

# ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

## TIMBER PROCESSING COMPLEX. TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL QUESTIONS

---

УДК 621.3.027.542.3

Ю. А. Ким<sup>1</sup>, М. Т. Насковец<sup>2</sup>, Н. И. Жарков<sup>2</sup>, В. И. Гиль<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

### ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ

В связи с нарастающим выпуском новых машин повышенной проходимости (лесных, сельскохозяйственных и др.), оснащенных крупногабаритными шинами, возникает проблема повышения их эксплуатационных качеств. Для решения этого вопроса проведены исследования, изучающие влияние воздействия крупногабаритных шин на почвогрунт.

В ходе лабораторных исследований определялась нагрузка на дорогу от машины. Объектом полевых исследований явилась машина, оснащенная системой централизованной накачки шин (ЦНШ) для задних колес. Были также проведены работы, связанные с разработкой конструкции и установкой системы ЦНШ. Выявлено, что время накачки шин задних колес с использованием ЦНШ в пределах от 0,05 до 0,15 МПа составляет 840 с при максимальной нагрузке на колесо и 600 с при минимальной. Время падения давления воздуха при тех же условиях составляет соответственно 1200 и 1500 с.

В процессе эксплуатации машин повышенной проходимости, оснащенных системой ЦНШ, выявилась ее недостаточная герметичность. Основная доля отказов пневмосистем относится к уплотнениям вращающихся соединений воздухопроводов. С целью повышения производительности и герметичности системы ЦНШ предлагается разработанное устройство крепления блока уплотнителей в ступице колеса. Как показали результаты проведенных исследований, основным направлением снижения уплотняющего воздействия колесного движителя на почву является снижение величин максимальных давлений в контакте.

**Ключевые слова:** проходимость, накачка шин, давление воздуха, уплотнение соединений, герметичность, затраты энергии.

**Для цитирования:** Ким Ю. А., Насковец М. Т., Жарков Н. И., Гиль В. И. Повышение проходимости колесных машин за счет регулирования давления воздуха в шинах // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 125–129.

Yu. A. Kim<sup>1</sup>, M. T. Naskovets<sup>2</sup>, N. I. Zharkov<sup>2</sup>, V. I. Gil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University

### INCREASING THE PERFORMANCE OF WHEELED MACHINES DUE TO REGULATION OF AIR PRESSURE IN TIRES

In connection with the growing production of new off-road vehicles (forestry, agricultural, etc.) equipped with large-size tires, the problem of improving their performance arises. To address this issue, studies have been conducted that study the effect of large-size tires on the soil.

In the course of laboratory studies, the load on the road from the car was determined. The object of field research was a vehicle equipped with a centralized tire inflation system (CNS) for the rear wheels. Works related to the development of the design and installation of the CNS system were also carried out. It has been established that the time of inflation of the tires of the rear wheels, using the CNS, ranging from 0.05 MPa to 0.15 MPa, is 840 s at the maximum load on the wheel, and 600 s at the minimum load. The air pressure drop time under the same conditions is 1200 and 1500 s, respectively.

During the operation of off-road vehicles equipped with the CNS system, it turned out that its tightness is insufficient. The main share of failures of pneumatic systems relates to the seals of the rotating joints of air ducts.

In order to improve the performance and tightness of the CNSh system, a developed device for fastening a block of seals in the wheel hub is proposed.

As the results of the research have shown, the main way to reduce the compacting effect of the wheel mover on the soil is to reduce the values of the maximum pressures in the contact.

**Key words:** flotation, tire inflation, air pressure, joint sealing, tightness, energy consumption.

**For citation:** Kim Yu. A., Naskovets M. T., Zharkov N. I., Gil V. I. Increasing the performance of wheeled machines due to regulation of air pressure in tires. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 125–129 (In Russian).

**Введение.** Вопрос повышения проходимости колесных транспортных средств давно волнует их производителей и эксплуатационников. Это относится к лесным и сельскохозяйственным машинам. Несмотря на постоянное усовершенствование конструкций движителей, их приводов, изменение распределения нагрузки по осям и других параметров, эта проблема не теряет своей актуальности [1–8]. Одним из наиболее эффективных и доступных способов повышения проходимости указанных транспортных средств является способ регулирования давления воздуха в шинах колес в допустимых пределах, в зависимости от условий эксплуатации [9–11]. Для этого были проведены экспериментальные исследования на примере машины МВУ-30, оснащенной крупногабаритными пневматическими шинами Ф-82.

Целью данного исследования является проверка эффективности использования системы централизованной накачки шин (ЦНШ), влияние параметров ее настройки на работу колесной машины и устранение конструктивных недостатков ЦНШ.

**Основная часть.** Экспериментальные исследования состояли из лабораторных и полевых. Определялась форма профилей шин с целью описания их математической зависимостью. В ходе лабораторных исследований определялась нагрузка на дорогу от машины. *Объектом полевых исследований* явилась машина, оснащенная системой ЦНШ для задних колес. Такая система позволяет поддерживать необходимое давление воздуха в шинах задних колес из кабины водителя на ходу. Технологический процесс, выполняемый машиной повышенной проходимости, часто связан с постоянным изменением ее массы (особенно лесной машины). В ходе полевых испытаний был проведен хронометраж, в результате которого определена производительность работы системы централизованной накачки шин.

Хронометраж проводился в следующей последовательности: время, необходимое для накачки шин (скорость нарастания давления); время, необходимое для стравливания воздуха из шин (скорость падения давления); время, затрачиваемое ежедневно на приведение в норму давления в шинах.

Проведенный хронометраж показал, что процесс нагнетания воздуха в шины задних колес (без применения ЦНШ) в пределах от 0,05 до 0,15 МПа длится около 2400 с. Поэтому были проведены работы, связанные с разработкой конструкции и установкой системы ЦНШ (рис. 1).

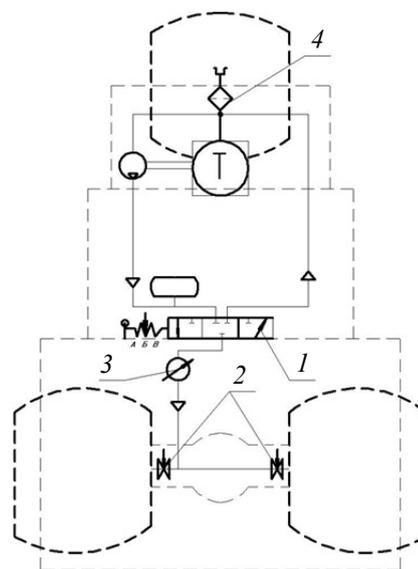


Рис. 1. Система централизованной накачки шин:  
1 – кран накачки шин; 2 – колесный клапан;  
3 – манометр; 4 – воздухоочиститель

Система ЦНШ объединена с пневматической магистралью тормозов машины. Она содержит кран накачки шин с приводом 1, клапаны 2, установленные на ступицах колес, блоки

уплотнителей, манометр 3 и трубопроводы. Кран накачки шин снабжен манометром. Сжатый воздух к крану накачки 1 поступает от воздухопровода, питающего стояночный тормоз. Кран накачки соединен с воздухоочистителем дизеля 4 и через трубопроводы и каналы цапф колес с полостями шин. Управление краном накачки 1 производится вручную. Рычаг привода тягой соединен с золотником крана и связан с рукояткой управления.

Рукоятка имеет три фиксируемых положения: нейтральное «Б», накачка «А», откачка «В». В нейтральном положении рукоятки привода золотник крана разобщает полости шин с воздухоочистителем и пневмомагистралью высокого давления. Манометр 3 для контроля давления воздуха в шинах подключен к воздухопроводу между колесным клапаном 2 и краном накачки 1. В нейтральном положении рукоятки привода крана накачки манометр 3 показывает давление воздуха в шинах. При установке рукоятки привода в положение накачки «А» золотник крана перемещается из нейтрального положения «Б», при этом полости шин соединены с пневмомагистралью высокого давления, а канал, сообщающийся с воздухоочистителем 4, остается перекрытым. Сжатый воздух через кран накачки 1, блок уплотнителей и другие элементы системы поступает в полости шин. При достижении требуемого давления в шинах рукоятку привода возвращают в нейтральное положение.

Для снижения давления воздуха в шинах, рукоятку привода необходимо установить в положение откачки «В». При этом полости шин соединяются с воздухоочистителем 4, а канал, связанный с пневмосистемой, перекрывается золотником, с целью исключения падения давления воздуха ниже 0,45 МПа, что приводит к автоматическому срабатыванию стояночного тормоза. Соединение полостей шин с воздухоочистителем 4 (где давление ниже атмосферного) во время откачки повышает скорость истечения воздуха из шин при работающем дизеле. После снижения давления в полостях шин до необходимой величины рукоятку привода следует перевести в нейтральное положение.

Время накачки шин задних колес с использованием ЦНШ в пределах от 0,05 до 0,15 МПа составляет 840 с при максимальной нагрузке на колесо и 600 с при минимальной. Время падения давления воздуха при тех же условиях составляет соответственно 1200 и 1500 с. Для повышения производительности работы системы ЦНШ необходимо увеличение площадей проходных сечений, а также оснащение машины автономной воздуходувкой, создающей давление до 0,15 МПа.

В процессе эксплуатации машин повышенной проходимости, оснащенных системой ЦНШ,

выявилось, что ее герметичность недостаточна. Основная доля отказов пневмосистем относится к уплотнениям вращающихся соединений воздухопроводов. Высокие окружные скорости приводят к нагреву контактирующих поверхностей; эти поверхности после остановки остывают и резина приваривается к металлической цапфе. Потере герметичности системы способствует образование выработки в виде канавки на цапфе от воздействия кромки манжеты, а также появление в результате износа радиального биения подшипников вала [12–15].

С целью повышения производительности и герметичности системы ЦНШ предлагается разработанное устройство крепления блока уплотнителей в ступице колеса, приведенное на рис. 2.

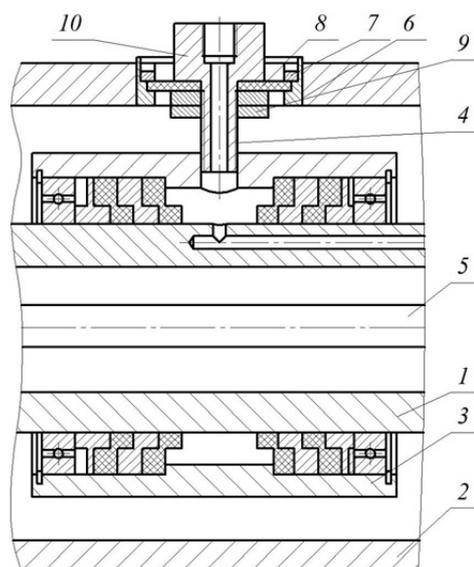


Рис. 2. Крепление блока уплотнителей:

- 1 – цапфа колеса; 2 – ступица; 3 – подшипник;  
4 – блок уплотнителей; 5 – полуось;  
6 – эксцентриковая втулка; 7 – кольцевая гайка;  
8 – диафрагма; 9 – гайка; 10 – переходник

Предлагаемое устройство состоит из поллой цапфы колеса 1, ступицы 2, подшипников 3, блока уплотнителей 4, полуоси 5, эксцентриковой втулки 6, кольцевой гайки 7, диафрагмы 8 с гайками 9 и переходником 10. Устройство отличается от аналогичных существующих тем, что с целью повышения надежности и долговечности уплотнения на корпусе переходника 10 закреплена охватывающая его эластичная диафрагма 8, которая установлена в эксцентриковой втулке 6 с зазором по наружному контуру и зафиксирована от осевого перемещения в ней. В существующих аналогичных устройствах корпус блока уплотнителей неподвижно установлен в ступице, а переходник образует с эксцентриковой втулкой цилиндрическую пару.

Таким образом, блок уплотнителей с переходником и ступицей лишены взаимных перемещений. Поэтому надежность герметизации и долговечность уплотнителей может быть обеспечена лишь при минимальном отклонении от концентричности расточки посадочной поверхности корпуса блока уплотнителей относительно посадочных поверхностей подшипников ступиц. Кроме того, некачественная или несвоевременная регулировка конических подшипников ступиц также способствует возникновению отклонения от концентричности рабочих кромок уплотнителей и, как следствие, ведет к возрастанию затрат энергии на накачку шин. Эти недостатки усугубляются в случае расположения внутри колеса планетарного редуктора, вызывающего увеличение размеров ступицы и повышение трудоемкости регулировок. Наличие эластичной диафрагмы 8, в предлагаемом устройстве, допускает перемещение переходника 10, в радиальном направлении заодно с блоком уплотнителей 4 и цапфой 1.

Изменять положение блока уплотнителей 4 на цапфе 1, что бывает необходимо при выра-

ботке канавок на поверхности цапфы колеса, можно несколькими путями: ослабив кольцевую гайку 7 и передвинув диафрагму 8 в эксцентриковой втулке 6 или сочетанием перемещения диафрагмы 8 с поворотом эксцентриковой втулки 6.

**Заключение.** Таким образом, в вышеописанном устройстве путем уменьшения утечек сжатого воздуха снижаются затраты энергии на накачку шин, повышается долговечность и надежность уплотнителей, расширяется диапазон возможных перестановок мест контакта уплотнителей с поверхностью цапфы, что в итоге повышает быстродействие и надежность работы системы ЦНШ.

От пневмомагистрали системы ЦНШ возможно также запитывать различные устройства, позволяющие повысить эксплуатационные качества машин высокой проходимости.

Понижение величины давления воздуха в шинах колес вызывает повышение их радиальной деформации, что, в свою очередь, увеличивает величину угла крена машины от действия центробежной силы на поворотах.

#### Список литературы

1. Гуськов В. В. Тракторы. Часть II. Теория. Минск: Выш. шк., 1977. 384 с.
2. Кацыгин В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий // Вопросы земледельческой механики. 1975. Т. 8. С. 3–142.
3. Кацыгин В. В., Орда А. И., Афанасьев Н. И. Взаимодействие ходовых систем тракторов с почвой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1983. № 1. С. 18–19.
4. Ксенович И. П., Скотников В. А., Ляско М. И. Ходовая система – почва – урожай. М.: Агропромиздат, 1985. 304 с.
5. Скойбеда А. Т. Автоматизация ходовых систем колесных машин. Минск: Наука и техника, 1979. 277 с.
6. Рабочев И. С., Камнев В. И., Маслов А. С. Уменьшение отрицательного воздействия мобильных агрегатов на почву // Вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 4. С. 90–94.
7. Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. 1. М.: Колос, 1965. 720 с.
8. Соколова В. А., Петров И. П. Исследование взаимодействия арочного колеса с опорной поверхностью // Труды НАМИ. 1962. Вып. 54. С. 64–72.
9. Трехколесное транспортное средство: А.С. СССР 1169842 / М. С. Высоцкий, В. В. Кацыгин, С. Ф. Опейко, Ю. А. Ким. Оpubл. 07.03.1985.
10. Устройство крепления блока уплотнителей в ступице колеса: А. С. СССР 1108023 / А. Л. Хилько, Ю. А. Ким. Оpubл. 09.04.1984.
11. Бобровник А. И., Ким Ю. А. Централизованная накачка шин машин для внесения минеральных удобрений МВУ-30 // Взаимодействие ходовых систем с почвогрунтами. Минск. 1983. С. 49–51.
12. Как работает подкачка шин на Урале // Meloci.ru URL: <https://meloci.ru/shiny/kak-rabotaet-podkachka-shin-na-urale.html> (дата обращения: 03.12.2021).
13. Опейко Ф. А. Колесный и гусеничный ход. Минск: Изд. АСХН БССР, 1960. 186 с.
14. Маршак А. Л. О профиле поверхности пневматических колес при контакте с почвой // Сельхозмашина. 1956. № 3. С. 22–24.
15. Семенов В. М., Армаферов Р. Г. Работа грузового автомобиля в тяжелых дорожных условиях. М.: Автотрансиздат, 1962. 177 с.

#### References

1. Gus'kov V. V. *Traktory. Chast' II. Teoriya* [Tractors. Part II. Theory]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1977. 384 p. (In Russian).
2. Katsygin V. V. Fundamentals of the theory of choosing the optimal parameters of mobile agricultural machinery and implements. *Voprosy zemledel'cheskoy mekhaniki* [Agricultural mechanics issues], 1975, vol. 8, pp. 3–142 (In Russian).

3. Katsygin V. V., Orda A. I., Afanasiev N. I. The interaction of tractor driving systems with soil. *Me-khanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva* [Agricultural mechanization and electrification], 1983, no. 1, pp. 18–19 (In Russian).
4. Ksenevich I. P., Skotnikov V. A., Lyasko M. I. *Khodovaya sistema – pochva – urozhay* [Running system – soil – harvest]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 304 p. (In Russian).
5. Skoybeda A. T. *Avtomatizatsiya khodovykh sistem kolesnykh mashin* [Automatization of undercarriage systems for wheeled vehicles]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1979. 277 p. (In Russian).
6. Rabochev I. S., Kamnev V. I., Maslov A. S. Reduction of the negative impact of mobile aggregates on soil. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 1979, no. 4, pp. 90–94 (In Russian).
7. Goryachkin V. P. *Sobraniye sochineniy. Tom I* [Collected works. Vol. 1]. Moscow, Kolos Publ., 1965. 720 p. (In Russian).
8. Sokolova V. A., Petrov I. P. Study of the interaction of an arched wheel with a supporting surface. *Tudy NAMI* [Proceedings of NAMI], 1962, issue 54, pp. 64–72 (In Russian).
9. Vysotskiy M. S., Katsygin V. V., Opeyko S. F., Kim Yu. A. Tricycle vehicle. Author's certificate USSR 1169842, 1985 (In Russian).
10. Khil'ko A. L., Kim Yu. A. Device for fastening the block of seals in wheel hub. Author's certificate USSR 1108023, 1984 (In Russian).
11. Bobrovnik A. I., Kim Yu. A. Centralized tire inflation of machines for application of mineral fertilizers MVP-30. *Vzaimodeystviye khodovykh sistem s pochvogruntami* [Interaction of walking systems with soils]. Minsk, 1983, pp. 49–51 (In Russian).
12. How does tire pumping work in the Ural. Available at: <https://meloci.ru/shiny/kak-rabotaet-podkachka-shin-na-urale.html> (accessed 03.12.2021) (In Russian).
13. Opeyko F. A. *Kolesnyy i gusenichnyy khod* [Wheeled and caterpillar]. Minsk, Izd. ASKhN BSSR Publ., 1960. 186 p. (In Russian).
14. Marshchak A. L. About the surface profile of pneumatic wheels in contact with the soil. *Sel'khoz mashina* [Agricultural machinery], 1956, no. 3, pp. 22–24 (In Russian).
15. Semenov V. M., Armaferov R. G. *Rabota gruzovogo avtomobilya v tyazhelykh dorozhnykh usloviyakh* [Operation of a truck in difficult road conditions]. Moscow, Avtotransizdat Publ., 1962. 177 p. (In Russian).

### Информация об авторах

**Ким Юрий Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики машиностроительного профиля. Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12, Республика Беларусь). E-mail: igmp\_atf@bntu.by

**Насковец Михаил Трофимович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: naskovets@belstu.by

**Жарков Николай Иванович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: zharkov@belstu.by

**Гиль Виталий Иванович** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерной графики. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: v.gil@belstu.by

### Information about the authors

**Kim Yuriy Alekseevich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Engineering Graphics for Machine-Building. Belarusian National Technical University (12, Ya. Kolasa str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: igmp\_atf@bntu.by

**Naskovets Mikhail Trofimovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: naskovets@belstu.by

**Zharkov Nikolay Ivanovich** – PhD (Engineering), Senior Researcher, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zharkov@belstu.by

**Gil Vitaliy Ivanovich** – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Engineering Graphics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.gil@belstu.by

Поступила 14.03.2022