

СМЕННО-СУТОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Кандидат техн. наук, доцент **Арифуллин И.В.**,
кандидат техн. наук, доцент **Терентьев А.В.**
(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ))
Магистрант **Ткачев Е.И.**
(Санкт-Петербургский горный университет)

PRESENT DAY SPECIFICITIES OF SHIFT WORK SCHEDULING INROAD FREIGHT

Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Arifullin I.V.**,
Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Terent'ev A.V.**
(Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. MADI)
Master Student **Tkachev E. I.**
(Saint-Petersburg Mining University)

Грузовые автомобильные перевозки, автотранспортное предприятие, сменно-суточное планирование, эксплуатация подвижного состава, технико-эксплуатационные показатели

Road freight, automobile enterprise, shift work scheduling, vehicle usage, technical and performance characteristics

В статье рассматриваются трудности практики взаимоотношений работы грузовых автотранспортных предприятий (АТП) и их клиентуры в связи с разделением крупных и образованием мелких производств и частных автохозяйств. Предложена методика оперативного планирования работы подвижного состава для совокупности средних автотранспортных систем перевозок грузов, которая позволит совершить оптимизацию при осуществлении перевозочного процесса.

The article discusses the difficulties of the practice of the relationship of the work of freight transport companies (ATP) and their clientele in connection with the separation of large and the formation of small industries and private fleets. The proposed methodology for operational planning of the rolling stock for a set of medium-sized road transportation systems of goods, which will allow to make optimization in the implementation of the transportation process.

В ряде исследований разрабатываются методики, позволяющие учитывать сложный характер производства сменно-суточного планирования грузовых АТП в современных условиях. Например, в работе [1] отмечается, что специфической особенностью работы грузовых автотранспортных предприятий (АТП) является «частое изменение клиентуры, видов грузов и их объемов, расстояний перевозок и т.д.» и что существующие методики планирования и анализа работы грузовых автомобилей АТП не дают возможности получать достоверные результаты в режиме оперативного планирования. Предлагается на основании усовершенствованной математической модели для проведения анализа (метод цепных подстановок) влияния технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) на эффективность работы автомобилей оценить эффективность функционирования парка автомобилей за любой промежуток времени. На примере грузооборота, т·км:

$$P = AD_u \cdot \frac{1}{1 + \frac{T_n \cdot l_{ze} \cdot V_m \cdot d_y}{l_{ze} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_m}} \cdot K_\alpha \frac{D_{pe} \cdot T_n \cdot l_{ze} \cdot \beta \cdot q \cdot \gamma \cdot V_m}{D_u \cdot l_{ze} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_m} \quad (1)$$

где D_{pe} – количество рабочих дней в календарном году; D_u – количество дней работы технически исправных автомобилей на линии; K_α – коэффициент использования автомобилей, годных к эксплуатации; d_y – норматив простоя автомобиля в техническом обслужи-

вании и ремонте на 1000 км пробега, дн; l_{ze} – длина гружёной ездки, км; β – коэффициент использования пробега, t_{n-p} – время на погрузку-разгрузку одной тонны груза, ч; γ – коэффициент использования грузоподъемности в прямом или обратном направлении; V_m – среднетехническая скорость, км/ч; T_n – время в наряде автомобиля, ч; AD_u – автомобиле-дни в использовании, автомобиле-дн; q – номинальная грузоподъемность автомобиля, т.

Данная методика сменно-суточного планирования работы автомобилей грузовых АТП позволяет учитывать дискретное состояние ТЭП эксплуатации подвижного состава и получать их оперативные значения. В конечном итоге, модель сменно-суточного планирования работы автомобилей определяется как сумма моделей от микросистем до малых систем:

$$M_o = \sum_1^m M_{\text{микросистемы}} + \sum_1^n M_{\text{микросистемы}} + \sum_1^k M_{\text{микросистемы}} \quad (2)$$

а суммарная транспортная система определяется следующим образом:

$$P_{\Sigma_o} = \sum_1^m P + \sum_1^n P + \sum_1^k \sum_1^{i_k} P_i \quad (3)$$

где m , n , k – количество микросистем, особо малых и малых систем соответственно, входящих в состав

большой автотранспортной системы доставки грузов за смену (БАТСДГ); i_k – количество эксплуатируемого подвижного состава в каждой системе.

Для практической деятельности грузовых АТП данная методика позволит обосновать: распределение транспортных средств по маршрутам и корректировать план перевозок на основании текущего состояния ТЭП.

Но при этом не решается вопрос возможности привлечения наёмного подвижного состава в случае колебания спроса на перевозки и его превышения над производными возможностями грузовых АТП.

В работе [2] разрабатывается методика оперативного планирования работы подвижного состава для совокупности средних автотранспортных систем перевозок грузов (ССАСПГ), которая включает сопоставление требований грузоотправителей, грузополучателей и провозных возможностей грузовых АТП в рамках единого расписания и определения результатов работы каждого автомобиля и ССАСПГ в целом по разработанной модели. ССАСПГ рассматривается как система, которая состоит из множества одновременно работающих погрузочных и разгрузочных пунктов грузоотправителей и грузополучателей и транспортных связей между ними и подвижным составом. В соответствии с принятыми к исполнению заявками автомобили должны осуществлять централизованную перевозку однородных грузов территориальным методом. Она производится в соответствии с единым расписанием:

$$S_{ССАСПГ} = \{Z_c, (П, x_n, t_n); (P, x_p, t_p), l_{min}, T_c, A_h, Расп; Y\} \quad (4)$$

где Z_c - принятая к обслуживанию заявка на перевоз из i -го пункта погрузки в j -й пункт разгрузки k -го вида груза в объёме $Q(i, j)$ в тоннах (единицах) в текущую смену (сутки); I – количество пунктов погрузки, ед.; J – количество пунктов разгрузки, ед.; K – количество видов транспортно-однородных грузов, ед.; $П$ – пункты погрузки; x_n - количество постов погрузки в i -ом пункте погрузки, ед.; t_n - время погрузки в i -ом пункте погрузки k -го вида груза в автомобиль h -ой группы, ч; H – количество автомобилей различных по грузоподъёмности, ед.; P – пункты разгрузки; x_p - количество постов разгрузки в j -ом пункте разгрузки, ед.; t_p - время разгрузки в j -ом пункте разгрузки k -го вида груза из автомобиля h -ой группы, ч; l_{min} - величина кратчайшего расстояния от i -ого пункта погрузки до j -ого пункта разгрузки, км; T_c - продолжительность работы ССАСПГ, ч; A_h - количество автомобилей h -ой группы в эксплуатации в текущую смену, ед.; $Расп$ - расписание работы автомобилей и грузовых пунктов в ССАСПГ; Y - аппарат управления перевозками в ССАСПГ.

Основная направленность данной работы - устранить возникающие погрешности несоответствия плановых (при расчёте по существующим им методикам) и фактических величин ТЭП работы автомобилей. В частности отмечается, что при повышении величин показателей ТЭП возможно изменение объёма перевозок от грузоотправителей к грузополучателям. В конечном итоге, можно при определённых значениях ТЭП реализовать перевозки большого объёма груза, в случае если будут заявки, которые ранее не планировалось обслуживать.

В работе приняты необходимые условия и ограничения функционирования данной системы.

Сложность адаптации предложенной методики к реальным условиям и повсеместному применению в практике работы АТП заключается в том, что для построения необходимого расписания работы подвижного состава в ССАСПГ должен быть использован эвристический подход. По мнению автора, он заключается в следовании разумным соображениям: автомобили должны следовать по кратчайшим расстояниям, время простоев автомобилей в пунктах погрузки-разгрузки должно быть минимальным и т.д., а также расписание должно корректироваться путем перестановки отдельных поездов. Кроме того, повысить эффективность работы подвижного состава в ССАСПГ можно только при разработке сменно-суточного задания для перевозки грузов каждый раз заново, при фиксации новых значений ТЭП [3].

Оптимальное соотношение собственного и наёмного подвижного состава обуславливается рядом причин, таких как:

- 1) неравномерность (колебание) спроса на перевозки грузов как результат экономического состояния в стране или влияния сезонных факторов;
- 2) разница в затратах. Соотношение между способом осуществления перевозок может быть как в пользу привлечения наёмного подвижного состава, так и в пользу эксплуатации собственных автомобилей в зависимости от вида перевозимого груза, объёма перевозки, регулярности поступления заявок и т.д.;
- 3) необходимость обеспечения требований качества перевозки (сохранность, безопасность, соблюдение специфических условий перевозки и т.д.).

Подтверждением актуальности этой темы исследований является ряд работ. Например, в работе [4] прямо указывается необходимость разработки оптимальных схем перевозок с учётом рационального распределения перевозок грузов между различными видами - привлечение автомобилей или использования собственных. Суть разработанной в исследовании методики заключается в определении минимума удельных затрат при различных процентных соотношениях привлечённого и собственного подвижного состава. Производится расчёт годовых суммарных затрат, приведённых к устанавливаемым уровням процентного соотношения использования собственного или наёмного транспорта по месяцам года, на основании обработки статистических данных по предприятию. На основании полученных соотношений определяется необходимое рациональное использование собственного подвижного состава.

Задача оптимизации заключается в минимизации математического ожидания затрат на перевозки за год при заданной вероятности выполнения сменно-суточного задания.

$$\left\{ \begin{aligned} & M\{Z(A^{\text{собст}}, A_t^{\text{наём}}, s_t)\} \rightarrow \min_{A^{\text{собст}}, A^{\text{наём}}, s_t}, \\ & P\{(Q_{p.c.t.} - Q_{c.c.t.}) \geq 0\} \geq P_{\text{Год}}, \\ & A^{\text{собст}} \geq 0, A_t^{\text{наём}} \geq 0, s_t \geq 0, \\ & M\{Z(A^{\text{собст}}, A_t^{\text{наём}}, s_t)\} = \\ & = M\{P_{\text{п.п.}}(Q_{\text{макс.с}} - Q_{\text{р.с.}}) + P_{\text{а}}(A) + \\ & \quad + P_{\text{прм}}(s) + \\ & \quad + M\{E_{\text{а}}^{\text{ож}}(A_t^{\text{наём}}, t_{\text{ож}})\} + \\ & \quad + M\{E_{\text{прм}}^{\text{ож}}(s_t, p_t)\} + M\{E_{\text{рампа}}^{\text{ож}}(s_t, p_t)\} \end{aligned} \right. \quad (5)$$

где $A^{собст}$ – собственное количество автомобилей, ед.; $A_t^{наём}$ – количество наёмных автомобилей, ед.; s_t – количество погрузочных механизмов, ед; $Q_{p.c.t.}$ – суточный объём готовой продукции, т; $Q_{c.c.t.}$ – среднесуточный объём отгрузки готовой продукции, т; $Z(A^{собст}, A_t^{наём}, s_t)$ – суммарные годовые затраты на эксплуатацию собственного и наёмного подвижного состава, руб.; $\Pi_{n,n}(Q_{макс.с} - Q_{p.c.})$ – потери из-за несвоевременной реализации продукции, руб.; $P_{a/m}(A)$ – приведённые расходы на содержание резерва подвижного состава, руб.; $P_{прм}(s)$ – приведённые расходы на содержание резерва погрузочных механизмов, ед.; $E_{a/m}^{ож}(A_t^{наём}, t_{ож})$ – приведённые затраты, связанные с простоем подвижного состава из-за суточной неравномерности, руб.; $E_{прм}^{ож}(s_t, p_t)$ – приведённые затраты, связанные с простоем погрузочных средств из-за суточной неравномерности, руб.; $E_{рампа}^{ож}(s_t, p_t)$ – приведённые затраты, связанные с простоем рампы из-за суточной неравномерности, руб.

Данный подход в большей степени направлен на определение рационального количества автомобилей и погрузочных средств в условиях неравномерности (сезонных колебаний спроса на продукцию предприятия) необходимых для отгрузки и вывоза готовой продукции. Распределение парка автомобилей по неравномерно поступающим заявкам является задачей, которая должна учитывать значимость заявки, возможность и рациональность её удовлетворения собственными автомобилями или как альтернатива - наёмными автомобилями.

Зависимость размера парка транспортных средств и его структуры от объёмов заказов, времени оборота на линии и необходимой при этом минимизации затраты на его содержания и эксплуатацию рассмотрены в работе [5]. Целью работы является динамическая оптимизация размеров и структуры существующего парка подвижного состава, необходимого для перевозки металлопроката по критерию минимума суммарных затрат на доставку груза, с учётом неравномерности подачи порожних вагонов и неритмичности производства.

Задача решается определением баланса необходимых и имеющихся ресурсов следующим образом:

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^m a_i(t) = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij}(T) = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n b_j(t) \quad (6)$$

при ограничениях

$$U_{ij}(t) \geq 0, X_i(t) \geq 0, X_j(t) \geq 0,$$

где: $a_i(t)$ – подача вагонов под погрузку с внешней сети ($i=1, \dots, m$); $U_{ij}(T)$ – (главная переменная) - партия вагонов, распределяемая от i -го поставщика в j -ый цех в момент времени t ($j=1, \dots, n$); $b_j(t)$ – потребность подразделения (цеха) в ресурсах в момент времени t ; $X_i(t)$ – количество вагонов i -го поставщика, не восстановленный в предыдущий момент времени; $X_j(t)$ – недостающий объём вагонов в j -ом цеху в предыдущий момент времени.

Тогда план распределения ресурсов подвижного состава определяется как \min функции затрат:

$$F = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^m \sum_{j=1}^n U_{ij}(T) \times C_{ij}(t) + \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^m X_j(t) \times C_i'(t) + \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n X_i(t) \times C_i''(t) \rightarrow \min \quad (7)$$

где $C_{ij}(t)$ – стоимость распределения подвижного состава, учитывая дальнейшее использование; $C_{ij}(t)$ – потери из-за отгрузки продукции с задержками, $C_i''(t)$ – потери от вынужденного простоя подвижного состава.

Решение данной задачи находится в виде планоматрицы распределения подвижного состава. Все данные сводятся в табличную форму, затем итерационно, с пошаговым увеличением или уменьшением ежесуточных запасов подвижного состава отслеживается изменение функции затрат для нахождения рационального соотношения типов подвижного состава. Данная методика позволяет выявлять моменты времени, когда происходит рассогласование программы по перевозкам и провозными возможностями имеющихся в наличии транспортных средств, а также пределы наращивания собственных провозных возможностей предприятия при изменении спроса на перевозки. Недостатком применения данного аппарата является сложность и трудоёмкость составления планов в табличной форме и выполнения вычислительных процедур, связанных с итерационным подходом.

В работе [6] справедливо отмечается, что современная практика грузовых автомобильных перевозок, в частности мелкопартионных грузов, фиксирует ежедневное изменение количества заявок клиентов на перевозки (по объёмам перевозок, количеству и расположению грузоотправителей и грузополучателей), что вызывает постоянные изменения в расстояниях между пунктами в районах обслуживания предприятий. Данная практика требует получения теоретического влияния изменения пробегов автомобилей на эффективность функционирования транспортных систем (в том числе и при решении задачи маршрутизации), а также механизмов возможного влияния на изменения.

В процессе работы автомобилей в городских условиях зафиксированы ситуации, когда мелкопартионные грузы доставляются в 4 видах различных развозочно-сборных ТС (РСТС) с центрального пункта грузового пункта (ЦГП) в работе приводятся данные, когда происходит:

- 1) изменение количества заявок происходит в диапазоне от -20% до $+20\%$ по сравнению с предшествующим периодом (сменой) работы АТП;
- 2) изменение объёмов перевозок по заявкам варьируется от -20% до $+20\%$ по сравнению с предшествующим периодом (сменой) работы АТП;
- 3) происходит регулярное изменение расстояний перевозок, а соответственно длин гружёных и порожних поездов автомобилей.

Естественно, что подобные динамические изменения в структуре заказных перевозок в условиях применения, сегодня, «фиксированной» декомпозиции может приводить к неполноценному использованию провозных возможностей АТП и грузоподъёмности подвижного состава; перегрузке автомобилей; несвоевременному удовлетворению спроса на перевозки; неуравновешенному балансу потребности в подвижном составе;

неэффективному применению автомобилей во времени; несоответствию плановых и фактических показателей работы АТП, невозможности обслужить во времени клиентов, подавших заявки в последнюю очередь, и т.д.

В исследовании констатируется, что использование единственного критерия в качестве оценки эффективности методов распределения автомобилей по маршрутам (маршрутизации), в частности по минимуму пробега, не может исчерпывать всех характеристик транспортных систем, осуществляющих перевозки мелкопартионных грузов. Поэтому для РСТС с центрального грузового пункта, при совокупности показателей результативности (объем перевозки грузов, грузооборот, общий пробег автомобилей, автомобиле-часы работы подвижного состава, количество автомобилей в эксплуатации) в качестве обобщающего показателя можно применять затраты на перевозку. В качестве реализации данной гипотезы предлагается произвести маршрутизацию перевозок в рамках ОПП, то есть если данные предшествующей структуры заявок отличаются от предыдущих, необходимо использовать не ранее разработанные планы заданий, а разрабатывать ежедневный новый план перевозок грузов на основе новой структуры заявок и особенностей работы автомобилей в предметно сложившихся условиях среды перевозок [7].

Можно отметить противоречие, заключающиеся в том, что вместо единственного критерия «пробег автомобилей» предлагается другой единственный критерий «затраты на перевозку», тогда область решения поставленной задачи опять сводится к однокритериальной оценке эффективности функционирования ТС [8]. Для того чтобы оценивать целесообразность принятых решений по нескольким различным критериям, должен быть в наличии инструмент, который позволял бы на научной аналитической основе разрабатывать алгоритмы принятия необходимых решений и выполнять их оценку, т.е. должны быть методики, которые позволяют учитывать различные условия работы подвижного состава в транспортных системах различной сложности. Организация грузовых автомобильных перевозок предполагает необходимость систематизаций действий всех его участников, выявление многочисленных факторов, определяющих транспортный процесс, их оценку и разработку мероприятий, направленных на повышение эффективности доставки грузов.

Традиционно планирование грузовых автомобильных перевозок предполагает:

- 1) определение стратегии развития предприятия;
- 2) планирование деятельности на ближайшую перспективу;
- 3) оперативное планирование производственной деятельности предприятия (перспективное – на 3...5 лет, текущее – на очередной год);
- 4) оперативно-производственное (сменное-суточное) планирование – на очередной месяц, декаду, неделю, сутки, смену.

Основной целью текущего планирования перевозок является выработка оптимальных решений, направленных на распределение имеющегося подвижного состава для выполнения поступающих заявок на перевозку грузов, а также на выявление наиболее эффективных технологий перевозок, развития производства, возможности получения прибыли по другим вопросам, определяющим эффективное использование ресурсов АТП [9, 10]. Как правило, текущее планирование перевозок осуществляется на год с разбивкой по кварталам. На этом этапе устанавливаются показатели транспортной

работы (в т, т·км, ч и др. единицах ее измерения) и разрабатывается план перевозок грузов и производственная программа, план по эксплуатации подвижного состава.

Литература

1. Варакин В.В. Совершенствование сменного-суточного планирования работы подвижного состава грузового автотранспортного предприятия: автореферат дисс. ... к-та. техн. наук: 05.22.10. – Омск: 2012 г.
2. Войтенков С.С. Совершенствование оперативного планирования перевозок грузов помашинными отправлениями в городах: автореферат дисс. ... к-та. техн. наук: 05.22.10. – Иркутск: 2011 г.
3. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. 5-е изд. /А.Э. Горев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
4. Ёлкин А.В. Оптимизация парка автотранспортных и погрузочных средств на предприятиях пивоваренной отрасли с учетом неравномерности потребления готовой продукции: автореферат дисс. ... к-та. техн. наук: 05.22.10. – Тверь: 2006.
5. Котова, И.В. Динамическая оптимизация величины и структуры парка подвижного состава для отгрузки готовой продукции металлургического комбината: автореферат дисс. ... к-та. техн. наук: 05.22.01. – Липецк: 2015.
6. Шаповал Д.В. Совершенствование оперативного планирования перевозок мелкопартионных грузов автомобилями на радиальных маршрутах в городах: автореферат дисс. ... к-та. техн. наук: 05.22.10. – Омск: 2012 г.
7. Карелина М.Ю., Арифиллин И.В., Терентьев А.В. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2018. - №1 (52). - С. 3-9.
8. Терентьев А.В. Многокритериальный показатель качества автомобиля. //Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ. - 2015. –1(48), - С. 201-204.
9. Володькин П.П., Рыжова А.С. Автоматизация информационного комплекса в сфере транспортного обслуживания населения на примере города Хабаровска // НИС «Транспорт: наука, техника, управление». 2017. - №3. – С.27-31
10. Корчагин В.А., Суворов В.А., Логинов В.А., Сысоев Д.К. От микро- к макроописанию экономики грузового автотранспортного предприятия Хабаровска // НИС «Транспорт: наука, техника, управление». - 2016. - №11. – С. 20-23

Сведения об авторах

Арифиллин Илья Владимирович, доцент кафедры «Менеджмент», МАДИ
125319, Москва, Ленинградский проспект, д. 64
E-mail: i_arifullin@mail.ru.

Терентьев Алексей Вячеславович, доцент кафедры «Детали машин и теории механизмов» МАДИ
125319, Москва, Ленинградский проспект, д. 64
E-mail: aleksej.terentev.67@bk.ru.

Ткачёв Евгений Игоревич
Магистрант, кафедра «Транспортно-технологических процессов и машин», Санкт-Петербургский горный университет
199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2
E-mail: nikolai.popravcka@yandex.ru.