

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-50-67
УДК 629.364



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В АВТОМОБИЛЬНЫХ КРАНАХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

*Н.С. Захаров, Н.О. Сапоженков,
В.А. Ракитин, В.С. Петров*

Доминирование России на мировом рынке энергоресурсов определяют масштаб и перспективы развития газотранспортной инфраструктуры для обеспечения непрерывного цикла поставки газа от месторождений до конечных потребителей. Условия эксплуатации объектов добычи, переработки, транспортировки, хранения и распределения газа связаны с воздействием факторов внешней среды, влияние которых в значительной мере варьирует из-за протяжённости газопроводов, охватывающих все климатические районы страны. Рост протяжённости новых и необходимость ремонта действующих участков по результатам внутритрубной диагностики способствуют увеличению объёма погрузочно-разгрузочных операций и складирования труб, поэтому исследования по совершенствованию методов определения потребности в автомобильных кранах при организации технологических процессов строительства и ремонта магистральных газопроводов актуальны.

Целью исследования является повышение эффективности эксплуатации автомобильных кранов в процессах капитального ремонта и строительства магистральных газопроводов.

Научную новизну выполненных исследований составляют закономерности формирования стоимости и трудоёмкости погруз-

ки в зависимости от грузоподъёмности автомобильного крана и параметров груза.

Методология исследования основана на системном подходе, методах анализа технической эксплуатации автомобилей и апробированных методиках обработки данных.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве обоснованных рекомендаций для организации подготовительных работ на объектах капитального ремонта и строительства магистральных газопроводов, что повышает эффективность процессов, оптимизирует структуру автопарка и снижает стоимость выполнения технологических операций.

Ключевые слова: магистральные газопроводы; капитальный ремонт; строительство; оптимизация; транспортная работа; технологические операции; автомобильный кран; грузоподъёмность; эффективность

Для цитирования. Захаров Н.С., Сапоженков Н.О., Ракитин В.А., Петров В.С. Определение потребности в автомобильных кранах при организации строительства и ремонта магистральных газопроводов // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 3. С. 50-67. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-50-67

Original article | Operation of Road Transport

AUTOMOBILE CRANES QUANTITY DETERMINATION FOR MAIN GAS PIPELINES CONSTRUCTION AND REPAIR

***N.S. Zakharov, N.O. Sapozhenkov,
V.A. Rakitin, V.S. Petrov***

Russia's dominance in the global energy market is predetermined by the scale and development prospects of gas transmission infrastructure to ensure a continuous cycle of gas supply from fields to

end consumers. Operating conditions of gas production, processing, transportation, storage and distribution facilities are associated with the influence of environmental factors, which varies greatly due to the length of pipelines covering all climatic regions of the country. The growth in the length of new pipelines and the need to repair existing pipelines based on the results of in-line diagnostics contribute to an increase in the volume of loading and unloading operations and the storage of pipes, therefore, studies on improving methods for determining the need for truck cranes when for constructions organizing technological processes and repair of main gas pipelines are relevant.

The purpose of the study is to determine the efficiency of truck cranes operation in the process of main gas pipelines overhaul and construction.

The scientific novelty is formed by the patterns of formation of the cost and labor intensity of loading, depending on the load capacity of a truck crane and the unloading pipes parameters.

The research methodology is based on a systematic approach, methods for analyzing the technical operation of vehicles and proven data processing techniques.

The recommendations made as a result of this study have been implemented to organize preparatory work at major main gas pipelines overhaul facilities and construction, which increases the efficiency of processes, optimizes the structure of special vehicles and reduces the cost of technological operations.

Keywords: *main gas pipelines; overhaul; construction; optimization; transport work; technological operations; truck crane; lifting capacity; efficiency*

For citation. *Zakharov N.S., Sapozhenkov N.O., Rakitin V.A., Petrov V.S. Automobile Cranes Quantity Determination for Main Gas Pipelines Construction and Repair: International Journal of Advanced Studies, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 50-67. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-50-67*

Введение

Россия занимает первое место в мире по разведанным запасам газа, а протяжённость магистральных газопроводов в составе единой газотранспортной сети превышает 178 тыс. км [1]. Тенденция к увеличению протяженности трубопроводов способствует росту объёмов работ по техническому обслуживанию и ремонту ввиду объективной необходимости инспектирования актуального состояния газотранспортной инфраструктуры и замены повреждённых участков из-за деградации показателей технического состояния, достижения предельного срока службы и влияния других факторов, препятствующих безопасной эксплуатации магистральных газопроводов на действующих участках при увеличении общей протяжённости за счёт строительства новых объектов. Стратегическое значение трубопроводов требует проведения планового капитального ремонта в составе операций по регулярному техническому обслуживанию для поддержания заданной надёжности и предотвращения аварийных ситуаций с частичной или полной остановкой подачи газа, поэтому эффективность системы транспортного обеспечения технологических операций по строительству и ремонту имеет особую значимость для своевременного выполнения заданных объёмов работ с минимальными затратами (Рис. 1).

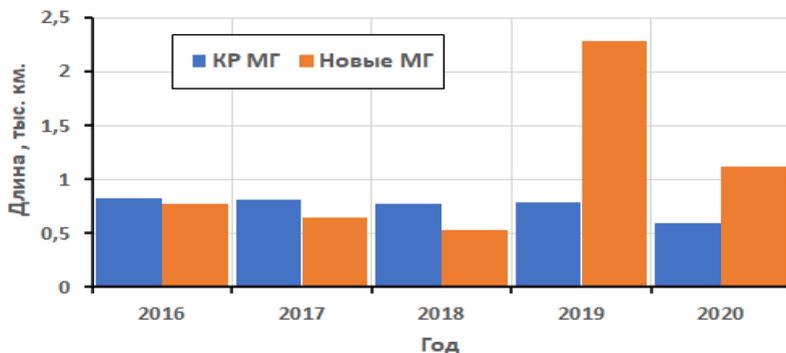


Рис. 1. Среднегодовая динамика ввода в эксплуатацию новых участков и капитального ремонта действующих в ПАО «Газпром» [1]

При организации работ по ремонту и строительству газопроводов на земле возводятся временные склады для хранения и подготовки труб, поэтому удельная стоимость использования оборудования для выполнения погрузочно-разгрузочных работ в существенной мере влияет на экономические показатели технологических процессов. Процесс капитального ремонта включает в себя несколько этапов: транспортировку труб на места временного складирования, погрузочно-разгрузочные операции, транспортировку к месту проведения работ, после чего осуществляется замена повреждённых труб на новые [2, 7, 9, 11]. В настоящее время автомобильные краны для выполнения погрузочно-разгрузочных операций выбираются исходя из загруженности подвижного состава без учёта способа складирования, сроков ремонта и количества труб на объектах [12–13]. Вылет стрелы автомобильного крана определяется в соответствии с правилами Ростехнадзора [2, 3–6], где указывается грузовая устойчивость на основе характеристик, рассчитанных для текущего положения стрелы перпендикулярно к ребру минимальной устойчивости крана (Рисунок 2).

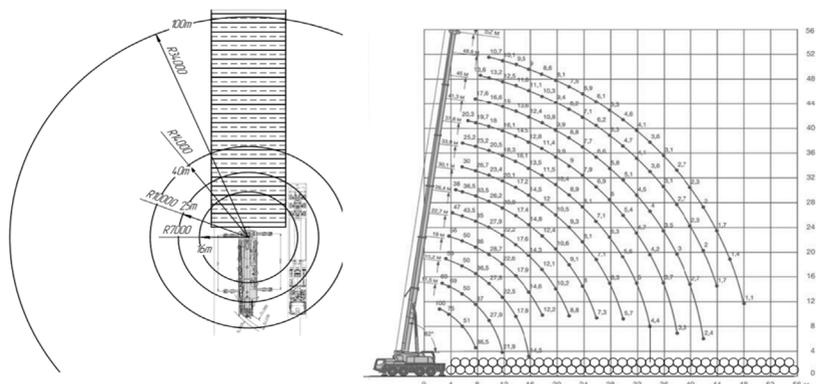


Рис. 2. Анализ грузовысотных характеристик автомобильных кранов

Увеличение грузоподъёмности способствует снижению трудоёмкости процесса погрузки и разгрузки труб за счёт увеличения

вылета стрелы, но при этом повышается стоимость машино-часа и увеличивается сложность выполнения технологических операций, так как по мере роста грузоподъёмности усложняются процессы приведения из транспортного в рабочее положение, растёт стоимость оборудования и предъявляются более высокие требования к квалификации задействованного персонала [10]. Таким образом, для эффективной организации транспортного обеспечения при подборе автомобильных кранов для работы на местах капитального ремонта и строительства магистральных газопроводов требуется дополнительная оценка численных значений показателей грузоподъёмности с учётом временных и сметных ограничений [8, 16, 17].

В соответствии с ГОСТ 3144–2012, к магистральным относят трубы с диаметром более 114 мм., при этом трубы малых диаметров используются в инженерных коммуникациях на объектах распределения и регулирования, а непосредственно для магистральных газопроводов применяются трубы, диаметр которых варьирует в пределах 508–1420 мм с толщиной стенок от 7 до 48 мм. Практика показывает, что транспортировка газа на большие расстояния преимущественно осуществляется через трубы с высокой пропускной способностью диаметром 1420 мм.[14–16], что в совокупности с воздействием климатических условий эксплуатации, особенностей грунта, деформации сварных соединений и методов балластировки в местах прокладки формирует основной поток требований по замене. Складирование таких труб осуществляется в два ряда с ограничением высоты в 3 метра для оптимального использования пространства, обеспечения устойчивости и предотвращения аварийных ситуаций [11], поэтому зависимость оптимальной грузоподъёмности автомобильных кранов от количества труб и протяжённости ремонтных участков может быть установлена на основе ключевых показателей эксплуатационных свойств и грузовысотных характеристик. Для установления закономерностей формирования стоимости вы-

полнения технологических операций были выбраны наиболее популярные автомобильные краны в составе 9 размерных групп, грузоподъемность которых варьирует в диапазоне от 4 до более, чем 100 тонн. Начальные значения грузоподъемности верхнего оборудования соответствуют специальным автомобилям на базовом шасси колёсных грузовых автомобилей шоссейного или вездеходного типа, в то время как для крупнотоннажных кранов применяются специальные многоосные платформы повышенной проходимости с улучшенной маневренностью за счёт нескольких управляемых осей.

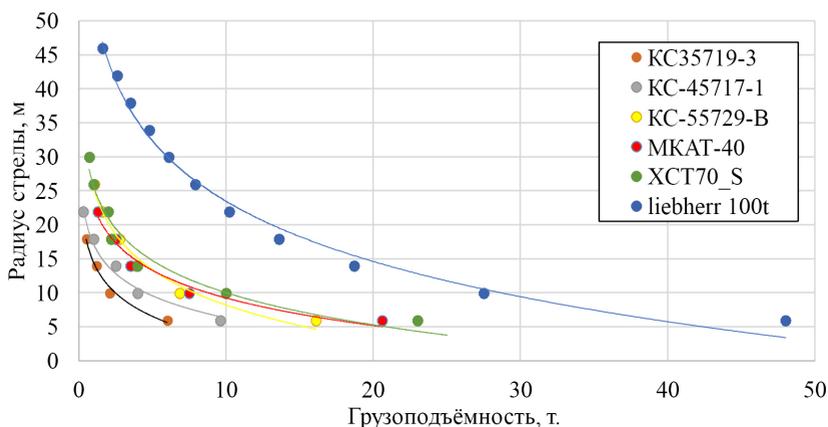


Рис. 3. Зависимость грузоподъемности от радиуса стрелы

Для определения стоимости погрузки с учётом количества труб и грузоподъемности автомобильных кранов далее необходимо сравнить численные значения показателей эксплуатационных свойств исследуемых моделей:

1. Грузоподъемность: максимальный вес, который кран способен поднимать и транспортировать груз.

2. Радиус действия: максимальное расстояние, на которое кран может поднимать и перемещать трубы при фактическом вылете стрелы.

3. Устойчивость: надёжность фиксации во время подъема и транспортировки труб с учётом ограничений по требованиям безопасности.

Радиус стрелы определяется как расстояние между центром крана и крайней точки стрелы, поэтому максимальное количество труб для складирования без дополнительного перемещения крана рассчитывается с учётом ограничений по номинальной грузоподъёмности по мере увеличения вылета (Рисунок 3).

В этой связи для оценки производительности крана на первом этапе необходимо определить время цикла:

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \quad (1)$$

где t_1 – время вертикального перемещения стрелы;

t_2 – время на поворот стрелы;

t_3 – время на закрепление груза

Далее рассчитывается грузоподъёмность крана на вылете:

$$G = m + 0,2, \quad (2)$$

где m – масса трубы

Грузоподъёмность автомобильного крана на вылете позволяет определить коэффициент использования крана:

$$k_g = \frac{m}{G}, \quad (3)$$

Производительность без учёта времени на переезд:

$$P = 3600 \cdot G \cdot \frac{K_g}{t}, \quad (4)$$

Количество труб для погрузки с учётом грузоподъёмности на максимальном вылете стрелы:

$$K_0 = \frac{R}{D} \cdot n, \quad (5)$$

где R – максимальный радиус вылета стрелы;

D – диаметр трубы;

n – количество рядов по высоте

Таким образом, формируются исходные данные для оценки удельной производительности автомобильных кранов при выполнении погрузочно-разгрузочных операций (Таблица 1).

Таблица 1.

**Оценка численных значений показателей эксплуатации
автомобильных кранов**

| Параметр | KC35719-3 | KC-45717-1 | KC-55729-B | МКАТ-40 | XCT70_S | liebherr 100t |
|--|-----------|------------|------------|---------|---------|---------------|
| Время цикла, с. | 154,35 | 162,29 | 191 | 161,60 | 160,5 | 160,33 |
| Производительность при одном переезде, т/ч | 102,37 | 97,36 | 82,73 | 97,78 | 98,45 | 98,55 |
| Количество труб, без переезда | 10 | 14 | 20 | 20 | 22 | 48 |
| Всего переездов | 9,6 | 6,85 | 4,8 | 4,8 | 4,36 | 2 |
| Расстояние переезда, м | 7,20 | 10,20 | 14,38 | 14,08 | 15,65 | 34,01 |
| Время выдвижения стрелы, с | 20,95 | 39,60 | 76,23 | 59,79 | 75,29 | 120,88 |
| Время переезда, с | 136,13 | 171,94 | 216,58 | 219,85 | 246,56 | 275,35 |

Результаты оценки производительности для исследуемых моделей колёсных кранов позволяют определить время выполнения погрузочно-разгрузочных операций в зависимости от количества труб (Рис. 4).

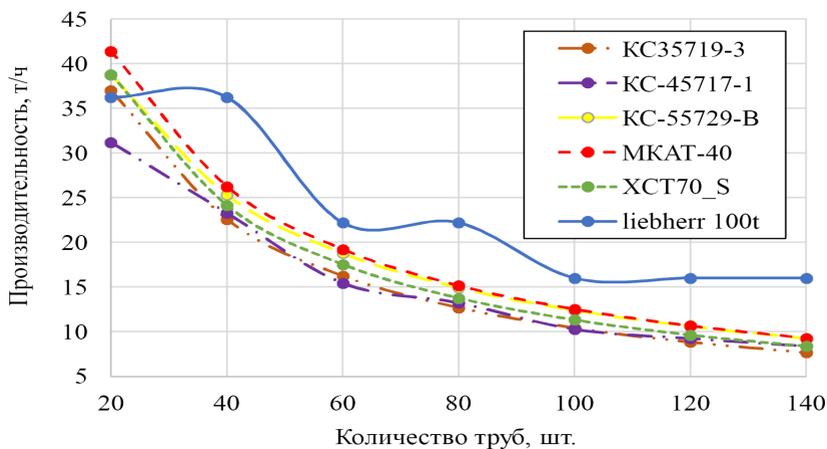


Рис. 4. Зависимость производительности от количества труб

Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением грузоподъёмности растёт стоимость погрузки, однако, по мере увеличения количества труб тенденция меняется. В этой связи, для повышения точности оценки полученные в результате аппроксимации уравнения преобразованы в итоговую модель закономерности формирования стоимости в зависимости от грузоподъёмности автомобильного крана и количества труб [13]:

$$P_m = (a_1 \cdot G^2 + b_1 \cdot G + c_1) \cdot K^2 + (a_2 \cdot K^2 + b_2 \cdot K + c_2) \cdot K + (a_3 \cdot K^2 + b_3 \cdot K + c_3), \quad (7)$$

где a, b, c – параметры модели;

G – грузоподъёмность;

K – количество труб

Разработанная модель используется для оценки стоимости погрузки 1 км. трубы в зависимости от грузоподъёмности и количества труб на объекте, в результате чего рассчитывается оптимальное количество автомобильных кранов и продолжительность технологических операций по организации погрузочно-разгрузочных работ с учётом календарных планов по объёму работ (Рисунок 5).

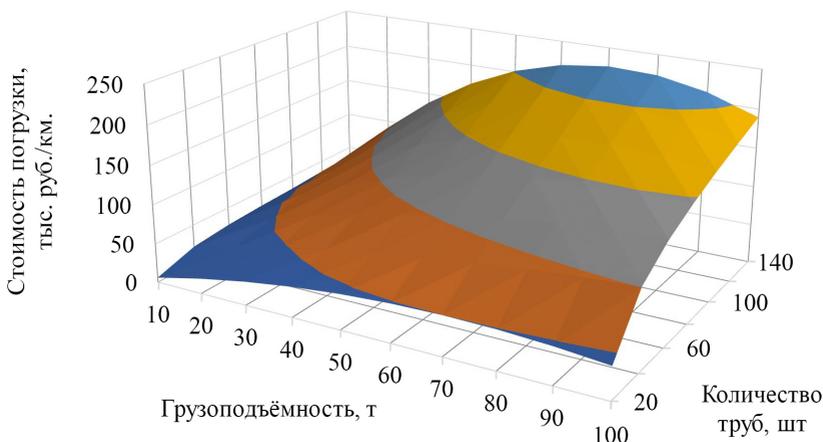


Рис. 5. Модель зависимости удельной стоимости технологических операций от грузоподъёмности и количества труб

Исследования показали, что применение крупнотоннажных кранов наиболее целесообразно при организации складирования большого количества труб в местах длительного хранения, железнодорожных хабах и промежуточных логистических центрах снабжения, поэтому для обслуживания временных складов такие краны подходят только в случаях масштабных проектов по ремонту и строительству либо при жёстких ограничениях по времени выполнения технологических операций, что требует дополнительных затрат на доставку, подготовку поверхности основания, развёртывание и перевод из транспортного в рабочее положение. В других случаях использование автомобильных кранов меньшей грузоподъёмности оказывается эффективнее, так как увеличение времени выполнения технологических операций из-за необходимости осуществления дополнительных переездов и ограничений по вылету стрелы при том же количестве труб незначительно отражается на стоимости, что с учётом затрат на перемещения до объекта, возможности развёртывания без критичных требований к качеству поверхности и пониженной ставки машино-часа позволяет при сопоставимых расходах ускорить погрузочно-разгрузочные работы без существенного увеличения итоговой стоимости, поэтому при распределённой системе транспортного обеспечения ПАО «Газпром» такие краны рекомендуется закреплять за компрессорными станциями с учётом запланированных объёмов по капитальному ремонту аварийно-восстановительных служб, результатов периодической внутритрубной диагностики, среднего возраста и условий эксплуатации труб на контролируемых участках.

Таким образом, применение разработанной модели на стадиях планирования календарных объёмов работ, выполнения инженерных изысканий и согласования проектных ограничений позволяет оптимизировать затраты на выполнение погрузочно-разгрузочных операций в процессах капитального ремонта и строительства магистральных газопроводов на основе повышения эффективности эксплуатации автомобильных кранов в составе парка транспортных и транспортно-технологических машин. Полученные

результаты могут быть использованы для разработки объективных рекомендаций по формированию структуры транспортного обеспечения в зависимости от протяжённости трубопроводов и совершенствования методов определения целесообразности использования услуг сторонних организаций с учётом объёма работ, грузовысотных характеристик автомобильных кранов и удалённости промежуточных мест сканирования труб от объектов транспортной сети. Дальнейшие исследования направлены на сбор и анализ данных для моделирования показателей эксплуатации автомобильных кранов в зависимости от методов прокладки трубопроводов и масштабирования методики формирования парка специальных транспортных средств. Экономический эффект образуется за счёт повышения удельной производительности при обеспечении соответствия параметров работы верхнего оборудования заданному объёму технологических работ.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Единая система газоснабжения России // ПАО Газпром : [сайт]. – 2023. –URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/transportation/>
2. Гатауллин В. З. Выбор рациональной структуры парка автомобильных кранов // European journal of economics and management sciences. 2018. №1. – С. 61-65.
3. ГОСТ 10692-2015. Трубы стальные, чугунные и соединительные детали к ним. М.: Стандартиформ, 2015. 12 с.
4. Дзюба Д. С. Оптимизация технологического комплекса капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов // Территория Нефтегаз. 2012. №6. С. 88-89.

5. Жадановский Б.В., Синенко С.А., Мирошникова И.М. Организация строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве автомобильными кранами // Системные технологии. 2018. №2 (27). С. 41-47.
6. Колпаков А. В., Новичков В. Н. Оптимизация погрузочно-разгрузочных работ как фактор повышения производительности труда на автотранспортных предприятиях // Сервис в России и за рубежом. 2018. №3 (81). – С. 147–151
7. Корятов М. С. О перемещении груза автокраном вдоль заданной траектории при ограничении количества одновременно управляемых координат // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2009. №2 (24). – С. 105-112.
8. Мамаев К.М. Математическое моделирование нагрузок автокрана и возможность расширения его характеристик грузоподъемности // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2011. №4. – С. 61-65.
9. Ремизов Д. И., Дзюба Д. С. К вопросу оптимизации капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов // Территория Нефтегаз. 2012. №5. С. 72-73.
10. Совершенствование проектирования капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов / Велиюлин И. И. [и др.] // Территория Нефтегаз. 2009. №12. С. 44-48.
11. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9, No 4. С. 27-31.
12. Агапова Е.Г., Попова Т.М. Имитационная модель участка транспортной сети // International Journal of Advanced Studies. 2020. Т. 10, No 4. С. 139-144
13. Huseyin M. C., Qualitative Risk of Gas Pipelines, American Journal of Energy Engineering. Vol. 3, 2015, pp. 53-56. <https://doi.org/10.11648/j.ajee.20150303.14>
14. Kitaev S. V., Darsalia N. M., Baykov I. R., Smorodova O. V. The main gas pipelines defects analyzing by operation period and extension //

- Oil and Gas Studies, 2019, pp. 93–99. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2018-6-93-99>
15. Maksimychev O. I., Ostroukh A. V., Pastukhov D. A., Nuruev Y. E.-O., Karelina M. Y., Zhankaziev S. V. Automated control system of road construction works // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. T. 11. № 9. С. 6441–6446.
 16. Makarova A.N., Zakharov N.S. The Regularity Model of the Average Daily Mileage and Trip Length Influence on Actual Frequency of Car Engineering Servicing // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. – pp. 032040.
 17. Zakharov N.S., Makarova A.N., Buzin V.A. Basic Simulation Models of Car Failure Flows // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. – pp. 042084.

References

1. Unified gas supply system of Russia, PAO Gazprom, 2023. –URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/transportation/>
2. Gataullin V. Z. Vybor ratsional'noy struktury parka avtomobil'nykh kranov [The choice of a rational structure of the truck cranes fleet]. *European journal of economics and management sciences*. 2018. №1. – pp. 61–65.
3. GOST 10692-2015. Truby stal'nye, chugunnye i soedinitel'nye detali k nim [Pipes steel, pig-iron and connecting details for them.]. *M.: Standartinform*, 2015. 12 p.
4. Dzyuba D. S. Optimizatsiya tekhnologicheskogo kompleksa kapital'nogo remonta lineynoy chasti magistral'nykh gazoprovodov [Optimization of the technological complex for the linear part of the main gas pipelines overhaul]. *Territoriya Neftegaz* [Territory Neftegaz]. 2012. №6. pp. 88–89.
5. Zhadanovskiy B.V., Sinenko S.A., Miroshnikova I.M. Organizatsiya stroitel'no-montazhnykh i pogruzochno-razgruzochnykh rabot v stroitel'stve avtomobil'nykh kranami [Organization of installation and unloading works in construction by truck cranes]. *Sistemnye tekhnologii* [System Technologies]. 2018. №2 (27). pp. 41–47.

6. Kolpakov A. V., Novichkov V. N. Optimizatsiya pogruzochno-razgruzochnykh rabot kak faktor povysheniya proizvoditel'nosti truda na avtotransportnykh predpriyatiyakh [Optimization of loading and unloading operations as a factor in increasing labor productivity at motor transport enterprises]. *Servis v Rossii i za rubezhom* [Russia's and abroad service]. 2018. №3 (81). – pp. 147–151
7. Korytov M. S. O peremeshchenii gruzha avtokranom vdol' zadannoy traektorii pri ogranichenii kolichestva odnovremenno upravlyaemykh koordinat [About the movement of cargo by a truck crane along a given trajectory with the limiting of simultaneously controlled coordinates number]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskije nauki* [Bulletin of the Samara State Technical University. Series: Engineering sciences]. 2009. №2 (24). – pp. 105–112.
8. Mamaev K. M. Matematicheskoe modelirovanie nagruzok avtokrana i vozmozhnost' rasshireniya ego kharakteristik gruzopod'emnosti [Mathematical modeling of truck crane loads and its load capacity characteristics expanding possibility]. *Vestnik DGTU. Tekhnicheskije nauki* [Bulletin of DSTU. Technical science]. 2011. №4. – pp. 61–65.
9. Remizov D. I., Dzyuba D. S. K voprosu optimizatsii kapital'nogo remonta lineynoy chasti magistral'nykh gazoprovodov [On the issue of the main gas pipeline's linear part overhaul optimizing]. *Territoriya Neftegaz* [Territory Neftegaz]. 2012. №5. pp. 72–73.
10. Veliyulin I. I., Reshetnikov A. D., Kolotovskiy P. A., Arbuzov M. V., Shafikov R. R. Sovershenstvovanie proektirovaniya kapital'nogo remonta lineynoy chasti magistral'nykh gazoprovodov [Improving the design of the main gas pipeline's linear part overhaul]. *Territoriya Neftegaz* [Territory Neftegaz]. 2009. №12. pp. 44-48.
11. Shakirov A. A., Zaripova R. S. Osobennosti modelirovaniya logisticheskikh sistem [Features of logistics systems modeling]. *International Journal of Advanced Studies*. 2019. T. 9, No 4. pp. 27-31.
12. Agapova E. G., Popova T. M. Imitatsionnaya model' uchastka transportnoy seti [Simulation model of the transport network section]. *International Journal of Advanced Studies*. 2020. T. 10, No 4. pp. 139–144

13. Huseyin M. C., Qualitative Risk of Gas Pipelines, *American Journal of Energy Engineering*. Vol. 3, 2015, pp. 53-56. <https://doi.org/10.11648/j.ajee.20150303.14>
14. Kitaev S. V., Darsalia N. M., Baykov I. R., Smorodova O. V. The main gas pipelines defects analyzing by operation period and extension. *Oil and Gas Studies*, 2019, pp. 93–99. <https://doi.org/10.31660/0445-0108-2018-6-93-99>
15. Maksimychev O. I., Ostroukh A. V., Pastukhov D. A., Nuruev Y. E.-O., Karelina M. Y., Zhankaziev S. V. Automated control system of road construction works. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016. Т. 11. № 9. pp. 6441–6446.
16. Makarova A.N., Zakharov N.S. The Regularity Model of the Average Daily Mileage and Trip Length Influence on Actual Frequency of Car Engineering Servicing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. – pp. 032040.
17. Zakharov N.S., Makarova A.N., Buzin V.A. Basic Simulation Models of Car Failure Flows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. – pp. 042084.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Захаров Николай Степанович, заведующий кафедрой «Сервис автомобилей и технологических машин», доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
Ул. Володарского 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация
eom@tyuiu.ru

Сапоженков Николай Олегович, доцент кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин», кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
Ул. Володарского 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация
eom@tyuiu.ru

Ракитин Владимир Александрович, соискатель кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
Ул. Володарского 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация
eom@tyuiu.ru

Петров Вячеслав Сергеевич, студент кафедры «Автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
Ул. Володарского 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация
slava99-04@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nikolai S. Zakharov, Head of the department “Service of cars and technological machines”, Doctor of technical sciences, Professor
Tyumen Industrial University
st. Volodarskogo 38, Tyumen, 625000, Russian Federation
eom@tyuiu.ru

Nikolai O. Sapozhenkov, Associate Professor of the Department “Service of cars and technological machines”, Candidate of Technical Sciences
Tyumen Industrial University
st. Volodarskogo 38, Tyumen, 625000, Russian Federation
eom@tyuiu.ru

Vladimir A. Rakitin, Competitor of the Department “Service of cars and technological machines”, doctor of technical sciences, professor
Tyumen Industrial University

st. Volodarskogo 38, Tyumen, 625000, Russian Federation
eom@tyuiu.ru

Vyacheslav S. Petrov, Student of the Department of Road Transport,
Construction and Road Machinery
Tyumen Industrial University
st. Volodarskogo 38, Tyumen, 625000, Russian Federation
slava99-04@mail.ru

Поступила 01.05.2023

После рецензирования 15.05.2023

Принята 23.05.2023

Received 01.05.2023

Revised 15.05.2023

Accepted 23.05.2023