

КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМИ МАШИНАМИ

Канд. техн. наук **В.Н. Богумил**,

д-р техн. наук **В.М. Власов**,

канд. техн. наук **А.М. Байтулаев**,

канд. техн. наук **Н.К. Тагиева**

(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ))

Контактная информация: v_bogumil@mail.ru;

telematika@madi.ru;

transnavi@mail.ru;

natagie@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы повышения качества, производительности и безопасности выполнения работ по содержанию автомобильных дорог на основе выполнения мероприятий по повышению уровня автоматизации управления технологическим оборудованием дорожных машин. Классификация уровней автоматизации управления рабочими органами дорожных машин является методической основой для разработки отраслевой «дорожной карты» выполнения мероприятий в данной области. Рассмотрены два основных направления автоматизации: автоматизация управлением шасси дорожной машины и автоматизация работы технологического оборудования, установленного на дорожной машине. Представлены результаты выполненной классификации уровней автоматизации управления рабочими органами дорожных машин.

Ключевые слова: дорожные машины, содержание дорог, автоматизация технологических процессов, классификация.

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в дорожной области в настоящее время связан с повышением уровня автоматизации дорожных машин, в том числе дорожных машин для производства, обеспечивающих выполнение работ по содержанию автомобильных дорог. Имеются примеры зарубежных высокоавтоматизированных дорожных машин, а также машин, автоматически выполняющих работы по содержанию автомобильных дорог [1-3]. Направление по совершенствованию дорожной техники соответствует целям и

задачам обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Автонет» [4].

Работы по содержанию автомобильных дорог часто проводятся в условиях плохой видимости: в темное время суток, в неблагоприятных погодных условиях (туман, метели), когда повышается риск столкновения дорожной машины с неподвижными объектами, с элементами дорожной инфраструктуры. В этих условиях, когда видимость уменьшается практически до нуля, необходимо обеспечить помощь оператору путем автоматического позиционирования дорожной машины на полосе движения с учетом обстановки на дороге.

Автоматизация управления рабочими органами дорожных машин позволит повысить качество выполнения работ. В этом направлении важной задачей является повышение автоматизации планирования и формирования задания в электронном виде для пересылки в память интеллектуального контроллера дорожной машины. В качестве исходных данных такое задание должно включать цифровую модель участка дороги, указанного как объект содержания, а также параметры технологической операции, которые должны выдерживаться рабочими органами дорожной машины при выполнении работы под управлением контроллера. Данный подход исключает субъективную трактовку задания человеком, объективно снижает требования к квалификации человека – оператора дорожной машины. Оператору предоставляется возможность вмешиваться в ход работ только при возникновении нештатной ситуации, не описанной в параметрах задания и управления технологической операцией.

Автоматизация управления ходом работ позволит также учитывать объем выполняемых работ в натуральных единицах измерения, расход материалов, используемых при выполнении работ, а также повысит эффективность существующих систем контроля работ по содержанию дорог [5]. Это, в свою очередь, значительно улучшит точность и объективность оценки объемов и качества работ, облегчит работу инженерного персонала, связанного с подготовкой необходимых документов на оплату работ и контролем выполнения работ.

Разработка классификатора уровней автоматизации дорожных машин, используемых для содержания автомобильных дорог

Цели и задачи разработки классификатора

Разработка классификатора является одним из элементов и этапов формирования концептуального подхода к автоматизации (роботизации) выполнения технологических операций по содержанию автомобильных

дорог дорожными машинами соответствующей техникой и оборудованием. Научно обоснованный классификатор уровней автоматизации дорожных машин необходим для организации планомерного развития дорожной отрасли с целью повышения уровня автоматизации дорожной техники. Данный классификатор позволит решить следующие важные задачи:

1. Выполнить классификацию уровней автоматизации отечественных дорожных машин, эксплуатируемых в настоящее время подрядными организациями, и оценить текущее состояние отрасли с учетом достижений ведущих зарубежных производителей дорожной техники.
2. Наметить и оценить возможные пути повышения уровней автоматизации дорожных машин различной функциональной и технологической специализации.
3. Оценить тематику и необходимые объемы выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для разработки соответствующих решений для дорожных машин с более высоким уровнем автоматизации.
4. Оценить возможности отечественных производителей, создающих новые образцы автоматизированной дорожной техники.
5. Подготовить обоснованные предложения для разработки и реализации государственных планов по повышению уровней автоматизации дорожной техники.

Формирование основных разделов классификатора

Проведенный анализ позволил выделить две принципиально разные классификационные группировки по критерию «Объект автоматизации»:

1. Шасси дорожной машины.
2. Оборудование, выполняющее технологические операции по содержанию автомобильных дорог.

Автоматизация управления шасси дорожной машины актуальна в связи с тем, что она обеспечивает снятие нагрузки на оператора, возникающей вследствие необходимости управления шасси (автомобилем), на котором установлено оборудование, при движении на объекте выполнения работ.

Аспект классификации, касающийся *автоматизации управления движением автомобиля на дороге*, в настоящее время описан и регламентирован стандартом SAE J3016 [6]. По критерию «*степень автоматизации управления*» в данном стандарте выделено пять уровней автоматизации. Этот стандарт принят международным сообществом,

в том числе в России. Вследствие этого предлагается для оценки уровней автоматизации управления шасси использовать классификатор SAE J3016.

Следующий аспект – это *автоматизация управления технологическими операциями в составе работ*. Технологической основой выполнения работ является технологическая карта, содержащая исчерпывающую информацию о выполнении необходимых технологических операций [7]. Однако при разработке технологических карт для дорожных машин с разной степенью автоматизации потребуются различные технологические карты для выполнения одних и тех же работ (операций). В связи с этим необходима классификация уровней автоматизации технологических операций, которая должна служить методической основой при разработке технологической документации для дорожных машин с различной степенью автоматизации управления.

В соответствии с результатами проведенного анализа авторами данной статьи выделено *три различных аспекта автоматизации технологических операций*:

- Первый аспект автоматизации по критерию «Автоматизация движения шасси с оборудованием с учетом ограничений, накладываемых особенностью выполнения технологической операции». Этот аспект автоматизации назван нами «Автоматизация позиционирования шасси на объекте в процессе выполнения технологической операции». Классификацией уровней автоматизации позиционирования и движения шасси с оборудованием на объекте содержания с учетом ограничений определяются особенности движения шасси на объекте, что зависит от специфики выполнения заданной технологической операции. Особенности данного движения заключаются в выполнении характерных маневров, необходимых для правильного использования рабочих органов дорожной машины. По данному аспекту выделено четыре уровня автоматизации.
- Второй аспект – это «Автоматизация движения рабочих органов при выполнении заданных технологических операций». Критерием является степень роботизации рабочих органов, используемых при выполнении технологических операций. Данное направление автоматизации определяет степень участия человека – оператора в управлении рабочими органами дорожной машины. Всего выделено четыре уровня автоматизации управления рабочими органами.
- Третий аспект автоматизации касается степени автоматизации процессов передачи параметров задания контроллеру, управляющему выполнением заданных работ. Данный аспект

характеризует степень вовлеченности оператора в процесс контроля и регулирования параметров выполняемых операций.

Графическая схема указанных направлений автоматизации показана на **рис. 1**.

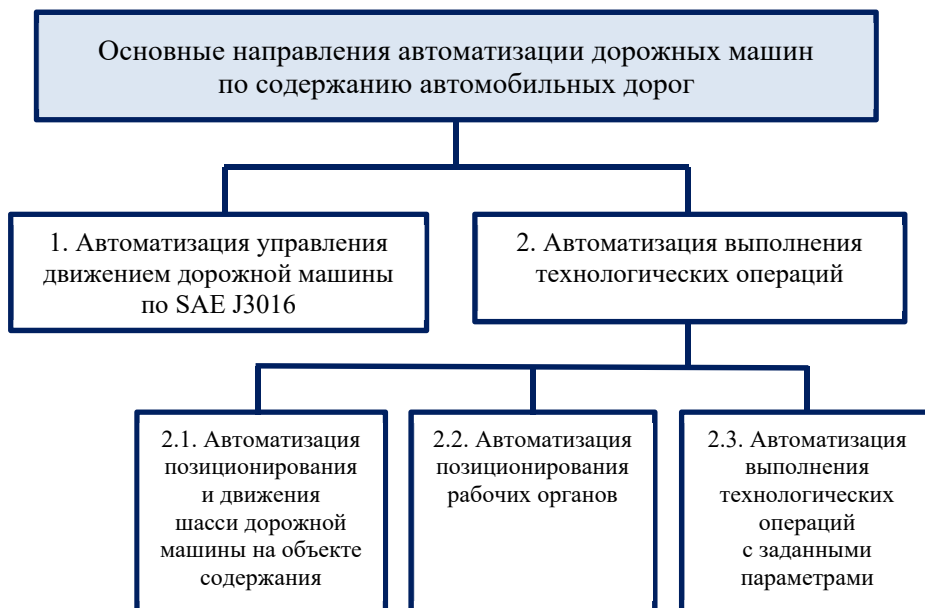


Рис. 1. Основные направления автоматизации дорожных машин, используемых для содержания автомобильных дорог

Необходимо отметить, что для каждого фасета на втором уровне классификации выделен уровень автоматизации «0» – отсутствие элементов автоматизации.

Кодирование уровней автоматизации дорожных машин

В соответствии с предложенным подходом можно рассматривать указанные ниже признаки классификации как самостоятельные независимые аспекты (фасеты) классификации, а именно:

1. Классификация уровней автоматизации управления движением шасси дорожной машины.
2. Классификация уровней автоматизации позиционирования и движения шасси дорожной машины на объекте содержания.

3. Классификация уровней автоматизации позиционирования рабочих органов на объекте содержания.
4. Классификация уровней автоматизации выполнения технологических операций с заданными параметрами.

Следовательно, кодирование признаков можно выполнить по факетной системе классификации. При этом, поскольку на каждом уровне выделено несколько признаков (меньше десяти), кодировать классификационные группировки на каждом уровне можно одной десятичной цифрой. Исходя из этого, структуру кода можно представить, как показано на **рис. 2-5**.

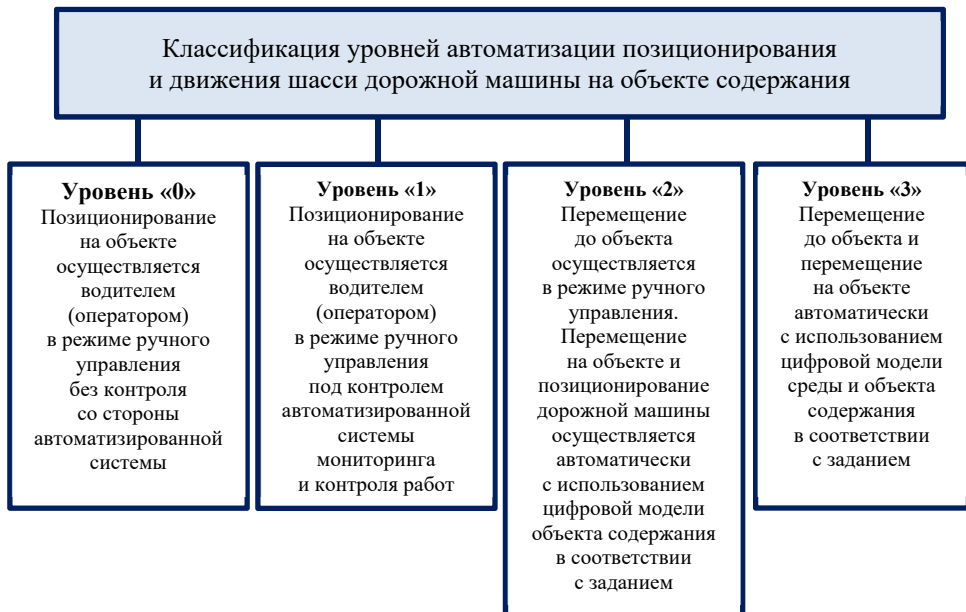


Рис. 2. Классификация уровней автоматизации позиционирования и движения шасси дорожной машины при выполнении технологических операций

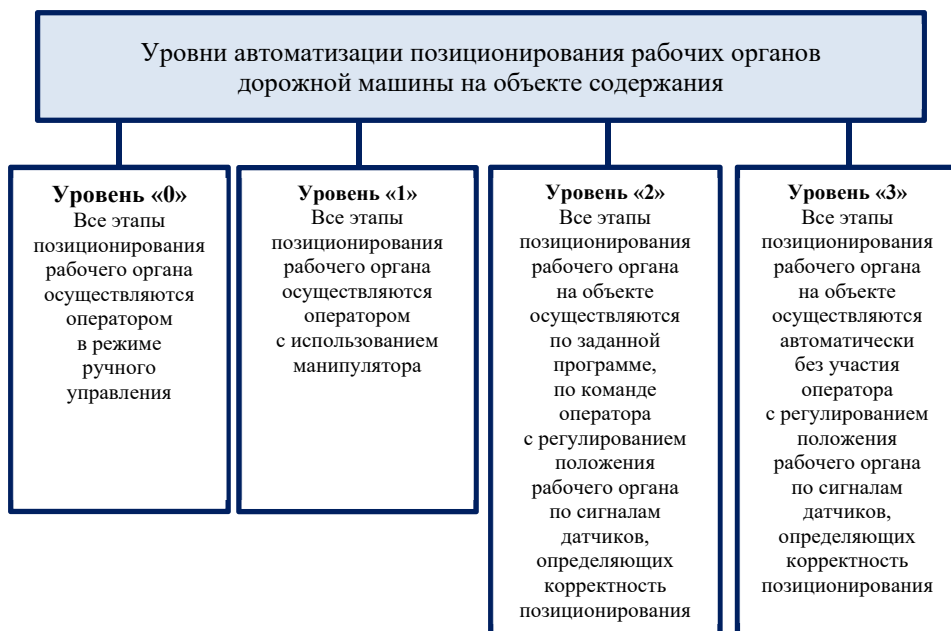


Рис. 3. Схема классификации уровней автоматизации позиционирования рабочих органов дорожной машины на объекте содержания

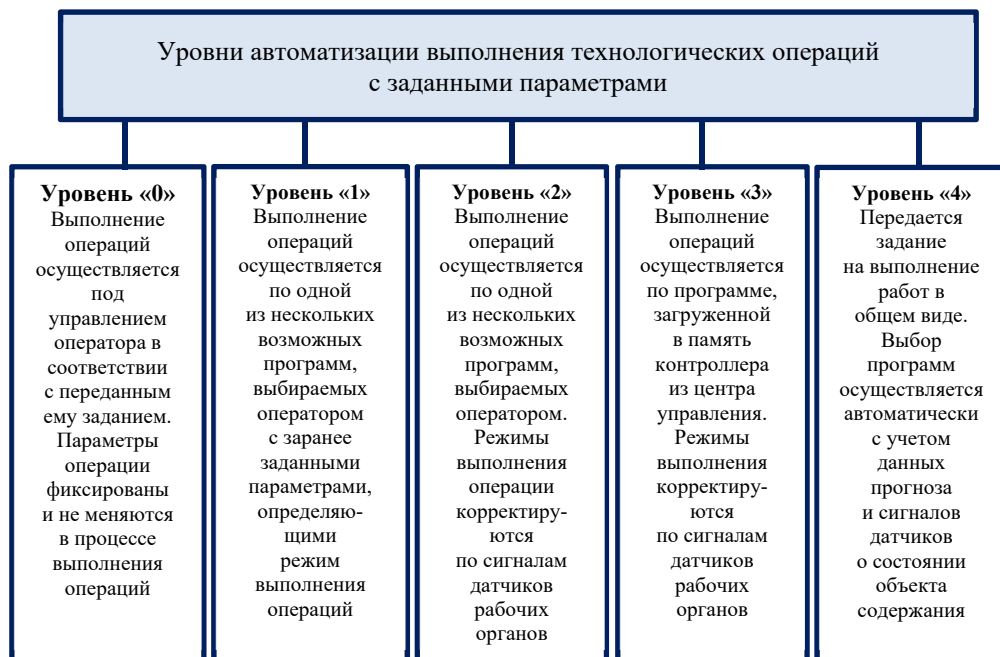


Рис. 4. Схема классификации уровней автоматизации выполнения технологических операций с заданными параметрами

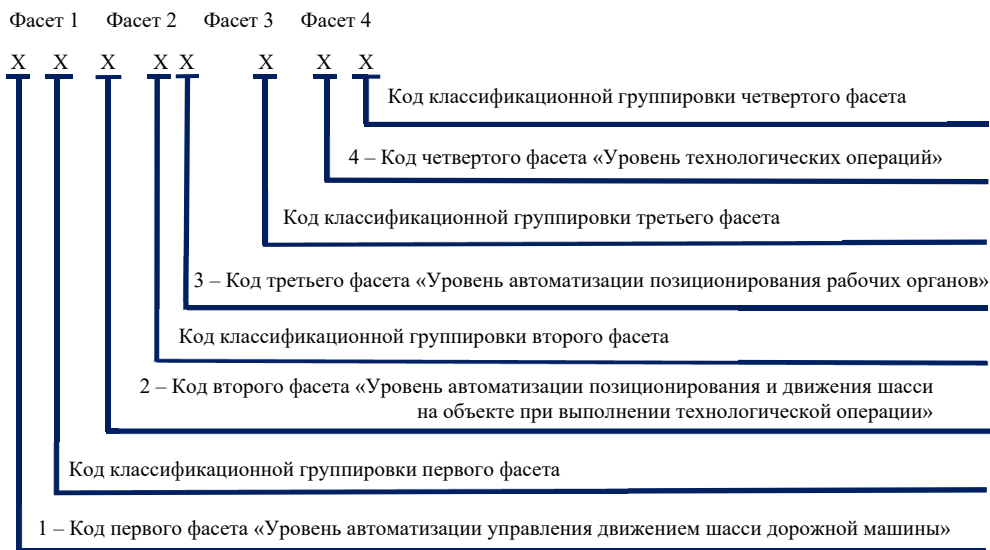


Рис. 5. Структура кода уровней автоматизации дорожной машины для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог

Рассмотрим вариант кодирования уровней автоматизации на примере комбинированной дорожной машины ДМК-30.

Универсальная комбинированная машина ДМК-30 выполнена на базе автомобиля-самосвала КАМАЗ-55111. Для выполнения работ по содержанию автомобильной дороги базовый автомобиль оборудуется комплектом быстросъемного навесного оборудования для зимнего и летнего содержания автомобильных дорог, а также для перевозки сыпучих и прочих грузов.

Рассмотрим кодирование уровня автоматизации данной машины **по фасету 1**. Поскольку базовый автомобиль-самосвал КАМАЗ-55111 не оборудуется ни одной системой автоматизации управления автомобилем, код данной машины по первому фасету, в соответствии со стандартом SAE J3016, должен быть «10».

Рассмотрим кодирование уровня автоматизации данной машины **по фасету 2**, в соответствии с которым необходимо определить код уровня автоматизации позиционирования и движения шасси дорожной машины на объекте содержания. На автомобильных дорогах федерального значения контроль функционирования дорожной машины осуществляется при помощи отраслевой автоматизированной системы контроля работ «Дортранснавигация», что соответствует коду «1» на втором

уровне. Следовательно, по фасету 2 машина ДМК-30 должна получить код «21».

Рассмотрим кодирование уровня автоматизации данной машины *по фасету 3*, в соответствии с которым необходимо определить код уровня автоматизации позиционирования рабочих органов на объекте содержания. Поскольку данная машина оснащена пультом дистанционного управления, позиционирующего рабочие органы по команде оператора, и при этом может осуществляться регулирование положения рабочих органов по сигналам датчиков, то это оборудование соответствует уровню автоматизации 3. Следовательно, код уровня автоматизации по третьему фасету будет «33».

Рассмотрим кодирование уровня автоматизации данной машины *по фасету 4*, в соответствии с которым необходимо определить код уровня автоматизации получения параметров задания для выполнения операций на объекте содержания. Оператор при помощи пульта дистанционного управления имеет возможность выбора одной из программ выполнения операций. Однако параметры технологической операции не могут уточняться по сигналам датчиков. По разработанной системе классификации код уровня автоматизации по четвертому фасету будет «41».

Таким образом, код уровня автоматизации комбинированной дорожной машины ДМК-30: **10 21 33 41**.

Заключение

Повышение качества, производительности и безопасности работ по содержанию автомобильных дорог является одним из важных направлений повышения безопасности дорожного движения. Достичь данной цели можно путём уменьшения доли участия человека-оператора дорожной машины в технологическом процессе работ по содержанию дорог. С этой целью должны проводиться мероприятия, направленные на автоматизацию, роботизацию рабочих органов дорожных машин. Предложенная в статье классификация уровней автоматизации дорожных машин послужит в качестве одного из необходимых методических материалов для разработки мероприятий в данном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Autonomous Sweepers Keep Roads Clean in Major Chinese Cities.* – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21808337/autonomous-sweepers-keep-roads-clean-in-major-chinese-cities> (дата обращения: 22.01.2021).
2. *Daimler demos self-driving snowplows.* – [Электронный ресурс]. – URL: <https://newatlas.com/daimler-self-driving-snowplows/51827/> (дата обращения: 22.01.2021).

3. *Sweeper truck*. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.chenglispecialautomobile.com/sweeper-truck/15m3-6x4-high-quality-road-sweeper-truck.html> (дата обращения: 22.01.2021).
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.03.2018 № 535-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Автонет». – Электрон. данные. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71817584/> (дата обращения: 22.01.2021).
5. ОДМ 218.9.002-2014. Система автоматизированного планирования, контроля и учета работ по содержанию автомобильных дорог общего пользования федерального значения на основе технологий ГЛОНАСС с использованием программного комплекса «Дортранснавигация» / Росавтодор. – М., 2014.
6. SAE J3016_201609. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://catalogue.normdocs.ru/?type=card&cid=com.normdocs.sae.card.j3016> (дата обращения: 22.01.2021).
7. ОДМ 218.3.044-2015. Требования к технологическим картам на выполнение дорожных работ / Росавтодор. – М., 2015.

L I T E R A T U R A

1. *Autonomous Sweepers Keep Roads Clean in Major Chinese Cities*. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21808337/autonomous-sweepers-keep-roads-clean-in-major-chinese-cities> (дата обращения: 22.01.2021).
2. *Daimler demos self-driving snowplows*. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://newatlas.com/daimler-self-driving-snowplows/51827/> (дата обращения: 22.01.2021).
3. *Sweeper truck*. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.chenglispecialautomobile.com/sweeper-truck/15m3-6x4-high-quality-road-sweeper-truck.html> (дата обращения: 22.01.2021).
4. Распоряжение Правитель'ства Россиjskoj Federacii ot 29.03.2018 № 535-r «Ob utverzhenii plana meropriyatij («dorozhnoj karty») po sovershenstvovaniyu zakonodatel'stva i ustraneniyu administrativnyh bar'erov v celyah obespecheniya realizacii Nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy po napravleniyu «Avtonet». – Elektron. dannye. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71817584/> (дата обращения: 22.01.2021).
5. ОДМ 218.9.002-2014. Sistema avtomatizirovannogo planirovaniya, kontrolya i ucheta rabot po sodержaniyu avtomobil'nyh dorog obshchego pol'zovaniya federal'nogo znacheniya na osnove tekhnologij GLONASS s

- ispol'zovaniem programmnoogo kompleksa «Dortransnavigaciya» / Rosavtodor. – M., 2014.*
6. *SAE J3016_201609. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. – [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://catalogue.normdocs.ru/?type=card&cid=com.normdocs.sae.card.j3016> (data obrashcheniya: 22.01.2021).*
 7. *ODM 218.3.044-2015. Trebovaniya k tekhnologicheskim kartam na vypolnenie dorozhnyh rabot / Rosavtodor. – M., 2015.*

.....

CLASSIFICATION OF AUTOMATION LEVELS OF THE CONTROL OF ROAD MACHINES

*Ph. D. (Tech.) V.N. Bogumil,
Doctor of Engineering V.M. Vlasov,
Ph. D. (Tech.) A.M. Baitulaev,
Ph. D. (Tech.) N.K. Tagieva
(Moscow State Automobile and Road
Technical University (MADI))
Contact information: v_bogumil@mail.ru;
telematika@madi.ru;
transnavi@mail.ru;
natagie@mail.ru*

The article deals with the issues of improving quality, productivity and safety of road maintenance based on the implementation of measures to increase the automation level of technological equipment, installed on road machines. The classification of the automation levels of technological equipment of road machines is a methodological basis for the development of an industry «roadmap» for the implementation of measures in this sphere. Two main ways of automation, in particular automation of road vehicle chassis control and automation of the operation of the technological equipment installed on the road vehicle are considered. The results of the realized classification of the automation levels of technological equipment of road machines are presented.

Key words: *road machines, road maintenance, technological processes automation, classification.*

Рецензент: начальник управления интеллектуальных транспортных систем В.Б. Кургузов (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 03.12.2020 г.