ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 656.13.08:65.012.12

© Е. В. Куракина, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: elvl_86@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-2-205-212

© E. V. Kurakina, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: elvl_86@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LAND TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES IN WINTER CONDITIONS

Определены показатели эффективности наземных транспортно-технологических машин, выделены основные направления для ее повышения. Представлены факторы, влияющие на эффективность эксплуатации наземных транспортно-технологических машин. Рассмотрена специфика производства ремонтных работ в зимних условиях. Определены цели и задачи при производстве земляных ремонтных работ при разработке мерзлого грунта. Выявлены недостатки существующих технологий механического рыхления мерзлого грунта. Разработана схема производства ремонтных работ подземных коммуникаций с применением вакуумно-всасывающей установки в зимний период. Обоснована эффективность применения вакуумно-всасывающей установки при производстве ремонтных работ в зимних условиях.

Ключевые слова: наземные транспортно-технологические машины, эксплуатация, эффективность эксплуатации, зимние условия, разработка мерзлого грунта, вакуумно-всасывающая установка.

The article defines the performance indicators of land transport and technological machines and proposes the basic directions for their improvement. The factors affecting the operating efficiency of land transport and technological machines are presented. The specificity of repair work in winter conditions is considered. The aims and objectives in the production of excavation repairs in the development of frozen soil are indicated. Disadvantages of existing technologies of mechanical loosening of frozen soil are revealed. The scheme of repair work of underground utilities using vacuum suction installation in winter period is developed. The efficiency of the use of vacuum-suction installation for repair work in winter conditions is substantiated.

Keywords: overland transport and technological machines, operation, operating efficiency, winter conditions, the development of frozen soil, vacuum cleaning installation.

Совершенствование конструктивных и эксплуатационных свойств наземных транспортно-технологических машин (НТТМ) и оборудования, а также повышение эффективности технологического процесса и производительности возможно посредством методов планирования и рациональных эксплуатационных режимов как на этапе организации, так и на этапе производства дорожно-строительных работ. Дорожно-строительная сфера производства работ динамично развивается и требует постоянного об-

новления транспортно-технологического комплекса (ТТК).

Эксплуатация НТТМ происходит по двум взаимосвязанным направлениям: эффективное использование НТТМ, которые находятся в работоспособном и исправном состоянии, и обеспечение и поддержание работоспособного состояния техники и оборудования. Повысить эффективность использования НТТМ возможно при совершенствовании способов их применения посредством выделения оптимальных

показателей эксплуатационных свойств машин, а также разработки и усовершенствования теоретических основ (методик, расчетных методов и т. п.) определения производительности НТТМ и основных показателей эффективности их использования. Все это позволит скорректировать режимы и области, разработать алгоритмы рационального и эффективного использования техники при производстве работ на объектах [1, 2, 4, 7].

Дорожно-строительная сфера производства работ, в частности работы, проводимые в зимний период, обусловлены и ограничены технологической спецификой, особенно при производстве ремонтных работ инженерных коммуникаций (выделены на рис. 1).

Также одной из проблем при производстве работ в зимний период является выемка мерзлого грунта по причине невозможности применения некоторых видов наземных землеройно-транспортных машин, так как их производительность снижается и износ рабочих органов и оборудования ускоряется (табл. 1, 2) [1, 3, 4, 6].

Однако существует несколько технологий по разработке мерзлого грунта, при выполнении

которых применяется несколько комплексов НТТМ. Таким образом, повышение эффективности производства ремонтных работ в зимний период возможно путем формирования состава НТТМ в комплекте и рабочего оборудования при выполнении работ, а также изменением алгоритма выполнения технологических работ.

Существующие технологии механического рыхления основаны на воздействии различного характера на мерзлый грунт и его обработке.

- Технология механического рыхления статического и динамического характера заключается в резке, скалывании и раскалывании мерзлого грунта посредством бульдозера с рабочим оборудованием режущего типа — зуб. Представители данного класса наземных транспортных средств (НТС) обладают достаточно большой массой (8–108 т) и мощностью, объемы ковша более 1,75 м³. Применение такой тяжеловесной, объемной установки в стесненных условиях городской среды весьма затруднительно и нецелесообразно. В общих случаях разработанный грунт погружают посредством экскаватора JCB 4CX Super II в самосвал. Алгоритм производства работ представлен на рис. 2.

Рис. 1. Комплекс основных дорожно-строительных работ

Таблица 1

Нормативные значения глубины промерзания грунта

Нормативный документ	СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»			СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»	
Виды грунта	Суглинки и глины	Песок мелкий, супесь	Песок крупный, гравелистый	Глина, суглинки	Пески, супеси
Глубина промерзания грунта, м	98	120	128	120	132

Таблица 2

Факторы, влияющие на эффективность эксплуатации НТТМ

Факторы	Оказываемое влияние	Последствия оказываемого влияния
Окружающая среда: погодные климатические и грунтовые условия. Зимние условия [8]	Микрповреждения рабочих деталей, механизмов, систем	Нарушение режимов работы НТТМ или отказ деталей или механизмов
	Скользкость снижает сцепные характеристики покрытия [9, 10, 12]	Риск возникновения аварийной ситуации [11]
Физико-механические свойства материалов	Изнашивание	Изменение геометрических размеров, массы и объема деталей
	Пластические деформации	
	Разупрочнение	
	Коррозионное разрушение деталей	Образование очаговых и глубинных повреждений; уменьшение или увеличение массы детали; снижение прочностных свойств металла; изменение электросопротивления поверхности металла
	Усталость и старение материала	Рост внутренних повреждений материала под действием нагрузок
Эксплуатационные материалы	Загрязнение топлив, горюче-смазочных материалов (ГСМ) и рабочих жидкостей механическими примесями	Ухудшение эксплуатационных свойств, потеря работоспособности как материалов, так и механизмов
Режим работы	Время, в течение которого ТС выполняет функционально-технологические операции	Выявление технико-экономических показателей эффективности использования НТТМ
	Время подготовки НТТМ к работам	
	Время перерывов и простоев	
Рациональное применение	Выполнение анализа параметров производственных условий работы одного НТТМ с другой. Например, объем работы на производственном объекте и дальность перебазирования на объект для экскаваторов и одноковшовых погрузчиков; расстояние перемещения грунта, сопротивление движению, дорожный уклон для землеройно-транспортных машин [13–15]	Выявление наибольшей экономической эффективности и производительности
Техническое обслуживание (ТО)	Снижение скорости изнашивания	Повышение показателей безотказности, снижение времени простоев при выполнении ремонтных работ и между обслуживаниями. Уменьшение удельной стоимости отказов, увеличение ресурса НТТМ
	Обеспечение требуемого уровня вероятности безотказной работы в периоды между обслуживаниями	
	Эффективное применение ГСМ

Рис. 2. Алгоритм технологии механического рыхления статического и динамического характера

- Технология механического рыхления ударно-вибрационного силового характера с применением землеройно-транспортных машин. Наиболее эффективным НТС является экскаватор JCB 4CX Super II размерной группы с вместимостью ковша 0,65 м³ с навесным оборудованием — гидравлическим молотом (рис. 3). Такая конструкция НТТМ позволяет воздействовать на мерзлый грунт посредством избыточного ударно-вибрационного усилия и вести его послойную разработку, соединив в одной рабочей функционально-технологической операции и рыхление, и последующую экскавацию.

На небольшой глубине промерзания грунта ремонтные работы могут выполнять землеройно-транспортные машины, например экскаваторы с прямым или обратным ковшом.

- Технология блочной разработки мерзлого грунта заключается в послойной резке мерзлого грунта посредством землеройно-фрезерной установки и его извлечения с помощью экскаватора JCB 4CX Super II (или же трактора или строительного крана, в зависимости от объемов производства работ) (рис. 4).

Однако представленные технологии не в полной мере эффективны, так как направлены на разработку грунта до приближения к инженерным коммуникациям, дальнейший доступ осуществляется вручную с применением вспомогательного ручного оборудования, в целях снижения риска повреждения коммуникаций.

Альтернативой является применение вакуумно-всасывающей установки в зимний период при производстве ремонтных работ. Применение такого вида НТТМ обусловлено конструктивно-технологическими особенностями установки, позволяющими сократить время выполнения и повысить качество земляных работ; исключением работ вручную для безопасного доступа к коммуникациям; снижением риска повреждения инженерных коммуникаций; повышением производительности и эффективности комплекта наземных транспортных средств при выполнении всего комплекса работ.

Таким образом, схема производства работ в зимний период представлена на рис. 5. После операции разравнивания грунта в зависимости от условий производства работ может потребо-

Рис. 3. Алгоритм технологии механического рыхления ударно-вибрационного характера

Рис. 4. Алгоритм производства работ в зимний период с применением технологии блочной разработки грунта

Рис. 5. Схема производства ремонтных работ подземных коммуникаций с применением вакуумно-всасывающей установки в зимний период

ваться укладка нового слоя асфальтобетонного покрытия.

Повышение эффективности НТТМ зависит от многих факторов [1, 5], в том числе и от конструктивных особенностей НТТМ, участвующих в работе. Конструкция вакуумно-всасывающей установки позволяет загружать в сборочный бункер виды грунтов, различные по физическим и геометрическим параметрам: грязь, песок, глину, гравий, влажную землю, воду, щебень, осколки и камни, крупные и тяжелые объекты весом до 40 кг и диаметром до 250 мм, в частности мерзлый грунт, раздробленное дорожное покрытие.

Производство ремонтных работ подземных коммуникаций с применением вакуумно-всасывающей установки в зимний период обусловлено преимуществом — исключением слеживания мерзлого грунта, в конструкции сборочного бункера предусмотрен автономный отопитель.

Эффективность эксплуатации НТТМ в зимний период обусловлена не только технологическими особенностями и разработкой механизированного комплекса НТТМ.

Согласно комплексной системе оценки эффективности использования НТТМ [1, 3, 4], эффективность заключается в соответствии требованиям международных стандартов по обеспечению экологической безопасности (рис. 6), уменьшению объемов расхода топлива, сокращению времени выполнения работ, повышению производительности, уменьшению площади перекрытия полос движения в городской среде, исключению работ вручную, исключению риска повреждения инженерных коммуникаций.

Также немаловажным фактором является отсутствие простоев техники, потерь рабочего времени НТС в течение смены, снижение расходов, сокращение НТТМ в механизированном комплексе машин и специалистов, обслуживающих их. Показателем эффективной эксплуатации НТТМ является выработка на одного специалиста p ; в случае эксплуатации вакуумно-всасывающей установки данный показатель по величине совпадает с производительностью. В итоге представленные режимы эксплуатации НТС эффективны при производстве ремонтных

Нормативный документ
(* ОСТ 37.001.324-81, ** Правила ЕЭК ООН R 49, *** Правила ЕЭК ООН R 49-1)

Рис. 6. Соответствие требованиям международных стандартов по нормам выбросов эксплуатируемыми НТТМ

работ в зимних условиях. Повышение эффективности выполняется за счет формирования комплекта НТС и дополнительного оборудования, имеющих высокие показатели безопасности, надежности, производительности, экологичности, технологичности, эргономичности. Применение в зимних условиях вакуумно-всасывающей установки позволяет одной транспортной единицей произвести погрузку, транспортирование и временное хранение мерзлого грунта.

Библиографический список

1. Куракина Е. В. Эффективность использования наземных транспортно-технологических машин // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3 (56). С. 203–208.
2. Kurakina E., Evtyukov S. (2017) Methodology for the reconstruction and investigation of causes of accidents in the parameters of vehicle condition and road environment // In proceedings of 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in large cities», 28–30 September 2016, St. Petersburg, Russia // Transportation Research Procedia.
3. Куракина Е. В. Техническая эксплуатация наземных транспортно-технологических машин // Доклады 69-й межвуз. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы со-

временного строительства», 6–8 апреля 2016. СПб.: СПбГАСУ, 2016.

4. Куракина Е. В., Евтюков С. С. Инженерно-техническая экспертиза наземных транспортных средств: учеб. пособие. СПб.: СПбГАСУ, 2016. 82 с.
5. Евтюков С. С., Чудаков А. В., Куракина Е. В. Наземные транспортно-технологические машины: учебник / под общ. ред. С. А. Евтюкова. СПб.: ООО ИД «Петрополис», 2016. 504 с.
6. Евтюков С. А., Шапунов М. М. Пневматический транспорт в строительстве: учебник / под общ. ред. С. А. Евтюкова. СПб.: ООО ИД «Петрополис», 2012. 306 с.
7. Волков С. А., Евтюков С. А. Строительные машины: учебник для строит. вузов / под общ. ред. С. А. Волкова. СПб.: Издательство ДНК, 2008. 704 с.
8. Куракина Е. В. Диагностическое исследование элементов автомобильных дорог на участках ДТП неразрушающим контролем // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (59). С. 231–237.
9. Куракина Е. В. Экспертная характеристика автомобильной дороги в дорожно-транспортной экспертизе // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/111-r10273>.
10. Куракина Е. В. Об отклонении нормативных характеристик показателей автомобильной дороги (на примере аварийно-опасных участков дорог Ленинградской области) // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/116-12865>.

11. Куракина Е. В. Исследование состояния безопасности и качества подсистемы Д // Сб. трудов междунар. науч.-техн. конф. «Строительная наука — 2014: теория, образование, практика, инновации», 2014. С. 232–244.

12. Куракина Е. В. Исследование влияния сцепных качеств дорог на безопасность дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 5 (40). С. 166–173.

13. Шестопалов К. К. Строительные и дорожные машины. М.: ИЦ Академия, 2008. 384 с.

14. Белецкий Б. Ф., Булгакова И. Г. Строительные машины и оборудование: учеб. пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2012. 608 с.

15. Баловнев В. И., Данилов Р. Г., Кустарев Г. В., Шестопалов К. К. Автогрейдеры. Устройство, основы расчета: учеб. пособие / под общ. ред. В. И. Баловнева. М.: Изд-во МАДИ, 2013. 160 с.

References

1. Kurakina E. V. *Ehffektivnost' ispol'zovaniya nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh mashin* [The efficiency of using land transport and technological machines]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 3 (56), pp. 203–208.

2. Kurakina E., Evtyukov S. Methodology for the reconstruction and investigation of causes of accidents in the parameters of vehicle condition and road environment. Proc. of 12-th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in large cities", 28–30 September 2016, St. Petersburg, Russia.

3. Kurakina E. V. *Tekhnicheskaya ehkspluatatsiya nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh mashin* [Technical operation of land transport technological machines]. *Trudy 69-y mezhvuz. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva»*, 6–8 aprelya 2016 [Proc. of the 69-th inter-higher education institution sci.-pract. conf. of students, graduate students and young scientists "Urgent problems of modern construction", April 6-8, 2016]. St. Petersburg, SPSUACE, 2016.

4. Kurakina E. V., Evtyukov S. S. *Inzhenerno-tekhnicheskaya ehkspertiza nazemnykh transportnykh sredstv. Ucheb. posobie* [Technical examination of land vehicles. Teaching manual]. St. Petersburg, SPSUACE, 2016, 82 p.

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

6. Evtyukov S. A., Shapunov M. M. *Pnevmaticheskiy transport v stroitel'stve. Uchebnik* [Pneumatic transport

in construction. Textbook]. Ed. by Evtyukov S. A. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2012, 306 p.

7. Volkov S. A., Evtyukov S. A. *Stroitel'nye mashiny: uchebnik dlya stroit. vuzov* [Construction machines. Textbook for building higher education institutions]. Ed. by Volkov S. A. St. Petersburg, DNK Publ., 2008, 704 p.

8. Kurakina E. V. *Diagnostichekoe issledovanie ehlementov avtomobil'nykh dorog na uchastkakh DTP nerazrushayushchim kontrolem* [Diagnostic work-up of the motor road elements at the site of traffic accident by nondestructive testing technique]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6 (59), pp. 231–237.

9. Kurakina E. V. *Ehkspertnaya kharakteristika avtomobil'noy dorogi v dorozhno-transportnoy ehkspertize* [Expert characteristic of the highway in road and transport examination]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2013, no. 5. Available at: <http://www.science-education.ru/111-r10273>.

10. Kurakina E. V. *Ob otklonenii normativnykh kharakteristik pokazateley avtomobil'noy dorogi (na primere avariyno-opasnykh uchastkov dorog Leningradskoy oblasti)* [About rejection of standard characteristics of the highway indicators (on the example of emergency and dangerous sections of roads of the Leningrad region)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2013, no. 2. Available at: <http://www.science-education.ru/116-12865>.

11. Kurakina E. V. *Issledovanie sostoyaniya bezopasnosti i kachestva podсистемы D* [Research of safety status and quality of the D subsystem]. *Trudy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Stroitel'naya nauka — 2014: teoriya, obrazovanie, praktika, innovatsii»* [Proc. of Int. sci. – pract. conf. "Construction science — 2014. Theory, education, practice, innovations"]. Pp. 232–244.

12. Kurakina E. V. *Issledovanie vliyaniya stsepykh kachestv dorog na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya* [Investigation of the influence of coupling characteristics of roads on road safety]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2013, no. 5 (40), pp. 166–173.

13. Shestopalov K. K. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny* [Construction and road machines]. Moscow, Akademiya Publ., 2008, 384 p.

14. Beletskiy B. F., Bulgakova I. G. *Stroitel'nye mashiny i oborudovanie. Ucheb. posobie* [Construction machines and equipment. Teaching manual]. 3-rd edition, revised. Lan' Publ., 2012, 608 p.

15. Balovnev V. I., Danilov R. G., Kustarev G. V., Shestopalov K. K. *Avtogreydery. Ustroystvo, osnovy rascheta. Ucheb. posobie* [Mechanism, calculation basics. Teaching manual]. Ed. by Balovnev V. I. Moscow, MADI Publ., 2013, 160 p.