



Планирование работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении



Людмила ТРОФИМОВА



Борис ТРОФИМОВ



Наталья ЯНКЕВИЧ

Людмила Семёновна Трофимова¹, Борис Сергеевич Трофимов², Наталья Викторовна Янкевич³

^{1, 2} *Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия.*

³ *ООО «Транспортные решения», Омск, Россия.*

✉ ¹ *trofimova_ls@mail.ru.*

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является разработка методики для практической реализации и математической модели, учитывающих требования к перевозке опасных грузов, техническому состоянию подвижного состава, режимам труда и отдыха водителей на маршрутах междугородных перевозок, условиям заказчиков и интересам автотранспортного предприятия.

Функционирование подвижного состава при перевозке опасных грузов представлено как взаимосвязь перевозок грузов и выполнения технических обслуживаний.

Предложен подход к планированию, учитывающий соответствие количества технических обслуживаний требуемому значению за определённый период для подвижного состава, выполняющего перевозку нефтепродуктов; соответствие выработки подвижного состава объёму нефтепродуктов, которое может быть доставлено и выгружено в текущем месяце; соответствие времени движения водителей до специализированного места отдыха на междугородном маршруте времени, установленному по режимам труда и отдыха. Математическая модель позволяет определять

выработку подвижного состава за каждый месяц с учётом того, что перевозка нефтепродуктов, которая началась в прошлом месяце, заканчивается только в текущем. В математической модели функционирования подвижного состава при перевозке нефтепродуктов введены допущения, связанные с выполнением требований, предъявляемых к подвижному составу, водителю, которые указаны в Европейском соглашении о международной дорожной перевозке опасных грузов, Решении Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 877 (ред. от 21.06.2019 г.).

В исследовании уделено особое внимание планированию работы подвижного состава при увеличении объёмов перевозок нефтепродуктов при строительстве и реконструкции дорог. Алгоритм методики применялся для планирования работы подвижного состава при перевозке битума марки БНД 90/130 из города Омска в междугородном сообщении и явился основанием для принятия управленческих решений по использованию показателей в практике работы автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: подвижной состав автомобильного транспорта, междугородные перевозки, нефтепродукты, математическая модель, методика.

Для цитирования: Трофимова Л. С., Трофимов Б. С., Янкевич Н. В. Планирование работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 5 (96). С. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-5-9>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**



ВВЕДЕНИЕ

Вопросы планирования и организации перевозки нефтепродуктов в междугородном сообщении автотранспортом для целей строительства автодорог являются актуальными во многих странах мира в силу развитости автодорожного строительства, удалённости мест производства дорожных материалов, особого характера перевозки подобных грузов.

Так, в России на сегодняшний момент реализуется Федеральная программа, утверждённая постановлением Правительства от 20 декабря 2017 года № 1596: «Развитие транспортной системы». До конца 2021 года на строительство и реконструкцию дорог в регионах РФ выделено 100 млрд рублей.

В современных условиях при строительстве и реконструкции дорог используют вязкие дорожные битумы (далее битумы), которые являются производными от остаточных нефтепродуктов – нефтяных битумов и гудронов. Производятся битумы в условиях нефтеперерабатывающих заводов. В России производство осуществляется согласно ГОСТ 22245-90¹, в дорожном строительстве используется девять марок битума, каждая из которых относится к категории опасных грузов.

Опасными считаются грузы, которые обладают такими свойствами, что при выполнении операций перевозочного процесса возможно причинение вреда окружающей среде, промышленным и гражданским объектам, жизни и здоровью граждан. К перевозкам опасных грузов предъявляются требования по наличию специализированного подвижного состава, находящегося в технически исправном состоянии, упаковке и маркировке, квалифицированному выполнению погрузочно-разгрузочных операций. При планировании работы подвижного состава необходимо учитывать класс опасности груза, условия эксплуатации [1], которые приводят к ускорению износа отдельных узлов и деталей. Экономический ущерб от автомобильных аварий с опасным грузом значительно превышает размеры ущерба при авариях других видов транспорта [2].

Для того, чтобы выполнить операции перевозочного процесса, необходимо соблюдать требования законодательства и международных договоров (соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ))

¹ ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200003410>. Доступ 25.05.2021.

и иметь свидетельство о допуске к перевозке опасных грузов. Перевозка нефтепродуктов в междугородном сообщении накладывает дополнительные ограничения на планирование работы подвижного состава.

Авторами настоящего исследования изучена практика перевозок нефтепродуктов, в результате установлено, что по требованиям заказчиков все стоянки на междугородном маршруте дольше пяти минут должны быть согласованы заранее. Стоянки могут находиться только в рамках «дорожной сети». При движении запрещено отклоняться от установленного пути, останавливаться вне графика, превышать скорость.

Для автотранспортных предприятий (АТП), выполняющих перевозку нефтепродуктов на строительство и реконструкцию дорог, требуется строгое выполнение условий договоров. При этом в случае срыва условий перевозок, в том числе и по причине технической неисправности подвижного состава, предусмотрены штрафные санкции.

Результаты исследований отечественных и зарубежных учёных, практических работников показали, что при перевозке нефтепродуктов автомобильным транспортом, прежде всего, решаются задачи повышения безопасности транспортного процесса [3]. Дж. Флоден и Дж. Воксениус (J. Flodén, J. Woxenius) [4] дали рекомендации по формированию маршрута перевозки опасных грузов для повышения безопасности перевозок и согласования его с поставщиками и заказчиками.

С. В. Кондратов, А. Н. Новиков [5] рассмотрели методологические аспекты анализа рисков при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом, в системе «человек–машина–среда–груз». В работе [6] представлено ранжирование критериев оценки риска по степени важности при перевозке нефтепродуктов автомобильным транспортом.

Ряд результатов научных исследований посвящен выявлению факторов, влияющих на показатели работы подвижного состава. С. Ниу и С. В. Уккусери (S. Niu, S. V. Ukkusuri) [7] установили, что дорожно-климатические условия, мощность транспортного потока и средняя скорость оказывают влияние на пробег подвижного состава.

В. Н. Федотов [8] выполнил исследования по определению выработки подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в зависимости от расстояния перевозки, времени по-

грузочно-разгрузочных работ, параметров транспортного потока улично-дорожной сети г. Волгограда. В работе [9] делается вывод о необходимости учёта сезонной неравномерности при перевозке нефтепродуктов. Исследования С. М. Мочалина, В. А. Радионова [10] посвящены учёту вероятностных факторов.

Особое внимание в научных исследованиях уделяется характеристикам маршрутов, по которым перевозятся опасные грузы. В работе [11] разработан план перевозок нефтепродуктов за счёт группировки маршрутов, выбора подвижного состава.

И. М. Царенкова [12] предложила делать подбор подвижного состава с учётом его производительности и выбор схемы перевозок по критерию минимальных затрат на перевозку грузов при строительстве дорог.

Н. Холечек (N. Holeczek) [13] приводит подробную классификацию маршрутов для обеспечения безопасности. А. Кишоре, Б. Ниельс, А. Р. Зюйдвик (A. Kishore, B. Niels, A. R. Zuidwijk) [14] использовали модели исследования операций для разработки графиков движения подвижного состава применительно к конкретным маршрутам перевозок грузов.

З. Лукай и Ф. Ксюсонг (Z. Lukai, F. Xuesong) [15] предложили комплексный подход к планированию, учитывающий показатели риска при перевозке опасных грузов в автоцистернах и характеристики междугородных маршрутов. Разработанный алгоритм планирования практически реализован в ряде районов Восточного Китая.

В работе [16] представлен маршрут перевозок грузов с использованием графоаналитического метода. В работе [17] предложено особое внимание уделять оценке качества перевозок.

В статьях [18–20] была выполнена оценка риска для безопасности перевозки грузов с учётом отказов в работе подвижного состава, который исследуется как система взаимосвязанных узлов и агрегатов. Сделан вывод о необходимости своевременного выполнения технических обслуживаний подвижного состава, выполняющего перевозки нефтепродуктов.

Вместе с тем современные научные представления не позволяют в должной мере комплексно подойти к решению задачи планирования, направленной на учёт действующих требований к перевозке опасных грузов, техническому состоянию подвижного состава,

требований заказчиков и интересов деятельности АТП.

При этом решение задачи планирования работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении с учётом влияния вышеозначенных требований является более чем актуальным.

Цель исследования – разработка алгоритма методики для практической реализации и математической модели, учитывающих требования к перевозке опасных грузов, техническому состоянию подвижного состава, режимам труда и отдыха водителей на маршрутах междугородных перевозках, условиям Заказчиков и интересам автотранспортного предприятия.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- разработать математическую модель, отражающую функционирование подвижного состава при перевозке нефтепродуктов при ряде ограничений, обоснованных действующими законодательными документами и практикой работы АТП, и позволяющую применять прибыль для выбора наилучшего значения при определении плановых показателей;

- предложить алгоритм методики для практической реализации математической модели, позволяющий принимать управленческие решения по использованию плановых показателей работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов.

В ходе исследования предусматривалось апробировать разработанную методику.

Научная новизна настоящего исследования состоит в том, что на основе изучения действующих законодательных документов, исследований научных и практических работников, практики перевозок опасных грузов, с применением концепции текущего планирования работы АТП разработаны математическая модель и методика, позволяющие выполнить планирование работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе [21] представлен теоретико-практический инструментарий, отражающий функционирование специализированного подвижного состава типоразмеров АТП для выполнения условий договоров при перевозке грузов в междугородном сообщении. Разработанная концепция текущего планирования работы АТП синтезирует методы теории грузовых автомо-





Таблица 1

Характеристика требований, используемых в качестве допущений в математической модели (выполнено авторами)

Наименование документа	Характеристика
Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ)	Требования, предъявляемые к подвижному составу по количеству прицепов (или полуприцепов), наличию свидетельства о допуске к перевозке опасных веществ и его сроке действия, наличию специальной маркировки и проблесковой лампы, спутниковой навигации ГЛОНАСС или GPS, определённого снаряжения. Требования, предъявляемые к водителю по наличию свидетельства (ДОПОГ) и др. документов, стажу вождения, опыту работы и др.
Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 877 (ред. от 21.06.2019 г.) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств»» (вместе с «ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств»)	Требования, предъявляемые к цистернам, автоцистернам, прицепам (полуприцепам). Запрет на установку дополнительных топливных баков, не предусмотренных изготовителем транспортного средства, обогревательных приборов в кабине водителя и грузовых отделениях. Особые требования к рабочей тормозной системе, защите электрических цепей, наличию элементов защиты от случайного срабатывания, а также обозначение выключателя для отсоединения аккумуляторной батареи от электрооборудования подвижного состава и др.

бильных перевозок, теории технического обслуживания и текущего ремонта для подвижного состава. Реализация представленных методик в практике работы АТП позволяет осуществлять подбор подвижного состава типоразмеров АТП при соблюдении условий, направленных на удовлетворение потребностей заказчиков, выполнение плановых технических обслуживаний.

В работе [22] представлена математическая формула, учитывающая количество технических обслуживаний для подвижного состава в междугородном сообщении, в исследованиях [23] даны характеристики подвижного состава и требования к перевозке опасных грузов.

В настоящем исследовании разработана математическая модель функционирования подвижного состава при перевозке нефтепродуктов, использование которой позволяет учитывать ограничения и применять прибыль для выбора наилучшего значения в рамках следующих ограничений:

- соответствие количества технических обслуживаний подвижного состава, выполняющего перевозку нефтепродуктов, требуемому значению в определённый период;
- соответствие выработки подвижного состава объёму нефтепродуктов, которое может быть доставлено и выгружено в текущем месяце;
- соответствие времени движения водителей при перевозке нефтепродуктов до специализированного места отдыха на междугородном маршруте времени, установленному по режимам труда и отдыха.

Для построения математической модели функционирования подвижного состава при

перевозке нефтепродуктов введены допущения, связанные с выполнением положений, указанных в действующих документах (табл. 1).

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В математической модели количество подвижного состава изменяется от 1 до X и планирование работы выполняется для каждой единицы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов. В результате заключения договора с заказчиком выполняется услуга на перевозку по i -му маршруту в междугородном сообщении, который имеет характеристики, определяющие возможности остановок и стоянок подвижного состава во время отдыха водителя. Каждый маршрут соответствует конкретному договору. Если по одному договору выполняется несколько маршрутов, то в математической модели предусмотрено суммирование показателей (объём перевозок, трудоёмкость технических обслуживаний, затраты, доходы и прибыль) по каждому маршруту.

Для выполнения перевозок нефтепродуктов необходимо обеспечение технически исправного состояния подвижного состава, поэтому в математической модели предусмотрено планирование технических обслуживаний с учётом пробега и периодичности проведения этих обслуживаний (формулы (1)–(3)).

Математическая модель позволяет учитывать существующие требования по периодичности выполнения плановых технических обслуживаний (формула (1)), объёмам работ технического обслуживания и текущего ремонта (формула (3)), их количеству (формула (2)) для подвижного состава, осуществляющего перевозку нефтепродуктов.

В настоящем исследовании учитываются особенности формирования выработки подвижного состава за каждый месяц (формулы (4)–(7)). Возможно увеличение выработки в текущем месяце за счёт того, что перевозка нефтепродуктов, которая началась в прошлом месяце, заканчивается только в текущем месяце (формула (5)).

Для обеспечения соответствия времени движения водителей при перевозке нефтепродуктов до специализированного места отдыха на междугородном маршруте времени, установленному по режимам труда и отдыха, в математической модели представлены формулы (8)–(10). Требования по условиям заказчиков к объёмам перевозок нефтепродуктов в междугородном сообщении представлены в ограничении (формула (11)). По формулам (12)–(14) выполняется расчёт прибыли для выбора наилучшего значения в рамках установленных ограничений.

$$N_{\text{ТО-1},i,x} = \frac{L_{i,x}}{W_{\text{ТО-1},x}}; \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}, \quad (1)$$

$$N_{\text{ТО-2},i,x} \geq 2; \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}, \quad (2)$$

$$n_{i,x} = \begin{cases} 1, & \text{если } \begin{cases} (N_{\text{ТО-1},i,x} \cdot u_{\text{ТО-1},x}) \geq y_{\text{ТО-1},x}; \\ (N_{\text{ТО-2},i,x} \cdot u_{\text{ТО-2,ТР},x}) \geq y_{\text{ТО-2,ТР},x}; \end{cases} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (3)$$

где $L_{i,x}$ – пробег x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, км;

$W_{\text{ТО-1},x}$ – нормативный пробег до планового обслуживания x -го подвижного состава с учётом условий эксплуатации и природно-климатических условий при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, км;

$N_{\text{ТО-1},i,x}$, $N_{\text{ТО-2},i,x}$ – количество воздействий для x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ед.;

$$N_{\text{ТО-1},i,x} = \text{int}(N_{\text{ТО-1},i,x}), \quad N_{\text{ТО-2},i,x} = \text{int}(N_{\text{ТО-2},i,x});$$

$u_{\text{ТО-1},x}$, $u_{\text{ТО-2,ТР},x}$ – трудоёмкость одного воздействия соответственно по ТО-1, ТО-2 и ТР для x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов с учётом коэффициентов корректирования нормативов трудоёмкости, чел.·ч;

$y_{\text{ТО-1},x}$, $y_{\text{ТО-2,ТР},x}$ – требуемая трудоёмкость соответственно по ТО-1, ТО-2 и ТР для x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, чел.·ч.

$$t_{\text{Д},i,x} = \begin{cases} (t_{\text{з},i,x} + t_{\text{б},i,x}) - t_{\text{Б},i,x}, \\ \text{если } \Phi\text{В} - \left[\frac{\Phi\text{В} - d_x}{t_{\text{з},i,x} + t_{\text{б},i,x}} \right] \times (t_{\text{з},i,x} + t_{\text{б},i,x})^3 \geq t_{\text{н},i,x}; \\ 0, & \text{если } \Phi\text{В} - \left[\frac{\Phi\text{В}}{t_{\text{з},i,x} + t_{\text{б},i,x}} \right] \times (t_{\text{з},i,x} + t_{\text{б},i,x}) < t_{\text{н},i,x}, \end{cases} \quad (4)$$

где $t_{\text{Д},i,x}$ – время, необходимое для окончания ездки с грузом в текущем месяце x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ч;

$t_{\text{з},i,x}$ – время движения с грузом x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ч;

$t_{\text{б},i,x}$ – время движения без груза x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ч;

$t_{\text{Б},i,x}$ – время на ездку в предыдущем месяце для x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ч;

$\Phi\text{В}$ – фонд рабочего времени, ч;

d_x – продолжительность простоя в техническом обслуживании для x -го подвижного состава, ч;

$t_{\text{н},i,x}$ – время на погрузку x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ч.

$$Q_{i,x} = Z_{i,x} \cdot M_{\text{оп},x} \cdot n_{\text{Д},i,x}; \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}; \quad (5)$$

$$n_{\text{Д},i,x} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_{\text{Д},i,x} \geq t_{\text{н},i,x}; \\ 0, & \text{если } t_{\text{Д},i,x} < t_{\text{н},i,x}, \end{cases} \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}; \quad (6)$$

$$Z_{i,x} = \left[\frac{\Phi\text{В} - d_x - t_{\text{Д},i,x}}{2t_{\text{г},i,x}} \right]; \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}, \quad (7)$$

где $Q_{i,x}$ – выработка за месяц x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, т;

$Z_{i,x}$ – количество ездок x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ед.;

$Z_{\text{м},i,x} = \text{int}(Z_{\text{м},i,x})$; $M_{\text{оп},i,x}$ – массы отправки нефтепродуктов для x -го подвижного состава по i -му маршруту междугородного сообщения, т;

$n_{\text{Д},i,x}$ – булева переменная увеличения выработки x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, $n_{\text{Д},i,x} = 0, 1$, $n_{\text{Д},i,x} = \text{int}(n_{\text{Д},i,x})$.





$$t_{\text{re},x} = t_{\text{nyi},x} + t_{\text{cni},x} + t_{\text{znci},x} + t_{\text{zmi},x} + t_{\text{zoi},x};$$

$$i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}; \quad (8)$$

$$t_{\text{nyi},x} \leq \frac{l_{\text{nyi},x}}{V_{\text{Тм}}}; \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}; \quad (9)$$

$$t_{\text{cni},x} \leq \frac{l_{\text{cni},x}}{V_{\text{Тм}}}; \quad i = \overline{1, I}; \quad x = \overline{1, X}, \quad (10)$$

где $t_{\text{nyi},x}$, $t_{\text{cni},x}$, $t_{\text{znci},x}$, $t_{\text{zmi},x}$, $t_{\text{zoi},x}$ – соответственно время на непрерывное управление с начала работы водителя, время на движение между специальными перерывами, время специальных перерывов за смену, время для питания, время для отдыха водителя за смену x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, ч;

$l_{\text{nyi},x}$ – пробег до места остановки (стоянки) после непрерывного управления с начала работы водителя x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, км;

$l_{\text{cni},x}$ – пробег до места остановки (стоянки) после специального перерыва x -го подвижного состава при перевозке нефтепродуктов по i -му маршруту междугородного сообщения, км.

$$\sum_{x=1}^X (Q_{i,x} \cdot n_{i,x}) \cdot D_i \geq Q_{\text{пл}}, \quad i = \overline{1, I}; \quad (11)$$

$$R_i = \sum_{x=1}^X (Q_{i,x} \cdot n_{i,x}) \cdot D_i \cdot C_i, \quad i = \overline{1, I}; \quad (12)$$

$$P_i = R_i - Z_i, \quad i = \overline{1, I}; \quad (13)$$

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^I P_i \rightarrow \max, \quad (14)$$

где D_i – планируемое количество месяцев работы по i -му маршруту междугородного сообщения, ед.;

$D_i = \text{int}(D_i)$; $Q_{\text{пл}}$ – количество груза, требуемое заказчиком при перевозке по i -му маршруту междугородного сообщения, т;

C_i – тариф на перевозку груза по i -му маршруту междугородного сообщения, руб./т;

R_i – результат от перевозки груза по i -му маршруту междугородного сообщения, руб.;

Z_i – затраты на перевозку груза по i -му маршруту междугородного сообщения, руб.;

P_i – прибыль от перевозки груза по i -му маршруту междугородного сообщения, руб.;

\mathcal{E} – эффект от работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении, руб.

В математической модели комплексно реализуются следующие условия:

- обеспечение требований по количеству технических обслуживаний в конкретный временной промежуток для подвижного состава, выполняющего перевозки нефтепродуктов;

- обеспечение требований по определению планового объема перевозок грузов в междугородном сообщении, так как он может увеличиваться в текущем месяце за счёт того, что погрузка нефтепродуктов была выполнена в предыдущем месяце, а разгрузка – в текущем месяце;

- обеспечение требований по режимам труда и отдыха водителей за счёт соответствия времени, которое необходимо, чтобы доехать до специального места остановки и (или) стоянки подвижного состава на маршруте междугородных перевозок, установленному времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для практической реализации математической модели разработан алгоритм методики, который включает в себя основные этапы для определения плановых показателей (рис. 1).

К исходным данным относится информация о подвижном составе, требованиях заказчиков к объёмам перевозок грузов и тарифам по месяцам, требованиях к режимам труда и отдыха водителей при перевозке в междугородном сообщении. В исходные данные вводятся значения расстояний до стоянок в рамках «дорожной сети», которые согласованы заранее. Время на погрузку–разгрузку, средняя техническая скорость, масса отправки нефтепродуктов по конкретному маршруту являются характеристиками технологии перевозок грузов и обязательным элементом для расчёта плановых показателей.

Практическая реализация методики выполнена на примере перевозок битума марки БНД 90/130 из города Омска в междугородном сообщении. Длина ездки с грузом от 820 км до 870 км. Перевозка выполняется седельными тягачами Volvo FH12 440 с полуприцепом SESPEL-SF3B25. Применение методики позволило определить плановые показатели по месяцам с учётом потребности в грузе за этот период. В первый рабочий месяц (март) и последний рабочий месяц (ноябрь) запланировано по одной езде для каждой единицы подвижного состава на междугородных маршрутах с учётом всех

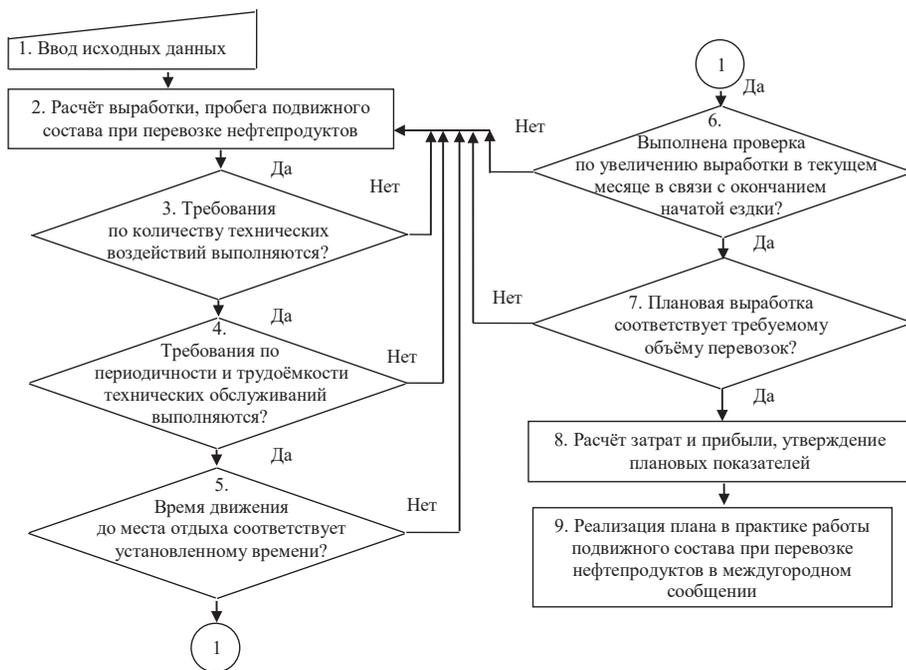


Рис. 1. Алгоритм методики планирования работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении (выполнено авторами).

требований к перевозке опасных грузов. Установлено, что для выполнения планового объёма перевозок (4400 тонн) потребуется 11 единиц подвижного состава. Величина прибыли составила 10004455 руб., что на 8,3 % больше, чем прибыль, полученная при расчёте показателей без комплексного учёта влияния установленных требований к перевозке нефтепродуктов в междугородном сообщении.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе представлены исследования по планированию работы подвижного состава в условиях развития транспортной системы, характеризующейся увеличением объёмов перевозок нефтепродуктов на строительство и реконструкцию дорог.

Разработана математическая модель функционирования подвижного состава при перевозке нефтепродуктов, позволяющая определять плановые показатели с учётом требований действующего законодательства по перевозке опасных грузов, по режимам труда и отдыха водителей на междугородных маршрутах, техническому состоянию подвижного состава, а также условий заказчиков и результатов деятельности АТП.

Предложен алгоритм методики для практической реализации математической модели,

позволяющий принимать управленческие решения по использованию плановых показателей работы подвижного состава при перевозке нефтепродуктов.

Выполненные исследования переданы для практической реализации в АТП города Омска, выполняющее перевозку битума в междугородном сообщении. Дальнейшие исследования авторы планируют посвятить последующему развитию теоретических положений, связанных с планированием работы подвижного состава.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнова О. Ю. Вопросы идентификации грузов при перевозке автомобильным транспортом // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2. – С. 125–133. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-125.
2. Сеницын В. В., Татаринов В. В., Прус Ю. В., Кирсанов А. А. Статистика автомобильных перевозок опасных грузов и происшествий // Технологии транспортной безопасности. – 2018. – Вып. 4 (80). – С. 24–35. DOI: 10.25257/TTS.2018.4.80.24-35.
3. Жесткова С. А., Якунин Н. Н., Якунина Н. В. Повышение безопасности перевозок нефтепродуктов автомобильным транспортом // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 2 (69). – С. 79–84. DOI: 10.33979/2073-7432-2020-69-2-79-84.
4. Flodén, J., Woxenius, J. A stakeholder analysis of actors and networks for land transport of dangerous goods. *Research in Transportation Business & Management*, 2021, Article 100629. DOI: 10.1016/j.rtbm.2021.100629.
5. Кондратов С. В., Новиков А. Н. Экспертный метод анализа и оценки риска при перевозке опасных грузов //





- Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2016. – Т. 3. – № 1 (4). – С. 254–258. DOI: 10.12737/18004.
6. Овсянников В. Е., Ширяева А. Н., Джинджолава Д. Г. [и др.] Совершенствование управления рисками в сфере перевозки нефтепродуктов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2020. – № 3. – С. 120–127. DOI: 10.31660/0445-0108-2020-3-120-127.
7. Niu, S., Ukkusuri, S. V. Risk Assessment of Commercial dangerous – goods truck drivers using geo-location data: A case study in China. *Accident Analysis & Prevention*, 2020, Vol. 137, Article 105427. DOI: 10.1016/j.aap.2019.105427.
8. Федотов В. Н., Алексиков С. В. Исследование производительности технологического автотранспорта при перевозке светлых нефтепродуктов в городских условиях // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2019. – Т. 13. – № 2. – С. 64–68. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10238.
9. Федотов В. Н. К вопросу о сезонной неравномерности грузоперевозок автомобильным транспортом // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 11 (67). – С. 286–288. [Электронный ресурс]: <https://web.snauka.ru/issues/2016/11/74971>. Доступ 21.05.2021.
10. Мочалин С. М., Радионова В. А. Оценка результативности цепи поставок на основе теории нечётких множеств // Проблемы машиноведения: Материалы V Международ. науч.-технич. конф. 2021 года. – Омск: Омский государственный технический университет. – С. 211–217. DOI: 10.25206/978-5-8149-3246-4-2021-211-217.
11. Попов Д. А., Кузнецов О. В., Куликов А. В. Совершенствование организации перевозки нефтяной продукции на примере технических масел из г. Волгограда // Технические науки: современные исследования и разработки: Материалы Международ. науч.-практич. конф. 2018. – Иркутск. – С. 52–61. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35220530>. Доступ 21.05.2021.
12. Царенкова И. М. Оптимизация поставок материальных ресурсов в логистической системе строительства автомобильных дорог // Наука и техника. – 2017. – Т. 16. – № 6. – С. 537–545. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-6-537-545.
13. Holeczek, N. Hazardous materials truck transportation problems: A classification and state of the art literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2019, Vol. 69, pp. 305–328. DOI: 10.1016/j.trd.2019.02.010.
14. Kishore, A., Niels, B., Zuidwijk, A. R. Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2018, Vol. 107, pp. 212–228. DOI: 10.1016/j.trb.2017.10.016.
15. Lukai, Z., Xuesong, F. Planning tank-truck hazardous materials shipments in intercity road transportation networks. *Applied Mathematical Modelling*, 2021, Vol. 89, pp. 1860–1880. DOI: 10.1016/j.apm.2020.09.009.
16. Домке Э. Р., Жесткова С. А., Подшивалов С. Ф. Повышение эффективности перевозки нефтепродуктов автомобильным транспортом // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2012. – № 3 (30). – С. 70–74. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17902422>. Доступ 21.05.2021.
17. Филиппова Н. А., Мушта Б. М. К вопросу об оценке качества грузовых перевозок // Наука и образование: проблемы и перспективы: Материалы XXI Всеросс. с междунар. участием науч.-практич. конф. молодых учёных, студентов и учащихся. – 2019. – Бийск: Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В. М. Шукшина. – С. 88–93. [Электронный ресурс]: http://www2.bigpi.biysk.ru/wwwsite/doc/news/Proceedings_Science_and_Edu_2019.pdf. Доступ 21.05.2021.
18. Ghaleha, S., Omidvarib, M., Nassiric, P., Momenid, M., Mohammadreza, S., Lavasanie, M. Pattern of safety risk assessment in road fleet transportation of hazardous materials (oil materials). *Safety Science*, 2019, Vol. 116, pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.02.039.
19. Хусаенов Р. А., Лисин В. А. Совершенствование проверки технического состояния автоцистерн FL // Актуальные проблемы науки и техники глазами молодых учёных: Материалы Международ. науч.-практич. конф. – 2016. – Омск: СибАДИ. – С. 401–408. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26160493>. Доступ 21.05.2021.
20. Алтунина М. С., Вароди А. П. Перспективы развития перевозок светлых нефтепродуктов автомобильным транспортом // Современные прикладные исследования: Материалы V национальной науч.-практич. конф. – Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. – 2021. – С. 116–120. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46255905>. Доступ 21.05.2021.
21. Трофимова Л. С., Певнев Н. Г. Математическая модель функционирования автотранспортного предприятия при перевозке грузов в междугородном сообщении для текущего планирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 243–252. DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2018-4-243-252>.
22. Трофимова Л. С., Трофимов Б. С., Янкевич Н. В. Планирование технического обслуживания для специализированного подвижного состава при перевозке опасных грузов // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Материалы V Международ. науч.-практич. конф. – 2021. – Омск: СибАДИ. – С. 227–231. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44737322>. Доступ 21.05.2021.
23. Трофимова Л. С., Янкевич Н. В. Планирование перевозок опасных грузов в междугородном сообщении // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Материалы II Национальной науч.-практич. конф. – 2019. – Омск: СибАДИ. – С. 255–258. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38256837>. Доступ 21.05.2021. ●

Информация об авторах:

Трофимова Людмила Семёновна – доктор технических наук, профессор кафедры организации перевозок и управления на транспорте Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ), Омск, Россия, trofimova_ls@mail.ru.

Трофимов Борис Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта автомобилей Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ), Омск, Россия, trofim_bs@mail.ru.

Янкевич Наталья Викторовна – менеджер отдела эксплуатации автомобильного транспорта, ООО «Транспортные решения», Омск, Россия, natasha.yankevich@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 17.08.2021, одобрена после рецензирования 22.10.2021, принята к публикации 25.10.2021.