

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ В ДИЛЕРСКО-СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРАХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ DIGITAL TWIN

*К.А. Шубенкова<sup>1</sup>, Т.А. Николаев<sup>1</sup>, В.Д. Шепелев<sup>2</sup>, Н.А. Тюрин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия*

<sup>2</sup> *Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Высокая конкуренция требует от автопроизводителей модификации моделей ведения бизнеса и цифровизации не только производственных, но также и сервисных процессов. Использование современных цифровых и аппаратных средств позволяет отслеживать техническое состояние деталей и систем автомобиля и собирать, хранить и анализировать статистику отказов автомобиля, данные об условиях эксплуатации, пройденном пробеге, а также выполненных работах по техническому обслуживанию и ремонту. Все это позволит заблаговременно планировать загрузку станций технического обслуживания, прогнозировать потребность в запасных частях, а также уведомлять владельца транспортного средства о необходимости посещения дилерского сервисного центра (ДСЦ). Для этого мы предлагаем Интеллектуальную Систему Прогнозирования Отказов и Планирования Заездов Автомобилей в Дилерско-Сервисные Центры, основанную на технологии Digital Twin («цифровой двойник»).

**Ключевые слова:** цифровизация; цифровой близнец; цифровой двойник; прогнозирование отказов; моделирование.

### **Введение**

В условиях растущей конкуренции, масштабных технологических изменений, а также внедрения принципов цифровой экономики задача трансформации промышленных компаний становится вопросом выживания в новых условиях. По словам Президента «Сименс» в России Дитриха Мёллера, сегодня внедрение цифровых технологий – это неперемнное условие для полноценного и эффективного развития любого предприятия. Компании из самых разных отраслей используют сквозную цифровизацию для создания прочного конкурентного преимущества за счет сокращения времени выхода на рынок и повышения гибкости, эффективности и качества. Однако сегодня уже недостаточно заниматься автоматизацией и цифровизацией отдельных операций или производственных процессов. Качественный скачок эффективности бизнеса предполагает создание моделей управления другого уровня – киберфизических систем. Это такие системы, в которых цифровые технологии, оборудование и конечный продукт соединяются в единое целое и начинают обмениваться информацией, анализировать ее на этапе производства, и продолжают делать это на протяжении всего жизненного цикла продукта. Так, при производстве грузовых автомобилей необходима эффективная интеграция цифровых технологий не только в бизнес-процессы и производство, но также и в систему фирменного обслуживания автомобилей.

В настоящее время если физическая часть киберфизических систем может быть точно определена, то с кибер-частью не все так просто. Некоторые исследователи [1, 2] предлагают представить

кибер-часть с помощью технологии Digital Twin («цифровой двойник» или «цифровой близнец»). Это живая модель физического объекта или системы, которая постоянно обновляется в соответствии с данными, получаемыми онлайн от реального объекта, и может предсказать его будущее [3]. Это эффективный способ реализовать интеграцию физического мира и киберпространства. Цифровые двойники успешно применяются в различных отраслях промышленности: оборонная промышленность [4], литье [5], производство чугуна и стали [6], сварочное производство [7], автомобильная промышленность [8] и даже при создании Smart City [9]. Несколько крупных международных корпораций разрабатывают программное обеспечение, которое позволяет связать оборудование и физическую инфраструктуру с цифровым миром. GE Digital предлагает комплексные приложения, направленные на то, чтобы помочь промышленным компаниям сократить расходы на техническое обслуживание, оптимизировать производственные процессы и повысить производительность операторов. Это такие программные решения, как Predix Asset Performance Management (Predix APM), GE Digital's Manufacturing Solutions, а также продукты HMI и SCADA. DXC Technology построила программную платформу для создания Digital Twin для гибридного производства автомобилей. PTC предлагает технологию, позволяющую производителям создавать цифровые двойники готовой продукции для анализа их использования потребителями и предоставления клиентам эффективных послепродажных услуг на основе этих данных. «Сименс» предлагает различные программные решения индивидуально для каждого предпри-

ятия: от анализа данных в режиме реального времени до комплексной концепции цифровых двойников, оптимизирующей весь сложный производственный процесс. Так, открытая облачная операционная система MindSphere позволяет хранить, анализировать и использовать большие объемы данных, поступающих от миллиардов интеллектуальных устройств, для изменения моделей управления, совершенствования производственных процессов и трансформации бизнеса в целом.

Указанные выше решения особенно необходимы в таких сложных отраслях, как автомобильная, аэрокосмическая, энергетическая и т. д. Однако при цифровизации производства грузовых автомобилей должна меняться и концепция последующего сервисного обслуживания. Производитель заинтересован в создании фирменной сервисной сети, посредством которой он сможет реализовать принцип ответственности за свое изделие на протяжении всего жизненного цикла – от момента проектирования до утилизации. Кроме того, благодаря наличию собственной системы сервиса производителю будет доступна вся информация об особенностях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта как конкретного автомобиля, так и всего парка. Эта информация впоследствии может быть использована для прогнозирования отказов транспортного средства (ТС) и планирования планово-предупредительного обслуживания.

При производстве грузовых автомобилей должны быть интегрированы цифровые близнецы самих транспортных средств, цифровые близнецы их производственной и сервисной систем. Цифровые близнецы транспортных средств обладают всеми характеристиками, что и реальные объекты, что дает возможность моделировать их поведение на дороге в разных условиях и на основании этих экспериментов выявлять оптимальный дизайн, материалы, наилучшие типы топлива, объем двигателя, трансмиссию и класс автомобиля, чтобы оптимизировать как долгосрочную доступность, так и расход топлива. Кроме того, он должен включать в себя информацию об условиях эксплуатации, пробеге, реальному расходу топлива, тягово-скоростных характеристиках и объему перевезенного груза. Цифровой близнец сервисной системы в целом должен включать информацию обо всех узлах и агрегатах автомобиля, их наработки до отказа, а также обо всех работах по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР). Для этого нужен особый подход, позволяющий объединить технологию Digital Twin с имитационным моделированием всей сложной большой системы фирменного сервиса, а также применение Интернета Вещей (IoT) для сбора и анализа информации о состоянии транспортного средства в режиме реального времени. Мы предлагаем Digital Twin, который будет содержать и обновлять информацию о текущем техническом состоянии каждого

узла и агрегата. Основываясь на этих данных, производитель сможет выявить слабые стороны своего готового продукта, менеджеры фирменной сервисной системы смогут прогнозировать сбои ТС, планировать их ТОиР, прогнозировать загрузку станций технического обслуживания и планировать поставки запасных частей.

#### **Организация работы дилерско-сервисного центра с использованием технологии Digital Twin**

Качество и оперативность ТОиР в основном зависит от наличия необходимых запасных частей, свободных постов и рабочих, а также от степени эффективности организации логистических процессов. Кроме того, важную роль играет точность диагностирования и своевременность выявления потенциальных сбоев. Применение технологии Digital Twin совместно с внедрением Интерактивной (Интеллектуальной) Интегрированной Системы для Диагностики Автомобилей, описанной в нашей предыдущей статье [10], позволит осуществлять онлайн диагностику технического состояния узлов и агрегатов автомобиля, прогнозировать отказы, планировать поставки необходимых запасных частей, оповещать владельцев ТС о необходимости посещения сервисного центра и составлять расписание их обслуживания на постах.

Первичная информация об автомобиле (коммерческое наименование, модель, VIN, габаритные размеры, количество и способ расположения колес, пассажироместимость, установленная система питания, описание коробки передач, мостов и прочих узлов, агрегатов и т. д.) вводится производителем в электронный паспорт ТС. Затем при поступлении ТС в ДСЦ на продажу эта информация автоматически переносится в систему «1С: Предприятие» дилерско-сервисного центра, что исключает ошибочный ввод данных, обусловленный человеческим фактором. Таким образом, формируется единая, как для производителя, так и для всей системы фирменного обслуживания, база.

При проведении предпродажной подготовки автомобиля производится снятие начальных контрольных параметров технического состояния автомобиля. На основании полученных значений контрольных параметров формируется диагностическая карта автомобиля. Большинство диагностических приборов являются «подключенными», т. е. они «общаются» с компьютером диагноста и автоматически передают данные через сеть. Из рис. 1 видно, что «подключить» можно практически все диагностическое оборудование за исключением тестера люфтов подвески и рулевого управления. Данные с этого тестера вводятся в систему вручную.

Диагностическая карта автомобиля (A1) формируется на основании следующих данных: регистрационный номер ТС ( $RN_{A1}$ ), VIN-код ( $VN_{A1}$ ), номер кузова/шасси/рамы ( $N_{A1}$ ), номер ЭПТС

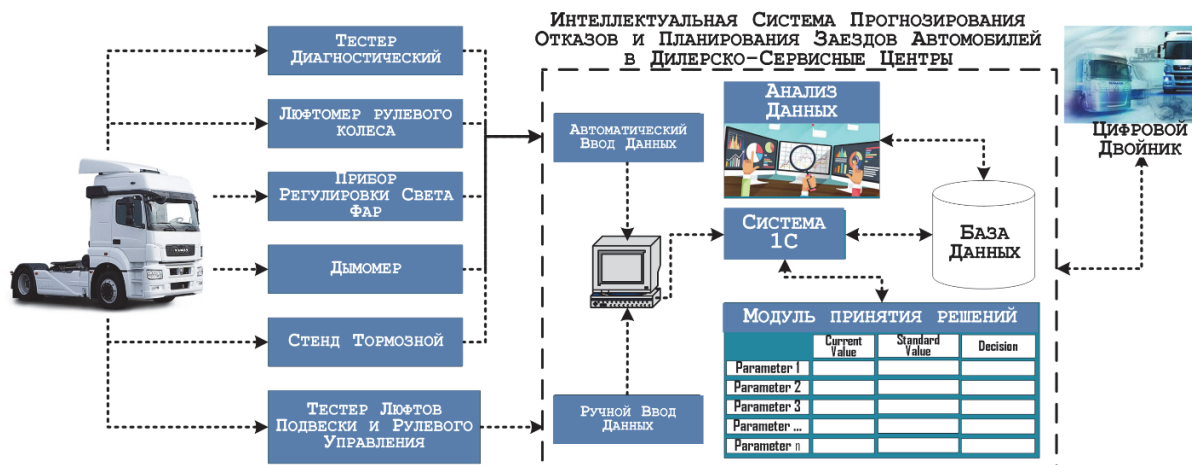


Рис. 1. Взаимодействие между реальным объектом и его цифровым двойником

( $EN_{A1}$ ), марка и модель ТС ( $MR_{A1}$ ,  $M_{A1}$ ), год выпуска ТС ( $Y_{A1}$ ), текущий пробег ТС ( $K_{A1}$ ).

Кроме того, указываются контрольные параметры, сгруппированные по принадлежности к конкретным узлам, агрегатам и системам ( $PGi_{A1}$ , где количество контрольных параметров  $I = 1 \dots n$ ); текущее значение контрольных параметров ( $XI_{PGi_{A1}}$ ), нормативное значение контрольных параметров ( $NX_{I_{PGi_{A1} \min}}$  и  $NX_{I_{PGi_{A1} \max}}$ ).

1. Если  $NX_{I_{PGi_{A1} \min}} \leq XI_{PGi_{A1}} \leq NX_{I_{PGi_{A1} \max}}$ , значит оцениваемый контрольный параметр находится в пределах нормы, а диагностируемый узел – в работоспособном состоянии. В этом случае система оценивает вероятность наступления неисправного состояния диагностируемого объекта. Для этого анализируется статистика неисправностей диагностируемого узла, агрегата или системы ( $nO_{Gi_{MA1Ki}}$ ) автомобиля конкретной модели ( $M_{A1}$ ) на отрезке пробега автомобиля, равном текущему пробегу суммированного с прогнозным пробегом + 10 000 км ( $K_{A1+10\,000}$ ). Так определяется прогнозируемая вероятность наступления отказа диагностируемого узла, агрегата или системы ( $WG_{iMA1Ki}$ ). Данная вероятность определяется по следующей формуле:

$$WG_{iMA1Ki} = \frac{nO_{GiMA1Ki}}{n_{GiMA1}} \times 100\%, \quad (1)$$

где  $nO_{GiMA1Ki}$  – количество неисправностей  $G_i$  узла автомобиля модели  $M_{A1}$  на пробеге  $K_i$ ;  $n_{GiMA1}$  – количество автомобилей модели  $M_{A1}$  с  $G_i$  узлом.

Результаты расчета вероятности наступления неисправного состояния какого-либо узла, агрегата или системы вводятся в специальную программу, в которой отражается прогнозируемый остаточный пробег автомобиля до наступления неисправности. На основании этих данных клиенту выдается рекомендация о времени обращения в дилерско-сервисный центр. Прогнозируемому остаточному

пробегу до наступления неисправности соответствует тот пробег, при котором вероятность её наступления  $WG_{iMA1Ki} \geq 85 - 90\%$ .

2. Если  $NX_{I_{PGi_{A1} \min}} \geq XI_{PGi_{A1}} \geq NX_{I_{PGi_{A1} \max}}$ , то оцениваемый контрольный параметр находится за пределами нормативных значений. В этом случае автомобиль направляется на посты ТОиР, а информация о неисправности конкретного узла конкретного автомобиля на текущем пробеге поступает в Digital Twin этого автомобиля. Таким образом, статистика неисправностей будет постоянно пополняться и обновляться, что, в свою очередь, повысит точность определения вероятности наступления неисправного состояния.

Контроллер технического состояния автомобиля постоянно отслеживает контрольные параметры, и, в случае возникновения отклонений данных показателей от нормативных значений, система фиксирует пробег, на котором возникло данное отклонение и направляет соответствующий отчет в службу помощи клиентам (call-центр). Получив актуальные данные, система идентифицирует данный автомобиль, сравнивает значения контрольных параметров с нормативными значениями и определяет вероятность и пробег наступления неисправного состояния. При этом вероятность наступления отказа диагностируемого узла, агрегата или системы определяется не только с учетом пробега и модели, но и с учетом климатической зоны и прочих условий эксплуатации автомобиля.

Предлагаемая нами Интеллектуальная Система Прогнозирования Отказов и Планирования Завездов Автомобилей в Дилерско-Сервисные Центры состоит из следующих модулей: модуль сбора данных, модуль хранения информации, модуль анализа информации и модуль принятия решений. Схема их взаимодействия представлена на рис. 1.

В случае выявления неисправного состояния или состояния, близкого к неисправному, система

создает соответствующий отчет с указанием неисправного узла и кода неисправности и формирует рекомендации по дальнейшим действиям («ждать планового ТО», «требуется заезд в течение рекомендуемого пробега» и т. д.). По данным навигационной системы автомобиля определяется его текущее местоположение, и, в случае необходимости обращения в сервисный центр для устранения выявленной неисправности, в службе поддержки определяется ближайший официальный дилер, к которому можно обратиться. Модуль принятия решений обрабатывает все полученные данные и выводит рекомендации на бортовой компьютер автомобиля. Алгоритм работы модулей оповещения о неисправности автомобиля представлен на рис. 2. Водитель может записаться на определенный день и время в любой сервисный центр, до которого, согласно расчетам, хватит остаточного ресурса детали. Так, формируется цифровой двойник автомобиля с полной информацией по конструкции и его техническому состоянию. Доступ к нему имеют и производитель, и управляющие системой фирменного сервиса. Производитель может использовать эту информацию для устранения дефектов своего конечного продукта, а сервисные центры, получив эти данные, могут планировать загрузку постов и формировать заказы на поставку необходимой номенклатуры запасных частей необходимого количества.

#### Перспективы и ожидаемые результаты внедрения Digital Twin в работу дилерско-сервисных центров ООО «КАМАЗ»

В 2017 году Правительством РФ была разработана и утверждена программа по созданию условий для перехода страны к цифровой экономике. А в 2018 году запущен совместный проект российских и немецких компаний «Германо-Российская инициатива по цифровизации экономики» [11],

направленный на расширение двустороннего диалога в сфере цифровизации и Индустрии 4.0.

Одним из успешных примеров эффективной интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы и производство является партнерство «Сименс» и ПАО «КАМАЗ» (КАМАЗ) [12]. КАМАЗ является крупнейшим производителем грузовых автомобилей в России и занимает 13-е место в мире. Сотрудничество между «КАМАЗом» и «Сименс» было начато в 2006 году и имеет комплексный подход к внедрению системы управления жизненным циклом продукта (PLM). «КАМАЗ» опирается на различные продукты Siemens PLM Software, включая программное обеспечение NX™, программное обеспечение Teamcenter® и программное обеспечение Tecnomatix® [13].

На первом этапе проекта PLM были отрегулированы процедуры электронного документооборота и управления изменениями с использованием Teamcenter; также были разработаны процедуры инженерного анализа (CAE) [14]. На втором этапе автоматизации планирования производства запланировано использование NX CAM, Teamcenter и Tecnomatix для создания сквозного проектно-конструкторского решения для КАМАЗа, которое также будет охватывать планирование сборки, программирование станков с ЧПУ, классификаторы и развитие библиотеки [15, 16]. На нынешнем этапе «КАМАЗ» создает Digital Twins для продуктов, производства и сервисной системы: в систему Teamcenter введено более 4000 единиц оборудования, построено 123 единицы так называемых кинематических моделей. Они будут использоваться в рамках Индустрии 4.0 как цифровые двойники. Выпуск первой опытной партии новой модели автомобиля, оснащенной всеми датчиками, необходимыми для внедрения Интеллектуальной Систе-

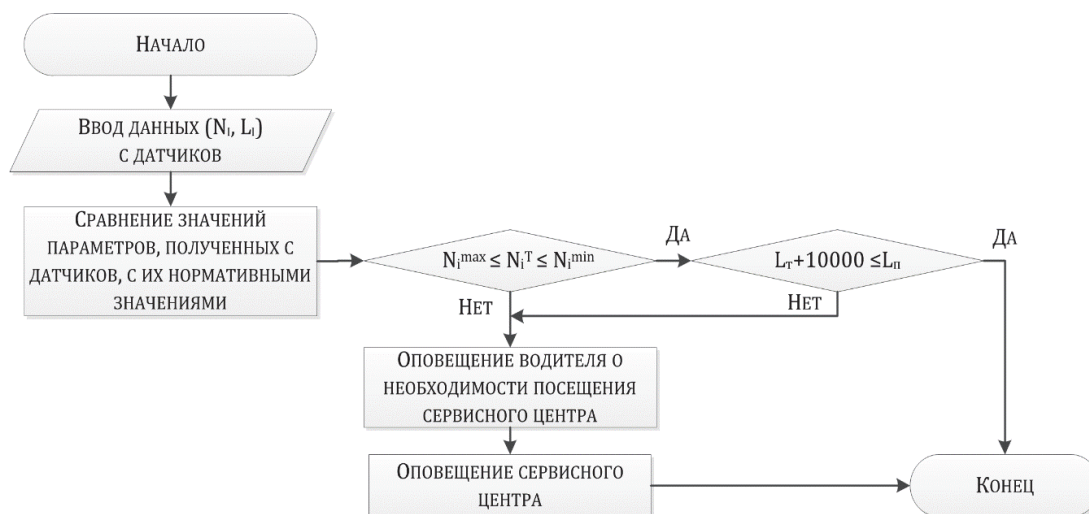


Рис. 2. Алгоритм работы модуля уведомления о прогнозируемом отказе транспортного средства

мы Прогнозирования Отказов и Планирования Заездов Автомобилей в Дилерско-Сервисные Центры, запланирован на 2019 г. [17, 18].

Для верификации предлагаемой Интеллектуальной Системы Прогнозирования Отказов с использованием Digital Twin нами было проведено сравнение прогнозируемого числа отказов детали с экспериментальными значениями. На рис. 3а представлены линии тренда числа отказов детали за месяц, полученные с помощью технологии Digital Twin и при реальных испытаниях. Как видно из рис. 3а, прогнозные значения и реальные данные совпадают на уровне значимости 10 %, что для сложных систем, функционирующих в условиях неопределенности, является абсолютно допустимым отклонением. Это говорит о том, что при внедрении Digital Twin ДСЦ смогут использовать прогнозные значения отказов деталей для планирования предупредительного обслуживания и ремонта реальных ТС.

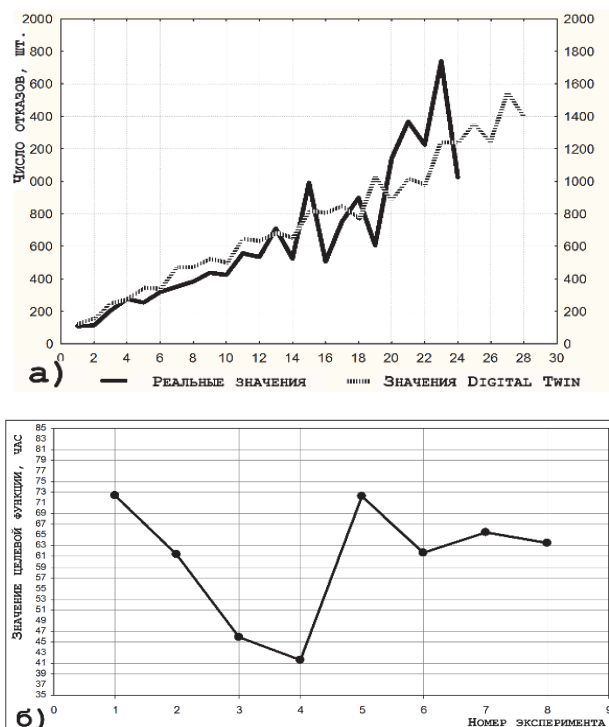


Рис. 3. Анализ эффективности внедрения технологии Digital Twin: а) верификация системы прогнозирования числа отказов; б) значения целевой функции при различных сочетаниях факторов

Поскольку проект Digital Twin находится еще на стадии разработки, а первый автомобиль со всеми необходимыми датчиками будет запущен в серийное производство только в следующем году, мы пока не можем представить результатов внедрения этой концепции. Однако с помощью имитационного моделирования можно проверить, как внедрение Digital Twin технологии повлияет на дилерско-сервисную сеть. В качестве целевой функции была выбрана величина среднего време-

ни нахождения клиента в системе, то есть временной интервал от его обращения до завершения ремонта:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $X_1$  – количество постов обслуживания дилерского центра,  $X_2$  – количество рабочих на одном посту,  $X_3$  – показатель того, использует или не использует предприятие технологию Digital Twin,  $X_4$  – обеспеченность склада ремонтной зоны запасными частями.

Ограничения:

$$\begin{aligned} 10 \leq X_1 \leq 14; \quad 1 \leq X_2 \leq 3; \\ X_3 = 1 \text{ или } X_3 = 10 \\ 0,25 \leq X_4 \leq 0,75 \end{aligned} \quad (3)$$

В качестве инструмента для разработки имитационной модели был выбран прикладной пакет AnyLogic, поскольку он обладает встроенным оптимизатором OptQuest, разработанным на основе метаэвристик рассеянного поиска и поиска «табу». При выполнении серии оптимизационных экспериментов на имитационной модели были получены данные для каждого сочетания факторов. На рис. 3б и в таблице представлены результаты.

Таким образом, оптимизационный эксперимент показал, что минимальное время обслуживания клиентов возможно в случае применения технологии Digital Twin, при десяти постах в сервисном центре с тремя рабочими на каждом из них. При этом необходимо иметь склад запасных частей, заполненный на 25 %. Полученные показатели эффективного функционирования ДСЦ характерны для сервисных центров в регионе «Республика Татарстан». Для других регионов, с другим количеством парка ТС, числа сервисных центров и с другими условиями эксплуатации значения параметров могут быть другими. Для этого необходимо проводить эксперимент с учетом особенностей региона, в котором расположен сервисный центр, и условий эксплуатации ТС. Однако не вызывает сомнений, что применение технологии Digital Twin будет эффективно вне зависимости от региона.

Результаты выполнения экспериментов на имитационной модели

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	Y	Ограничения выполняются?
10	1	1	0,75	72,48	Да
14	1	1	0,75	61,44	Нет
10	3	1	0,25	45,83	Да
14	3	1	0,25	41,57	Нет
10	1	10	0,25	72,21	Да
14	1	10	0,25	61,74	Да
10	3	10	0,75	65,58	Да
14	3	10	0,75	63,46	Нет

### Заключение

Несмотря на большое количество разработок

с использованием технологии Digital Twin, пока не представлена методология, объединяющая цифровые близнецы самих транспортных средств и цифровые близнецы их производственной и сервисной систем. Мы предлагаем Интеллектуальную Систему Прогнозирования Отказов и Планирования Заездов ТС в ДСЦ, включающую в себя цифровые двойники автомобилей, обладающие как исходными характеристиками автомобиля, так и эксплуатационными характеристиками, включая информацию о выполненных работах по ТОиР и данные по заменам запасных частей. Это позволит создать Digital Twin всей дилерско-сервисной сети. Сравнение прогнозного числа отказов, полу-

ченного с помощью предлагаемого цифрового близнеца автомобиля, с реальными значениями подтвердило адекватность прогнозов на уровне значимости 10 %. Поскольку работы над этим проектом еще не закончены и выпуск первого автомобиля со всеми необходимыми датчиками запланирован лишь на следующий год, эффективность предложенного решения была нами проверена с помощью имитационного моделирования. Оптимизационный эксперимент показал, что при определенном сочетании факторов (при условии внедрения технологии Digital Twin) среднее время обслуживания клиентов можно сократить с почти 73 часов до 46 часов.

### Литература/References

1. Schroeder G.N., Steinmetz C., Pereira C.E. and Espindola. Digital Twin Data Modeling with Automation ML and a Communication Methodology for Data Exchange. *IFAC-PapersOnLine*, 2016, vol. 49, no. 30, pp. 12–17. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.11.115
2. Autiosalo J. Platform for Industrial Internet and Digital Twin Focused Education, Research, and Innovation: Pimatar the Overhead Crane. *IEEE World Forum on Internet of Things*, vol. Jan. 2018, pp. 241–244. DOI: 10.1109/WF-IoT.2018.8355217
3. Liu Z., Meyendorf N., Mrad N. The role of data fusion in predictive maintenance using Digital Twin. *AIP Conference Proceedings*, 2018, vol. 1949, pp. 020023-1–020023-6. DOI: 10.1063/1.5031520
4. Glaessagen E. and Stargel D. The Digital Twin paradigm for future NASA and US air force vehicles. *Proceedings of the 53rd Structures Dynamics and Materials Conference, Special Session on the Digital Twin*, 2012.
5. Liao Y., Lee H., Ryu K. Digital Twin concept for smart injection molding. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 324, 012077.
6. Xiang F., Zhi Z., Jiang G. Digital Twins technology and its data fusion in iron and steel product life cycle. *15th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, 2018, pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICNSC.2018.8361293
7. Zheng Y., Yang S., Cheng H. An application framework of Digital Twin and its case study. *J. of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2018, pp. 1–13. DOI: 10.1007/s12652-018-0911-3
8. Zipper H., Auris F., Strahilov A., Paul M. Keeping the Digital Twin up-to-date – Process Monitoring to Identify Changes in a Plant. *Proc. of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, vol. Feb. 2018, pp. 1592–1597. DOI: 10.1109/ICIT.2018.8352419
9. Mohammadi N., Taylor J.E. Smart City Digital Twins. *Proc. of IEEE Symposium Series on Computational Intelligence*, vol. Jan-Feb. 2018, pp. 1–5. DOI: 10.1109/SSCI.2017.8285439
10. Tsybunov E., Shubenkova K., Buyvol P., Mukhametdinov E. Interactive (Intelligent) Integrated System for the Road Vehicles' Diagnostics. *Intelligent Transport Systems – From Research and Development to the Market Uptake*, 2018, vol. 222, pp. 195–204. DOI: 10.1007/978-3-319-93710-6\_21
11. *RSPP International Forum addressed globalization and digitalization issues*. Available at: <http://eng.rspp.ru/news/view/13725>
12. *Официальный сайт группы компаний ПАО «КАМАЗ»* [Official website of the PC KAMAZ Group]. Available at: <https://kamaz.ru/>
13. *KAMAZ Case Study*. Available at: <https://www.plm.automation.siemens.com/pub/case-studies/40379?resourceId=40379>
14. Makarova I., Mavrin V., Shubenkova K. System Approach to the Mass Production Improvement. *International Conference Mechatronics*, 2018, vol. 644, pp. 95–102. DOI: 10.1007/978-3-319-65960-2\_13
15. Khabibullin R., Makarova I., Pashkevich A., Mavrin V., Shubenkova K. Application of simulation modeling to improve management of technological processes during production of automotive components. *Proc. of the 17th International Conference on Mechatronics*, 2016, 7827791.
16. Makarova I., Khabibullin R., Mukhametdinov E., Pashkevich A., Shubenkova K. Efficiency management of robotic production processes at automotive industry. *Proc. of the 17th International Conference on Mechatronics*, 2016, 7827790.
17. *Цифровизация «КАМАЗа»: заходим со всех сторон* [KAMAZ digitalization: multipronged approach]. Available at: <https://www.ridus.ru/news/274162>

18. КАМАЗ: производству нужен «двойник». Цифровой [KAMAZ needs a Digital Twin]. Available at: <http://www.up-pro.ru/library/opinion/kamaz-dvojn timer.html>

**Шубенкова Ксения Андреевна** – старший преподаватель, кафедра «Сервис транспортных систем», автомобильное отделение, Казанский федеральный университет (г. Казань), [ksenia.shubenkova@gmail.com](mailto:ksenia.shubenkova@gmail.com)

**Николаев Тимур Алексеевич**, студент очного отделения магистратуры, кафедра «Сервис транспортных систем», Казанский федеральный университет (г. Казань), [timur\\_nikolaev@inbox.ru](mailto:timur_nikolaev@inbox.ru)

**Шепелев Владимир Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [shepelevvd@susu.ru](mailto:shepelevvd@susu.ru)

**Тюрин Никита Андреевич**, аспирант кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), [tyurin.nik@gmail.com](mailto:tyurin.nik@gmail.com)

*Поступила в редакцию 2 сентября 2018 г.*

---

DOI: 10.14529/em180321

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF PROCESSES IN DEALER AND SERVICE CENTRES THROUGH DIGITAL TWIN TECHNOLOGY

**K.A. Shubenkova<sup>1</sup>, T.A. Nikolaev<sup>1</sup>, V.D. Shepelev<sup>2</sup>, N.A. Tyurin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation*

<sup>2</sup> *South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

High competition among car manufacturers requires modifying business models and digitalising not only production processes, but also service processes. The use of modern digital and hardware means allows to monitor the technical condition of vehicle parts and systems, to collect, store and analyze vehicle failure statistics, data on vehicle operation conditions, mileage, as well as data on the performed maintenance and repair works. This will allow to plan the loading of service stations in advance, predict the need for spare parts, as well as notify owners of vehicles about the need to visit dealers and service centres. To achieve this, we suggest an Intelligent System of Failure Prediction and Planning of Vehicle Visits to the Dealer and Service Centres based on the Digital Twin technology.

**Keywords:** digitalisation; Digital Twin; failure prediction; simulation.

**Ksenia A. Shubenkova**, senior lecturer, Transport Systems Service Department, Automobiles Division, Kazan Federal University, Kazan, [ksenia.shubenkova@gmail.com](mailto:ksenia.shubenkova@gmail.com).

**Timur A. Nikolaev**, intramural Master's student of Transport Systems Service Department, Kazan Federal University, Kazan, [timur\\_nikolaev@inbox.ru](mailto:timur_nikolaev@inbox.ru).

**Vladimir D. Shepelev**, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor at the Department of Automobile Transport of South Ural State University, Chelyabinsk, [shepelevvd@susu.ru](mailto:shepelevvd@susu.ru)

**Nikita A. Tyurin**, postgraduate student the Department of Automobile Transport of South Ural State University, Chelyabinsk, [tyurin.nik@gmail.com](mailto:tyurin.nik@gmail.com)

*Received September 2, 2018*

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Повышение эффективности процессов в дилерско-сервисных центрах с помощью технологии Digital Twin / К.А. Шубенкова, Т.А. Николаев, В.Д. Шепелев, Н.А. Тюрин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 176–182. DOI: 10.14529/em180321

#### FOR CITATION

Shubenkova K.A., Nikolaev T.A., Shepelev V.D., Tyurin N.A. Improving the Efficiency of Processes in Dealer and Service Centres Through Digital Twin Technology. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 176–182. (in Russ.). DOI: 10.14529/em180321