557fad9_6.html (дата обращения: 23.12.2019).
- Baidu tests driverless cars on expressway in Shanxi. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201901/23/WS5c483a32a3106c65c34e61f3.html> (дата обращения: 23.01.2019).
- Liu Yukun. China to further boost electric, smart car sales. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/03/WS5de61fafa310cf3e3557bb37.html> (дата обращения: 06.12.2019).
- Developing Big Data in the New Era. URL: http://www.bjreview.com/Nation/20181218/t20181218_800112562.html (дата обращения: 19.12.2018).
- He Wei, Ouyang Shijia, Zhong Nan. Innovation pays rich dividends. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201903/11/WS5c85b68da3106c65c34edd2b.htm> (дата обращения: 12.03.2019).
- Chang Jun. Joint efforts essential for self-driving industry as explosive growth is expected. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/18/WS5c1917c8a3107d4c3a0017fb.html> (дата обращения: 18.12.2019).
- 5G remote-controlled car tested in Chongqing. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201905/17/WS5cde4224a3104842260bc464.html> (дата обращения: 18.05.2019).
- Ma Si. Network growth to make nation biggest 5G market. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201903/21/WS5c92c83ca3104842260b1ae5.html> (дата обращения: 25.03.2019).
- Era of 5G to open 'unprecedented' opportunities. URL: http://www.china.org.cn/business/2019-03/22/content_74600597.htm (дата обращения: 10.08.2019).
- Zhou Wenting. World's first self-driving container straddle carrier debuts in Shanghai. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/17/WS5a5ea049a310e4ebf433e364.html> (дата обращения: 18.01.2018).
- Chai Hua. Self-driving freight transport makes a debut at Zhuhai Port. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/24/WS5a67ca0fa3106e7dccc136208.html> (дата обращения: 25.01.2018).
- Qingdao focuses on advanced industries. URL: http://www.chinadaily.com.cn/m/qingdao/2019-11/30/content_9562704.htm (дата обращения: 30.11.2019);
- Ma Miaomiao. Automation in Motion. China's first fully automated terminal embraces further development. URL: http://www.bjreview.com/Business/201912/t20191202_800186486.html (дата обращения: 03.02.2019).
- Intelligent highway to set blueprint. URL: http://en.ce.cn/main/latest/201802/06/t20180206_28084270.shtml (дата обращения: 06.02.2018); China's solar expressway meets light of day. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-12/29/content_50175692.htm (дата обращения: 30.12.2018);
- Xing Yi. Road of future paved with solar panels. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2019-12/22/content_35356391.htm (дата обращения: 24.12.2019).
- Zhou Mo. 5G will drive China's digital economy: Consultant. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201904/23/WS5cbeff71a3104842260b7db7.html> (дата обращения: 25.04.2019) (дата обращения: 26.04.2019).
- How will 5G change the world? URL: http://www.china.org.cn/opinion/2019-08/14/content_75098265.htm (дата обращения: 16.08.2019).

Статья поступила в редакцию 24.04.20;
одобрена после рецензирования 28.04.20;
принята к публикации 30.04.20.



С ноября 2021 в связи с восстановлением рынка и ростом продаж автомобилей завод "Ниссан" в Санкт-Петербурге переходит на двухсменный режим работы. Эта запланированная и объявленная ещё летом мера позволит увеличить объём производимых автомобилей — "Кашкай", "Х-Трейл" и "Мурано" — на 20 %. Завод будет работать пять дней в неделю с двумя восьмичасовыми рабочими сменами. Суббота и воскресенье — выходные.

Генеральный директор завода Евгений Шевелёв прокомментировал это решение: "Мы отслеживаем ситуацию на автомобильном рынке и понимаем, что в настоящий момент остро необходимо увеличивать объёмы производства. Для этого мы вводим вторую смену, для чего в штат завода уже набрано дополнительно 300 человек."



На территории предприятия обеспечено строгое соблюдение требований Стандарта безопасной деятельности и санитарно-гигиенической безопасности в целях противодействия распространению в Санкт-Петербурге новой коронавирусной инфекции. Руководство завода прикладывает максимум усилий для поддержания сотрудников на пути к созданию коллективного иммунитета: вакцинация на заводе доступна любому желающему; каждому вакцинированному предоставляется дополнительный день к отпуску либо сертификат в спортивный магазин. Для минимизации рисков распространения Ковид-19 офисные сотрудники компании частично направлены на дистанционный (удалённый) режим работы.

Напомним, с 2009 г. завод в Санкт-Петербурге осуществляет операции по сборке, окраске, сварке автомобилей, а также штамповку кузовных деталей и пластиковое литье. На предприятии собираются три вышеуказанные модели. После дополнительного набора персонала для второй смены на заводе трудится 1926 человек. За 9 месяцев 2021 г. было произведено на 17 % больше автомобилей, чем в 2020 году (30 526 против 26 058 автомобилей, что частично объясняется остановкой в апреле 2020 г. из-за шатдауна). В третьем квартале 2021 г. также наблюдается рост в 5 % (10 557 против 10 039).

Экспорт в Казахстан и Беларусь также наращивает обороты. За девять месяцев поставки в Беларусь и Казахстан увеличились более чем вдвое (на 119 % в Беларусь, и на 117 % в Казахстан). третий квартал показывает ещё больший рост — в Беларусь было поставлено в 4 раза больше, чем годом ранее (429 автомобилей против 109), в Казахстан — в три раза больше прошлогоднего результата (709 автомобилей против 246).

Компания "Автомобили Ламборджини" демонстрирует рекордные показатели продаж за последние девять месяцев 2021 г. В период с января по сентябрь клиентам передано 6902 суперкара, что на 23 % больше по

сравнению с тем же периодом 2020 г., показатели которого, в свою очередь, почти на 6 % превзошли первые три квартала 2019 г. Перспективы столь же позитивны: значительный рост числа заказов подтверждает спрос на суперкары марки. По словам президента и председателя правления компании Стефана Винкельмана "Ламборджини" занимает чрезвычайно сильные позиции, предлагая всеобъемлющий и востребованный модельный ряд, включающий модели с двигателями V10, V12, а также суперSUV. Компания не только выстояла в сложных условиях последних 18 месяцев, но и приложила усилия по поддержанию роста объёмов продаж, что говорит о неизменной привлекательности марки во всем мире, а также об эффективности бизнес-стратегии и дилерской сети. "Ранее в этом году мы представили план электрификации нашей продукции, который начинается с перевода всех моделей на гибридную силовую установку к 2024 году, включая концепт новой, четвёртой модели, с полностью электрической силовой установкой. Сегодня мы продолжаем гордиться выпуском двигателей "Ламборджини" без турбонаддува: этим летом мы начали передавать клиентам "Хуракан STO", в то время как две модели ограниченных серий с двигателем V12 — "Авентадор Ультимей" и "Каунтач LPI 800-4", представленные этим летом, уже полностью распроданы. При этом срок ожидания всего модельного ряда с момента заказа составляет около 12 месяцев".



За первые девять месяцев 2021 г. в странах Америки было передано клиентам 2407 суперкаров, что на 25 % больше, чем за тот же период 2020 г., в Европе, на Ближнем Востоке и в Африке вместе взятых число переданных суперкаров достигло 2622, или +17 %, а в Азиатско-Тихоокеанском регионе — 1873 суперкара, или +28 % по показателям 2020 года. "Юрис" сохраняет позиции самой продаваемой модели (4085 единиц, +25 %) благодаря непревзойдённому характеристикам в сочетании с выдающейся универсальностью, за ней следует "Хуракан" (2136 единиц, +28 %), в то время как продажи "Авентадор" остаются стабильными (в соответствии с планом производства модели продан 681).

Интересная опция "Световые границы", которой компания "Конекрейнс Демаг Рус" оснащает краны, работающие на российских предприятиях, призвана обеспечить безопасность сотрудников при перемещении грузов. Опыт использования технического решения уже имеется у ООО "Эй Джи Си Флэт Гласс Клин" и на Западно-Сибирской ТЭЦ.

"AGC Гласс Россия" — часть международной группы AGC, мирового лидера по изготовлению стекла. Компания владеет современными производствами в Московской и Нижегородской областях. Завод, расположен-

ный в Клинском районе Московской области, занимает площадь в тридцать гектаров. Предприятие выпускает около 1600 т стекла в сутки, что позволяет обеспечить материалом сотни российских компаний из сфер строительства и архитектуры, дизайна интерьеров и производства мебели. На заводе эксплуатируется более 50 кранов различной грузоподъёмности — в основном это "Демаг" и "Конекрейнс". Например, на складе готовой продукции установлены машины грузоподъёмностью 6,3 и 16 т. Здесь очень важны точность и плавность хода кранового оборудования, а также его надёжность и безопасность. Для того чтобы снизить риски травмирования персонала и повреждения оборудования, на одну из машин была установлена опция "Световые границы". Решение было создано для обозначения области вокруг груза, перемещаемого краном, которая может быть опасна для сотрудников, работающих в подразделении. Благодаря опции "Световые границы" безопасность персонала существенно повысилась: сотрудники, не работающие на кране, теперь могут вовремя заметить, что он находится в движении, и увидеть опасную зону под ним, что особенно важно в тёмное время суток.

На практике все выглядит следующим образом: на грузовую тележку мостового крана устанавливается проектор со специальным слайдом. Он может проецировать на пол цеха световое пятно диаметром несколько метров, обозначающее опасную зону, в которой находится груз. Цвета и дизайн может выбрать сам заказчик. Диаметр проекции зависит от высоты установки проектора. Доступна функция вращения изображения, что делает световое обозначение опасной зоны более заметным. Данное решение подходит для грузов малых и средних размеров.



Для крупногабаритных грузов лучше выбрать прожекторы "Спотлайт". Они позволяют проецировать крупные яркие точки (пятна), число которых обычно варьируется от одного до четырёх. Цвет — красный или синий. Диаметр пятен мало зависит от высоты установки прожекторов. Использование специальных линз позволяет вместо пятен проецировать на пол две линии, квадрат или прямоугольник, с помощью которых можно обозначать периметр опасной зоны.

На Западно-Сибирской ТЭЦ, обеспечивающей тепло и электроэнергией Западно-Сибирский металлургический комбинат, Заводской и Новоильинский районы Новокузнецка и прилегающие к ним шахты, также высоко оценили преимущества данного решения. В мае с.г. опцией "Световые границы" от "Конекрейнс" здесь оснастили два крана других производителей. В результате повысилась безопасность работ на предприятии, снизился риск попадания персонала в опасную зону, о которой предупреждает теперь яркое хорошо заметное изображение на полу.

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Фархутдинов И.И., Исавнин А.Г. — Оценка целесообразности применения производственных моделей сорсинга на основе искусственной нейронной сети 1

АСМ-факты 9

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Тарасик В.П., Романович Ю.С. — Управление фрикционными планетарной коробки передач карьерного самосвала 10

Балабин И.В., Чабунин И.С. — Углы наклона колёс, их влияние на устойчивость мобильной машины 17

Савельев В.А. — Непреднамеренное силовое воздействие на ведущие колёса переднеприводного автомобиля при резком ускорении 19

Сижук В.И., Уфимцев С.А. — Малогабаритный глушитель-разделитель газов 23

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Комаров В.В., Андрианов Ю.В. — Нормативное правовое регулирование отношений, возникающих при обращении высокоавтоматизированных транспортных средств на территории РФ 25

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Швеёв И.А., Швеёва Е.И. — Моделирование посадочной схемы водителя и пассажиров автотранспортного средства посредством системы "Siemens NX" 30

ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом

Сазонов С.Л., Ван Цзинвэй — Китай: развитие высоких технологий в области автономного вождения 33

Коротко о разном 38

Памяти Г.И. Гладова 40

Главный редактор **Н.А. ПУГИН**

Зам. главного редактора **Р.В. Козырев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Балабин И.В. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана

Бахмутов С.В. — д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"

Гируцкий О.И. — д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ

Гладков В.И. — канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"

Ковригин А.С. — зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"

Комаров В.В. — канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе

Коровкин И.А. — канд. экон. наук, исполнительный директор НП "ОАР"

Котиев Г.О. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана

Круглов С.М. — зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"

Ксенович Т.И. — канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русоен"

Мамити Г.И. — д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)

Марков В.А. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана

Сорокин Н.Т. — д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России

Тер-Мкртчян Г.Г. — д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"

Титков А.И. — канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"

Топалиди В.А. — канд. техн. наук, ТАДИ

Филимонов В.Н. — ответственный секретарь "АП"

Белорусский редакционный совет:

Альгин В.Б. — д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси

Бурьян В.А. — главный конструктор ОАО "МЗКТ"

Кухаренок Г.М. — д-р техн. наук, профессор БНТУ

Лустенков М.Е. — д-р техн. наук, проф., ректор Белорусско-Российского университета (Могилёв)

Мариёв П.Л. — д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси

Рынкевич С.А. — д-р техн. наук, БНТУ (Минск)

Степук О.Г. — генеральный конструктор — начальник НТЦ ОАО "БелАЗ"

Харитончик С.В. — д-р техн. наук, ректор БНТУ (Минск)

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русоен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*

Корректор *Сажина Л.И.*

Сдано в набор 09.09.2021. Подписано в печать 05.10.2021.

Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.

Отпечатано в ООО "Канцлер".

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2

Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)

E-mail: avtoprom-atd@mail.ru

www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № 77-7184

Цена свободная.

Журнал рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную базу данных "Chemical Abstracts".

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.

ПАМЯТИ Г.И. ГЛАДОВА

15 сентября 2021 г. ушёл из жизни доктор технических наук, профессор, талантливый учёный, педагог и поэт, Заслуженный работник высшей школы РФ Геннадий Иванович Гладов.

Родился Геннадий Иванович 1 января 1940 г. и до 1957 г. жил в селе Клепечиха Поспелихинского района Алтайского края. В 1947 г. пошёл в школу, учился прилежно, получал похвальные грамоты, много читал, пользуясь услугами сельской библиотеки. После окончания школы в июле 1957 г. военкоматом был направлен в Ленинград для поступления в высшее военно-морское училище имени М.В. Фрунзе, но, не пройдя по конкурсу на желаемый факультет, вернулся домой и в августе, сдав вступительные экзамены на "отлично", поступил на механический факультет Алтайского сельскохозяйственного института. Активно участвовал в комсомольской и общественной жизни института, пел в мужском хоре, который пользовался известностью в Барнауле, и выступал с концертами в различных организациях.

В 1962 г. окончил вуз по специальности "Механизация процессов сельскохозяйственного производства" и был направлен по распределению в село Масальское (ныне — посёлок Масальский) Локтевского района Алтайского края главным инженером в колхоз "Искра". В том же году поступил во Всесоюзный заочный инженерно-строительный институт (ВЗИСИ) в Москве. Через год, когда вся техника была передана на обслуживание в ремонтно-техническую станцию, уволился из колхоза и устроился на работу в Томский инженерно-строительный институт (ТИСИ), сначала старшим лаборантом, а с сентября того же года — ассистентом кафедры "Теплоэнергетика", где вёл занятия по автомобилям, тракторам и строительно-дорожным машинам. В дальнейшем перевёлся из ВЗИСИ на заочный факультет ТИСИ, который окончил в 1965 г., получив образование по строительной специальности.

Ознакомившись с трудами В.А. Иларионова, Г.И. Гладов принял решение поступить в аспирантуру в МАДИ и работать под его руководством над диссертацией. Администрация ТИСИ не возражала. Встретившись с Виталием Алексеевичем в Москве, Г.И. Гладов поступил в заочную аспирантуру на кафедру "Организация и безопасность автомобильных перевозок", которой руководил Л.Л. Афанасьев.

В 1969 г. Г.И. Гладов успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему "Исследование движения автомобиля при действии внешней поперечной силы". Для определения углов увода управляемых колёс под действием боковой силы был задействован трёхосный автомобиль КраЗ-214 с топливной цистерной объёмом 1000 л и установленным поперечно авиационным реактивным двигателем. Неоценимую помощь в создании измерительной и регистрирующей аппаратуры, размещённой в автомобиле сопровождения ГАЗ-21 "Волга" при проведении контрольных заездов на аэродроме "Шереметьево", оказал А.А. Юрчевский, аспирант В.И. Иларионова и будущий основатель научной школы по системам предотвращения столкновений автомобилей, которая продолжает развиваться в МАДИ. Итогом их сотрудничества стало получение авторского свидетельства на изобретение "Динамометрическое рулевое колесо".

Окончив в 1968 г. аспирантуру МАДИ, при содействии Л.Л. Афанасьева по решению Минвуза СССР Г.И. Гладов был оставлен в МАДИ для продолжения работы над диссертацией и по инициативе В.А. Иларионова зачислен младшим научным сотрудником на только что созданную кафедру тягачей и подъёмно-транспортных (ныне — амфибийных) машин, с которой связан дальнейший профессиональный рост Г.И. Гладова: от ассистента (1969) и старшего преподавателя (1970) до доцента (1976) и профессора (1993). В 1980/81 учебном году Г.И. Гладов прошёл научную стажировку на транс-

портном факультете Белградского университета (Югославия), а в 1995 г. получил учёное звание профессора.

Заняться после длительного перерыва подготовкой докторской диссертации Г.И. Гладов сподвигнул полковник П.В. Аксёнов, доктор технических наук, профессор, заместитель по научной работе в НИИ-21 (г. Бронницы), автор монографии "Многоосные автомобили". Помощь в организации и проведении на территории закрытого предприятия натурных испытаний трёхзвенного автопоезда полной массой более 100 т оказали руководство и сотрудники КБ "Мотор". Защита докторской диссертации на тему "Основы теории криволинейного движения и проектирования систем управления поворотом большегрузных транспортно-технологических агрегатов" успешно прошла в МАДИ в мае 1998 г. Одним из оппонентов выступил А.А. Юрчевский.

С 1998 г. Г.И. Гладов работал в МГТУ имени Н.Э. Баумана на должности профессора кафедры "Колёсные машины", оставаясь по совместительству профессором кафедры тягачей и амфибийных машин МАДИ. С 1998 г. — являлся академиком Российской академии проблем качества. Многие годы он входил в состав диссертационных советов МАДИ, МГТУ имени Н.Э. Баумана и МАМИ, являлся учёным секретарём диссертационного совета в МГТУ имени Н.Э. Баумана, официальным оппонентом по кандидатским и докторским диссертациям.

Г.И. Гладов — основатель отечественной научной школы по устойчивости и управляемости автотранспортных средств в МАДИ и МГТУ имени Н.Э. Баумана, под его научным руководством успешно защитили кандидатские диссертации С.Ю. Кузнецов, А.Ю. Шведов, Л.А. Пресняков, М.П. Малиновский, П.И. Саркисов. За многолетний плодотворный труд в области высшего образования и науки в 2010 г. Г.И. Гладову было присвоено звание "Заслуженный работник высшей школы РФ".

Учебную, научную и изобретательскую деятельность Г.И. Гладова отражает перечень из более 200 научных трудов, включающий, начиная с 1967 г., 125 статей в различных журналах, сборниках трудов и материалах конференций, 13 методических пособий, 10 учебников, 26 учебных пособий, 3 монографии, 7 отчётов НИР, а также 11 авторских свидетельств и 5 патентов. За применение изобретений в народном хозяйстве Г.И. Гладов был награждён нагрудным знаком "Изобретатель СССР".

Со своим постоянным соавтором и другом — А.М. Петренко (канд. техн. наук; нач. отд. в КБ "Мотор"; доцент кафедры тягачей и амфибийных машин МАДИ) — Г.И. Гладов издал трилогию по специальным транспортным средствам, включившую части "Проектирование и конструкции" (2004), "Теория" (2006) и "Испытания" (2010), а также выдержавшие по 6 изданий учебник "Устройство автомобилей" и учебное пособие "Тракторы. Устройство и технического обслуживания".

Геннадий Иванович являлся не просто постоянным автором, но настоящим патриотом нашего журнала. Первая его статья в "Автомобильной промышленности" вышла в далёком 1969 г., а в период 2001—2021 гг. он опубликовал в журнале 36 статей!

Неоднократно выступал Геннадий Иванович с заметками в многотиражной газете МАДИ "За автомобильно-дорожные кадры". Кроме того, его перу принадлежат более 150 стихотворных сочинений, как лирического, так и шутливого содержания, опубликованных в газете "За автомобильно-дорожные кадры" и поэтическом сборнике "Годы и грани" (2014).

Геннадия Ивановича отличали доброта, душевная теплота, честность, интеллигентность, а также оптимизм и неизменное жизнелюбие, помогавшие ему последние годы в борьбе с тяжёлой болезнью. Нам будет очень его не хватать!..