

Научная статья

УДК 629.3.083.4

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-26-37>

EDN: HZWSMV



МЕТОД РАСЧЕТА ГОДОВОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ С ТЕЧЕНИЕМ НАРАБОТКИ

Р.Ф. Салихов¹✉, И.Е. Бердников²¹Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
г. Омск, Россия²Санкт-Петербургский технический колледж управления и коммерции,
г. Санкт-Петербург, Россия
✉ salikhorinat@yandex.ru,
✉ ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. За годы сотрудничества зарубежных производителей с отечественными эксплуатационными предприятиями было поставлено значительное количество строительной техники. В связи с этим возникает необходимость в разработке и совершенствовании существующих нормативов, регламентирующих методику расчета режимов работы строительных машин. Зачастую применение показателей приведенных в нормативных документах показывает значительное расхождение в сравнении с полученными фактическими показателями, характеризующими годовые режимы работы машин. В статье приведен метод расчета годовой продолжительности проведения технических обслуживаний и ремонтов (ТО и Р) на примере одноковшовых гидравлических экскаваторов отечественного (ОЭО) и зарубежного производства (ЗЭО).

Методы и материалы. В основе метода лежат полученные закономерности изменения наработки между отказами, продолжительности технического обслуживания и ремонта аналогов ОЭО и ЗЭО.

Результаты. Как показали исследования, с течением наработки годовая продолжительность ТО и Р у ОЭО увеличивается в 1,73 раза и в 1,13 раза у ЗЭО; продолжительность единичного ТО и Р у ОЭО в 2 раза и в 1,4 раза у ЗЭО; средняя наработка между отказами у ОЭО в 1,65 раза меньше, чем у ЗЭО на исследуемых интервалах. Показатель продолжительности нахождения ЭО в ТО и Р в расчете на 1 моточас на основе полученных зависимостей показывает превышение в 4,25 раза, а согласно нормативному источнику МДС 12-8.2007 в 6,03 раза выше, чем у зарубежного аналога.

Обсуждение и заключение. В результате применения предлагаемого метода может быть спрогнозирован годовой фонд затрат времени, связанный с поддержанием и восстановлением работоспособного технического состояния не только для отечественных, но и для зарубежных одноковшовых гидравлических экскаваторов. Повышается точность планирования проводимых работ по сравнению с существующими нормативами, позволяет учитывать неравномерно распределенные годовые простои в зависимости от планируемой наработки, что положительно отразится на планировании использования техники.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: годовая продолжительность технического обслуживания и ремонта, обеспечение работоспособности, наработка, одноковшовый гидравлический экскаватор, годовые режимы работы машин, наработка между отказами

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы выражают благодарность редакции журнала «Вестник СибАДИ» и рецензентам статьи.

Статья поступила в редакцию 12.01.2024; одобрена после рецензирования 29.02.2024; принята к публикации 20.02.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

© Салихов Р.Ф., Бердников И.Е., 2024



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Салихов Р.Ф., Бердников И.Е. Метод расчета годовой продолжительности проведения технических обслуживаний и ремонтов для отечественных и зарубежных экскаваторов с течением наработки // Вестник СибАДИ. 2024. Т. 21, № 1. С. 26-37. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-26-37>

Origin article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-26-37>

EDN: HZWSMV

METHOD FOR CALCULATING ANNUAL DURATION OF MAINTENANCE AND REPAIRS OF DOMESTIC AND FOREIGN EXCAVATORS CONSIDERING TIME IN SERVICE

Rinat F. Salikhov¹ ✉, Ilya E. Berdnikov²

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),

Omsk, Russian

St. Petersburg Technical College of Management and Commerce,

St. Petersburg, Russia

✉ salikhorinat@yandex.ru,

✉ corresponding author

ABSTRACT

Introduction. Over the years of cooperation between foreign manufacturers and domestic operating enterprises, a significant amount of construction equipment has been supplied. In this regard, there is a need to develop and improve existing standards governing the methodology for calculating the operating modes of construction machines. Often, the use of indicators given in regulatory documents shows a significant discrepancy in comparison with the actual indicators obtained characterizing the annual operating modes of machines. The article presents a method for calculating the annual duration of technical maintenance and repairs (TM and R) using the example of single-bucket hydraulic excavators of domestic (EOD) and foreign production (EOFP).

Methods and materials. The method is based on the obtained patterns of changes in operating time between failures, the duration of maintenance and repair of analogues of EOD and EOFP.

Results. As the studies have shown, over the course of operation, the annual duration of maintenance and repair in the EOD increases by 1.73 times, and 1.13 times in the EOFP; the duration of a single maintenance and repair in the EOD is 2 times, and 1.4 times in the EOFP; the average time between failures in the EOD is 1.65 times less than in the EOFP at the studied intervals. The indicator of the duration of the EOD in TO and P for 1 operating hours, based on the dependencies obtained, shows an excess of 4.25 times, and according to the regulatory source MDS 12-8.2007, it is 6.03 times higher than that of its foreign counterpart.

Discussion and conclusions. As a result of the application of the proposed method, the annual fund of time costs associated with maintaining and restoring the working technical condition can be predicted not only for domestic, but also for foreign single-bucket hydraulic excavators, the accuracy of planning the work performed increases compared with existing standards, this enables to take into account the unevenly distributed annual downtime depending on the planned working time, this will have a positive effect on the planning of the use of equipment. The data obtained can be used for the EOFP of the 5-th standard-sized group as normative

KEYWORDS: annual duration of maintenance and repair, ensuring operability, operating time, single-bucket hydraulic excavator, annual operating modes of machines, time between failures

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS: The authors express their gratitude to the editorial board of the Russian Automobile and Highway Industry Journal and the reviewers of the article.

The article was submitted 12.01.2024; approved after reviewing 14.02.2024; accepted for publication 20.02.2024.

© Salikhov R.F., Berdnikov I.E., 2024



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation. Salikhov R.F., Berdnikov I.E. Method for calculating annual duration of maintenance and repairs of domestic and foreign excavators considering time in service. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2024; 21 (1): 26-37. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-26-37>

ВВЕДЕНИЕ

За годы сотрудничества зарубежных производителей с отечественными эксплуатационными предприятиями было поставлено значительное количество строительной техники. Такое количество техники было приобретено вследствие их высокой конкурентоспособности по отношению к машинам, выпускаемым на заводах Российской Федерации. Как показали исследования конструктивных особенностей машин зарубежного производства, следует выделить применение автоматизированных систем управления двигателем, гидроприводом, наличие специальных диагностических консолей для снижения трудоемкости подключения датчиков, наличие бортовой системы диагностирования, высокие эргономические показатели, надежность, производительность, качество применяемых материалов, сборки машин.

Учитывая большое количество техники зарубежного производства, возникает необходи-

мость в разработке нормативов для нее. Учет количества часов простоя техники из-за технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) позволит не только осуществлять расчет мощности ремонтной базы, но и определять годовой фонд рабочего времени машин. Зачастую применение показателей приведенных в нормативных документах показывает значительное расхождение в сравнении с полученными фактическими показателями, характеризующими годовые режимы работы машин. В связи с вышесказанным авторы уделили внимание этому вопросу.

В данной статье речь пойдет о таком распространенном виде строительной техники, как одноковшовый гидравлический экскаватор (ЭО). Исследованием вопросов, связанных с влиянием режимов технической эксплуатации на фонд рабочего времени строительных машин, было посвящено достаточно работ^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10} [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

¹ Российская энциклопедия самоходной техники. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов: справ. и учеб. пособие для специалистов отрасли «Самоходные машины и механизмы». Т. 1 / В.А. Зорин, В.А. Сеницын, К.К. Шестопалов, А.Н. Новиков, Ю.П. Бакатин, А.В. Рубайлов [и др.]; гл. науч. рук. работы В.А. Зорин; МАДИ. 1-е изд. М., 2001. 407 с.

² Луцкий С.Я., Ладсман А.Я. Корпоративное управление техническим перевооружением фирм: учеб. пособие; под ред. А.Г. Поршнева. М.: Высш. шк., 2003. 319 с.

³ Бердников И.Е. Разработка диагностико-информационной подсистемы технического сервиса для обеспечения эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин: специальность «Машины, агрегаты и процессы»: дис... канд. техн. наук / Бердников Илья Егорович; [Место защиты: Брат. гос. ун-т]. Чита, 2017. 217 с.

⁴ Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов. М.: Магистр-Пресс, 2005. 563 с.

⁵ Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник для студентов высш. учеб. заведений / А.В. Рубайлов [и др.]; под ред. Е.С. Локшина. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 512 с.

⁶ Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства: учебник, 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013. 464 с.

⁷ Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 151000 «Нефтегазовое дело» / Н.С. Захаров [и др.]; ред. Н.С. Захаров; ТюмГНГУ. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. 508 с.

⁸ Бердников И.Е. Разработка диагностико-информационной подсистемы технического сервиса для обеспечения эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / Бердников Илья Егорович. Братск: Братский государственный университет, 2017. 217 с.

⁹ Расчетные модели обеспечения работоспособности и эффективности строительных машин в эксплуатации: учеб. пособие / С.В. Репин, А.В. Зазыкин, В.П. Чмиль. СПб.: СПбГАСУ, 2015. 76 с.

¹⁰ Грушецкий С.М. Организация технического обслуживания транспортно-технологических машин при строительстве крупных объектов в современных условиях / С.М. Грушецкий, И.В. Замараев // Доклады 62-й науч. конф. профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Ч. 1 / СПбГАСУ. СПб., 2005. С. 180–182.

Таблица 1
Изменение производительности от срока эксплуатации машины
для 5-й типоразмерной группы одноковшовых экскаваторов¹¹

Table 1
Performance change depending on the service life of the machine
for the 5th group of standard sizes of single-bucket excavators¹¹

Типоразмер ЭО	Порядковый номер года эксплуатации машины									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Коэффициент снижения эксплуатационной производительности									
5	0,981	0,956	0,929	0,900	0,869	0,837	0,804	0,770	0,735	0,699

Известно, что с течением наработки годовая продолжительность ТО и Р повышается^{12,13} [1, 2].

Исследование, проведенное проф. В.Г. Самойловичем, было посвящено учету простоев в зоне технического обслуживания и ремонта, которые возрастают с увеличением срока эксплуатации. Для их учета предлагается зависимость изменения коэффициента снижения эксплуатационной производительности для некоторых видов строительных машин от срока эксплуатации¹⁴, в том числе и ЭО (таблица 1).

Еще один способ учитывает общие изменения годового фонда времени с учетом простоев из-за ТО и Р¹⁵. Автор предлагает коэффициент ухудшения технико-экономических показателей за год эксплуатации техники в связи с ее старением: K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий уменьшение годового фонда рабочего времени по причине отказов и ремонтов, $K_{\phi} = 2-4\%$.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для определения годовой продолжительности проведения технических обслуживаний и ремонтов необходимо знать динамику таких параметров, как средняя продолжительность единичного технического воздействия для

поддержания или обеспечения работоспособности, их количество за исследуемый интервал наработки.

Учитывая данный параметр, возможно прогнозирование динамики изменения годовой продолжительности технических воздействий для поддержания или обеспечения работоспособности от наработки.

$$T^{ЭО}_{ТО,Р}(t) = T^{ЭО}_{ТО,Р}(t) \cdot T_{пл} / H^{ЭО}_{ТО,Р}(t), \quad (1)$$

где $T^{ЭО}_{ТО,Р}(t)$ – средняя продолжительность технического воздействия, связанная с проведением ТО и Р, ч; $T_{пл}$ – годовая планируемая наработка, моточас; $H^{ЭО}_{ТО,Р}(t)$ – средняя наработка между отказами ЭО, моточасов.

Был проведен сбор статистики по работе отечественных (ОЭО) (на примере ЭО-5126) по предприятию ГП «Омскавтодор» и зарубежных одноковшовых экскаваторов (ЗЭО), эксплуатировавшихся, соответственно, в Омской в Читинской областях (на примере ЭО ZX-330 фирмы Хитаچی) по параметру средняя наработка между отказами¹⁶[2]. Как видно из полученных закономерностей, данный показатель ОЭО в 1,65 раза меньше, нежели чем у зарубежного аналога (рисунок 1).

¹¹ Российская энциклопедия самоходной техники. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов: справ. и учеб. пособие для специалистов отрасли «Самоходные машины и механизмы». Т. 1 / В. А. Зорин, В. А. Синецын, К. К. Шестопапов, А. Н. Новиков, Ю. П. Бакатин, А. В. Рубайлов [и др.]; гл. науч. рук. работы В. А. Зорин; МАДИ. 1-е изд. М., 2001. 407 с.

¹² Луцкий С.Я., Ландсман А.Я. Корпоративное управление техническим перевооружением фирм: учеб. пособие; под. ред. А.Г. Поршнева. М.: Высш. шк., 2003. 319 с.

¹³ Российская энциклопедия самоходной техники. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов: справ. и учеб. пособие для специалистов отрасли «Самоходные машины и механизмы». Т. 1 / В. А. Зорин, В. А. Синецын, К. К. Шестопапов, А. Н. Новиков, Ю. П. Бакатин, А. В. Рубайлов [и др.]; гл. науч. рук. работы В. А. Зорин; МАДИ. 1-е изд. М., 2001. 407 с.

¹⁴ Российская энциклопедия самоходной техники. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов: справ. и учеб. пособие для специалистов отрасли «Самоходные машины и механизмы». Т. 1 / В. А. Зорин, В. А. Синецын, К. К. Шестопапов, А. Н. Новиков, Ю. П. Бакатин, А. В. Рубайлов [и др.]; гл. науч. рук. работы В. А. Зорин; МАДИ. 1-е изд. М., 2001. 407 с.

¹⁵ Луцкий С.Я., Ландсман А.Я. Корпоративное управление техническим перевооружением фирм: учеб. пособие; под. ред. А.Г. Поршнева. М.: Высш. шк., 2003. 319 с.

¹⁶ Бердников И.Е. Разработка диагностико-информационной подсистемы технического сервиса для обеспечения эксплуатационной надежности транспортно-технологических машин: специальность «Машины, агрегаты и процессы»: дис. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук / Бердников Илья Егорович; [Место защиты: Брат. гос. ун-т]. Чита, 2017. 217 с.

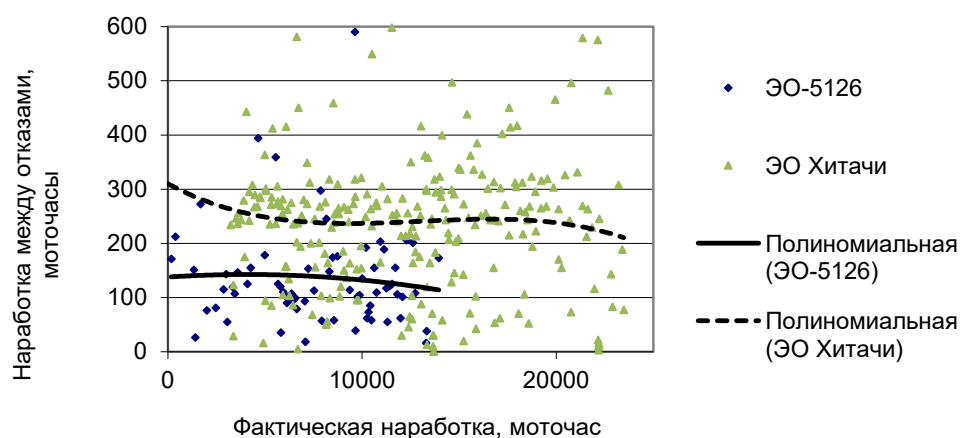


Рисунок 1 – Зависимость средней наработки между отказами от наработки ОЭО
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Dependence of the average operating time between failures on the operating time since the beginning of operation of the OED
Source: compiled by the authors.

Полученные графические зависимости были описаны с помощью аналитических уравнений, представленных ниже

$$H^{3EO}_{TO,P}(t) = -3 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 + 2,4 \cdot 10^{-7} \cdot t + 137,82; \quad (2)$$

$$H^{3EO}_{TO,P}(t) = -4 \cdot 10^{-11} \cdot t^3 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 - 0,0193 \cdot t + 309,89. \quad (3)$$

У ОЭО с 5000 до 8000 моточасов наблюдается повышение величины средней наработки

между отказами, у ЗЭО с 11000 до 16 000 моточасов, что связано с заменой или ремонтом основных агрегатов, влияющих на производительность (ДВС, элементы гидропривода).

Также были проведены сравнительные исследования ЭО на основе существующего нормативно-методического документа МДС 12-8.2007 и нормативов, разработанных для ЗЭО фирмы «Хитачи» в дилерском центре г. Омска. Ниже приведены графические и аналитические зависимости (рисунок 2).

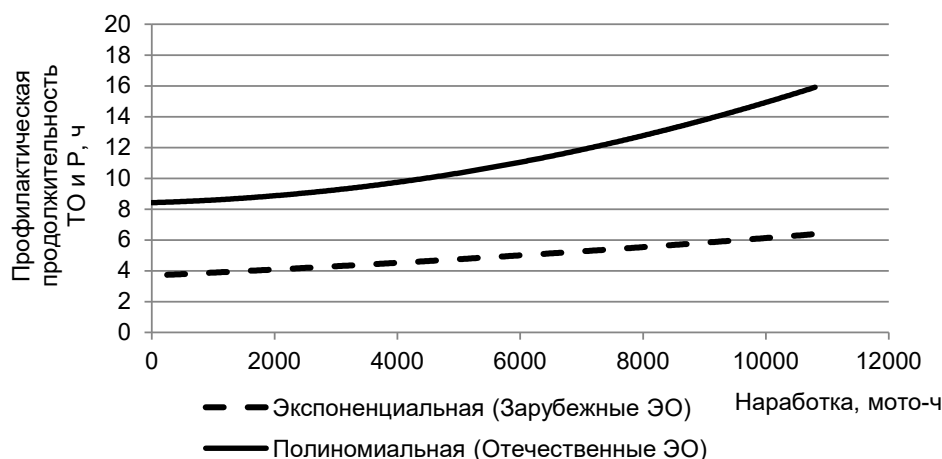


Рисунок 2 – Зависимость средней продолжительности единичного профилактического ТО и Р экскаваторов от наработки
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Dependence of the average duration of one preventive operation of excavators TM and R from the time of operation since the beginning of operation
Source: compiled by the authors.

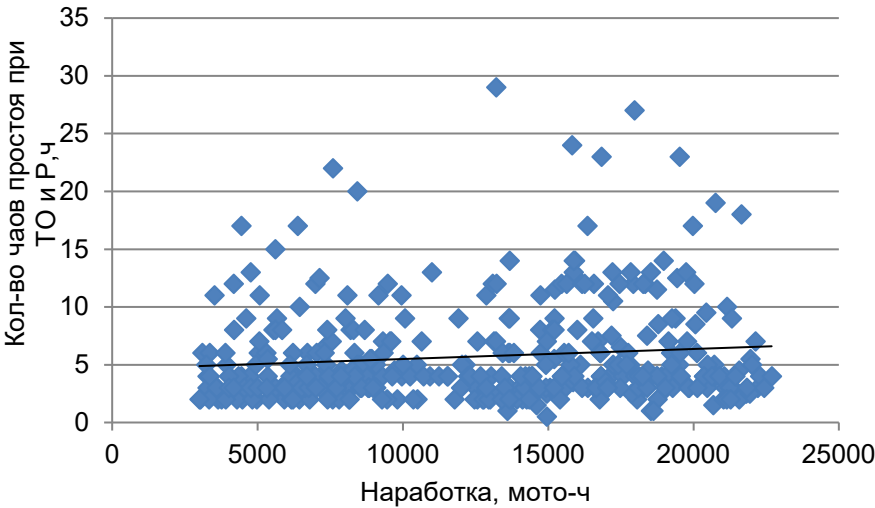


Рисунок 3 – Зависимость средней продолжительности ТО и Р ЗЭО от наработки
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Dependence of the average duration of one preventive OEFP operation
TM and K depending on the operating time from the beginning of operation
Source: compiled by the authors.

$$\begin{aligned} T_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t) &= -5 \cdot 10^{-8} \cdot t^2 + 1 \cdot 10^{-4} \cdot t + 8,42; \\ T_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t) &= 3,69 \cdot e^{5 \cdot 10^{-5} \cdot t}. \end{aligned} \tag{4}$$

Также на основе статистических данных по продолжительности единичных ТО и Р ЗЭО был проведен статистический анализ и построена графическая зависимость, показанная на рисунке 3. Проведение ремонтов выполнялось агрегатно-узловым методом. Сравнение закономерностей полученных по нормативным данным и фактическим указывает на их сходимость между собой (см. рисунок 3).

Средняя продолжительность единичного технического воздействия для зарубежного ЭО (ЗЭО) для поддержания или обеспечения работоспособности определится по формуле

$$T_{\text{фТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t) = -9 \cdot 10^{-5} \cdot t + 4,62. \tag{5}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для примера были проведены расчеты годовой продолжительности ТО и Р на интервале наработки ЭО от 2500 до 5000 моточасов с учетом вышеприведенных формул. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2
Результаты расчетов годовой продолжительности ТО и Р ЗЭО
Источник: составлено авторами.

Table 2
Results of calculations of the annual duration of TM and R OEFP
Source: compiled by the authors.

Годовой планируемый интервал наработки моточасов	Средняя продолжительность единичного ТО и Р ЭО, моточасы	Средняя наработка между отказами ЭО, моточасы	Кол-во технических воздействий в год, ед.	Годовая продолжительность ТО и Р, часы
2500–5000	$T_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$H_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$T_{\text{пл}}/H_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$T_{\text{ГОЭО}}^{\text{ТО,Р}}(t)$
	9,44	142,13	17	165,98
	$T_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$H_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$T_{\text{пл}}/H_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$T_{\text{ГЗЭО}}^{\text{ТО,Р}}(t)$
	4,33	275,05	9	39,01
	$T_{\text{ТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$H_{\text{фТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$T_{\text{пл}}/H_{\text{фТО,Р}}^{\text{ЗЭО}}(t)$	$T_{\text{ГЗЭО}}^{\text{ТО,Р}}(t)$
	4,90	275,05	9	39,21

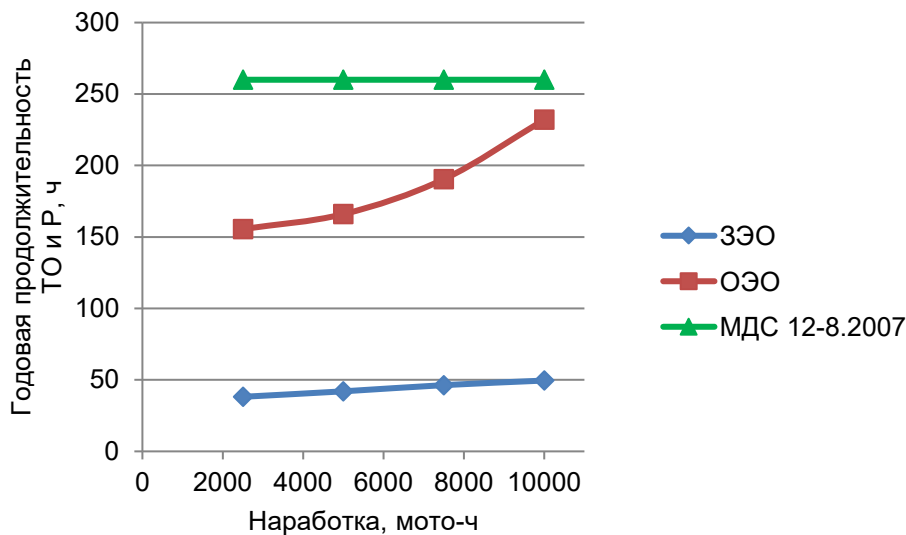


Рисунок 4 – Годовая продолжительность ТО и Р в зависимости от наработки ЭО при годовой наработке 2500 моточасов
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – The annual duration of maintenance and repair, depending on the time working since the beginning of operation with an annual operating time of 2500 hours
Source: compiled by the authors.

Таблица 3
Результаты расчета показателей ТО и Р за интервал 0–10 000 моточасов
Источник: составлено авторами.

Table 3
Results of calculation of the TO and P indicators for the interval of 0-10,000 hours of operation of the internal combustion engine
Source: compiled by the authors.

Интервал наработки моточасов	Кол-во технических воздействий за исследуемый интервал, ед.	Общая продолжительность ТО и Р, часы
0–10000	$T_{пл}/H^{ОЭО}_{ПТО,Р}(t)$	$T_{об}^{ОЭО}_{ТО,Р}(t)$
	72,00	749,32
	$T_{пл}/H^{ЗЭО}_{ФТО,Р}(t)$	$T_{об}^{ЗЭО}_{ТО,Р}(t)$
	35,00	176,04

В рассмотренном примере годовая продолжительность ТО и Р ОЭО превышает в 4,23–4,25 раза данный показатель в сравнении с зарубежным аналогом (рисунок 4). Это связано как с превышением средней продолжительности одного технического воздействия ТО и Р ОЭО по отношению к ЗЭО, так и его меньшей средней наработкой между отказами, приводящей к повышению частоты технических воздействий.

С учетом полученных уравнений была построена графическая зависимость годовой продолжительности ТО и Р для отечественного и зарубежного ЭО с шагом 2500 моточасов на интервале от 0 до 10 000 моточасов, приведенная на рисунке 4, результаты расчета сведены в таблицу 3.

Вышеприведенные графические зависимости могут использоваться для любого определенного интервала наработки.

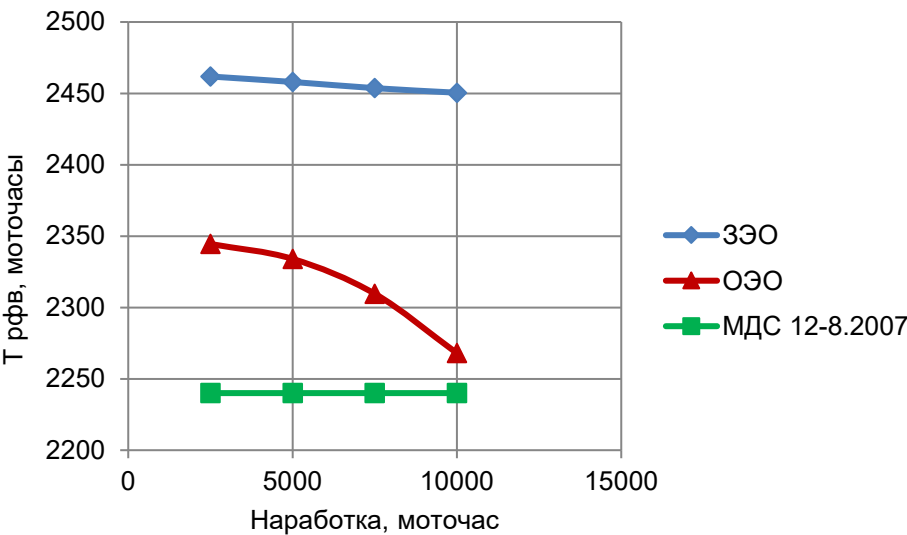


Рисунок 5 – Результаты расчета динамики годовой продолжительности рабочего фонда времени ЗЭО и ОЭО от наработки с учетом проведения ТО и Р
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – The results of calculating the dynamics of the annual durationof the working time fund of the EOFP and EOD, depending on the accumulated time, taking into account TM and R
Source: compiled by the authors.

Таблица 4
Продолжительность нахождения ОЭО и ЗЭО в ТО и Р в расчете на 1 мото­час для интервала наработки 0–10 000 мото­часов
Источник: составлено авторами.

Table 4
Duration of stay of the EOD and EOFP in the TM and R per 1 hour for an operating time interval of 0-10,000 hours of operation of the internal combustion engine
Source: compiled by the authors.

Средняя продолжительность нахождения ЭО в ТО и Р в расчете на 1 мото­час, ч/мото­час		
ОЭО		ЗЭО
По предлагаемой методике	Согласно МДС 12-8.2007	По предлагаемой методике
0,075	0,104	0,017

Анализируя полученные зависимости изменения годовой продолжительности ТО и Р ОЭО по предлагаемой методике и МДС 12-8.2007 на интервале 0–10 000 мото­часов, следует отметить разницу между ними в 28%. Фактическая продолжительность выполнения ТО и Р может отличаться от полученной в случае влияния организационных факторов (отсутствие запасных частей, ожидание проведения ТО и Р, перебазировка и т.д.), квалифи-

кации ремонтного персонала, качества проводимых ремонтных работ), метеорологических условий.
Ниже, в качестве примера, приведен расчет для планируемой годовой наработки 2500 мото­часов на интервале наработки 0–10 000 мото­часов. По результатам расчета были построены графические зависимости ее изменения от наработки для ЗЭО и ОЭО (без учета влияния метеорологических, непредвиденных

причин, потерь времени на доставку в ремонт туда и обратно, ожидание ремонта, перебазировку машины), приведенные на рисунке 5.

Далее были определены значения средней продолжительности нахождения ОЗО и ЗЗО в ТО и Р в расчете на 1 моточас. Для этого суммарная продолжительность ТО и Р делилась на 10 000 моточасов. Также был определен показатель годовой продолжительности нахождения ОЗО в ТО и Р в расчете на 1 моточас с учетом нормативных данных МДС 12-8.2003. Для этого были просуммированы продолжительности ТО и Р за интервал наработки 0–10 000 моточасов (без учета проведения капитального ремонта), при этом данные были взяты для ЭО с вместимостью ковша 1–1,6 м³. Общая продолжительность ТО и Р за 10 000 моточасов составила 1040 ч (без учета проведения капитального ремонта, только текущего).

В таблице 4 представлены результаты продолжительностей нахождения ОЗО и ЗЗО в ТО и Р в расчете на 1 моточас с учетом вышеприведенных расчетов.

Сравнительный анализ ОЗО и ЗЗО по показателю продолжительности нахождения ЭО в ТО и Р в расчете на 1 моточас на основе полученных зависимостей показывает превышение в 4,25 раза ($0,075/0,017 = 4,25$), а по сравнению с нормативным показателем в 6,03 раза ($0,104/0,017 = 6,03$).

Учитывая полученные данные, следует отметить тот факт, что необходимо повышать надежность техники отечественного производства путем использования более качественных материалов (в том числе горючесмазочных), повышать точность изготовления, сборки узлов, агрегатов, деталей, повышать контролепригодность, качество ТО и Р – все эти мероприятия значительно повысят безотказность машин.

С учетом современного положения дел с поставками запасных частей на технику зарубежного производства (США, Япония, Германия), эксплуатационные предприятия будут больше ориентированы на отечественную продукцию, а также на поставки дружественных зарубежных стран (Китай, Индия). Это вызвано увеличением продолжительности простоев из-за ожидания поставки запасных частей ранее купленной техники. Необходимо повышать качество производства деталей машин, что, безусловно, скажется на надежности машин в целом.

Таким образом, следует отметить то, что при учете годовой продолжительности ТО и Р можно применять полученные зависимости. По другим видам машин также можно осуществить необходимые расчеты, используя в данной статье представленную методику.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После проведения исследований можно сделать следующие выводы:

а) с течением наработки годовая продолжительность ТО и Р у ОЗО увеличивается в 1,73 раза и в 1,13 раза у ЗЗО; продолжительность единичного ТО и Р у ОЗО в 2 раза и в 1,4 раза у ЗЗО; средняя наработка между отказами у ОЗО в 1,65 раза меньше, чем у ЗЗО на исследуемых интервалах;

б) показатель продолжительности нахождения ЭО в ТО и Р в расчете на 1 моточас на основе полученных зависимостей показывает превышение в 4,25 раза, а согласно нормативному источнику МДС 12-8.2007 в 6,03 раза выше, чем у зарубежного аналога;

в) необходимо повышать надежность техники отечественного производства путем использования более качественных материалов (в том числе горючесмазочных), повышать точность изготовления, сборки узлов, агрегатов, деталей, повышать контролепригодность, качество ТО и Р ЭО отечественного производства;

г) предлагаемый метод позволяет учитывать неравномерно распределенные годовые простои в зависимости от планируемой наработки, что положительно отразится на планировании использования ЭО отечественного и зарубежного производства;

д) полученные данные можно применять для ЗЗО 5-й типоразмерной группы производства фирмы «Хитачи» в качестве нормативных. Учет изменения простоев, связанных с обеспечением работоспособности ЭО с течением наработки, позволит объективно планировать выполнение механизированных работ для строительства нефтегазовых, дорожных объектов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов В.Н., Салихов Р.Ф., Груснев М.Г. Оптимальное планирование функционирования систем производственной и технической эксплуатации и развития парков дорожно-строительных машин: монография / В.Н. Иванов, Р.Ф. Салихов, М.Г. Груснев. Омск: СибАДИ, 2013. 194 с.

2. Бердников И.Е., Озорнин С.П. Математические модели определения количества отказов транспортно-технологических машин в зависимости от факторов условий эксплуатации // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 2 (54). С. 134–141.
3. Salikhov R.F., Permyakov V.B., Filippov Y.O., Grusnev G.A. A study of dynamics of the operational performance of a single-bucket excavator, taking into account the operating time during construction of transport infrastructure of oil and gas facilities Journal of Physics: Conference Series this link is disabled. 2021. 1901(1). 012098
4. Максименко А.Н. Влияние наработки на технико-экономические показатели строительных и дорожных машин / А.Н. Максименко, Д.Ю. Макацария, В.В. Кутузов, С.Е. Кравченко, А.И. Лопатин, Г.С. Тимофеев // Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника. ООО «Издательство «Инновационное машиностроение». 2007. № 2. С. 32–36.
5. Шиманова А.А. Лялинов А.Н., Куракина Е.В., Совершенствование системы управления жизненным циклом наземных транспортно-технологических машин // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 200–206.
6. Монгуш С.Ч., Евтюков С.А. Анализ проблем эксплуатации строительной техники в Республике Тыва // Вестник Тувинского государственного университета. 2018. Выпуск 3. Технические и физико-математические науки. С. 84–89.
7. Чооду О.А., Монгуш С.Ч., Сандан Р.Н., Балзана С.В. Мониторинговая система ремонта техники // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 6 (спец. вып. № 28). С. 2–7.
8. Расчет величины задела при строительстве лесовозных автомобильных дорог / Мацнев М.В., Пономарева Н.Г., Тверитнев О.Н. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 4 (388). С. 156–172.
9. Максименко А.Н. Использование информационных технологий при планировании технической эксплуатации строительных и дорожных машин / А.Н. Максименко, С.Е. Кравченко, Д.Ю. Макацария, В.В. Кутузов, Г.С. Тимофеев, В.В. Васильев // Грузовик &. 2006. № 5. С. 20–22.
10. Разработка годовых планов и месячных планов-графиков ТО и ремонта с использованием информационных технологий / А.Н. Максименко, С.Е. Кравченко, Д.Ю. Макацария, В.В. Кутузов, Г.С. Тимофеев, В.В. Васильев // Грузовик &. 2006. № 9. С. 38–41.
11. Влияние внутрисменного режима работы и наработки с начала эксплуатации строительных и дорожных машин на показатели эффективности их использования / А.Н. Максименко, В.В. Кутузов, Е.В. Кутузова, Ю.Б. Барковский, С.Е. Кравченко, Г.С. Тимофеев // Строительная наука и техника. 2009. №1(22). С. 102–106.
12. Максименко А.Н., Кутузов В.В., Сидоров А.Н. Планирование годового количества рабочего времени и годовой наработки строительных и дорожных машин // Автомобильные дороги и мосты. 2010. № 1. С. 77–81.
13. Максименко А.Н., Максименко В.А., Максименко А.А. Оценка эффективности использования изделий машиностроения // Вестник Белорусско-Российского университета. 2005. № 2(9). С. 98–103.
14. Теоретические основы обеспечения исправности и работоспособности парков строительных машин / Б.Г. Ким, Л.В. Закревская, Р.А. Насруллаева, М.С. Овчинникова // Строительные и дорожные машины. 2017. № 7. С. 38–42.
15. Апатенко А.С. Влияние срока службы машин на их эксплуатационную надежность при выполнении мелиоративных работ // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 4–6.
16. Иванов Э.С. Особенности моделирования режимов работы газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистрального транспорта газа в современных условиях эксплуатации // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 5. С. 99–123.
17. Репин С.В. Концепция эффективности эксплуатации строительных машин // Строительные и дорожные машины. 2007. № 2. С. 27–31.
18. Репин С.В. Методология совершенствования эксплуатации строительных машин: монография. СПб.: СПбГАСУ, 2005. 172 с.
19. Обеспечение надежности машин при дорожном строительстве / М.М. Махмутов Р.М. Мухаметшина, М.М. Земдиханов, А.М. Зарипов // Известия КГАСУ. 2018. № 4 (46). С. 359–362.
20. Sakhapov R.L., Nikolaeva R.V., Gatiyatullin M.H., Makhmutov M.M. Risk management model in road transport systems. Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 738. № 1. С. 012008.
21. Салихов Р.Ф., Попков В. И. Методика расчета изменения производительности одноковшового экскаватора в процессе эксплуатации / Р.Ф. Салихов, В.И. Попков // Механизация строительства. 2018. № 1. С. 2–7.
22. Монгуш С.Ч., Монгуш С.В. Критериальные параметры, предлагаемые для описания путей оптимизации эксплуатации наземных транспортно-технологических машин в республике Тыва // Вестник Тувинского государственного университета. 2019. № 2(46). Выпуск 3. Технические и физико-математические науки. С. 42–50.

REFERENCES

1. Ivanov V.N., Salihov R.F., Grusnev M.G. *Optimal planning of the functioning of production and technical operation systems and the development of parks of road construction machines*. Omsk: SibADI, 2013: 194. (in Russ.)

2. Berdnikov I.E., Ozornin S.P. Mathematical models for determining the transport-technological machines failure rate depending on the factors of operating conditions. *Modern technologies. System analysis. Modeling*. 2017; 2 (54): 134 – 141. (in Russ.)
3. Salikhov R.F., Permyakov V.B., Filippov Y.O., Grusnev M.G. A study of dynamics of the operational performance of a single-bucket excavator, taking into account the operating time during construction of transport infrastructure of oil and gas facilities. *Journal of Physics: Conference Series* [this link is disabled](#). 2021; 1901(1), 012098
4. Maksimenko A.N., Makacarija D.Ju., Kutuzov V.V., Kravchenko S.E., Lopatin A.I., Timofeev G.S. The impact of developments on the technical and economic indicators of construction and road vehicles. *Gruzovik: transportnyj kompleks, spectehnika*. 2007; 2: 32-36. (in Russ.)
5. Ljalinov, A.N., Kurakina E.V., Shimanova A.A. Improving the management system of the life cycle of ground transport and technological machines. *Vestnik Grazhdanskikh Inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*. 2017; 3 (62): 200 – 206. (in Russ.)
6. Mongush S.Ch., Evtjukov S.A. Analysis of problems of operation of construction equipment in the Republic of Tyva. *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018; 3: 84-89. (in Russ.)
7. Choodu O.A., Mongush S.Ch., Sandan R.N., Balzanaj S.V. Monitoring system repair. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2018; 6 (spec. vyp. № 28): 2-7. (in Russ.)
8. Macnev M.V., Ponomareva N.G., Tveritnev O.N. Calculation of the reserve value during the construction of logging roads. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*. 2022; 4 (388): 156-172. (in Russ.)
9. Maksimenko A.N., Kravchenko S.E., Makacarija D.Ju., Kutuzov V.V., Timofeev G.S., Vasil'ev V.V. Use of information technologies in planning the technical operation of construction and road machines. *Gruzovik &*. 2006; 5: 20-22. (in Russ.)
10. Maksimenko A.N., Kravchenko S.E., Makacarija D.Ju., Kutuzov V.V., Timofeev G.S., Vasil'ev V.V. Development of annual plans and monthly maintenance and repair schedules using information technology. *Gruzovik &*. 2006; 9: 38-41. (in Russ.)
11. Maksimenko A.N., Kutuzov V.V., Kutuzova E.V., Barkovskij Ju.B., Kravchenko S.E., Timofeev G.S. The influence of intra-shift operation and operating time since the beginning of operation of construction and road machinery on the efficiency of their us]. *Stroitel'naja nauka i tehnika*. 2009; 1(22): 102-106. (in Russ.)
12. Maksimenko A.N., Kutuzov V.V., Sidorov A.N. Planning the annual amount of working time and annual operating time of construction and road machiner]. *Avtomobil'nye dorogi i mosty*. 2010; 1: 77-81. (in Russ.)
13. Maksimenko A.N., Maksimenko V.A., Maksimenko A.A. Evaluation of the efficiency of using machine-building products. *Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta*. 2005; 2(9): 98–103. (in Russ.)
14. Kim B.G., Zakrevskaja L.V., Nasrullaeva R.A., Ovchinnikova M.S. Theoretical basis of serviceability and efficiency maintenance of construction machines parks. *Construction and road building machinery*. 2017; 7: 38-42. (in Russ.)
15. Apatenko A.S. Effect of vehicles service life on their operational reliability at land reclamation work. *Tehnika i oborudovanie dlja sela*. 2013; 10: 4-6. (in Russ.)
16. Ivanov Je.S. Features of modeling the operating modes of gas pumping units of compressor stations of mainline gas transport in modern operating conditions. *Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo»*. 2012; 5: 99-123. (in Russ.)
17. Repin S.V. The concept of the efficiency of operation of construction machine]. *Construction and road building machinery*. 2007; 2: 27–31. (in Russ.)
18. Repin S. V. Methodology of improving the operation of construction machines: monograp]. St. Petersburg: SPbGASU, 2005: 172. (in Russ.)
19. Mahmutov M.M., Muhametshina R.M., Zemdihanov M.M., Zaripov A.M. Reliability of machines in road construction. *News KSUAE*. 2018; 4 (46): 359-362. (in Russ.)
20. Sakhapov R.L., Nikolaeva R.V., Gatiyatullin M.H., Makhmutov M.M. Risk management model in road transport systems. *Journal of Physics: Conference Series*. 2016; Vol. 738. No. 1: 012008.
21. Salihov R.F., Popkov V.I. Methodology for calculation of change of productivity of the odnokovshovy excavator in the course of an operating time. *Mehani-zacija stroitel'stva*. 2018; 1: 2-7. (in Russ.)
22. Mongush S.Ch., Mongush S.V. Criterial parameters proposed for describing the optimization ways to operate ground transporttechnological machines in the republic of Tyva. «*Journal Bulletin of Tuva state University*». 2019; 2(46). Vypusk 3: 42-50. (in Russ.)

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Салихов Р.Ф. Формулирование направления и методологии исследования. Руководство процессом разработки темы. Выбор методологии и методов исследования, расчет параметров, определение аналитических и графических зависимостей. Формулирование результатов и выводов (80%).

Бердников И.Е. Сбор и обработка статистических данных о работе экскаваторов иностранного производства, эксплуатируемых в Читинской области. Анализ качества написания статьи. Формулировка результатов и выводов (20%).

STATED CONTRIBUTION OF AUTHORS

Rinat F. Salikhov Research areas and methodologies statement. Theme development process management. Choice of methodology and research methods, calculation of parameters, determination of analytical and graphical dependencies. Results and conclusions drawing (80%).

Iliia E. Berdnikov Collection and processing of statistical data on the operation of excavators of foreign manufacture operated in the Chita region. Quality of writing the analysis. Results and conclusions drawing (20%).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Салихов Ринат Фокилевич – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Эксплуатация нефтегазовой и строительной техники» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ) (644050, г. Омск, пр. Мира, 5), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9619-7789>, SPIN-код: 3196-9174, e-mail: salikhorinat@yandex.ru

Илья Егорович Бердников – канд. техн. наук, заместитель директора по развитию СПб ГБПОУ Санкт-Петербургского технического колледжа управления и коммерции (194044, г. Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский просп., 61А), ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-2099-9701>, e-mail: berdnikov_ie@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rinat F. Salikhov – Cand. of Sci., Associate Professor, Maintenance and operation of transport and technological machines and complexes in construction Department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (Mira street, 5, Omsk, 644050), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9619-7789>, SPIN-код: 3196-9174, e-mail: salikhorinat@yandex.ru

Ilya E. Berdnikov – Cand. of Sci., Deputy Director for Development St. Petersburg GBPOU St. Petersburg Technical College of Management and Commerce (Bolshoy Sampsonievsky ave., 61A, St. Petersburg, 194044), ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-2099-9701>, e-mail: berdnikov_ie@mail.ru