УДК 625.08

© О. А. Чооду, канд. техн. наук, доцент
(Тувинский государственный университет)
E-mail: ostap1981@mail.ru

© С. С. Евтюков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ese-89@mail.ru

© С. Ч. Монгуш, канд. техн. наук, доцент
(Тувинский государственный университет)
E-mail: syldys-mongush@yandex.ru

© Н. Т. Сандан, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sandan.nelli@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-5-167-173

© O. A. Choodu, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Tuvan State University)
E-mail: ostap1981@mail.ru

© S. S. Evtyukov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: ese-89@mail.ru

© S. Ch. Mongush, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Tuvan State University)
E-mail: syldys-mongush@yandex.ru

© N. T. Sandan, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: sandan.nelli@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ АМПЛИТУД СУТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР

FEATURES OF OPERATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES IN CONDITIONS OF HIGH AMPLITUDES OF DAILY TEMPERATURES

Рассмотрены изменения технического состояния, надежности транспортно-технологических горных машин и оборудования в условиях высоких амплитуд температуры окружающей среды с учетом особенностей и характера места эксплуатации. Изучено накопление отказов и их влияние на надежность техники. Выявлены факторы изменения надежности в опасных условиях.

Ключевые слова: особенности технической эксплуатации, транспортные и горные машины, амплитуда температур, условия эксплуатации, надежность, ремонтпригодность.

The article considers the features of change taking place in the technical condition and reliability of transport-technological mining machines and equipment in conditions of high amplitudes of ambient temperature, taking into account the characteristics and nature of the place of operation. Features of the growing number of failures and their influence on reliability of the equipment are considered. Factors of reliability change in dangerous conditions are revealed.

Keywords: features of technical operation, transport and mining machines, temperature amplitude, operation conditions, reliability, maintainability.

Горнорудные предприятия и автомобильные дороги Республики Тыва расположены на большой высоте (1500–2000 м) над уровнем моря на перевалах (рис. 1), для которых характерны опасные продольные уклоны и серпантины, а также температура воздуха может достигать +30...+40 °С, а может падать до –5...–10 °С. Поэтому эксплуатация транспортно-технологических машин на данной территории имеет особенности.

Вышеописанные факторы влияют на надежность техники, затрудняют движение, сни-

жают работоспособность, повышают транспортные расходы и служат причиной дорожно-транспортных происшествий [1–5].

Понижение атмосферного давления с увеличением высоты над уровнем моря приводит к снижению температуры кипения воды (рис. 2). Для анализа условий технической эксплуатации техники рассмотрим некоторые предприятия, расположенные на территории республики. Учитывая особенности рельефа территории республики (80 % территории составляют горы), можно предположить, что все предприятия будут на-

Рис. 1. Опасные факторы дорог в горных условиях

ходиться на абсолютной высоте выше 600 м над уровнем моря.

Данные высотного расположения предприятий Республики Тыва (РТ) (рис. 3) показывают, что высотные условия эксплуатации техники в несколько раз превышают нормальные показатели стандартных условий эксплуатации техники.

Горные условия эксплуатации техники резко отличаются от таковых на равнинной местности (рис. 4, 5).

Например, с изменением абсолютной высоты на каждую 1000 м мощность бензиновых двигателей из-за увеличения разреженности воздуха и падения содержания кислорода уменьшается на 12 %, что приводит к росту расхода воздуха, и эффективность работы тормозных систем пневматического типа тоже падает в несколько раз. Усложненность вертикального подъема, серпан-

Рис. 2. Температура кипения воды, °C

тинность в условиях высокогорья очень сильно влияют на надежность узлов и агрегатов, в основном это связано с небольшой плотностью воздуха, от этого страдают двигатель, пневматические системы, например тормозные системы техники. Количество торможений на 1 км пути при сложных условиях высокогорья увеличивается на 10–19 раз. В некоторых случаях особо сложных дорожных условий температура накладок барабанов торможения достигает у тормозных механизмов 460–490 °C, у передних тормозов — 270–290 °C. Эти показатели в несколько раз выше у дисковых тормозов воздушного охлаждения.

При движении транспортного средства среднего класса с одинаковой скоростью на некотором определенном участке дороги с изменением углов наклона дороги в 5 раз (от 2 до 10 %) нагрузка в тормозных системах может возрасти в 17 раз. Причины — в больших нагрузках на ходовую часть транспортирующей техники, уве-

Рис. 3. Расположение промышленных предприятий территории РТ

Рис. 4. Особенности дорог горной местности

Рис. 5. Особенности условий горнорудных предприятий

личении воздействий на тормозную систему на длительных спусках, а также в большом количестве поворотов малого радиуса.

При эксплуатации техники в горных условиях местности общий профиль дороги достаточно сложный, что также негативно влияет на надежность состояния дорожной сети. В результате этого в процессе непосредственной работы техники все узлы и агрегаты работают в усиленном режиме нагрузок, и результатом повышенных нагрузок является падение надежности узлов, агрегатов, тормозов и подвески в целом (см. таблицу), увеличение нагрузок на технические зоны креплений и сложность регулировки. Ана-

лиз вышерассмотренных факторов показывает, что во всех случаях износ увеличивается в несколько раз.

На рис. 6 видно, что внешние факторы, влияющие на надежность технической системы в известных пределах, с увеличением высоты над уровнем моря изменяют силу воздействия в большую сторону и в некоторых случаях в разы.

Данная схема представляет собой ромб с двумя направлениями — вниз и вверх, в обоих случаях интенсивность воздействия внешних факторов увеличивается, что негативно отражается на надежности и сроках службы узлов и агрега-

Рис. 6. Интенсификация воздействия различных факторов на технику в зависимости от высоты над уровнем моря

тов. Все это свидетельствует о том, что при эксплуатации автомобиля в горных условиях необходимо обратить особое внимание на техническое состояние органов управления автомобиля, приборов освещения и сигнализации и правильность их установки, проведение крепежных и регулировочных работ. Для обеспечения нормальной эксплуатации автомобилей в горной местности необходимо произвести техническую подготовку автомобилей к работе в горных условиях, сократить на 40 % периодичность технического обслуживания и строго выполнять специальные правила вождения в горной местности [6].

Практика показывает, что на высоте 3–4 км номинальная грузоподъемность автомобилей уменьшается на 25–35 %. С учетом принципа суперпозиции данную зависимость можно представить в виде:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F} = m\vec{a}\chi_{\text{рел}}, \quad (1)$$

где $\vec{F}$ — сила, тяга автомобиля; m — масса автомобиля с грузом; $\vec{a}$ — ускорение автомобиля; $\chi_{\text{рел}}$ — коэффициент учета рельефа:

$$\chi_{\text{рел}} = \left(\frac{k_{\text{а.д}} + \delta_{\text{сниж}} + v_{\text{изм}}}{n} \right) Q_{\text{н}}, \quad (2)$$

где n — общее число коэффициентов; $k_{\text{а.д}}$ — коэффициент атмосферного давления; $\delta_{\text{сниж}}$ — коэффициент, учитывающий понижение температуры по мере увеличения высоты над уровнем моря; $v_{\text{изм}}$ — коэффициент изменения скорости ветра по мере увеличения высоты над уровнем моря; $Q_{\text{н}}$ — норма расхода топлива, выбирается по рекомендациям для конкретных типа и модели транспортного средства.

Вероятность безотказной работы техники будет зависеть от основных факторов внешнего воздействия, а также от той надежности, которая заложена в транспорт при его проектировании. Но не следует забывать об интенсивности воз-

Основные виды отказов по узлам и агрегатам (на примере КамАЗ-5511)

Узлы и агрегаты	Двигатель	Сцепление	КПП	Карданная передача	Ведущие системы	Рама	Подвеска	Колесо и ступица	Рулевое управление	Тормозная система	Электрооборудование	Платформа	Кабина	Автомобиль в целом
Горы	21,5	4,9	1,7	3,4	0,3	9,6	2,3	12	3,5	16,7	11	4,9	4,4	100
Равнина	14,7	6,3	6,3	7,1	0	5,4	6,7	7,5	6,2	10,3	12,5	6,3	3,6	100

действия внешних факторов, которые могут снизить заложенные свойства техники в разы.

Отметим, что вероятность безотказной работы напрямую зависит от времени в сочетании с внешними факторами, такими как рельеф местности, абсолютная высота. Эти факторы можно отнести к катализаторам всех рабочих процессов в технике в целом.

Все свойства надежности техники и оборудования, заложенные при конструировании и производстве, могут быть реализованы при разработке и внедрении рациональных методов эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Современные условия требуют от техники все большую надежность, что обусловлено прогрессом — автоматизацией и роботизацией многих процессов, что требует еще большего внимания к инженерным системам.

Одним из решений проблем, связанных с надежностью техники, является внедрение системы, которая учитывала бы особенности современных инженерных систем и опережала бы развитие техники в разы. Требования к такой системе примерно можно представить так:

- непрерывный контроль состояния узла, механизма, системы;
- возможность удаленного или автоматизированного контроля над системой;
- возможность предсказания работоспособности;
- удаленное управление;
- контроль количества запасных частей;
- самоанализ (диагностика) инженерной техники.

Перечисленные требования, возможно, приведут к роботизации процессов технического воздействия, но для того, чтобы создать такие системы, мы должны полностью изучить все

процессы, протекающие в инженерных системах. На сегодняшний день возможным решением будет мониторинговая система ремонта техники, так как планово-предупредительная система слишком затратная и требует постоянных затрат по восстановлению работоспособности инженерных систем (техника, машины).

Внедрение такой новой системы сегодня достаточно реально. Система будет состоять из двух основных частей: электронно-вычислительной машины и датчиков различных видов. Для их взаимодействия сегодня созданы все условия, например беспроводной способ связи габаритных датчиков; диапазон работоспособности датчиков позволяет получать сигналы как внешних, так и внутренних датчиков.

Библиографический список

1. Агеев Е. В., Щербаков А. В., Пикалов С. В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2015. 212 с.
2. Евтюков С. А., Чооду О. А. Влияние условий местности на техническую эксплуатацию и формирование парков машин // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 239–243.
3. Ким Б. Г. Обеспечение работоспособности и исправности парков строительной техники. Владимир: ВладГУ, 2000. 147 с.
4. Сизиков С. А., Евтюков С. А., Скрипилов А. П. Оптимизация комплексно-механизированных работ в строительстве. СПб.: СПбГАСУ, 2011. 159 с.
5. Чооду О. А. Проблемы эксплуатации дорожных и строительных машин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2008. № 70. С. 67–73.
6. Чооду О. А. Эксплуатация горных транспортно-технологических машин на месторождениях полезных ископаемых на территории РТ // Вестник ТувГУ. 2014. № 3 (22). С. 92–102.

7. Чооду О. А., Евтюков С. А., Монгуш С. Ч. Формирование высокоэффективного парка транспортно-технологических комплексов и оборудования для различных отраслей народного хозяйства страны // Естественные и технические науки. 2015. № 5 (83). С. 89–91.

8. Чооду О. А., Монгуш С. Ч., Сандан Р. Н., Балзанай С. В. Мониторинговая система ремонта техники // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 6 (специальный выпуск 28). С. 144–154.

9. Чооду О. А. Разработка методики оценки влияния климатических условий на эксплуатацию дорожно-строительных машин (на примере территории республики Тыва): автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 22 с.

10. Евтюков С. А., Чооду О. А., Монгуш С. Ч. Строительно-дорожные машины в экстремальных условиях эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 239–244.

11. Сандан Н. Т., Евтюков С. А., Репин С. В. Влияние износа на изменение эксплуатационных свойств наземных транспортно-технологических машин в процессе эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 161–165.

12. Евтюков С. А., Сандан Н. Т., Монгуш С. Ч. Влияние морального износа на сроки службы машин // Успехи современной науки. 2017. Т. 1, № 12. С. 114–118.

13. Чооду О. А., Монгуш С. Ч., Евтюков С. А. Анализ условий технической эксплуатации строительно-дорожной и горной техники при открытой разработке Одегелдейского участка Актальского месторождения каменного угля // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 1 (66). С. 154–163.

14. Чооду О. А., Майны Ш. Б. Обеспеченность дорожно-эксплуатационных предприятий дорожно-строительной техникой, состояние и влияние на экологию // Сб. тр. III Междунар. конф. «Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая». 2015. С. 264–266.

15. Монгуш С. Ч. Анализ исследований по влиянию капитального ремонта на увеличение сроков службы строительных машин // Вестник ТувГУ. 2017. № 3 (34). С. 80–87.

References

1. Ageev E. V., Shcherbakov A. V., Pikalov S. V. *Osobyie usloviya tekhnicheskoy ehkspluatatsii i ehkologicheskaya bezopasnost' avtomobiley* [Special conditions of technical operation and environmental safety of vehicles]. Kursk, Yugo-Zap. gos. un-t Publ., 2015, 212 p.

2. Evtyukov S. A., Choodu O. A. *Vliyanie usloviy mestnosti na tekhnicheskuyu ehkspluatatsiyu i formirovanie*

parkov mashin [Influence of the terrain condition on the technical operation and vehicle fleet formation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 3 (50), pp. 239–243.

3. Kim B. G. *Obespechenie rabotosposobnosti i ispravnosti parkov stroitel'noy tekhniki* [Ensuring the working capacity and serviceability of parks of the construction equipment]. Vladimir, VladGU Publ., 2000, 147 p.

4. Sizikov S. A., Evtyukov S. A., Skripilov A. P. *Optimizatsiya kompleksno-mekhanizirovannykh работ v stroitel'stve* [Optimization of the complex – mechanized works in construction]. St. Petersburg, SpbGASU Publ., 2011, 159 p.

5. Choodu O. A. *Problemy ehkspluatatsii dorozhnykh i stroitel'nykh mashin* [Problems of road and construction machinery operation]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU – Scientific and technical news of SPbSPU*, 2008, no. 70, pp. 67–73.

6. Choodu O. A. *Ehkspluatatsiya gornyykh transportno-tekhnologicheskikh mashin na mestorozhdeniyakh poleznykh iskopaemykh na territorii RT* [Operation of mining and transport-technological machines at mineral deposits on the territory of RT]. *Vestnik TuvGU – Bulletin of TuvSU*, 2014, no. 3 (22), pp. 92–102.

7. Choodu O. A., Evtyukov S. A., Mongush S. Ch. *Formirovanie vysokoehffektivnogo parka transportno-tekhnologicheskikh kompleksov i oborudovaniya dlya razlichnykh otrasley narodnogo khozyaystva strany* [Formation of a high performance park of transport-technological complexes and equipment for various sectors of the national economy]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Natural and technical sciences*, 2015, no. 5 (83), pp. 89–91.

8. Choodu O. A., Mongush S. Ch., Sandan R. N., Balzanay S. V. *Monitoringovaya sistema remonta tekhniki* [Monitoring system of equipment repair]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' – Mining information-analytical bulletin*, 2018, no. 6 (special issue 28), pp. 144–154.

9. Choodu O. A. *Razrabotka metodiki otsenki vliyaniya klimaticheskikh usloviy na ehkspluatatsiyu dorozhno-stroitel'nykh mashin (na primere territorii respubliki Tyva)*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development of methods for assessing the impact of climatic conditions on the operation of road construction machines (on the example of the Republic of Tyva). Author's thesis of PhD in Sci. Tech. diss.]. Moscow, 2009, 22 p.

10. Evtyukov S. A., Choodu O. A., Mongush S. Ch. *Stroitel'no-dorozhnye mashiny v ehkstremal'nykh usloviyakh ehkspluatatsii* [Construction and road machines in extreme operation conditions]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 6 (65), pp. 239–244.

11. Sandan N. T., Evtyukov S. A., Repin S. V. *Vliyanie iznosa na izmenenie ehkspluatatsionnykh svoystv nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh mashin v protsesse ehkspluatatsii* [Effect of wear on the change of operation properties of ground transport-technological machines in the operation process]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 3 (68), pp. 161–165.

12. Evtyukov S. A., Sandan N. T., Mongush S. Ch. *Vliyanie moral'nogo iznosa na sroki sluzhby mashin* [Effect of obsolescence on the life of the machines]. *Uspekhi sovremennoy nauki – Advances of modern science*, 2017, no. 1, no. 12, pp. 114–118.

13. Choodu O. A., Mongush S. Ch., Evtyukov S. A. *Analiz usloviy tekhnicheskoy ehkspluatatsii stroitel'no-dorozhnoy i gornoy tekhniki pri otkrytoy razrabotke Odegeldeyskogo uchastka Aktal'skogo mestorozhdeniya kamennogo uglya* [Analysis of conditions of technical operation of construction, road maintenance and mining machinery at open development of Odegeldeysky site of

Aktal coal deposit]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 1 (66), pp. 154–163.

14. Choodu O. A., Mayny Sh. B. *Obespechennost' dorozhno-ehkspluatatsionnykh predpriyatiy dorozhno-stroitel'noy tekhnikoy, sostoyanie i vliyanie na ehkologiyu* [Provision of road maintenance enterprises with road construction equipment, the state and impact on the environment]. *Trudy III Mezhdunar. konf. «Aktual'nye problemy issledovaniya ehnoehkologicheskikh i ehnokul'turnykh traditsiy narodov Sayano-Altaya»* [Proc. of the III Int. conf. "Actual problems of the study of ethno-ecological and ethno-cultural traditions of the Altai-Sayan residents"]. Kyzyl, 2015, pp. 264–266.

15. Mongush S. Ch. *Analiz issledovaniy po vliyaniyu kapital'nogo remonta na uvelichenie srokov sluzhby stroitel'nykh mashin* [Analysis of the research works on the influence overhaul to the increase of the service life of building machines]. *Vestnik TuvGU – Bulletin of TuvSU*, 2017, no. 3 (34), pp. 80–87.