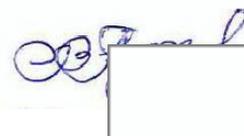


На правах рукописи



БОБОБЕКОВ Орифджон Кобилович

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА МАШИН
КРУПНОГО ГОРОДА ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И ОБЕСПЕ-
ЧЕНИЯ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ**
(на примере города Душанбе)

Специальность 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-тран-
спортные машины

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Евтюков Сергей Аркадьевич

Официальные оппоненты: **Молев Юрий Игоревич**
доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный университет им.
Р. Е. Алексеева», кафедра «Строительные
и дорожные машины», профессор;

Чооду Остап Андреевич
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», кафедра «Горное дело», заведующий кафедрой;

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» «ЮУрГУ (НИУ)» г. Челябинск.

Защита состоится 31.01.2019 г. в 13⁰⁰ часов на заседании совета Д **212.223.02** ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190103, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 2/5, ауд. 340-К.

Тел./Факс: (812) 316-58-72; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/bobobekov-orifdzhonkobilovich>.

Автореферат разослан «19» декабря 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.223.02 к.т.н. доцент



Е. М. Олещенко

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Повышение качества строительства и эксплуатации автомобильных дорог г. Душанбе — одна из приоритетных задач правительства Республики Таджикистан. Для содержания автомобильных дорог г. Душанбе, протяженность которых увеличивается с каждым годом, требуется постоянное обновление парка машин для содержания дорог (МСД), однако темпы роста их количества не удовлетворяют потребностям города, что сказывается на качестве работ по содержанию дорог.

Недостаточная мощность парка МСД дорожно-эксплуатационных управлений г. Душанбе объясняется также и неудовлетворительным техническим состоянием машин, в результате чего простои по причине их неработоспособности достигают 30 % фонда рабочего времени. Нужно подчеркнуть, что даже имеющийся парк МСД используется недостаточно эффективно вследствие отсутствия координации работы предприятий г. Душанбе.

Трудность решения проблемы (недостаточность количества техники и значительная степень изношенности машин — около 70% имеют большой срок службы) удовлетворения потребности в МСД усугубляется ограниченными финансовыми возможностями региона.

Требуется комплексное решение проблемы, включающее разработку методов формирования парков МСД и обеспечения их работоспособности в условиях дефицита капитальных вложений.

Чтобы обеспечить потребность сегодня в практике г. Душанбе, необходимо разработать модель формирования парка машин для содержания дорог заданной производственной мощности при наименьших капитальных вложениях, разработать методики оценки целесообразности приобретения техники со сроком эксплуатации, разработать рекомендации к критерию цена-качество для анализа эффективности выполнения капремонта и оценки потребности г. Душанбе в ремонтных мощностях для обеспечения работоспособности парков МСД дорожно-эксплуатационных машин. Перечисленные задачи требуют приложения науки, в том числе системного подхода.

Степень разработанности проблемы. Методологическая и теоретическая основа исследования. Известны научные разработки в области обновления парков машин (Коллегаев Р. Н., Вегер Л. Л., Репин С. В.), оптимизации сроков службы машин (Петухов Р. М., Селиванов А. И., Вегер Л. Л.), эффективности использования техники (Абрамов С. И., Аргинбеков А. У., Баловнев В. И., Грифф М. И., Головин С. Ф., Зайцев Е. И., Ковалев А. П. и другие), обеспечения работоспособности машин (Бардышев О. А., Грушецкий С. М., Дворковой В. Я., Евтюков С. А., Зорин В. А., Корытов Ю. А., Локшин Е. С., Максимов С. Е., Макуев В. А., Николаев С. Н., Репин С. В., Рубайлов А. В., Сафаров Х.) и др. Ученые разработали частные методики по указанным направлениям, которые можно использовать для решения отдельных вопросов формирования и эксплуатации парка МСД. Однако комплексные решения, связывающие различные способы

формирования парка машин, методики для обеспечения эффективности и работоспособности МСД, до настоящего периода в известных работах решения не нашли.

Объект исследования – парк машин для содержания дорог г. Душанбе Республики Таджикистан.

Предмет исследования – процессы (приёмы, методы) формирования и обеспечения работоспособности парка МСД.

Цель исследования. Разработка методики формирования и обеспечения работоспособности парка машин для содержания дорог г. Душанбе.

Задачи исследования:

1. Разработать модель формирования парка машин для содержания дорог заданной производственной мощности при наименьших капитальных вложениях.
2. Разработать модель оценки необходимости приобретения бывшей в употреблении техники для ремонта и содержания дорог.
3. Анализ потребности г. Душанбе в ремонтных мощностях для обеспечения работоспособности парка машин для содержания дорог.
4. Исследование потребности в машинах для содержания дорог в г. Душанбе.
5. Исследование ремонтных мощностей дорожно-эксплуатационных управлений в г. Душанбе.

Научная новизна работы:

1. Разработана оценка потребности в машинах для содержания дорог в соответствии с планами развития г. Душанбе до 2025 года.
2. Проведен анализ динамики развития и структуры парка машин для содержания дорог г. Душанбе.
3. Разработана методика оценки целесообразности приобретения техники со сроком эксплуатации.
4. Исследованы потребности г. Душанбе в ремонтных мощностях для обеспечения работоспособности парка машин для содержания дорог.
5. Проведен расчет эффективности проведенных плановых мероприятий ТОиР и коэффициентов (технического использования $K_{ти}$, готовности $K_{г}$ и планируемого применения $K_{пп}$) с учётом неплановых ремонтов в соответствии с предлагаемой методик в программе Excel.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Уточненная методика формирования парка машин для содержания дорог.
2. Рекомендации целесообразности покупки машин для содержания дорог со сроком эксплуатации.
3. Практические рекомендации для дорожно-эксплуатационного управления г. Душанбе по формированию и обеспечению работоспособности машин.

Практическая значимость работы заключается в:

- разработке методики формирования состава и структуры парка машин для содержания дорог (ПМСД).
- рекомендациях для дорожно-эксплуатационного управления г. Душанбе по формированию и обеспечению работоспособности парка машин для содержания дорог.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы в период 2013–2018 гг. докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-практических конференциях, семинарах, а также на 69 и 70 межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения», в журнале «Вестник гражданских инженеров», на двенадцатой Международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах», 28–30 сентября 2016 г. (Санкт-Петербург), в Вестнике МАДИ, Вестнике Таджикского технического университета, Вестнике Таджикского национального университета и на конференции «Перспектив свободный – 2016», посвящённой году образования Содружества независимых государств проведенной в Сибирском федеральном университете (Красноярск).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликованы 15 статей, в том числе 7 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Реализация работы. Данная методика предусмотрена для прогнозирования направлений развития машин для содержания дорог в отрасли. Она широко используется при формировании парка машин для содержания дорог на практике, а также широко апробирована в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) и Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими (ТТУ).

Объем и структура диссертационного исследования. Диссертация изложена 175 страницами печатного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, список использованных литературы, включающей 141 наименование, а также приложено 53 иллюстраций, 13 таблиц, формулы, список сокращений, терминология и предложений.

Содержание работы

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ рассмотрены климатические особенности региона г. Душанбе, выполнен анализ методов исследований в области формирования и эксплуатации парка машин для содержания дорог, рассмотрена методика определения оптимального сроков службы и влияния капремонта на долговечность парка машин для содержания дорог.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ рассмотрена специфика эксплуатации и формирования парка машин для содержания дорог в г. Душанбе, выполнен анализ современного состояния и возрастной структуры парка машин для содержания дорог (МСД), а также оценен уровень эффективности применения дорожной и коммунальной техники в г. Душанбе; разработаны рекомендации по определению потребности в МСД для дорожно-эксплуатационных управлений города.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ представлены результаты повышения эффективности применения парка машин для содержания дорог в дорожно-эксплуатационные управления г. Душанбе, разработаны рекомендации для создания специализированных структур по применению парка МСД, методика формирования парка МСД, определен критерий «цена–качество» для исследования целесообразности

приобретения машин бывших в употреблении для обслуживания дорог, которые используются для качественного содержания дорог, а также анализ эффективности выполнения капремонта, предложен методика определения оптимального возрастного состава парка машин для обслуживания дорог с использованием математической модели оптимизационной задачи в программе MATHCAD.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ представлены рекомендации формирования и технического обслуживания ПМСД, методика выбора ПМСД, рекомендации выбора необходимых ремонтных мощностей для ПМСД и экономическая эффективность результатов исследований.

Основное содержание работы, выносимое на защиту

1. Разработана методика расчета потребности в машинах для содержания дорог на основе планов развития г. Душанбе «Государственная целевая программа развития транспортного комплекса Республики Таджикистан до 2025 года» и «Программа социально-экономического развития города Душанбе в период до 2025 года».

Согласно порядку проведения работ, спрос на машины на объектах неравномерный, т. е. в определенный срок работ вероятность применения разного вида техники частична, либо невозможна вообще. В разные периоды осуществляются разные виды работ, на которых возможно применение нескольких видов машин.

Для осуществления разделения объёмов работ, а также сравнения реальных возможностей парка машин для содержания дорог и спроса на технику определяется соответствие либо несоответствие технологической структуры парка машин для содержания дорог намеченным строительно-монтажным работам.

Это соотношение определяется с помощью формулы

$$X_{\text{спр}} = \frac{V_{\text{год}}}{T_{\text{год}}} \quad (1)$$

где $X_{\text{спр}}$ – число спроса единиц машин данного типа номинального размера; $V_{\text{год}}$ – среднегодовой объём работ конкретного типа маш.-ч; $T_{\text{год}}$ – среднегодовой фонд промежутков работы одной техники, определяется по следующей формуле $T_{\text{год}} = D \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}$ (D – количество рабочих дней в году, $K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности, $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены в день, маш.-ч.).

Выработка новой машины в год по отношению к сезонным работам:

$$\Pi_{\text{н.сум}} = \Pi_{\text{н}} \cdot \Phi_{\text{н}}, \text{ ед. прод./год.} \quad (2)$$

Плановый эффективный фонд рабочего времени техники со сроком эксплуатации по отношению к сезонным работам в зависимости от времени (t) в год определяется по формуле

$$\Phi_{\text{с}}(t) = \Phi_{\text{н}} \cdot K_{\text{Г}}(t), \text{ ч/год,} \quad (3)$$

где $K_{\text{Г}}(t)$ – коэффициент готовности техники, при котором уменьшается износ машин:

$$K_{\text{Г}}(t) = \exp(-\beta_t \cdot t),$$

где β_t – коэффициент старения техники по наработке принимаем 0,012...0,048 год⁻¹.

	А	В
1	Наименование машины	МСД
2	Характеристики новых машин	
3	Часовая производительность новых машин P_n	76
4	Фонд рабочего времени с учетом сезонности работ F_n , час	1300
5	Выработка в год новой машины с учетом сезонности работ P_n , сумма	98800
6	Характеристики имеющегося парка машин	
7	Средний возраст машин t_c , год	15
8	Коэффициент старения по наработке	0,03
9	Фонд рабочего времени с учетом сезонности работ и возраста машин F_n , час	585
10	Коэффициент старения по производительности	0,02
11	Часовая производительность с учетом возраста P_c	12
12	Выработка в год старой машины с учетом сезонности работ P_n , сумма	6845
13	Количество машин N_c	25
14	Выработка имеющегося парка МСД с учетом возраста машин P_c , сумм.	171113
15	Расчет потребности в новых машинах	
16	Потребные объемы работ, Q	68120
17	Объем работ который надо покрыть за счет покупки новых машин, ΔQ	32501
18	Потребное количество новых машин N_n	63
19	Расчет затрат на покупки новых машин в рублях	
20	Средняя цена машин C_n , тыс. руб.	3500
21	Сумма затрат S_n , тыс. руб.	220 500
22	Расчет затрат на покупки новых машин в сомони	
23	Средняя цена машин C_n , тыс. сом.	525
24	Сумма затрат S_n , тыс. сом.	33 075

Рис. 1. Расчет в программе Excel потребности машин для содержания дорог и затраты на приобретение этих машин

Производительность техники в час в зависимости от возраста, определяется из формулы:

$$P_c(t) = P_n \exp(-\beta_P \cdot t), \text{ ед. прод./ч,} \quad (4)$$

где β_P – коэффициент старения техники по производительности, принимаем 0,010...0,040 год⁻¹.

Годовое развитие имеющегося ПМСД по отношению к возрасту машин:

$$P_{c.сум}(t) = P_c(t) \cdot F_c(t) N_c, \text{ ед. прод./год.} \quad (5)$$

Объем выполняемых работ в течение года, необходимый для компенсации расходов на приобретение новой техники:

$$\Delta Q = Q - P_{c.сум}(t), \quad (6)$$

где Q – требуемый объем выполняемых работ в год, ед. прод./год.

Необходимость в новых оборудованьях:

$$N_{\text{н}} = \frac{\Delta Q}{\Pi_{\text{н.сум}}} \quad (7)$$

Величина расходов на закупки новых оборудования:

$$S_{\text{н.и}} = N_{\text{н}} \cdot \Pi_{\text{н.и}}, \text{ тыс. руб. (сомони)}. \quad (8)$$

где $\Pi_{\text{н.и}}$ – средняя стоимость нового оборудования (импортного), тыс. руб. (сом.).

Разработанная методика выполнена в программе Excel (рис. 1).

Алгоритм формирования парка машин для содержания дорог в дорожно-эксплуатационные управления г. Душанбе показан на рис. 14.

2. Исследован спрос на машины для содержания дорог в г. Душанбе. Из Постановления правительства Республики Таджикистан от 1 марта 2018 года № 78 и Программы социально-экономического развития г. Душанбе на период до 2025 года видно, что площадь города увеличится, в связи с чем объёмы работ вырастут. В связи с увеличением работ потребность в машинах для содержания дорог будет также расти (рис. 2, 3).

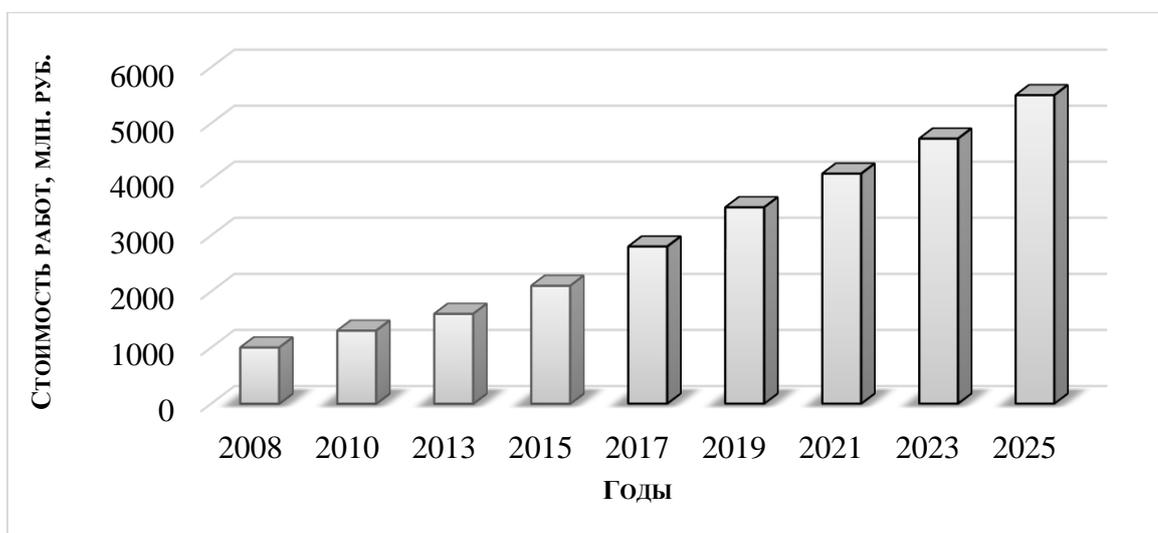


Рис. 2. Динамика объема работ в городе Душанбе, рассчитанная до 2025 года

Анализ парка машин (таблица 1) для содержания дорог в г. Душанбе свидетельствует об увеличении разрыва между возрастающим объёмом работ и возможностью обеспечения машин для содержания дорог. Другими словами, повышается объем работ, но одновременно снижается качество и число парка машин для содержания дорог для покрытия роста объёма работ. Кроме того, темпы обновления значительно тормозятся из-за недостатка финансирования.

Такая ситуация оказывает существенное влияние на совершенствование всего комплекса дорожно-эксплуатационного управления города и необходимость обновления парка машин для содержания дорог в ускоренном темпе. Для пополнения парка машин для содержания дорог необходимы существенные объё-

емы инвестиций. Таким образом, для ряда дорожно-эксплуатационного управления в городе становится актуальной задача приумножения, существующего парка машин для содержания дорог соответственно объему требующихся работ, который существенно отличается от того объема, под который ранее был сформирован парк.

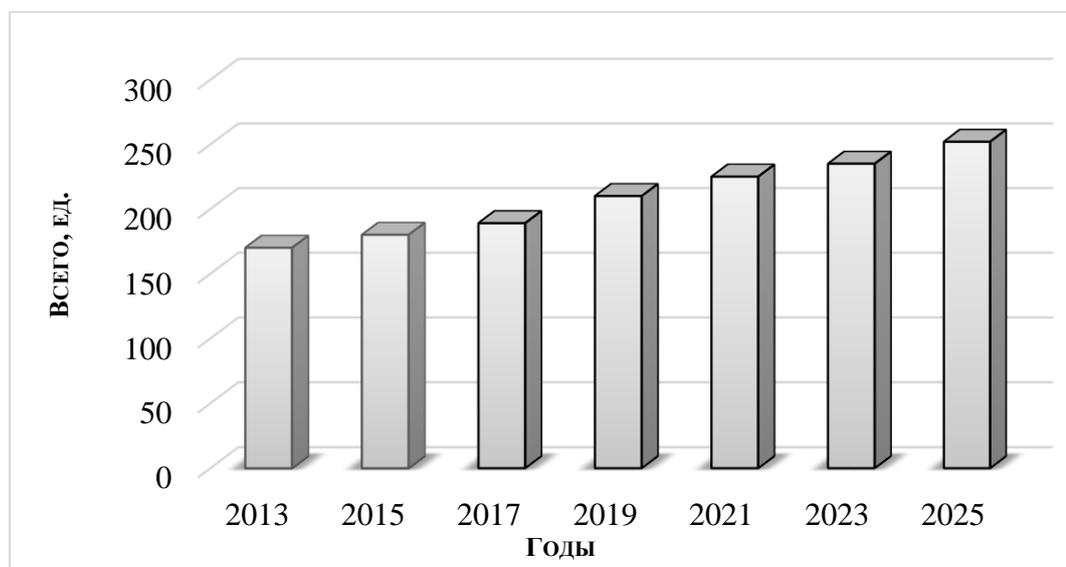


Рис. 3. Потребность в машинах для содержания дорог в г. Душанбе

Таблица 1

Потребность в различных машинах для содержания дорог в г. Душанбе на 2017 г.

№ п/п	Тип машин	Действительное наличие, кол.	Расчетный спрос на машины, кол.	Дефицит в машинах, кол.
1	Самосвалы	35	50	15
2	Автогудронаторы	3	5	2
3	Асфальтоукладчики	3	6	3
4	Экскаваторы	10	14	4
5	Погрузчики	18	25	7
6	Автогрейдеры	6	8	2
7	КДМ/универсальные	42	60	18
8	Прочие оборудование	28	40	12
Итого		145	208	63

3. Анализ развития дорожно-эксплуатационного управления г. Душанбе.

Исследование возрастной структуры парка МСД в г. Душанбе выявляет динамику, отражающую различные этапы формирования парка. Период с 1980 по 1990 годы характеризуется большим объемом поступления машин, и в настоящее время в парке находится более 60 % машин 1980–1990 годов выпуска.

Рассмотрение нормативных сроков эксплуатации машин в зависимости от категории (8 лет – например, экскаватор, 12 лет – самосвал) показало, что средний возраст техники для содержания дорог в г. Душанбе превышает принятые нормативные сроки эксплуатации.

Из рис. 4 видно, что с 1996 г. средний возраст МСД расчёт, а с 2011 года снижается. Из проведенного анализа видно, что в парке машин для содержания дорог около 68 % машин имеют истекающий срок службы (более 12 лет) и еще 11 % имеют возраст от 7 до 10 лет; кроме того, 8 % машин для содержания дорог имеют возраст от 5 до 7 лет. Вся техника, используемая более 12 лет, переходят в группу изношенных (рис. 4 и 5).

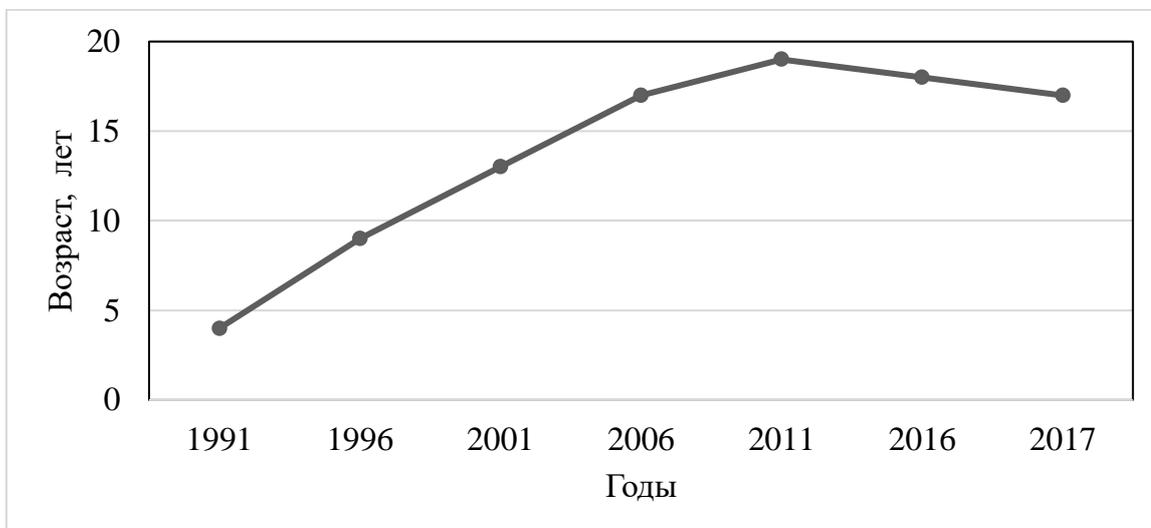


Рис. 4. Средний возраст машин для содержания дорог в г. Душанбе

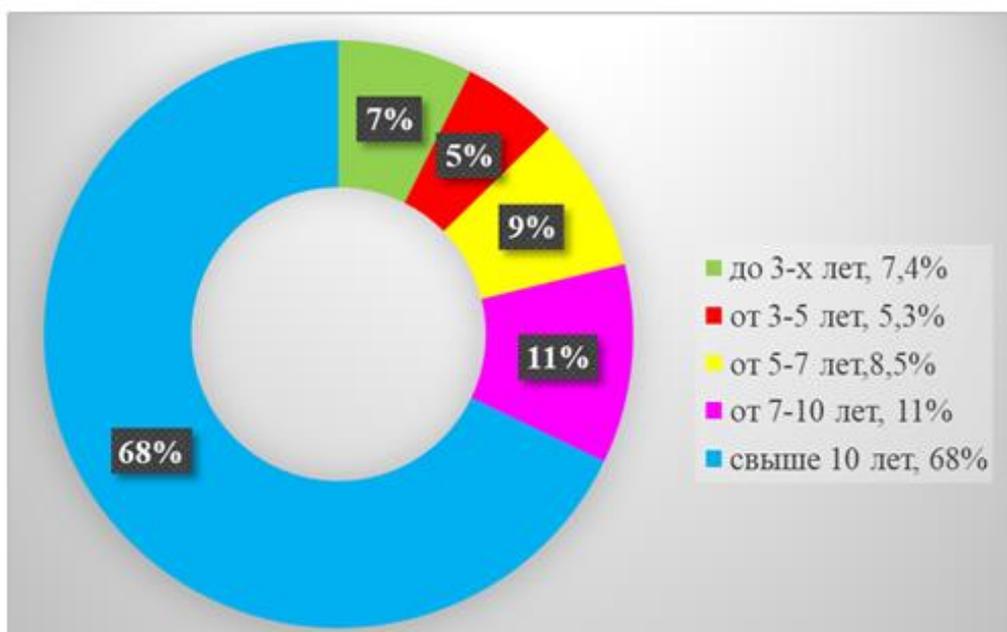


Рис. 5. Возрастная структура машин для содержания дорог в г. Душанбе

4. Разработаны рекомендации критерия «цена – качество» для исследования целесообразности приобретения машин для содержания дорог со сроком эксплуатации.

Расчет эксплуатационных показателей для приобретения техники со сроком эксплуатации. Стоимость старой машины определяется из динамики рыночной стоимости, установленной с помощью статистических исследований (рис. 6).

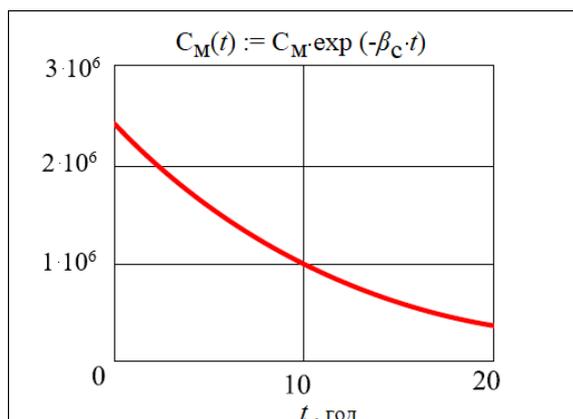


Рис. 6. Динамика рыночной стоимости МСД: $C_M(t)$ – стоимость МСД; t – срок службы в год; β_c – показатель старения МСД по рыночной стоимости, год⁻¹

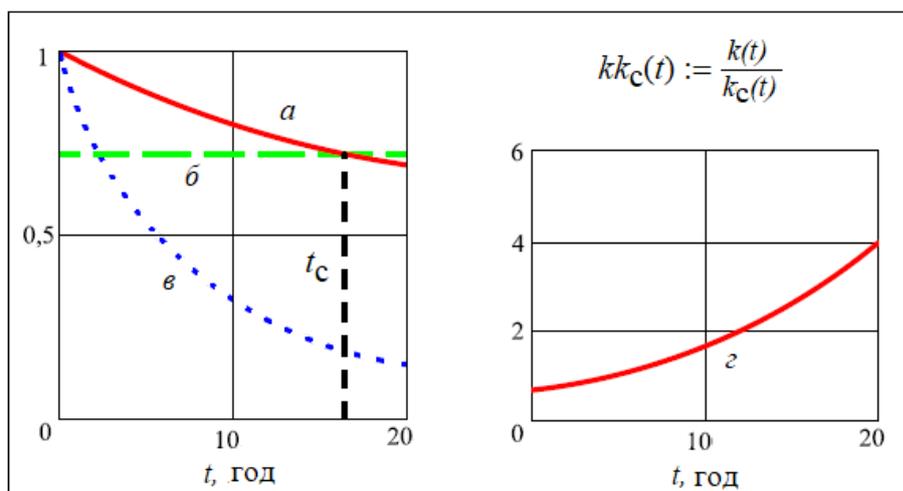


Рис. 7. Отношения показателя стоимости и показателя старения по наработке МСД: $a - k(t)$, коэффициент готовности; $b - k_c(t)$, коэффициент старения МСД по рыночной стоимости; $v - k_{\min}$, наименьшая величина $k(t)$ по условию экономической эффективности МСД; $z - kk_c(t)$; t_c - прогноз сроки эксплуатаций.

На рис. 7 показано сравнение коэффициента готовности и старения машин для содержания дорог по продаваемой стоимости на рынке. Чем больше соотношение $kk_c = k(t)/k_c(t)$, тем выгоднее покупать машины со сроком эксплуатации.

Приобретение старой техники будет эффективным и выгодным тогда, когда параметр старения по цене (β_c) (рис. 6) превысит показатель старения по наработке β_t .

Такие переменные весьма удовлетворительно (с точностью 0,92...0,98) описываются экспоненциальной функцией с критерием $\beta = 0,012...0,048$ год⁻¹ (критерии старения по наработке β_t , по расходам β_z и производительности β_Q):

$$T_{pp}(t) = T_0 \exp(-\beta_t t), \quad Q(t) = Q_0 \exp(-\beta_Q t). \quad (9)$$

где T_{pp} – длительность пребывания машины в рабочем состоянии во время работы; t – возраст техники, год/мес.; β_t – критерий, отражающий уменьшение наработки со старением машины (критерий старения машины), год⁻¹; T_0 и Q_0 – годовая наработка и производительность новой техники соответственно.

5. Рекомендация критерии «цена-качество» разработана для исследования эффективности выполнения капремонта.

Усовершенствованы рекомендации критерия цена-качество для анализа эффективности выполнения капитального ремонта с уточнением динамики коэффициентов старения $k_c(t)$ и готовности $k(t)$ по рыночной стоимости в процессе использования с учетом проведения капитального ремонта МСД.

Из проведенного анализа видно, что наглядное представление о связи работоспособности машин для содержания дорог и ее экономических характеристиках дает рассмотрение отношения коэффициентов старения и готовности по рыночной стоимости. Формулы для расчета показаны на рис. 8. Полученные результаты расчета в программе MATHCAD приведен на рис. 9.

$K_{кр1} := 0.85$	- уровень восстановления работоспособности после первого капитального ремонта		
$K_{кр}(t) := \exp(-\beta_{кр} \cdot t)$	- динамика уровня восстановления работоспособности машины после капитального ремонта		
Показатели соотношения стоимости капитального ремонта и новой машины:			
$K_{скр1} := 0.6$	$K_{скр2} := 0.5$	$K_{скр3} := 0.5$	$K_{скр4} := 0.5$
$k(t) := \begin{cases} \exp(-\beta \cdot t) & \text{if } (t > 0) \vee (t < tc_0) \\ K_{кр1} \cdot \exp[-\beta \cdot (t - tc_0)] & \text{if } tc_0 \leq t < tc_1 \\ K_{кр2} \cdot \exp[-\beta \cdot (t - tc_1)] & \text{if } tc_1 \leq t < tc_2 \\ K_{кр3} \cdot \exp[-\beta \cdot (t - tc_2)] & \text{if } tc_2 \leq t < tc_3 \\ K_{кр4} \cdot \exp[-\beta \cdot (t - tc_3)] & \text{if } tc_3 \leq t < tc_4 \end{cases}$			
$k_c(t) := \begin{cases} \exp(-\beta_c \cdot t) & \text{if } (t > 0) \vee (t < tc_0) \\ K_{скр1} \cdot \exp[-\beta_c \cdot (t - tc_0)] & \text{if } tc_0 \leq t < tc_1 \\ K_{скр2} \cdot \exp[-\beta_c \cdot (t - tc_1)] & \text{if } tc_1 \leq t < tc_2 \\ K_{скр3} \cdot \exp[-\beta_c \cdot (t - tc_2)] & \text{if } tc_2 \leq t < tc_3 \\ K_{скр4} \cdot \exp[-\beta_c \cdot (t - tc_3)] & \text{if } tc_3 \leq t < tc_4 \end{cases}$			

Рис. 8. Расчет показателей готовности $k(t)$ и старения $k_c(t)$ МСД в программе MATHCAD с учетом проведением капремонта; t_c – срок службы.

Рассмотрены вопросы целесообразности выполнения капитального ремонта в зависимости от расходов и наработки. Срок службы (t_c) должен увеличиваться таким образом, чтобы средние относительно постоянные расходы в час капитально отремонтированной единицы машин для содержания дорог не превысили

аналогичные расходы на машину до выполнения капитального ремонта.

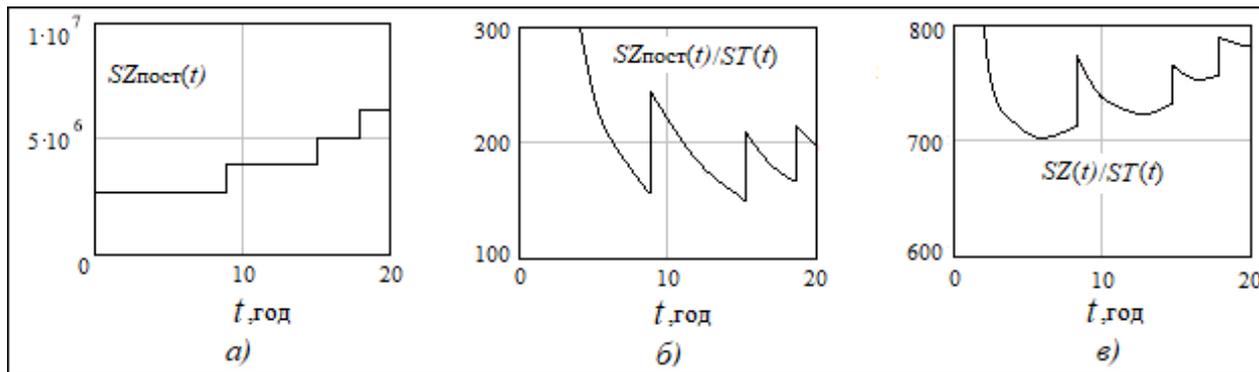


Рис. 9. Результаты расчета в программе MATHCAD расходов на владение МСД: а – $SZ_{\text{пост}}(t)$ в естественном выражении (руб. или сом.); б – $SZ_{\text{пост}}(t)/ST(t)$ в пересчете на маш.-ч; в – $SZ(t)/ST(t)$ в себестоимости маш.-ч (руб./ч или сом./ч)

6. Разработана модель оптимизации формирования парка машин для содержания дорог заданной мощности.

Процесс формирования парка машин для содержания дорог носит адресный характер. Это делается для того, чтобы повисить эффективность работы парка МСД, благодаря чему повысится производственная мощность парка машин для содержания дорог, их безотказности, а также коэффициент готовности и т.д. В диссертационном исследовании многокритериальная модель, позволяющая оптимизировать состав ПМСД, была усовершенствована с помощью использования разработанных моделей динамики рыночной стоимости машин для содержания дорог, при этом автором учитывалось уменьшение производительности машин для содержания дорог по времени. Проанализирован результат показателей восстановления техники во время капремонта, при этом учитывалась сезонность применения машин для обслуживания дорог в условиях г. Душанбе.

Математическая модель формирования ПМСД по размерным категориям и по классам техники имеет следующий характер:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z = C_m \cdot N_{\text{пок}} + C_{\text{нн}} \cdot N_{\text{нн}} - C_{\text{пр5}} \cdot N_{\text{пр5}} + Z_{\text{кр}} \cdot N_{\text{кр}} - C_{\text{лик}} \cdot N_{\text{сп}} \Rightarrow \min \\ 0 \leq Z \leq C_{\text{ИНВЕСТ}} \\ a_1 \geq N_{\text{пок}} \geq 0, a_3 \geq N_{\text{нн}} \geq 0, a_5 \geq N_{\text{пр}} \geq 0, a_6 \geq N \geq 0, a_N \geq N_{\text{сп}} \geq 0 \\ N_{\text{пок}}, N_{\text{нн}}, N_{\text{пр}}, N_{\text{кр}}, N_{\text{сп}} = \text{целое} \\ B \leq B_{\text{max}} \end{array} \right. , \quad (10)$$

где Z – капиталовложения в модернизации ПМСД; $C_m, C_{\text{нн}}(t), N_{\text{пок}}, N_{\text{нн}}(t)$ – стоимость и количество новых и в работоспособном состоянии (бывшей в употреблении) машин для обслуживания дорог соответственно; $C_{\text{пр}}(t), C_{\text{лик}}, N_{\text{нн}}(t), N_{\text{сп}}$ – стоимость продаж и численность продаваемых и ликвидационных машин соответственно; $Z_{\text{кр}}$ – расходы на капремонт; $N_{\text{кр}}$ – количество капремонта МСД.

Пример реализации результатов решения задачи формирования парка машин для содержания дорог в программе Excel приведен на рис. 10. и 11.

7. Разработана методика определения спроса в ремонтных мощностях для формирования новых парков машин для содержания дорог и выполнен расчет дорожно-эксплуатационные управления г. Душанбе.

парк МСД в ДЭУ									
Исходные данные	См = 3500000				trp = 89,1687			beta = 0,004	Tс, маш-ч = 18375
	Спр = 1000000				Цмч = 1500			Td = 210	ΔTэл = 2625
	Сни = 2200000				Zа = 87000			kmin = 0,65	З+См/т = 66499
	Скр = 800000				З = 34000			Δk = 0,05	
	Слик = 200000							N = 7	
Возрастная группа									
Номер ВГ, I	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	
Параметры возрастных групп									
k _i	0,975	0,925	0,875	0,825	0,775	0,725	0,675	0,829	
L, мес.	12,8	26,3	40,6	55,8	71,9	89,2	107,7		
Δ _i	12,8	13,5	14,3	15,2	16,1	17,2	18,5		
T _{д,маш-ч}	204,8	194,3	183,8	173,3	162,8	152,3	141,8	Сумма	
Z _д	89231	94054	99429	105455	112258	120000	128889	0,75	
Исходный парк машин (парк А)									
Исходное количество машин	1	1	2	2	2	5	7	Сумма 20	
T _{д,маш-ч}	204,9	194,4	387,8	348,5	325,5	781,3	992,3	3192	
k _д	0,049	0,048	0,088	0,082	0,077	0,181	0,238	0,768	
Z _д	89295	94118	198921	210909	224518	600000	902222	2,32	
Z _{пост}	68547	68544	130041	132998	132998	332495	465493	1,33	
Z _д	158842	180883	331982	343907	357514	932495	1367718	3,69	
B _д	307347	291574	551429	519750	488250	1141875	1488378	4,79	
P _д	151505	130912	219488	175843	130738	209381	120881	1,14	
Условия оптимизации									
Варианты корректировки структуры	"+" Хлок		"+" Хнн	"+" Хпр	"-" Хлр	"-" Хпр	"-" Хлс		
Искомые значения	3	0	5	3	1	3	4	Сумма	
Капитальные вложения 10 ⁶	10,50	0,00	11,00	2,40	-1,00	0,00	-0,80	22,1 → min (ЦФ1) <=23	
Измененный парк машин (парк В)									
Новое количество машин	4	1	7	5	1	3	4	Сумма 23	
T _{д,маш-ч}	745,9	194,4	1240,6	779,8	162,8	380,8	496,1	4000 → max (ЦФ3) >=4000 <=5300	
k _д	0,155	0,040	0,258	0,182	0,034	0,079	0,103	0,832 → max (ЦФ4)	
Z _д	325082	94118	671273	474545	112258	300000	451111	2,43	
Z _{пост}	242267	68544	423030	321675	68499	166247	194964	1,48	
Z _д	587349	180883	1094303	798220	178757	488247	648075	3,91 → min (ЦФ5)	
B _д	1118907	291574	1880830	1189438	244125	570938	744188	6,00 → max (ЦФ6)	
P _д	551558	130912	788528	373218	85388	104890	98113	2,09 → max (ЦФ7)	
								23,22	
								Срок окупаемости, мес.	

Рис. 10. Результаты решения задачи формирования парка машин для содержания дорог в программе Excel

Для возрастающего парка машин для содержания дорог потребуются дополнительные ремонтные мощности. Планирование техобслуживания и ремонта базируется на МДС 12-8.2007 «Методические рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту машин». Недостатком этих рекомендаций является то, что планирования ТОиР не принимают во внимание, что при этом сократится показателя надёжности МСД. Это подтверждает увеличение из-за чего

возникают простои и не запланированные ремонтные работы, уменьшается эксплуатационное время техники для обслуживания дорог в запланированном интервале и соответственно снижаются численности плановых действий техобслуживания и ремонта.

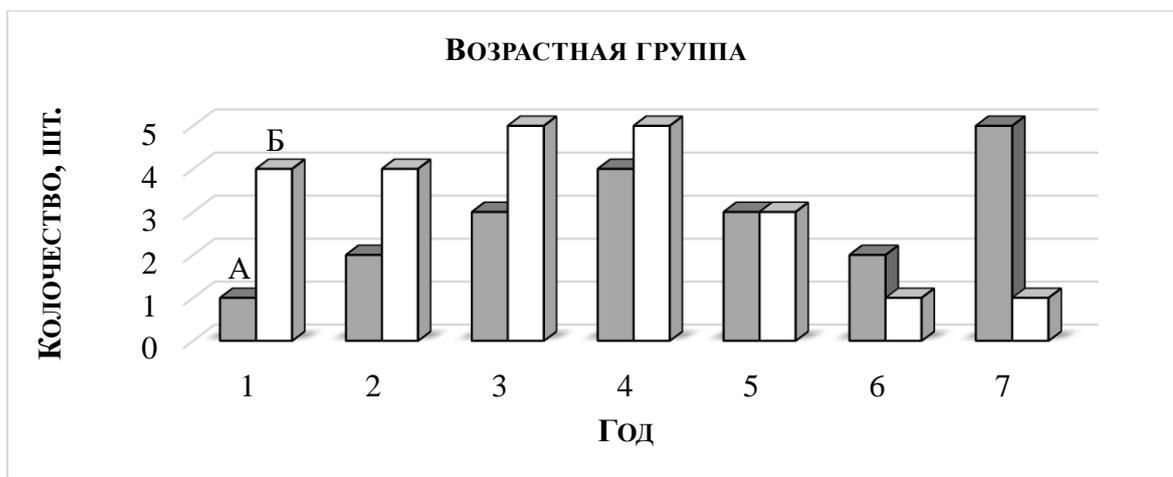


Рис. 11. Результат формирования парка машин для содержания дорог по возрастному составу: А – исходный парк машин; Б – измененный парк машин

Исходя из анализа возрастной динамики машин для содержания дорог снижение наработки техники можно описать по формуле.

$$T_{PP}(t) = T_{PP}(1) \exp(-\beta_t t), \quad (11)$$

где $T_{PP}(t)$ – пребывания машин для содержания дорог в работоспособном состоянии во время работы t ; $T_{PP}(1)$ – работоспособное состояние в рабочее время в год; β_t – критерий изнашивания по наработке.

Таким образом, отличительной чертой рекомендуемой методики является расчет длительности периода нахождения технологического оборудования в рабочем состоянии за рабочий промежуток времени (T_{PP}).

Согласно существующей методики, показатель T_{PP} не может зависеть от продолжительности службы технологического оборудования и простоев в незапланированном ремонте

$$T_{PP} = T_P - T_{PHH}, \quad (12)$$

В разработанной методике показатель T_{PP} учитывает $T_{PHH}(t)$:

$$T_{PP}(t) = T_P - T_{PHH} - T_{PHH}(t), \quad (13)$$

где T_P - предусмотренный фонд рабочего времени машин для содержания дорог; T_{PHH} , $T_{PHH}(t)$ – длительность рабочего времени, на протяжении которого машина для содержания дорог находится соответственно на предусмотренном техобслуживании и неплановом ремонте.

Величина $T_{PHH}(t)$ определяется по формуле

$$T_{PHH}(t) = T_{PP}(1) - T_{PP}(t) = T_{PP}(1) [1 - \exp(-\beta_t t)]. \quad (14)$$

Для вычисления способа техобслуживания и ремонта разработанной автором математическая модель реализована в программе Excel (рис. 12). Реализованная модель расчета для всех размерных групп и типов машин для содержания дорог

позволяет определить потребность в г. Душанбе в ремонтных мощностях.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Исходные данные								
2	1. Годовой фонд рабочего времени и не включает простои в неплановых ТОиР: Тр - Трнп, ч	2000	2. Год эксплуатации	9	3. Коэффициент старения, год ⁻¹	0,024			
3	Характеристики состояний								
4	Время пребывания в работоспособном состоянии Трр, ч	1611	Простои в неплановых ТОиР: Трнп, ч	389	Простои в плановых ТОиР: Трп, ч	133	Общий годовой фонд рабочего времени Тр, ч	2133	
5	Параметры и характеристики структуры ТОиР								
6	Вид машин	Экскаваторы одноковшовые с гидравлическим приводом: на базе пневмоколесного трактора, 2-й размерной группы, с ковшем вместимостью 0,25 - 0,4 м ³						ИТОГО	
7	Вид ТОиР	ТО-1	ТО-2	СО	ТО-3	К	НР		
8	Номера состояний, i	1	2	3	4	5	6		
9	Периодичность выполнения ТОиР, ч	50	250	1000	1000	6000	70		
10	Интенсивность отказов, ч ⁻¹	0,02	0,004	0,001	0,001	0,00017	0,01427		
11	Трудоемкость выполнения, чел.-ч	3	6	20	400	570	16		
12	Продолжительность выполнения, ч	1,5	3	8	40	80	23		
13	Интенсивность восстановлений, ч ⁻¹	0,67	0,33	0,13	0,03	0,01	0,04		
14	Количество в год при фонде времени Трр, ч	29	3	2	2	0	17	53	
15	Простои в год Трнп, Трнп, ч	44	9	16	64	0	389	522	
16	Простои в год, % от Трр	2,74	0,53	0,99	4	0	24,11	32,37	
17	Простои в год, % от общего времени простоев	8,45	1,63	3,07	12,36	0	74,49	100	
18	Показатели:								
19	Коэффициент технического использования Кти							0,76	
20	Коэффициент технической готовности Кг							0,81	
21	Коэффициент планируемого применения Кпп							0,94	

Рис.12. Расчет количества плановых мероприятий техобслуживания, ремонтов и коэффициентов в связи с неплановым ремонтом, рассчитанных в программе Excel

8. Выполнен анализ ремонтных мощностей дорожно-эксплуатационного управления г. Душанбе по эксплуатации машин для содержания дорог.

Результат анализа четырех дорожно-эксплуатационных управлений г. Душанбе в 2017 году приведен в табл. 2.

Таблица 2

Дорожно-эксплуатационные управления г. Душанбе, выполняющие техобслуживание и ремонт машин для содержания дорог

Дорожно-эксплуатационные управления	Производ. площадь, м ²	Численность персонала, чел.	Объем работ, руб. (сом.)	Степень загрузки, %
ДЭУ р-н Сино	2100	663	675 200 (101 280)	35
ДЭУ р-н Шохмансур	1600	485	565 600 (84 840)	37
ДЭУ р-н И. Сомони	1800	588	526 500 (78 975)	39
ДЭУ р-н Фирдоуси	1950	597	598 000 (89 700)	34

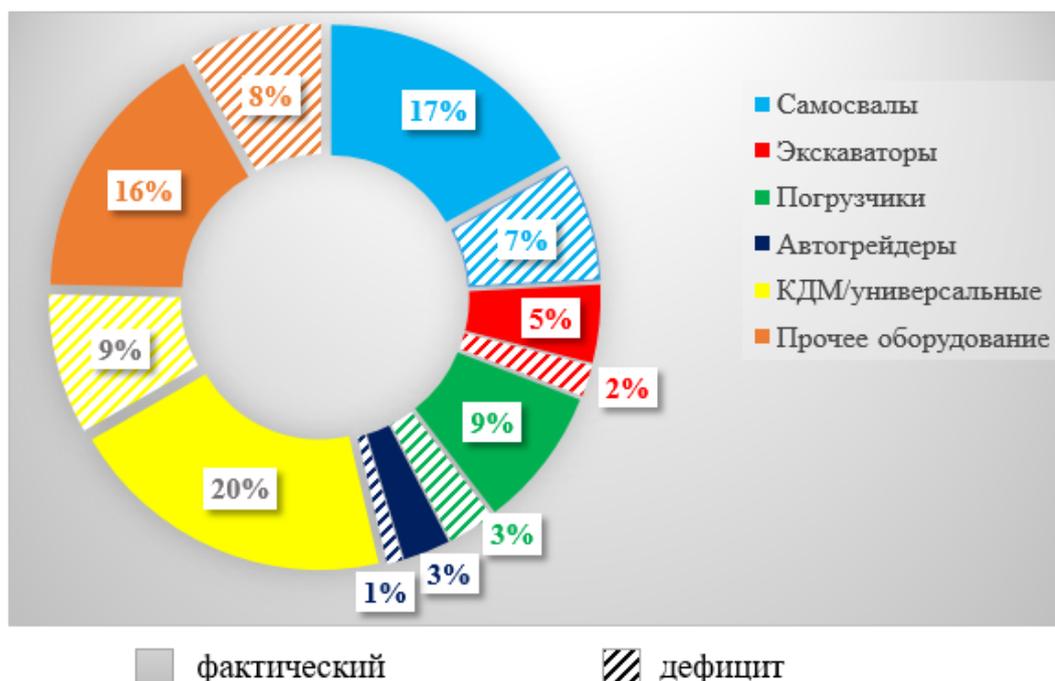


Рис. 13. Обеспеченность парка машин для содержания дорог в городе Душанбе.

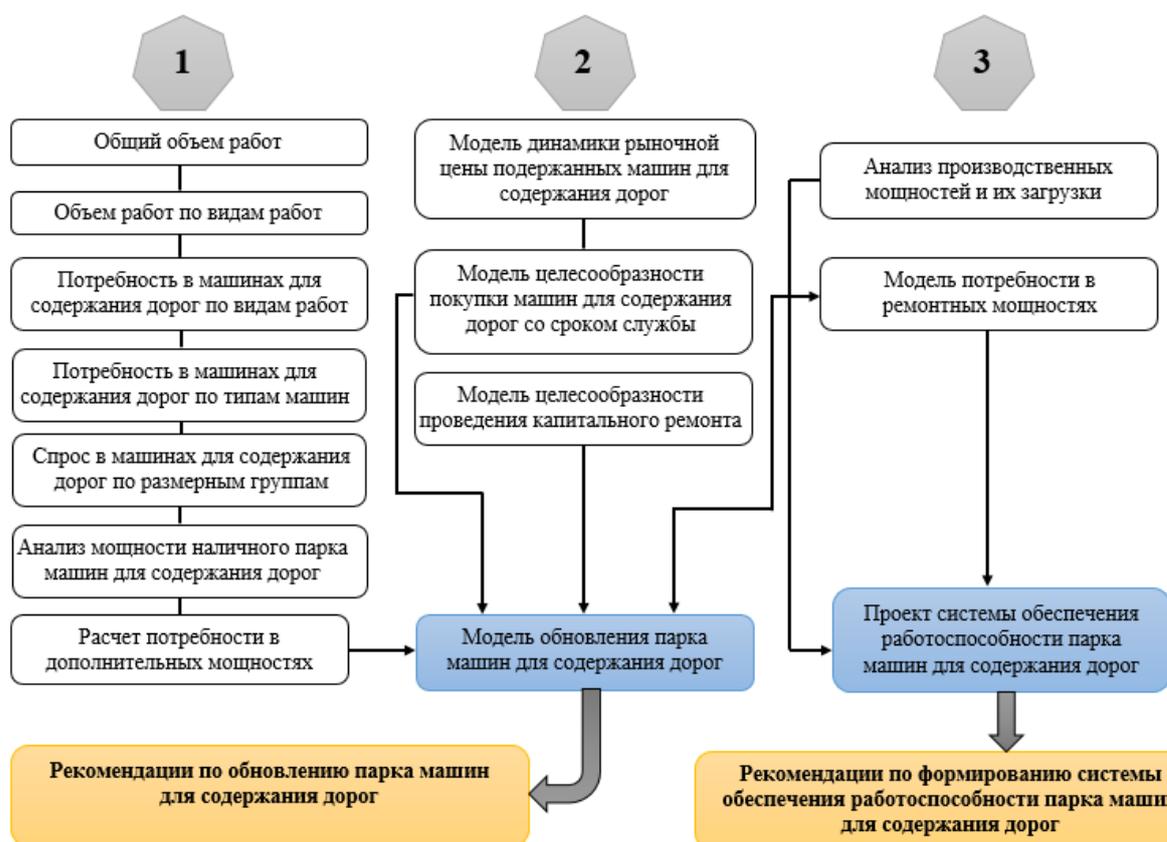


Рис. 14. Алгоритм формирования парка машин для содержания дорог в г. Душанбе. 1 – анализ парка машин для содержания дорог; 2 – моделирование процессов формирования парка машин для содержания дорог; 3 – исследование процессов обеспечения работоспособности парка машин для содержания дорог.

Данная методика включает:

- исследование всего объема выполняемых работ (дорожные, строительные, коммунальные и т.д.);
- способы разделения объемов выполняемых работ дорожными, строительными и коммунальными машинами в зависимости от характера, типа и величины этих работ при содержании и обслуживании дорог;
- вычисление потребности в технике для обслуживания дорог на принятых величинах дорожных, строительных и коммунальных работ, принятие во внимание доступного оборудования;
- количество расходов на покупки недостаточных машин для обслуживания дорог и сравнения с запланированными финансированием на покупку оборудования.

Общие выводы

1. Выполненное исследование показало, что анализу парка машин для содержания дорог посвящено достаточно много научных работ. Однако известные научные работы не в полном объеме разъясняют этапы развития и формирования парка машин для содержания дорог, существующих в период развития рыночных отношений. Недостаточно глубоко исследованы методологические и теоретические основы формирования парка машин для содержания дорог, а также новых городских систем, показывающих эффективность работы техники на базе раздробленных эксплуатационных ДЭУ, связанных между собой экономически и технологически.

2. Сезонность, климатические условия и объём строительно-монтажных работ оказывают значительное влияние на результативность ДЭУ, поскольку воздействуют на объем выручки от применения парка машин для содержания дорог. Максимальная потребность в машинах в городе Душанбе имеет место с конца марта по октябрь, а минимальный спрос – с ноября по февраль; коэффициент сезонности применения МСД составляет 65%.

3. В соответствии с планами развития на ближайшие десять лет выполнен прогноз потребности г. Душанбе в различной технике для содержания дорог. Выполнен прогноз динамики развития и структура комплектов техники для обслуживания дорог. Проанализирован парк дорожного и эксплуатационного городского управления в городе Душанбе. Проведен анализ ремонтного оборудования, которое можно использовать для обеспечения работоспособности обновляемого парка машин для обслуживания дорог.

4. Исследовано качество техники для обслуживания и содержания дорог как новой, так и бывшей в употреблении. Построена экономико-статистическая модель зависимости рыночной стоимости всех видов МСД от срока эксплуатации всех видов МСД, намеченного для комплектования ПМСД.

5. Разработана методика оценки целесообразности приобретения МСД со сроком эксплуатации, основанная на сравнении динамики коэффициентов готовности и «старения» МСД по рыночной цене.

6. Разработана методика оценки технико-экономической целесообразности проведения капремонта, как вариант обновления парка. Предлагаемая методика, как и предыдущий, заключается в сравнении динамики коэффициентов готовности и «старения» МСД по рыночной цене в процессе эксплуатации, но уже с поведением КР.

7. Улучшена модель формирования и развития обновления ПМСД в связи с применением разработанных моделей динамики рыночной стоимости машин с учетом сокращения и производительности машин со временем, степени восстановления работоспособности оборудования при капремонтах, сезонности эксплуатации машин в природно-климатических условиях г. Душанбе.

8. Проведено сравнение ремонтных мощностей г. Душанбе, которые остались от советского периода с мощностями нового ПМСД. Показано, что ремонтные мощности г. Душанбе загружены только на 26%. Поэтому увеличение в полтора раза количества техника не приведет к дефициту технического сервиса.

Основные научные публикации по теме диссертации публикации в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Бобобеков О. К.** Факторы, влияющие на производительность дорожно-строительных и коммунальных машин // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6 (53). – С. 180–184.
2. **Бобобеков О. К.** Выбор стратегий формирования парка и системы строительно-дорожных машин // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 6 (59). – С. 188–193.
3. **Бобобеков О. К.** Методы определения жизненных циклов и влияния капитального ремонта на долговечность дорожно-строительных и коммунальных машин / О. К. Бобобеков, С. А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 3 (56). – С. 198–202.
4. **Бобобеков О. К.** Способы определения сроков службы и влияния капитального ремонта на долговечность надземных транспортно-технологических машин / О. К. Бобобеков, Ч. Ш. Тошев // Вестник МАДИ. – 2016. – № 4 (47). – С. 74–78.
5. **Бобобеков О. К.** Влияние природно-климатических особенностей горных регионов Таджикистана на работу водителей // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 5 (52). – С. 206–210.
6. **Bobobekov O.** Evaluation of the Effectiveness of the Method for Calculation of Composite Materials in the Construction of the Bridges in Terms of Their Safety and Reliability / O. Bobobekov, V. Shendrik, P. Druzhinin // 12th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in large cities", SPbOTSIC–2016, 28–30 September 2016, St. Petersburg, Russia. Pp. 596–601.
7. **Бобобеков О. К.** Разработка методики определения сроков службы наземных транспортно-технологических машин. // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 3 (68). – С. 147–152.

Публикации в других изданиях

8. **Бобобеков О. К.** Основные принципы управления дорожно-строительных и коммунальных машин / О. К. Бобобеков, С. А. Евтюков, Н. М. Хасанов // Вестник Таджикского национального университета. – 2016. – №1/1 (192). – С. 236–240.
9. **Бобобеков О. К.** Анализ возрастной структуры парка надземных транспортно-технологических машин и их обновления (на примере Республики Таджикистан). Двенадцатая международная конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах», 28–30 сентября 2016 г. – СПб. – С. 747–754.
10. **Бобобеков О. К.** Исследование методов управления работоспособностью строительных машин. «Перспектив – 2016». Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Посвящённой году образования в содружестве независимых государств, 15–25 апреля 2016 г. – Красноярск. – С. 10–13.
11. **Бобобеков О. К.** Оценка способов определения сроков службы и влияние капитального ремонта на продолжительность работы дорожно-строительных и коммунальных машин. 69 Межвузовская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения». 6–8 апреля 2016 г. – СПб. – С. 59–62.
12. **Бобобеков О. К.** Принципы программно-целевого управления системы эксплуатации транспортно-технологических машин / О. К. Бобобеков, С. А. Евтюков, С. В. Репин, Д. А. Лутов // Вестник Таджикского технического университета. – 2016. – № 1 (33). – С. 41–46.
13. **Бобобеков О. К.** Обеспечение эффективности эксплуатации парка транспортно-технологических машин / О. К. Бобобеков, С. В. Репин, Д. А. Лутов // Вестник Таджикского технического университета. – 2016. – № 3 (35). – С. 66–71.
14. **Бобобеков О. К.** Методика определения потребности парка дорожных и коммунальных машин в городе Душанбе // СПбГАСУ. 70-й Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения» 5–7 апреля 2017. – СПб. – С. 61–67.
15. **Бобобеков О. К.** Формирование парка дорожных и коммунальных машин города Душанбе // СПбГАСУ. 73-й научная конференция профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. – 2017. – СПб. – С. 38–46.