

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2024.4.3>

## БЕСПИЛОТНЫЙ АВТОТОПЛИВОЗАПРАВЩИК НА БАЗЕ КАМАЗ 43118-50

Научная статья

Попов Н.А.<sup>1</sup> \*

<sup>1</sup> Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (23nik785[at]mail.ru)

### Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема разработки беспилотного топливозаправщика для безопасной и эффективной транспортировки горючего вещества на месторождения, осуществления дозаправки техники в мобильном и стационарном состоянии. В работе рассматривается перемещение автотопливозаправщика (АТЗ) оборудованного системой беспилотного управления. Для управления АТЗ в данный момент используются водители, их график работы может быть не нормирован, также может увеличиться длительность смены с 10 до 16 часов. Ввиду того, что работа водителем АТЗ несет в себе монотонный характер. Возникают следующие проблемы: снижается концентрация на дороге, возникает сонливость и усталость, значительно возрастает время реакции на какое-либо происшествие. Также при работе возникают плохие условия видимости или же погодные условия, что также значительно увеличивает риск возникновения дорожно-транспортного происшествия (ДТП), что может повлечь за собой пожароопасную ситуацию. Целью работы является снижение физической и моральной усталости на человеческий фактор, а также уменьшение рисков ДТП. Объект исследования – внедрение системы беспилотного управления в топливозаправщик на базе автомобиля КамАЗ 43118-50.

**Ключевые слова:** разработка беспилотного автотопливозаправщика, транспортировка топлива, человеческий фактор, система беспилотного управления, КамАЗ 43118-50, уменьшение ДТП, снижение нагрузки на человека.

## UNMANNED REFUELLING TRUCK BASED ON KAMAZ 43118-50

Research article

Popov N.A.<sup>1</sup> \*

<sup>1</sup> Омский государственный технический университет, Omsk, Russian Federation

\* Corresponding author (23nik785[at]mail.ru)

### Abstract

The article examines the urgent problem of developing an unmanned refuelling vehicle for safe and efficient transportation of fuel to the fields, refuelling of vehicles in mobile and stationary state. The work addresses the movement of a refuelling tanker equipped with an unmanned control system. At the moment drivers are used to drive the AFT their work schedule may not be rationed, and the shift duration may increase from 10 to 16 hours. Due to the monotonous nature of the work of an AFT driver. The following problems arise: reduced concentration on the road, drowsiness and fatigue, significantly increased reaction time to any incident. Also when working, poor visibility or weather conditions occur, which also significantly increases the risk of a road traffic accident (RTA), which can lead to a fire hazard. The purpose of the work is to reduce physical and moral fatigue on the human factor, as well as decrease the risk of road traffic accidents. The object of the study is the introduction of an unmanned control system in a fuel tanker based on the KamAZ 43118-50 vehicle.

**Keywords:** development of unmanned refuelling truck, fuel transportation, human factor, unmanned control system, KamAZ 43118-50, accident reduction, human load reduction.

### Введение

Горнодобывающая промышленность является комплексом отраслей по добыче и обогащению полезных ископаемых. Наша страна является лидером среди горнодобывающих государств по числу добываемых продуктов. В мировом производстве доля отечественной промышленности составляет 9,7% [1]. Горнодобывающая отрасль воздействует на развитие экономического и технического сектора страны.

Для повышения эффективности работы горнодобывающей отрасли, необходима бесперебойная работа такой техники, как: экскаваторы, самосвалы, бульдозеры, погрузчики и другой техники. Для повышения эффективности техника должна производить работы, не покидая район работ, не затрачивая время на дорогу для дозаправки на стационарных базах [2].

Для решения данного вопроса используются топливозаправщики, которые преимущественно располагаются на базе колесных автомобилей (АТС). В отличие от бензовозов, они могут не только применяться для транспортирования и хранения топлива, но и для дозаправки техники. АТЗ оборудуются счётчиком горючего, клапаном, насосом и рукавом со специальной насадкой.

Для управления рассматриваемого транспортного средства (ТС) используются водители, на которых сказывается усталость после продолжительного рабочего дня, продолжительность рабочей смены может варьироваться от 10 до 16 часов [3]. Так как большее количество времени на смене состоит из движения из точки в точку, эта работа приобретает монотонный характер. При продолжительной смене у водителя притупляется внимание и увеличивается время

реакции. Следовательно, качество и выполнение данных задач уменьшается. При плохих погодных условиях, которые часто возникают в районах месторождений, возрастает риск дорожно-транспортных происшествий [4].

Задачами работы можно считать:

- Разработка беспилотной системы управления и ее монтаж в АТЗ для обеспечения дозаправки транспорта
- Расчет экономической целесообразности проекта.

Для решения задачи по переоборудованию АТС рассмотрим базу транспортного средства КамАЗ 43118-50. Можно использовать практику применения беспилотных автомобилей в мире. С помощью применения системы беспилотного управления можно обеспечить круглосуточную дозаправку техники на месторождении, с перерывами лишь на техническое обслуживание или текущий ремонт.

### Основные результаты

Система беспилотного управления – это программно-аппаратный комплекс, направляющий транспортное средство по заданной ему траектории. Система беспилотного управления может состоять из таких элементов, как: искусственный интеллект, датчики и компьютер, обрабатывающий сигналы от элементов [5]. Элементы необходимы для принятия решений и выполнения задач без участия человека.

Внедрение системы беспилотного управления на АТЗ различных видов может дать ряд значительных преимуществ [6]:

- Повышение уровня безопасности состоит в том, что заправщики на базе авто являются ТС повышенной опасности и исключая человеческий фактор (усталость, сонливость, снижение концентрации), беспилотные АТЗ обладают высокой скоростью принятия решений, так как действуют на основании алгоритмов, что уменьшает вероятность возникновения аварий.

- Эффективность эксплуатации транспорта заключается в оптимизации маршрута следования и управление движением ТС снизит затраты на топливо и увеличит эффективность работы.

- Использование автоматической системы позволит исключить ошибки при управлении транспортом на основании данных и приведет к снижению потребления топлива, оптимизации движения, что позволит сократить выбросы вредных веществ.

- Беспилотное управление позволит сократить количество наёмного персонала – водителей АТЗ.

Рассмотрим оборудование и элементы необходимые для беспилотного движения АТЗ [7]:

- Лидар – лазерный дальномер, который устанавливается на высшую точку АТЗ. Он преобразует входящие данные об окружающей среде в радиусе до 100 метров, использует лазерные лучи.

- Радарные сенсоры – необходимы для определения дальности объектов, траектории и скорости их движения. Радар излучает радиопульсы, которые отражаются от препятствий и передаются на принимающую антенну.

- GPS-приёмник – позволяет ТС ориентироваться в пространстве и строит маршрут движения. Дополнительно можно определять и отслеживать местоположение машины из офиса.

- Камера – необходима для передачи и обнаружения дополнительных элементов движения, приближающихся на опасное расстояние.

- Управляющий компьютер – принимает основные решения о поведении ТС на дороге, после обработки данных с датчиков.

- Компьютер визуального интерфейса и датчиков – отвечает за работу установленных на машину датчиков.

- Контроллеры управления – приводят в действие команды по движению и торможению.

Рассмотрим работу беспилотного АТЗ [8]:

При движении ТС специализированный прибор (лидар) передаёт данные на управляющий компьютер, который, в свою очередь, связывается с картами, и обрабатывает информацию. Алгоритмы компьютера обрабатывают данные с других датчиков (камер, радаров, сенсоров) и выстраивают ситуацию на дороге, а также оценивают поведение других участников движения. На основании этих же данных, производится расчёт движения транспортного средства и его поведение на дороге (повысить скорость, затормозить, повернуть и т.д.). Технологии беспилотного управления стремятся к тому, чтобы транспорт не нуждался в специальной инфраструктуре и становился активным участником дорожного движения [9].

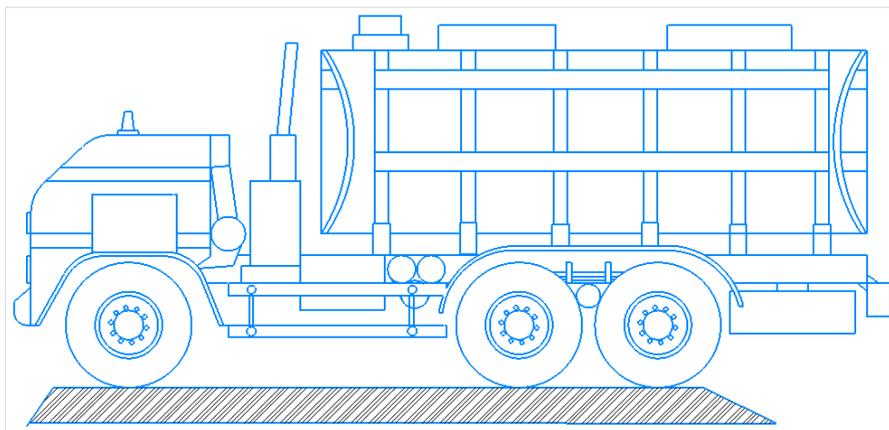


Рисунок 1 - Беспилотный АТЗ на базе КамАЗ 43118-50

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2024.4.3.1>

В представленном варианте беспилотного транспортного средства должны входить 2D- и 3D-лидары, радары с защитой от пыли, грязи и вибраций. Что особенно актуально для месторождений и пересеченной местности. Лидары расположены в двух самых высоких точках машины, на крыше кабины и на цистерне, чтобы исключить риски получения повреждений транспортным средством во время движения и повышения уровня безопасности при движении по дорогам общего назначения. Радарные сенсоры – два должны быть расположены в передней части АТЗ на бампере, два в крайних точках задней части АТЗ и по три сенсорных датчика на боковых сторонах АТЗ, которые должны быть расположены на равном расстоянии друг от друга. При наличии такого недостатка у радаров, как выбор между дальностью действия или областью работы, наличие десяти датчиков позволит сделать упор на дальность действия. Данное количество датчиков позволит исключить наезд на пешеходов и препятствия во время движения, так как они подходят для работы с удаленными объектами, не сильно зависят от погодных условий и работают в темноте.

Также АТЗ должен быть оборудован системой «GPS/ГЛОНАСС» навигации, для контроля за ним и прокладывания маршрута.

Камеры для обеспечения беспилотного управления должны быть установлены в количестве шести штук. По одной в передней и задней части ТС с обеспечением максимального обзора, так же по две должно быть установлено на каждом борте АТЗ, это обусловлено длиной машины. Это позволит предоставить всю информацию оператору при непредвиденных ситуациях, когда возникают проблемы с передвижением. Камеры должны быть снабжены омывателями.

Управляющий компьютер, компьютер визуального интерфейса и датчиков, контроллеры управления должны располагаться в кабине и защищены от влаги, а также снабжены системой вентиляции и охлаждения для обеспечения бесперебойной работы в любых условиях.

В конструкции предусмотрен резервный источник питания, дополнительные аккумуляторы. При выходе из строя системы энергообеспечения транспортного средства, резервных АКБ должно хватить для перемещения транспортного средства в безопасное место, питания приборов освещения для обозначения текущего положения и поддержания системы GPS в рабочем состоянии, для последующего обнаружения местонахождения АТЗ бригадой, которая осуществит ремонт.

### Обсуждение

В любом проекте важным фактором являются начальные вklady и последующая окупаемость. Рассмотрим данные параметры для беспилотного АТЗ [10]:

Затраты на приобретение основного базового АТЗ и дооснащение АТЗ. По доступным данным известно, на закупку АТЗ на базе КамАЗ 43118-50 необходимо 9 миллионов рублей.

Средняя заработная плата водителя на АТЗ в России составляет 130 тыс. руб./мес.

Затраты на топливо. Средний расход составляет 39 л на 100 км пройденного пути. В месяц ТС преодолевают расстояние равное не менее 12400 километров.

Затраты на обслуживание. Рассматривать не будем, так как транспортные средства на одной и той же базе.

При проектировании временного промежутка сроком в 3 года, затраты составят:

Расходы на покупку АТЗ – единоразово 9 миллионов рублей.

Расходы на выплату заработной платы водителя за 3 года составят:

Заработная плата за месяц, умноженная на количество месяцев в году и на количество лет.

$$130 \times 12 \times 3 = 4\,680\,000 \text{ рублей}$$

Расходы на топливо в месяц будут составлять:

$$(12400 \div 100) \times 39 \times 65 = 314\,340 \text{ рублей}$$

Расход топлива за весь период

Стоимость топлива в месяц умноженная на количество месяцев в году и на 3 года

$$314\,340 \times 12 \times 3 = 11\,316\,240 \text{ рублей}$$

Таким образом, за 3 года затраты на стандартную работу АТЗ составили 24 996 240 рублей, без учета технического обслуживания.

При дооснащении же АТЗ системой беспилотного управления, с учетом стоимости оборудования, его монтажа и всех пусконаладочных работ составит вместе с покупкой нового ТС 11 000 000 рублей.

Затраты составят:

Расходы на покупку АТЗ – единоразово 9 миллионов рублей)

Расходы на дооснащение АТЗ системой беспилотного управления составит 2 миллиона рублей.

Расходы на топливо, так как автоматическая система управления транспортным средством выбирает оптимальную скорость для движения и строит оптимальные маршруты, расход топлива должен сократиться на 20%.

Расходы на топливо в месяц:

Средний расход топлива на 100 километров пути, при применении автоматического управления:

$39 - (39 \times 0,2) = 31,2$  литра

Расходы на топливо в месяц будут составлять, при применении автоматического управления:

$(12400 \div 100) \times 31,2 \times 65 = 251\,472$  рублей в месяц

Расход топлива за весь период:

$251\,472 \times 12 \times 3 = 9\,052\,992$  рублей за 3 года

Таким образом, за 3 года затраты на переоснащенный АТЗ на базе КамАЗа составили 20 052 992 рублей, без учета технического обслуживания.

Следовательно, при одном и том же, сроке эксплуатации и затратах на техническое обслуживание, разница в затратах между базовым АТЗ и АТЗ с системой беспилотного управления составила 4 943 248 рублей.

АТЗ с системой беспилотного управления сокращает затраты производства, где его буду использовать.

Рассмотрим общую нагрузку на водителей обычного топливозаправщика. Данное решение позволит провести аналогию с беспилотным АТС:

Реальное время работы водителя топливозаправщика в среднем составляет 18 часов [10], ежедневные технические обслуживания (ЕТО) проводят водители ТС, данные действия так же посчитаны в указанное время работы. При таком интервале рабочего времени водители чувствуют сонливость и усталость спустя 3 суток работы, что приводит к серьезным ДТП. Беспилотный топливозаправщик не имеет свойства усталости, и он имеет возможность эксплуатироваться минимум 20 часов в сутки.

### Заключение

Можно сделать вывод, АТЗ с системой беспилотного управления для является одним из самых востребованных транспортных средств будущего в частности он может эксплуатироваться в горнодобывающей отрасли, дополнительно и в других отраслях, где необходим постоянный подвоз топлива. Возможность работать без остановок, в любые погодные условия. Снижение количества затрат для предприятия, а также уменьшение влияния человеческого фактора в выполнении поставленных задач, благополучно влияет на безопасность и скорость транспортировки топлива. Рассматриваемое ТС может прерываться на техническое обслуживание (ТО) и ремонт.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Нестеренко Г.А. К вопросу применения газодизельной силовой установки в районах Крайнего Севера / Г.А. Нестеренко, И.С. Нестеренко, В.С. Талызин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. — 2023. — 4(38).
2. Болтштынский А.П. Оценка затрат на создание передвижных СТОА / А.П. Болтштынский, В.Е. Щерба, Г.А. Нестеренко и др. // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно- технологических машин; под ред. Н.С. Захаров. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2009. — с. 67-71.
3. Нестеренко Г.А. К вопросу обеспечения комфорта в специализированном автомобиле на базе автомобиля ГАЗ-27527 / Г.А. Нестеренко, С.А. Железняк // Современные инновации. — 2016. — 12(14). — с. 30-33.
4. Нестеренко Г.А. Об экономической эффективности перевода автомобилей на газовое топливо / Г.А. Нестеренко, И.С. Нестеренко, В.С. Талызин // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — 12(126) .
5. Туренко Е.С. Как работает беспилотный транспорт / Е.С. Туренко // Тпрогер. — 2018 — URL: <https://tproger.ru/articles/self-driving-cars-howto> (дата обращения: 18.05.2024)
6. Буграков В.С.. Состав и устройств автодрома дилеров по продаже автомобилей для проведения тестовых заездов / В.С. Буграков, Г.А. Нестеренко, И.С. Нестеренко // Европейский исследовательский форум; под ред. И.И. Ивановская — Петрозаводск: Новая Наука, 2021. — с. 15-23.
7. Беспилотные авиационные системы: история развития, преимущества и вызовы использования // Научные Статьи.Ру. — 2023 — URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/issledovaniya-v-oblasti-tehnologij-proizvodstva-bespilotnyh-aviacionnyh-sistem/> (дата обращения: 18.05.2024)
8. Автопилот Беспилотный автомобиль // Консультант ПО. — 2021 — URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот\\_\(беспилотный\\_автомобиль\)?ysclid=lvjrrrh2wa841621419](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот_(беспилотный_автомобиль)?ysclid=lvjrrrh2wa841621419) (дата обращения: 18.05.2024)

9. Щерба В.Е. Анализ основных геометрических и эксплуатационных параметров щелевых уплотнений, применяемых в поршневых гибридных энергетических машинах / В.Е. Щерба, Е.А. Дорофеев, Г.А. Нестеренко и др. // Вестник машиностроения. — 2021. — 12. — с. 25-30.

10. «Работать слишком тяжело» Как живет российский водитель бензовоза, который получает 100 тысяч рублей за вахту? // Лента.Ру. — 2023 — URL: <https://lenta.ru/articles/2023/07/13/gas/?ysclid=lvjqfdq4m8678885392> (дата обращения: 18.05.2024)

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Nesterenko G.A. K voprosu primeneniya gazodizel'noj silovoj ustanovki v rajonah Krajnego Severa [On the issue of the use of a gas-diesel power plant in the regions of the Far North] / G.A. Nesterenko, I.S. Nesterenko, V.S. Talyzin // Car. Road. Infrastructure. — 2023. — 4(38). [in Russian]

2. Boltshjanskij A.P. Ocenka zatrat na sozdanie peredvizhnyh STOA [Assessment of The Costs of Creating Mobile Parking Stations] / A.P. Boltshjanskij, V.E. Scherba, G.A. Nesterenko et al. // Problems Of Operation And Maintenance Of Transport And Technological Machines; ed. by N.S. Zaharov. — Tjumen': Tyumen Industrial University, 2009. — p. 67-71. [in Russian]

3. Nesterenko G.A. K voprosu obespechenija komforta v spetsializirovannom avtomobile na baze avtomobilja GAZ-27527 [On The Issue Of Providing Comfort In A Specialized Car Based On The GAZ-27527 Car] / G.A. Nesterenko, S.A. Zheleznyak // Modern Innovations. — 2016. — 12(14). — p. 30-33. [in Russian]

4. Nesterenko G.A. Ob ekonomicheskoj effektivnosti perevoda avtomobilej na gazovoe toplivo [On The Economic Efficiency Of Converting Cars To Gas Fuel] / G.A. Nesterenko, I.S. Nesterenko, V.S. Talyzin // International Scientific Research Journal. — 2022. — 12(126). [in Russian]

5. Turenko E.S. Kak rabotaet bespilotnyj transport [How unmanned vehicles work] / E.S. Turenko // Tproger. — 2018 — URL: <https://tproger.ru/articles/self-driving-cars-howto> (accessed: 18.05.2024) [in Russian]

6. Bugrakov V.S.. Sostav i ustrojstv avtodroma dilerov po prodazhe avtomobilej dlja provedeniya testovyh zaezdov [The Composition And Arrangement Of The Car Dealer Circuit For Test Runs] / V.S. Bugrakov, G.A. Nesterenko, I.S. Nesterenko // European Research Forum; edited by I.I. Ivanovskaja — Petrozavodsk: Novaja Nauka, 2021. — p. 15-23. [in Russian]

7. Bespilotnye aviacionnye sistemy: istorija razvitija, preimuschestva i vyzovy ispol'zovanija [Unmanned aircraft systems: the history of development, advantages and challenges of use] // Scientific Articles. — 2023 — URL: <https://nauchniestati.ru/spravka/issledovaniya-v-oblasti-tehnologij-proizvodstva-bespilotnyh-aviacionnyh-sistem/> (accessed: 18.05.2024) [in Russian]

8. Avtopilot Bespilotnyj avtomobil' [Autopilot Self-driving car] // Tadviser. — 2021 — URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот\\_\(беспилотный\\_автомобиль\)?ysclid=lvjrrrh2wa841621419](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот_(беспилотный_автомобиль)?ysclid=lvjrrrh2wa841621419) (accessed: 18.05.2024) [in Russian]

9. Scherba V.E. Analiz osnovnyh geometricheskikh i ekspluatatsionnyh parametrov schelevykh uplotnenij, primenjaemyh v porshnevnyh gibridnyh energeticheskikh mashinah [Analysis Of The Basic Geometric And Operational Parameters Of Slot Seals Used In Reciprocating Hybrid Power Machines] / V.E. Scherba, E.A. Dorofeev, G.A. Nesterenko et al. // Bulletin Of Mechanical Engineering. — 2021. — 12. — p. 25-30. [in Russian]

10. «Rabotat' slishkom tjazhelo» Kak zhivet rossijskij voditel' benzovoza, kotoryj poluchaet 100 tysjach rublej za vahu? ["It's too hard to work" How does a Russian tanker truck driver who receives 100,000 rubles per shift live?] // Lenta.Ru. — 2023 — URL: <https://lenta.ru/articles/2023/07/13/gas/?ysclid=lvjqfdq4m8678885392> (accessed: 18.05.2024) [in Russian]