

*Н.В. Власова, Е.С. Краско, Н. А. Алексеев*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

## **СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ СЛИВА ВЯЗКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН В ПЕРИОД НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**Аннотация.** *Снижение времени слива вязких нефтепродуктов из железнодорожных цистерн в период низких температур является важной задачей для обеспечения эффективной работы транспортных средств и предотвращения замерзания груза в течении транспортировки. В данной статье рассматривается проблема увеличения скорости слива вязких нефтепродуктов, таких как мазут, дизельное топливо и смазочные масла, из железнодорожных цистерн при низких температурах окружающей среды.*

*Статья посвящена ускорению слива нефтепродуктов с цистерн железнодорожного транспорта в период низких температур, а именно рассматриваются инновационные методы и технологии, которые могут сократить процесс слива и предотвратить возможные аварийные ситуации, такие как замкнутую систему двухконтурного разогрева, модель АФТ-МПИМ, цистерну с паробогревательным кожухом, электроиндукционный подогрев цистерны. Также произведен анализ основных эксплуатационных показателей станции Новая Еловка.*

*Исследования показывают, что оптимизация процесса слива вязких нефтепродуктов из железнодорожных цистерн при низких температурах может значительно сократить время на погрузку и выгрузку груза, что позволяет снизить затраты на эксплуатацию и повысить общую эффективность транспортировки нефтепродуктов. Данная тема является актуальной и требует дальнейших исследований и разработок в области снижения времени слива вязких нефтепродуктов. Также важно учитывать, что снижение времени слива нефтепродуктов способствует экологической безопасности и сокращению выбросов вредных веществ в окружающую среду. Представленные в статье результаты исследований могут быть полезны для компаний, занимающихся перевозкой нефтепродуктов, а также специалистов в области транспортной логистики и инженеров-технологов.*

**Ключевые слова:** *железнодорожный транспорт, цистерны, нефтепродукты, мазут, слив, ускорение, подогрев.*

*N.V. Vlasova, E.S. Krasko, N.A. Alekseev*

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation*

## **REDUCTION OF TIME OF DRAINING VISCOUS OIL PRODUCTS FROM RAILROAD TANK CARS IN THE PERIOD OF LOW TEMPERATURES**

**Abstract.** *Decreasing the time of draining viscous oil products from railway tank cars during low temperatures is an important task to ensure efficient operation of transport vehicles and prevent freezing of cargo during transportation. This article deals with the problem of increasing the speed of draining viscous petroleum products such as fuel oil, diesel fuel and lubricating oils from railroad tank cars at low ambient temperatures.*

*The article is devoted to accelerating the discharge of oil products from railroad tank cars during low temperatures, namely, it considers innovative methods and technologies that can shorten the discharge process and prevent possible emergencies, such as closed-loop double-circuit heating system, AFT-MPM model, tank car with steam-heating shell, electric induction heating of the tank car. The main operational indicators of Novaya Yelovka station were also analyzed.*

*The research shows that optimization of the process of draining viscous oil products from railway tank cars at low temperatures can significantly reduce the time for loading and unloading of cargo, which reduces operating costs and increases the overall efficiency of oil products transportation. This topic is relevant and requires further research and development in the field of reducing the draining time of viscous petroleum products. It is also important to take into account that reduction of oil products discharge time contributes to environmental safety and reduction of harmful emissions into the environment. The research results presented in the article can be useful for companies engaged in transportation of oil products, as well as specialists in the field of transport logistics and engineers-technologists.*

**Keywords:** *railroad transportation, tank cars, oil products, fuel oil, draining, acceleration, heating.*

## **Введение**

Нефть и нефтепродукты занимают второе место среди объема перевозок в структуре РЖД. При переработке нефти получают бензин и керосин, но остается значительное количество темных нефтепродуктов. В регионах с умеренным климатом слив вязких нефтепродуктов из железнодорожной цистерны занимает 6 часов, в то время как в условиях Крайнего Севера, при температуре ниже  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , этот процесс может затянуться на целый день.

Ускорение слива нефтепродуктов с железнодорожных цистерн в период низких температур – актуальная проблема, которая требует особое внимание и эффективных решений. В холодное время года условия перевозки и хранения нефтепродуктов становятся сложнее из-за низких температур, что может привести к замерзанию продукта и его замедленному сливу. Для обеспечения безопасного и быстрого слива нефтепродуктов в холодный период времени необходимо использовать специализированное оборудование и технологии, а также следить за температурным режимом во время транспортировки и хранения продукта. То есть разработка и внедрение инновационных методов ускорения слива нефтепродуктов становится необходимостью для обеспечения эффективной работы нефтяных предприятий и предотвращения возможных экологических аварий.

### **Устаревший метод ускорения слива нефтепродуктов**

При перевозке вязких нефтепродуктов в цистернах часто возникает проблема застывания, что делает невозможным слив без предварительного разогрева. Ранее цистерны разогревали открытым паром, который подавали непосредственно в сам нефтепродукт, что вызывало его обводнение (15% уровень обводнения нефтепродуктов). При этом все качество нефтепродукта снижалось.

Для подогрева используются перфорированные переносные трубы, состоящие из одного прямого и двух изогнутых отрезков, которые вводятся внутрь цистерны с продуктом. Пар подается сухой с температурой до  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Пар проходит через жидкость и отдает свое тепло, за счет этого и происходит разогрев нефтепродукта.

Главным недостатком является необходимость последующего отделения воды от нефтепродуктов. Затраты на его перевалку росли, и часто становились равны стоимости самого продукта.

### **Новые методы ускорения слива нефтепродуктов**

Сейчас внедрили замкнутую систему двухконтурного разогрева. Именно такие технологии применяются в установке разогрева и слива мазута из железнодорожных цистерн. Схема данной системы представлена на рисунке 1.

Принцип работы установки заключается в циркуляции нефтепродукта по двум замкнутым контурам со встроенным в систему внешним теплообменником. При помощи устройства осуществляется подача разогретого в стартовой емкости нефтепродукта в цистерну через гидромонитор в зону отбора его с холодным нефтепродуктом и забор смеси обратно во внутренний контур. После этого подключается внешний контур, через который производится основная подача разогретого нефтепродукта в цистерну через верхний люк. Нагретый активно передает тепло более холодному и сокращает время разогрева всего объема нефтепродукта в цистерне.

Такая схема полностью исключает обводнение и является экологически безопасной. А разогрев цистерны занимает около пяти с половиной часов в зимний период и полтора часа в летний.

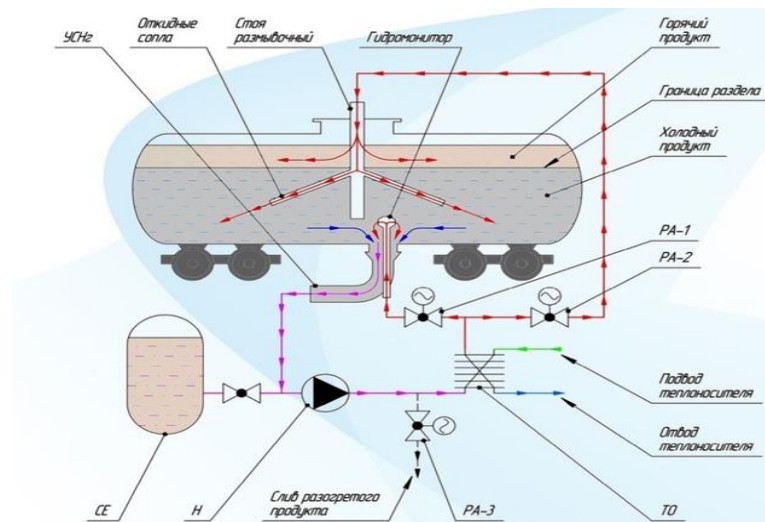


Рис. 1. Схема замкнутой системы двухконтурного разогрева цистерны

Министерство энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Мурманской области пишет: «В условиях Крайнего Севера, когда столбик термометра опускается ниже 20 градусов мороза, на слив мазута можно потратить целый день. Для сокращения времени слива на котельное в Кандалакше весной 2021 года был проведен эксперимент по сравнению двух подогревателей отечественного производства. В итоге на вооружение была взята модель АФТ-МПМ, обеспечивающая перемешивание мазута во всем объеме резервуара» [2].

Подогреватель АФТ-МПМ предназначен для быстро и эффективного разогрева, и перемешивания вязких жидких сред, таких как нефтепродукты, мазут, парафин, жиры и щелочи, в резервуарах и цистернах [3]. Он использует трансзвуковые разогревающие насадки для смешивания пара и жидкости, что создает интенсивные потоки горячей жидкости для равномерного разогрева продукта во всем объеме цистерны [3]. Благодаря ускоренному теплообмену время прогрева и слива железнодорожных цистерн сокращается. АФТ-МПМ успешно применяется при работе с мерзлым мазутом на севере.

Существует 2 модификации подогревателей АФТ-МПМ – погружной и трансформируемый (рисунок 2 и 3).

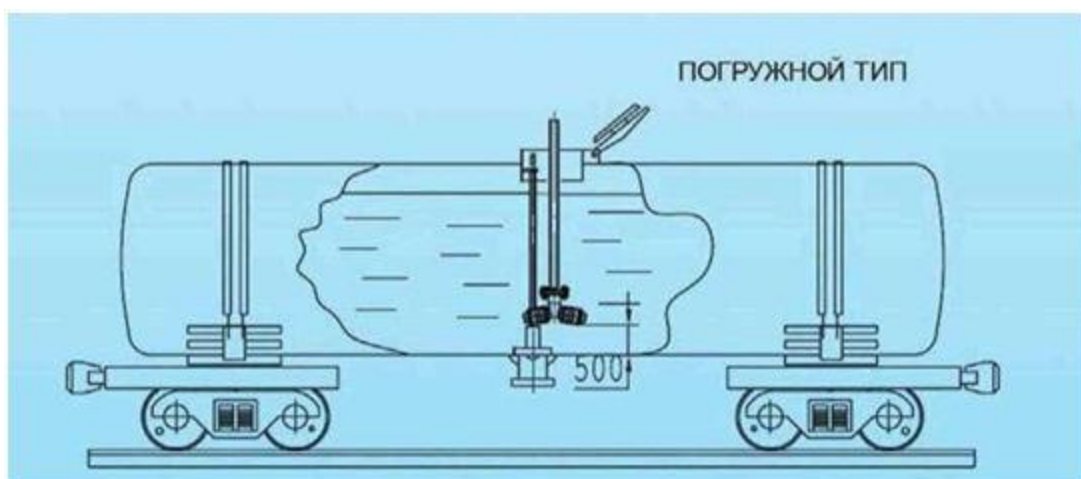


Рис. 2. Размещение погружного АФТ-МПМ в цистерне [3]

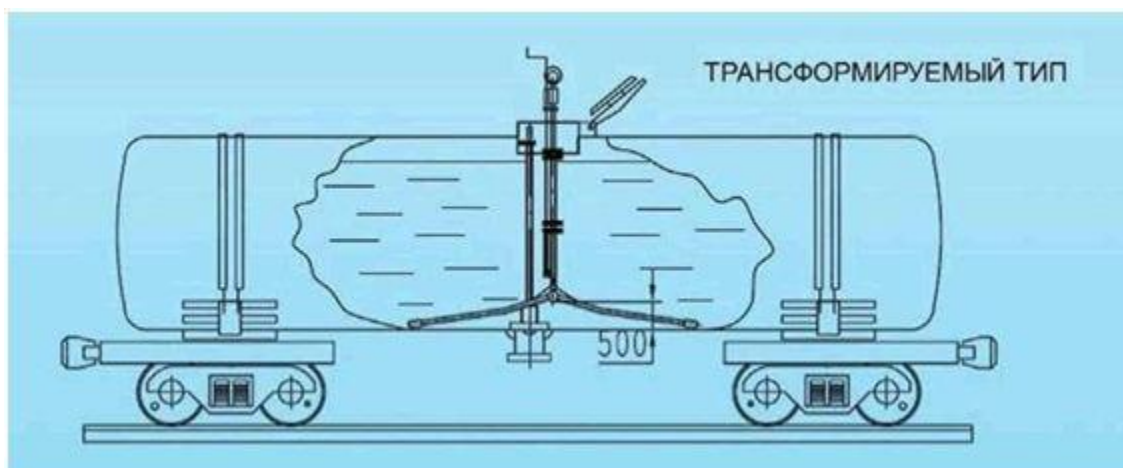


Рис. 3. Размещение трансформируемого АФТ-МПМ в цистерне [3]

Моисеев В.И. и Комарова Т.А. предлагают в своей работе цистерну (рисунок 4) для перевозки вязких нефтепродуктов, включающая в себя «котел (1) с верхним наливным люком (2), нижним сливным прибором с верхним управлением, паробоггревательный кожух (4) со штуцерами для подачи пара и слива конденсата, который закреплен на нижней половине котла и покрывает нижнюю половину [5]. Также она содержит переходную трубу (7), которая жестко прикреплена одним своим торцом к нижней листу обечайки котла цистерны, а другим соединенную со сливным прибором [4]. На штанге над седлом клапана сливного прибора жестко установлен герметично изолированный сосуд (11), который заполнен теплопоглощающим материалом [4]».

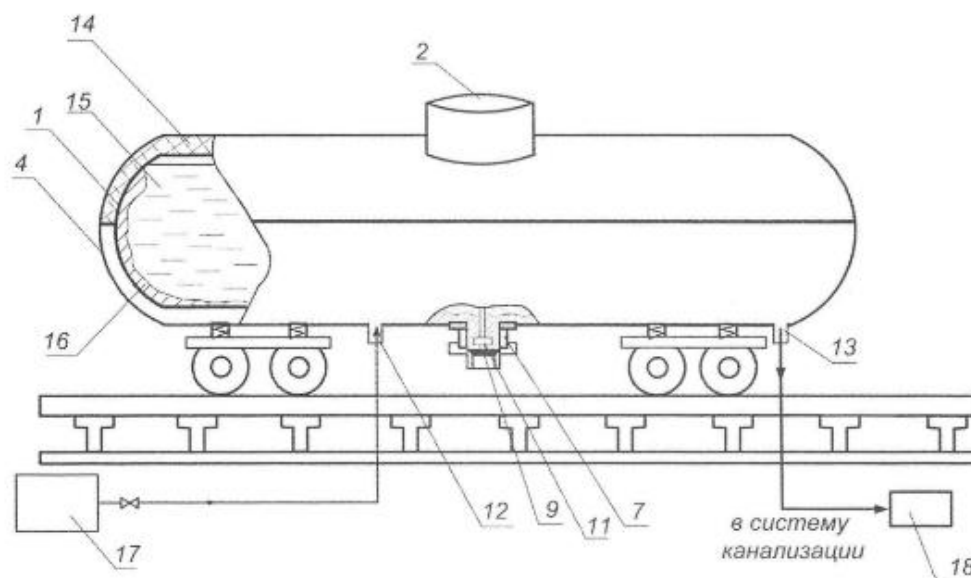
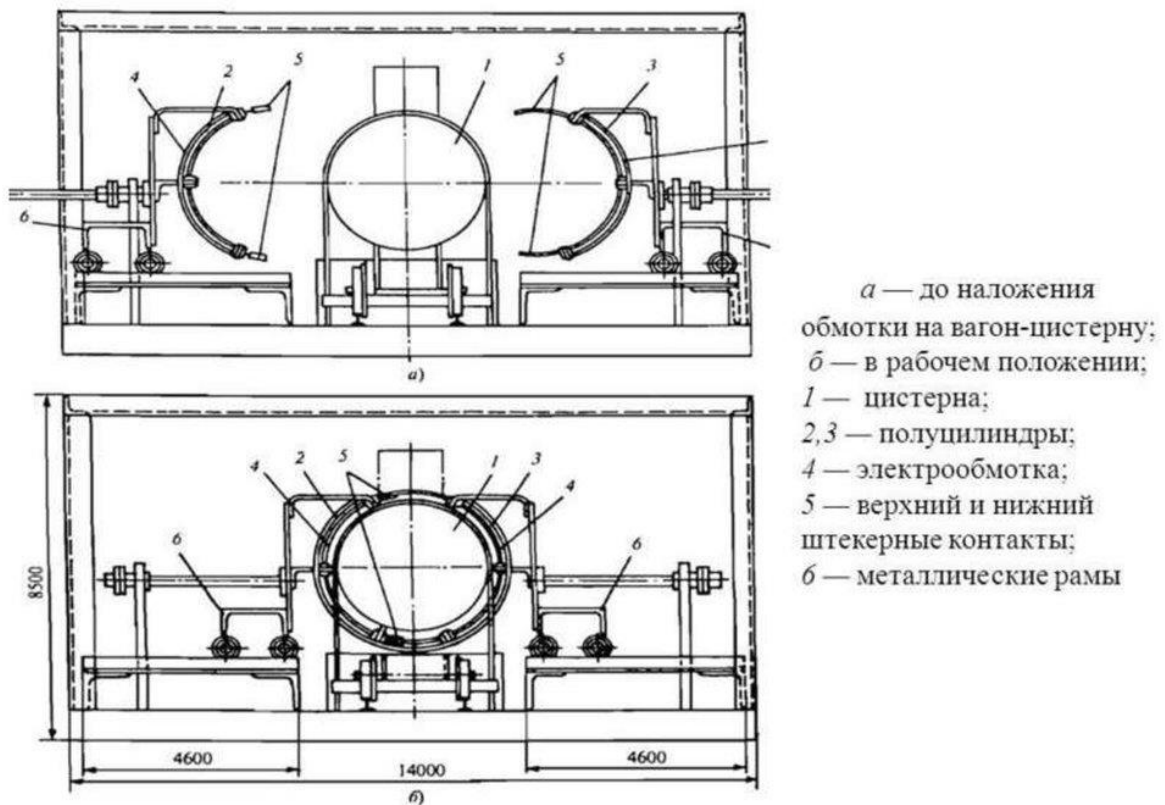


Рис. 4. Цистерна с паробоггревательным кожухом

Недостатками такой цистерны являются:

- большие трудозатраты и затраты тепловой энергии;
- необходимость в сливных площадках;
- низкий оборот вагонов-цистерн [5, 6].

Еще один метод подогрева нефтепродуктов с поверхности емкости является индукционный нагрев, заключающийся в сообщении тепла нагреваемой среде циркулирующей индуктированными в ней электрических токов (рисунок 5).



**Рис. 5. Электроиндукционный подогрев цистерны с вязкими нефтепродуктами**

Для проведения индукционного нагрева используется соленоид, выполненный из проволоки с низким сопротивлением. Внутри соленоида помещается нагревающаяся емкость или трубопровод с нефтепродуктом. Электрический ток пропускается через соленоид, создавая вокруг него магнитное поле. Это поле индуцирует в стенках трубопровода или емкости вторичный ток, который преобразуется в тепло.

Недостатком метода является значительный расход электроэнергии в связи с большими потерями тепла в окружающую среду.

#### **Анализ эксплуатационных показателей ст. Новая Еловка**

Проведение анализа показателей работы станции является важным этапом в оценке ее эффективности. Различные показатели позволяют оценить эффективность функционирования станции и выявить возможные проблемные моменты, требующие корректировки, в связи с выше перечисленной проблематикой проведен анализ показателей работы станции Новая Еловка, а именно количественных и качественных. Например, анализ показателей загрузки станции, энергопотребления, производительности и технического состояния оборудования позволяет оперативно выявить отклонения от нормы и принять меры по их устранению. Кроме того, анализ показателей работы станции позволяет оптимизировать процессы и повысить их эффективность, что в конечном итоге способствует повышению качества предоставляемых услуг. Таким образом, систематический анализ показателей работы станции является необходимым инструментом для повышения ее эффективности и конкурентоспособности на рынке. Проведение анализа показателей работы станции за три года позволяет получить более полное представление о ее функционировании, поскольку учитываются данные за различные периоды времени. Это помогает выявить какие-либо закономерности или тенденции в работе станции, а также определить ключевые моменты, влияющие на ее результативность. Таким образом,

анализ фактических показателей работы станции за трехлетний период является важным инструментом для оценки эффективности ее деятельности и позволяет принимать обоснованные управленческие решения на основе полученных данных.

В числе количественных показателей будут учитываться рабочий парк вагонов, количество отправленных вагонов, а также общий объем погрузки и выгрузки в вагонах и тоннах. Касательно качественных показателей будут учитываться статическая нагрузка, простои местного и транзитных вагонов с переработкой и без.

Таблица 1

Показатели работы ст. Новая Еловка за 2021, 2022, 2023 года

Наименование показателей	Период		
	2021	2022	2023
Рабочий парк вагонов, ваг.	393204	402132	41526
Отправленные, ваг.	100812	98580	101817
Погрузка, Ваг.	100368	98664	100598
Тонн	6101916	6034584	6136478
Выгрузка, ваг.	744	760	776
Стат. Нагрузка, т/ваг.	60,8	61,17	62,3
Простой местного вагона всего, ч.	90,04	99	108
Простой местного вагона под одной гр. Операцией, ч.	72,04	82	92,09
Простой транзитного вагона с/п, ч.	19,32	21,49	23,57
Простой транзитного вагона без/п, ч.	21,98	24,12	27,63

Из данных таблицы о работе станции Новая Еловка за 2021, 2022, 2023 года можно увидеть, что все численные показатели выросли к 2022 после преодоления кризиса, вызванного коронавирусом в 2020 году. Рабочий парк вагонов и объем выгрузки постепенно увеличивались с 2021 по 2024 год, но количество отправленных вагонов и объем погрузки вновь уменьшились в 2022 году из-за экономических санкций и сокращения торгового сотрудничества;

В 2021 году была проблема избытка грузовых вагонов из-за несбалансированного производства и неопределенности объема грузовых перевозок, что привело к уменьшению объема погрузки и количества отправленных вагонов в 2022 году, несмотря на увеличение рабочего парка вагонов;

Выгрузка на станции Новая Еловка осуществляется для Ачинского нефтеперерабатывающего завода и поэтому кризисные ситуации не коснулись объема выгрузки, вследствие чего объем выгрузки стабилизировался на протяжении исследуемого периода. [7, 8].

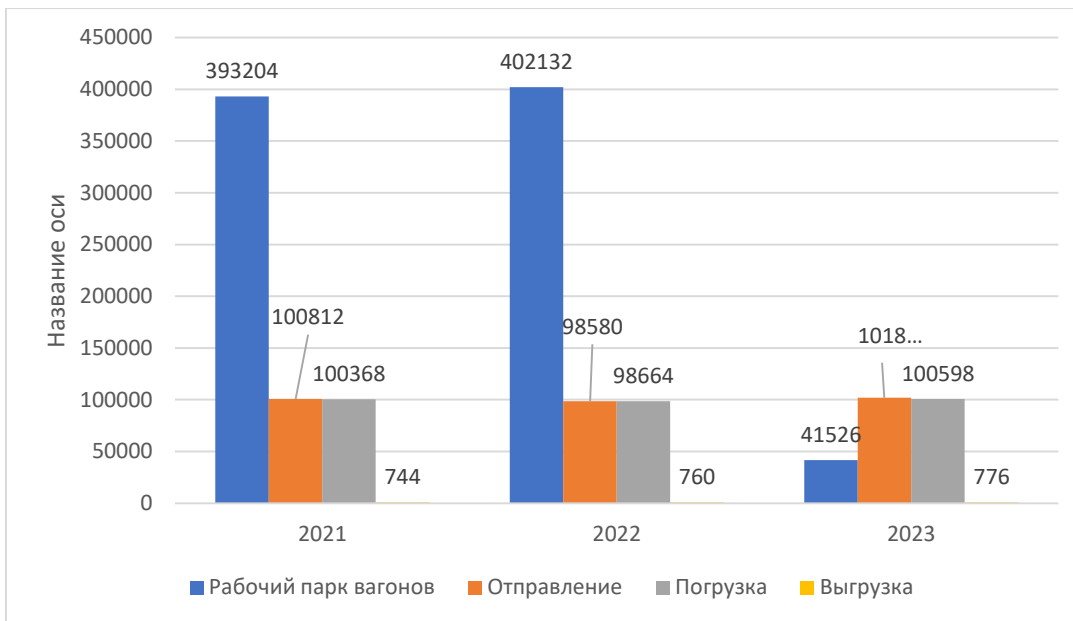


Рис. 6. Динамика количественных показателей ст. Новая Еловка за 2021-2023 года

По сравнению с 2022 годом, качественные показатели в 2021 году показывают уменьшение. Статическая нагрузка ниже в 2021 из-за большего количества погрузки в вагонах, вследствие чего нагрузка в тоннах в среднем на один вагон была меньше.

Простой местных и транзитных вагонов, как с переработкой, так и без, также были выше в 2022 и 2023 годах из-за различных факторов, таких как:

- для местного вагона: продление времени простоя вагона при погрузке и выгрузке, нарушение технологии погрузки и выгрузки по вине грузополучателей и грузоотправителей: задержка предоставления груза для погрузки, нарушение правил и устаревшее оборудование при выполнении ППР;

- для транзитного вагона с переработкой: проблемы внутростанционной работы, связанные в основном с необходимостью отцепки вагонов из-за технических и коммерческих браков в пунктах отправления;

- для транзитного вагона без переработки: проблемы внутростанционной работы, включая время на технический осмотр, устранение дефектов и проверку документов. [9, 10].

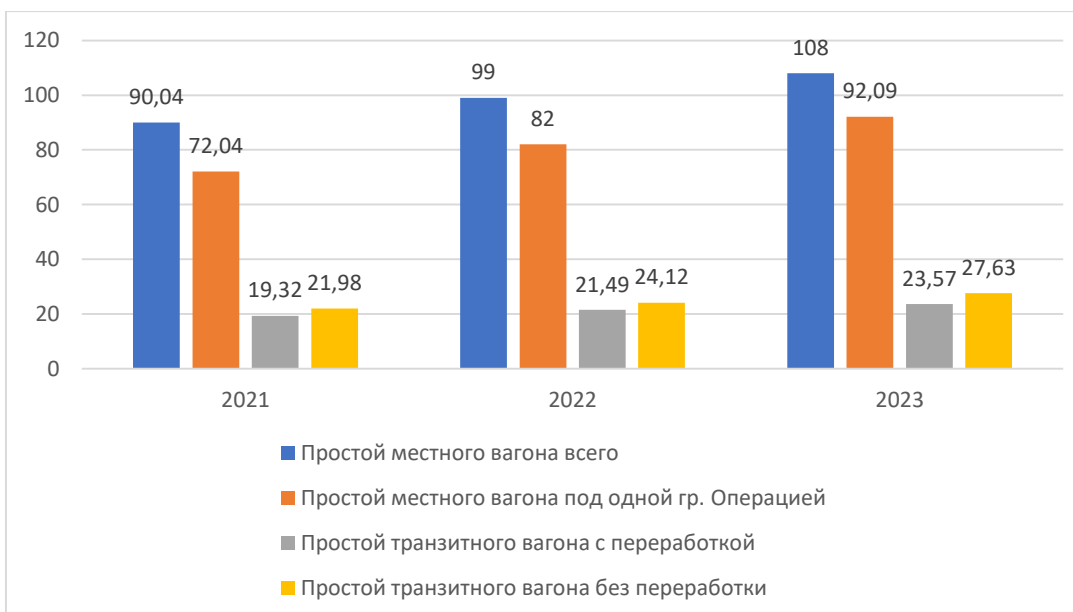


Рис. 7. Динамика качественных показателей ст. Новая Еловка за 2021-2023 года

В соответствии с проведенным анализом, можно сделать вывод, что при незначительном увеличении выгруженных вагонов в 2023 году значительно увеличился простой местного вагона, в связи с чем для снижения времени слива вязких нефтепродуктов из железнодорожных цистерн в период низких температур требуется провести внедрение современного оборудования замкнутой системы двухконтурного разогрева цистерн для ускорения грузовой операции, а именно разогрева наливного груза и выгрузки его из цистерн. Данное мероприятие позволит сократить простой вагонов под выгрузкой, оборот вагонов и повысить производительность и пропускную способность станции Новая Еловка, что повысит конкурентоспособность на рынке.

### **Заключение**

Были рассмотрены методы ускорения слива нефтепродуктов в холодное время года. Самым инновационным методом, который сейчас используется в компании «ТрансНефть», замкнутая система двухконтурного разогрева цистерн. Также используется подогреватель АФТ-МППМ в районах Крайнего Севера. Остальные вышеперечисленные методы своей популярностью не получили, но и более новых и эффективных еще не придумано. Поэтому ускорение времени слива вязких нефтепродуктов остается актуальной проблемой на железнодорожном транспорте. Проведенный анализ эксплуатационных показателей станции Новая Еловка показал, где и в каких моментах можно уменьшить простой вагонов, а именно использование инновационных методов ускорения слива нефтепродуктов в холодное время года может помочь это сделать.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. АФТ-МППМ. Подогреватели мазута и вязких сред в цистернах и резервуарах // НПО Энерго-Транссоик URL: <http://ets-tsa.ru/map/promyshlennoe-oborudovanie/17-aft-mpm>
2. Газета «Гудок». Выпуск от 18.01.22: официальный сайт – Москва, 2022: <https://gudok.ru/content/freighttrans/1592465/>
3. Лапшин Н. Д., Миленьких В. А., Дульнева С. В., Асманкин Е. Г., Сильянова Т. А. К вопросам транспортировки гептила железнодорожным транспортом // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 4. — С. 835–842.
4. Моисеев В. И. Технология ускоренной выгрузки и очистки цистерн с вязкими нефтепродуктами // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2011. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-uskorennoy-vygruzki-i-ochistki-tsistern-s-vyazkimi-nefteproduktami> (дата обращения: 29.04.2024).
5. Патент РФ на изобретение № 2666018/10.07.17. Бюл. №25 Моисеев В.И., Комарова Т.А. Цистерны для перевозки вязких нефтепродуктов. [Patent RUS № 2666018/10.07.17 Byul. №25. Moiseev VI., Komarova TA. Tanks for the carriage of viscous petroleum products. (In Russ.)]. Доступно по: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2666018C1\\_20180905](https://yandex.ru/patents/doc/RU2666018C1_20180905). Ссылка активна на 29.04.2024
6. Власова Н.В., Оленцевич В.А. Этапы формирования маркетинговой стратегии управления терминально-складским комплексом ОАО "Российские железные дороги" с целью достижения максимальных результатов продвижения транспортных услуг и привлечения клиентов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 2 (74). С. 163-174.
7. Власова Н.В., Оленцевич В.А. Декомпозиция основных бизнес-процессов и зоны формирования рисков железнодорожной транспортной системы в сфере грузовых перевозок // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 4 (63). С. 44-52.



8. Даниленко В.А., Брытков В.С. Зимние риски. Низкие температуры, требующие новых решений // В сборнике: Молодежная наука. Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КрИЖТ ИрГУПС. Редколлегия: В.А. Поморцев (отв. ред.) [и др.]. Красноярск, 2023. С. 38-41.

9. Аникеева Е.К., Костенко Н.И. Развитие терминалов для перевалки экспортных нефтеналивных грузов на морской транспорт // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2022. Т. 1. С. 97-103.

10. Ахметзянов А.Ф., Римша Д.А., Лукин А.С., Галкина В.Д. Модернизация системы автоматизации подогрева груза нефтеналивного танкера проекта 1577 // В сборнике: Научный старт - 2023. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 110-летию Пермского речного училища, 300-летию г. Перми в рамках Десятилетия науки и технологий. Пермь, 2023. С. 65-69.

## REFERENCES

1. AFT-MPM. Heaters of fuel oil and viscous media in tanks and reservoirs // NPO Energo-Transsoik URL: <http://ets-tsa.ru/map/promyshlennoe-oborudovanie/17-aft-mpm>.

2. Gudok newspaper. Issue of 18.01.22: official site - Moscow, 2022: <https://gudok.ru/content/freighttrans/1592465/>.

3. Lapshin N. D., Milenkikh V. A., Dulneva S. V., Asmankin E. G. G., Silyanova T. A. To the issues of heptyl transportation by railway transport // Proceedings of St. Petersburg University of Railway Transport. - SPb.: PSUPS, 2023. - Vol. 20. - Vol. 4. - С. 835-842.

4. Moiseev V. I. Technology of accelerated unloading and cleaning of tank cars with viscous oil products // Izvestiya St. Petersburg University of Railway Transport. 2011. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-uskorennoy-vygruzki-i-ochistki-tsistem-s-vyazkimi-nefteproduk-tami> (date of address: 29.04.2024).

5. Russian Federation patent for invention № 2666018/10.07.17. Bulletin №25 Moiseev V.I., Komarova T.A. Tanks for transportation of viscous oil products. [Patent RUS № 2666018/10.07.17 Byul. №25. Moiseev VI., Komarova TA. Tanks for the carriage of viscous petroleum products. (In Russ.)]. Available from: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2666018C1\\_20180905](https://yandex.ru/patents/doc/RU2666018C1_20180905). The link is active on 29.04.2024.

6. Vlasova N.V., Olentsevich V.A. Stages of forming a marketing strategy for managing the terminal and warehouse complex of JSC Russian Railways in order to achieve maximum results in promoting transport services and attracting customers // Modern technologies. System analysis. Modeling. 2022. No. 2 (74). pp. 163-174.

7. Vlasova N.V., Olentsevich V.A. Decomposition of the main business processes and risk formation zones of the railway transport system in the field of freight transportation // Bulletin of the Siberian State Transport University. 2022. No. 4 (63). pp. 44-52.

8. Danilenko V.A., Brytkov V.S. Winter risks. Low temperatures requiring new solutions // In the collection: Youth science. Proceedings of the XXVII All-Russian Student Scientific and Practical Conference KрIЖT IrGUPS. Editorial Board: V.A. Pomortsev (responsible editor) [and others]. Krasnoyarsk, 2023. pp. 38-41.

9. Anikeeva E.K., Kostenko N.I. Development of terminals for transshipment of export oil cargo to sea transport // Scientific, technical and economic cooperation of Asia-Pacific countries in the 21st century. 2022. Т. 1. pp. 97-103.

10. Akhmetzyanov A.F., Rimsha D.A., Lukin A.S., Galkina V.D. Modernization of the automation system for heating the cargo of an oil tanker of Project 1577 // In the collection: Scientific Start - 2023. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 110th anniversary of the Perm River School, the 300th anniversary of the city of Perm within the framework of the Decade of Science and Technology. Perm, 2023. pp. 65-69.

### **Информация об авторах**

*Власова Наталья Васильевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [natalya.vlasova.76@list.ru](mailto:natalya.vlasova.76@list.ru)

*Краско Евгений Сергеевич* – студент 3-го курса, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, г. Иркутск, [mr.krgen@mail.ru](mailto:mr.krgen@mail.ru)

*Алексеев Никита Алексеевич* – студент 3-го курса, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, г. Иркутск, e-mail: [aleks200330@mail.ru](mailto:aleks200330@mail.ru)

### **Information about the authors**

*Natalia Vasilieva Vlasova* – Ph.D., Associate Professor of the Department of Operational Work, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [natalya.vlasova.76@list.ru](mailto:natalya.vlasova.76@list.ru)

*Evgeny Sergeyevich Krasko* - 3rd year student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Irkutsk, [mr.krgen@mail.ru](mailto:mr.krgen@mail.ru)

*Nikita Alekseevich Alekseev* - 3rd year student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Irkutsk, e-mail: [aleks200330@mail.ru](mailto:aleks200330@mail.ru)