УДК 625.76

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-4-205-212

© С. А. Евтюков, д-р техн. наук, профессор

© S. A. Evtyukov, Dr. Sci. Tech., Professor

© Д. А. Лутов, аспирант

© D. A. Lutov, post-graduate student

© А. А. Шиманова, канд. техн. наук, ст. преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

© A. A. Shimanova, PhD in Sci. Tech., senior teacher
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: s.a.evt@mail.ru, deniss777@list.ru, sommery@ya.ru

E-mail: s.a.evt@mail.ru, deniss777@list.ru, sommery@ya.ru

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ МАШИНЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРКА МАШИН ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ

CONTROLLING THE LIFE CYCLE OF MACHINES IN ORDER TO INCREASE THE EFFICIENCY OF USING THE FLEET OF VEHICLES FOR WINTER MAINTENANCE OF ROADS

Исследуются система управления работоспособностью транспортно-технологических машин и уровень управления их жизненным циклом. При этом особое внимание обращено на формирование парков транспортно-технологических машин и планирование мероприятий обслуживания и ремонта с учетом динамики технического состояния машин и возможности систем управления. Предложены конкретные организационно-экономические меры и механизмы их реализации в интересах роста эффективности управления жизненным циклом парка транспортно-технологических машин для зимнего содержания дорог.

Ключевые слова: автомобильные дороги, транспортно-технологические машины, жизненный цикл, системы управления, работоспособность, эксплуатация транспортно-технологических машин.

The article presents the research results aimed at perfecting the control system intended for providing the workability of transport and technological machines and perfecting the level of management of their life cycle. Special attention is paid to the formation of the fleet of transport and technological machines and the planning measures for the machine maintenance and repair, taking into account the dynamics of the technical condition of machines and the possibilities of the control systems. Specific organizational and economic measures and mechanisms for their implementation are proposed intended at increasing the effectiveness of life-cycle management of the fleet of transport-technological machines for winter road maintenance.

Keywords: motor roads, transport and technological machines, life cycle, control systems, working capacity, operation of transport and technological machines.

Термин «содержание дорог» включает в себя комплекс инженерно-технических мероприятий по систематическому уходу за дорогой, дорожными сооружениями и полосой отвода в целях поддержания их в надлежащем состоянии в течение всего года и исправления незначительных деформаций и повреждений всех конструктивных элементов [1]. Качественное выполнение работ по содержанию в полном объеме замедляет процесс ухудшения транспортно-эксплуатационных показателей дороги.

Поддержание необходимого уровня качества дорог осуществляется в соответствии с ОДМ

«Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования».

Для обеспечения необходимого транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог организуется дорожная служба. Конечной целью деятельности данного подразделения является поддержание и непрерывное повышение технического уровня и эксплуатационного состояния дорог в соответствии с ростом интенсивности движения и нагрузки на дороги. При этом должны быть обеспечены минимальные затраты трудовых, материально-технических

и энергетических ресурсов на ремонт и содержание дорог и тем самым обеспечено повышение темпов роста производительности и эффективности работы автотранспорта, снижение себестоимости перевозок [2].

Выполнение данных задач, как правило, осуществляется при помощи высокопроизводительных транспортно-технологических машин различного назначения (специальные, универсальные, комбинированные, со сменным оборудованием) отечественных и зарубежных производителей, отличающихся по цене и качественным показателям [3]. Классификация машин для зимнего содержания дорог представлена на рис. 1.

Каждая дорожно-эксплуатационная организация должна решать задачу формирования парка машин на основе рационального выбора с учетом условий содержания дорожной сети региона. Методика по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационных машин предполагает выполнение следующих этапов [4]:

- определение номенклатуры и видов дорожных работ; состав этих работ определяется в соответствии:
 - с «Методическими рекомендациями по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования» (приняты и введены в действие письмом государственной службы до-

рожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации от 17 марта 2004 г. № ОС-28/1270-ис.);

– Приказом Минтранса РФ от 8 июня 2012 г. № 163 «Об утверждении порядка проведения оценки уровня содержания автомобильных дорог общего пользования федерального значения»;

– Приказом Минтранса РФ от 16 ноября 2012 г. № 402 «Об утверждении классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог»;

– Приказом Минтранса РФ от 1 ноября 2007 г. № 157 «Периодичность проведения видов работ по содержанию автомобильных дорог общего пользования федерального значения»;

- утверждение или разработка технологии работ с указанием технологических процессов и операций;
- определение объемов работ по отдельным технологическим процессам и операциям (объемы работ по содержанию определяют в зависимости от протяженности дороги, ее транспортно-эксплуатационного состояния, типа земляного полотна и дорожного покрытия, наличия искусственных сооружений и элементов обустройства);
- выбор дорожных машин для выполнения принятых технологических процессов и операций;

Рис. 1. Классификация транспортно-технологических машин для содержания дорог в зимний период

- расчет эксплуатационной производительности машин для содержания автомобильных дорог с учетом особенностей отдельных технологических процессов и операций;
- расчет необходимого количества выбранных машин;
- составление ведомости принятого парка машин.

На основе вышеизложенного авторами предложена следующая схема формирования парка транспортно-технологических машин для содержания дорог в зимний период (рис. 2).

Эксплуатация парка машин с достижением максимального положительного эффекта — сложный многоплановый процесс, характеризующийся большим многообразием состояний системы «парк машин (рабочая единица — среда (условия эксплуатации) — качество выполненных работ)» и включающий в себя решение многочисленных задач оптимального комплектования и использования машин. Достижение максимального положительного эффекта от использования парка машин взаимосвязано с поддержанием качества и надежности его рабочих

Рис. 2. Этапы формирования парка дорожно-эксплуатационных машин

единиц при их технической эксплуатации, задача которого обеспечить длительную работоспособность машины с максимальной производительностью при наименьших затратах [5]. Вариант схемы взаимодействия элементов этой системы представлен на рис. 3.

Современные тенденции совершенствования эксплуатации техники направлены на повышение качества производственных процессов, возрастание роли предприятий-изготовителей в формировании системы эксплуатации, применение новых форм организации жизненного цикла (ЖЦ) машин. На данном этапе существуют информационные системы управления жизненным циклом готового продукта (ГП) (рис. 4), включающие мероприятия, обеспечивающие функционирование всех этапов жизненного цикла ГП. Мировые тенденции в данной области представлены применением CALS-технологий (continuous acquisition and life cycle support — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла продукта), базирующихся на международных стандартах [6, 16].

В общем случае для заказчика сложных технических систем жизненный цикл единицы техники представляет собой сумму затрат на ее приобретение, на подготовку к применению, на владение (эксплуатацию, ремонт) и утилизацию.

Для получения максимального положительного эффекта необходимо сокращать длительность изготовления, доставки, монтажа, обкатки и утилизации машины и увеличивать этап ее эксплуатации. Продолжительность этапа эксплуатации жизненного цикла машин определяется качеством изготовления и системой поддержания и восстановления их работоспособности, зависящей от соотношения ресурсов сборочных единиц и машины в целом, максимальное приближение которых предусматривает современный подход при создании машины. В этом случае отказ машины до половины ее ресурса практически отсутствует при соблюдении нагрузочных режимов работы на объекте и режимов проведения технических обслуживаний (ТО) и ремонтов. Рациональное управление этапом эксплуатации обеспечивается КСТЭ [7].

Система технической эксплуатации (СТЭ) влияет на эффективность использования машин

Рис. 3. Структурная схема функционирования системы «Парк машин»

следующими путями (в скобках указано относительное влияние в рамках СТЭ согласно исследованиям [8]): технические обслуживания и ремонты (0,60), материально-техническое обеспечение (0,25), транспортирование (0,05), хранение (0,10). В силу указанного влияния основное внимание следует уделить исследованию первой составляющей.

Основой эксплуатации коммунальных машин (далее — машин) является их техническое обслуживание и ремонт, которые выполняют на основе диагностирования их технического состояния. Мероприятия по техническому обслуживанию и ремонт машин разрабатывают и осуществляют с учетом эксплуатационной (по ГОСТ 2.601–2013) и ремонтной (по ГОСТ 2.602–2013) документации заводов-изготовителей, а также требований к техническому состоянию машин и правил безопасной эксплуатации, установленных государственными нормативно-техническими документами [9]. Ремонт машин для содержания автомобильных дорог производится при выявлении неисправностей во время технического обслуживания или после отказов. Согласно положению о техническом обслуживании и ремонте коммунальных машин [10, 11, 14] для содержания автомобильных дорог принята следующая номенклатура видов технического обслуживания (рис. 5):

ЕО — ежесменное техническое обслуживание в начале или после использования машины, выполняемое в течение смены;

ТО — техническое обслуживание, выполняемое через плановые периоды наработки (некоторым видам ТО конкретных машин может присваиваться в зависимости от периодичности выполнения и состава работ порядковый номер: ТО-1 — первое, ТО-2 — второе, ТО-3 — третье. В состав работ технического обслуживания, имеющего более высокий порядковый номер, входят работы каждого из предшествующих видов технического обслуживания, включая ежесменное);

СО — сезонное обслуживание, выполняемое два раза в год при подготовке машины к использованию в летний или зимний периоды.

В соответствии с нормативными документами [10, 11] выполняют ремонты двух типов: текущий (ТР) и капитальный (КР). Текущий ремонт обеспечивает ресурс машины до очередного ремонта, капитальный ремонт обеспечивает полный или близкий к полному ресурс машины путем восстановления и замены сборочных единиц (узлов) и деталей, включая базовые [17]. Машины, потерявшие работоспособность в результате отказа, подвергаются неплановому ремонту (НР).

Техническое диагностирование входит в состав ТО и ремонта и обеспечивает их проведе-

Рис. 4. Схема управления ЖЦ рабочих единиц системы «Парк машин» для зимнего содержания дорог: КСТЭ — комплексная система технической эксплуатации

ние по фактическому техническому состоянию машин. При техническом диагностировании с помощью приборов измеряют диагностические параметры машины, составных частей, сборочных единиц и деталей [17]. Диагностирование машин организуют в соответствии с требованиями [12]. Производители техники предусматривают проведение не только диагностики I рода [13] (для оценки технического состояния машины при ТО), но и II рода, проводимой при неплановом ремонте с целью поиска причины внезапного отказа. Порядок проведения диагностики II рода приводится в инструкциях заводов-изготовителей в разделе «Поиск неисправностей» [8].

Периодичность проведения первого технического обслуживания зависит от пробега и принимается для коммунальных машин 1600–1800 км [14]. Второе техническое обслуживание коммунальных машин для содержания автомобильных дорог производится через каждые 8–9 тыс. км пробега [14, 15].

На примере исследования, представленного в работе [14], был проведен анализ влияния таких важных факторов, как возраст машины, сезонные изменения (время года), количество проведенных ТО-2, периодичность технических

обслуживаний, на интенсивность потока отказов коммунальных машин марки КО-713 и КО-815. При проведении экспериментов установлено, что при выполнении мероприятий по ТО-2 с периодичностью, предложенной автором с учетом коэффициента сезонных изменений в зимний период эксплуатации с 15 октября по 15 мая, срок обкатки машин марки КО-713 и КО-815 сократился до 1–2 лет по сравнению с 2,5–3,5 года (по данным Дорожного комитета Ленинградской области) до проведения эксперимента, что способствует снижению временных и денежных затрат в дорожно-эксплуатационной службе Ленинградской области, так как в этом случае машины работают более длительное время после приработки до наступления критического состояния; после восьми лет эксплуатации таких машин следует уменьшить периодичность ТО-2 (увеличить их количество с целью продлить срок их эксплуатации); продолжительность простоя в ремонте значительно увеличивается после восьми лет эксплуатации; наработка машин до возникновения аварийных отказов увеличивается до трех лет эксплуатации и начинает сокращаться после трехлетнего возраста [14].

Подводя итог, необходимо отметить, что парк машин для содержания дорог в зимний период

Рис. 5. Действующая в РФ структура системы ТО и Р

включает в себя транспортно-технологические машины, относящиеся как к подвижному составу автомобильного транспорта, так и к строительным машинам. На сегодняшний день не существует единой рекомендации по ТОиР для машин, задействованных в процессе содержания дорог.

Для обеспечения высокого уровня качества эксплуатации коммунальных машин на дорожно-эксплуатационных организациях необходимо внедрять комплексную систему технической эксплуатации. В основе работы КСТЭ лежит методика планирования мероприятий обслуживания и ремонта с учетом динамики технического состояния рабочих единиц, включающая [9]:

- расчет количества мероприятий ТОиР с учетом проведения неплановых ремонтов для восстановления работоспособности после внезапных отказов;
- определение комплексных показателей надежности на основе нормативных документов по ТОиР и данных по внезапным отказам.

Также существующие рекомендации не учитывают условия эксплуатации, интенсивность и характер работы конкретных машин и предлагают предприятиям самим вводить корректировки нормативов по статистической информации или данным исследователей. Не учитывается также и влияние возраста техники на параметры системы ТОиР, а именно возрастание времени простоев в неплановых ремонтах по мере старения машин [8]. Предлагается лишь один метод построения системы ТОиР — планово-предупредительный с элементами диагностирования, т. е. с учетом технического состояния отдельных систем машины [8, 16]. Таким образом, разработка

и внедрение эффективной системы ТОиР парка машин для содержания дорог зимой является актуальной научной задачей, имеющей теоретическую и практическую значимость.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (приняты и введены в действие письмом государственной службы дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации от 17.03.2004 № ОС-28/1270-ис).
2. Лутов Д. А. Повышение эффективности парка коммунальных машин // Актуальные проблемы безопасности дорожного движения: материалы 68-й Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов; 15–17 апреля 2015 г. СПб.: СПбГАСУ, 2015. 221 с.
3. Евтюков С. А., Евтюков С. С., Чудаков А. В., Куракина Е. В. Наземные транспортно-технологические машины / под общ. ред. С. А. Евтюкова. СПб.: ИД «Петрополис», 2016. 504 с.
4. ОДМ 218.2.018–2012. Методические рекомендации по определению необходимого парка дорожно-эксплуатационной техники для выполнения работ по содержанию автомобильных дорог при разработке проектов содержания автомобильных дорог. М.: ФГУП «РОСДОРНИИ», 2012. 79 с.
5. Волков С. А., Евтюков С. А. Строительные машины: учебник для строит. вузов / под общ. ред. С. А. Волкова; изд. перераб. и доп. СПб.: ООО «Издательство «ДНК», 2012. 597 с.
6. Репин С. В., Рулис К. В., Зазыкин А. В., Крупин С. А. Методология обеспечения работоспособности транспортно-технологических машин и комплексов средствами технической эксплуатации. СПб.: СПбГАСУ, 2012. 273 с.
7. Максименко А. Н. Определение рациональной продолжительности этапа эксплуатации жизненного цикла СДМ // Вестник Белорусско-Российского университета. 2011. № 1 (30). С. 59–64.
8. Репин С. В. Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных машин: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2008. 395 с.
9. Репин С. В., Чмиль В. П., Зазыкин А. В. Расчетные модели обеспечения работоспособности и эффективности транспортно-технологических машин в эксплуатации. СПб.: СПбГАСУ, 2015. 94 с.
10. ГОСТ 25646–95. Эксплуатация строительных машин. Общие требования.

11. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта (утв. Министерством автомобильного транспорта РСФСР 20.09.1984).

12. ГОСТ 25044–81. Техническая диагностика. Диагностирование автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин. Основные положения.

13. Волков Д. П., Николаев С. Н. Надежность строительных машин и оборудования: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Высшая школа, 1979. 400 с.

14. Грушецкий С. М. Прогнозирование периодичности ТО-2 коммунальных машин для содержания автомобильных дорог: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2000. 160 с.

15. Доценко А. И. Коммунальные машины и оборудование: учеб. пособие для вузов. М.: Архитектур-С, 2005. 344 с.

16. Зазыкин А. В. Методика обеспечения работоспособности строительных машин средствами обслуживания и ремонта: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2010. 227 с.

17. МДС 12-8.2007. Рекомендации по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин. М.: ГУП ЦПП, 2007. 61 с.

References

1. *Metodicheskie rekomendatsii po remontu i soderzhaniyu avtomobil'nykh dorog obshchego pol'zovaniya (prinyaty i vvedeny v deystvie pis'mom gosudarstvennoy sluzhby dorozhnogo khozyaystva Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 17.03.2004 no. OS-28/1270-is)* [Methodical recommendations on the repair and maintenance of public highways (accepted and put into operation by the Letter of Public service of road economy of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 17.03.2004 no. OS-28/1270-is)].

2. Lutov D. A. *Povyshenie ehffektivnosti parka kommunal'nykh mashin* [Increasing the efficiency of the utility machines' fleet]. *Trudy 68-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov, molodykh uchenykh i doktorantov; 15–17 aprelya 2015 g. «Aktual'nye problemy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya»* [Proc. of the 68-th. Int. sci. – pract. conf. of students, graduate students, young scientists and doctoral candidates “Current problems of traffic safety”, April 15–17, 2015]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2015, 221 p.

3. Evtyukov S. A., Evtyukov S. S., Chudakov A. V., Kurakina E. V. *Nazemnye transportno-tekhnologicheskie mashiny* [Land transport technological machines]. Ed. by Evtyukov S. A. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2016, 504 p.

4. ODM 218.2.018–2012. *Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu neobkhodimogo parka dorozhno-ehkspluatatsionnoy tekhniki dlya vypolneniya rabot po soderzhaniyu avtomobil'nykh dorog pri razrabotke proektov soderzhaniya avtomobil'nykh dorog* [ODM 218.2.018–2012. Methodical recommendations for determining the necessary park of the road and operational equipment for performance of work on the maintenance of highways at developing the highways designs]. Moscow, ROSDORNII Publ., 2012, 79 p.

5. Volkov S. A., Evtyukov S. A. *Stroitel'nye mashiny. Uchebnik dlya stroit. vuzov* [Construction machines. Textbook for construction higher schools]. Ed. by Volkov S. A.; revised and added edition. St. Petersburg, DNK Publ., 2012, 597 p.

6. Repin S. V., Rulis K. V., Zazykin A. V., Krupin S. A. *Metodologiya obespecheniya rabotosposobnosti transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov sredstvami tekhnicheskoy ehkspluatatsii* [Methodology of ensuring operability of transport technological machines and complexes with means of technical operation]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2012, 273 p.

7. Maksimenko A. N. *Opredelenie ratsional'noy prodolzhitel'nosti ehtapa ehkspluatatsii zhiznennogo tsikla SDM* [Determination of rational duration of the operational phase of construction road machines' life cycle]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta – Bulletin of the Belarusian-Russian University*, 2011, no. 1 (30), pp. 59–64.

8. Repin S. V. *Metodologiya sovershenstvovaniya sistemy tekhnicheskoy ehkspluatatsii stroitel'nykh mashin*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Methodology of improving the system of construction machines' technical operation. Dr. Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2008, 395 p.

9. Repin S. V., Chmil' V. P., Zazykin A. V. *Raschetnye modeli obespecheniya rabotosposobnosti i ehffektivnosti transportno-tekhnologicheskikh mashin v ehkspluatatsii* [Design models of ensuring working capacity and efficiency of transport technological machines in operation]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2015, 94 p.

10. GOST 25646–95. *Ehkspluatatsiya stroitel'nykh mashin. Obshchie trebovaniya* [GOST 25646-95. Operation of construction machines. General requirements].

11. *Polozhenie o tekhnicheskoy obsluzhivani i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta (utv. Ministerstvom avtomobil'nogo transporta RSFSR 20.09.1984)* [Provision on technical maintenance and repair of the rolling stock of the motor transport (enforced by the Ministry of the RSFSR motor transport 20.09.1984)].

12. GOST 25044–81. *Tekhnicheskaya diagnostika. Diagnostirovanie avtomobiley, traktorov, sel'skokhozyaystvennykh, stroitel'nykh i dorozhnykh mashin. Osnovnye polozheniya* [GOST 25044-81. Technical diagnostics. Diagnosing of cars, tractors, farm, construction and road machines. Basic provisions].

13. Volkov D. P., Nikolaev S. N. *Nadezhnost' stroitel'nykh mashin i oborudovaniya. Ucheb. posobie dlya stud.vuzov* [Reliability of construction machines and equipment. Teaching manual for university students]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1979, 400 p.

14. Grushetskiy S. M. *Prognozirovaniye periodichnosti TO-2 kommunal'nykh mashin dlya soderzhaniya avtomobil'nykh dorog. Diss. kand. tekhn. nauk* [Forecasting the frequency of TO-2 utility machines for the maintenance of highways. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2000, 160 p.

15. Dotsenko A. I. *Kommunal'nye mashiny i oborudovanie. Ucheb. posobie dlya vuzov* [Utility cars and equip-

ment. Teaching manual for higher education institutions]. Moscow, Arkhitektur-S Publ., 2005, 344 p.

16. Zazykin A. V. *Metodika obespecheniya rabotosposobnosti stroitel'nykh mashin sredstvami obsluzhivaniya i remonta. Diss. kand. tech. nauk* [Technique of ensuring operability of construction machines with service facilities and repair. PhD in Sci. Tech. diss.]. SPSUACE Publ., 2010, 227 p.

17. MDS 12-8.2007. *Rekomendatsii po organizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta stroitel'nykh mashin* [MDS 12-8.2007. Recommendations on the organization of technical maintenance and repair of construction machines]. Moscow, GUP TsPP Publ., 2007, 61 p.