УДК 656.223
DOI: https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-184-195

Совершенствование методики расчёта средневзвешенного оборота полувагонов металлургического предприятия

Алексей ПОПОВ **Артем ХМЕЛЕВ**

Попов Алексей Тимофеевич *– Липецкий государственный технический университет (ЛГТУ), Липецк, Россия.*
Хмелев Артем Сергеевич *– Липецкий государственный технический университет (ЛГТУ), Липецк, Россия*.*

Среднесуточный пробег вагона, его производительность и оборот определяют уровень эффективности использования подвижного состава. Оборот вагона рассчитывается и нормируется не только в целом для парка, но и для каждого типа подвижного состава, для отдельного района и дороги в зависимости от характера перевозочной работы. Ускорение оборота вагона повышает его производительность и увеличивает прибыль операторской компании. В то же время его снижение негативно сказывается на пропускной способности инфраструктуры, влечёт за собой увеличение затрат на маневровую и поездную работы, а значит, ведёт к удорожанию перевозки.

В современных условиях оборот определяется для каждого участника перевозки в соответствии с его зоной ответственности. Для металлургического предприятия использование оптимальной методики учёта времени нахождения вагона на его путях позволяет адекватно оценивать этот важный качественный показатель, а также контролировать его изменение в результате внедрения новых технологий транспортного обслуживания цехов, реконструкции путевого развития станций и оптимизации перевозочного процесса.

Целью исследования является совершенствование методики определения оборота вагона на подъездных путях металлургического предприятия для универсального подвижного состава в условиях применения сдвоенных операций.

Авторы используют общенаучные методы, математические методы, сравнительный анализ.

В данной статье приводятся основные положения методики, которая позволит определять оборот полувагонов с одной и двумя операциями в виде единого показателя – средневзвешенного оборота вагона.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, операторская компания, подвижной состав, металлургическое предприятие, оборот вагона.

---

*Информация об авторах:
Попов Алексей Тимофеевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации перевозок Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), Липецк, Россия, popov@stu.lipetsk.ru.
Хмелев Артем Сергеевич – аспирант кафедры организации перевозок Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), Липецк, Россия, khmeleff_art@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 15.08.2019, принята к публикации 03.12.2019.

For the English text of the article please see p. 190.

Железнодорожный транспорт металлургического предприятия представляет собой сложную многофакторную и многокритериальную систему, которая характеризуется значительными объёмами входящего и исходящего грузопотоков, широкой номенклатурой перевозимых грузов и различными видами ПС. В ходе проведения анализа текущего состояния практики в сфере управления транспортными потоками металлургии авторами была составлена схема существующих вагонопотоков (рис. 1).

С точки зрения юридического оформления в России предоставление вагонов под перевозку грузов металлургического комбината осуществляется на основе договора транспортно-экспедиторского обслуживания (оперирования) между оператором и предприятием, в котором указывается ставка привлечения вагона и нормируется время нахождения подвижного состава (ПС) на подъездном пути необщего пользования [1, с. 299]. В случае превышения данного оборота предприятие получает штраф за сверхнормативный срок нахождения вагона на своих путях, а если фактическое время ниже указанного, то оператор может выплатить премию [2, с. 265].

Грузовой вагон бо́льшую часть времени должен находиться в гружёном рейсе, а его простой без движения или порожний пробег лишь увеличивают убытки и представляют собой в экономическом отношении упущенную выгоду [3, с. 60].

Из этого следует, что, во-первых, металлургический комбинат прямо заинтересован в сокращении времени нахождения вагонов на подъездных путях, т.к. снижение затрат на привлечение ПС автоматически снижает долю транспортных расходов в себестоимости металлопродукции и повышает рентабельность. А, во-вторых, ускорение оборота вагона позволит операторской компании выполнять аналогичный объём перевозок при меньшей численности вагонного парка [4, с. 106].

В этих условиях особую роль играет методика, с помощью которой определяется время нахождения вагонов на подъездных путях. Она должна быть понятной, объективной и давать возможность верно оценивать текущую ситуацию по обороту. Для этого целесообразно использовать единый показатель, который, с одной стороны, даёт представление

Рис. 1. Схема вагонопотоков.

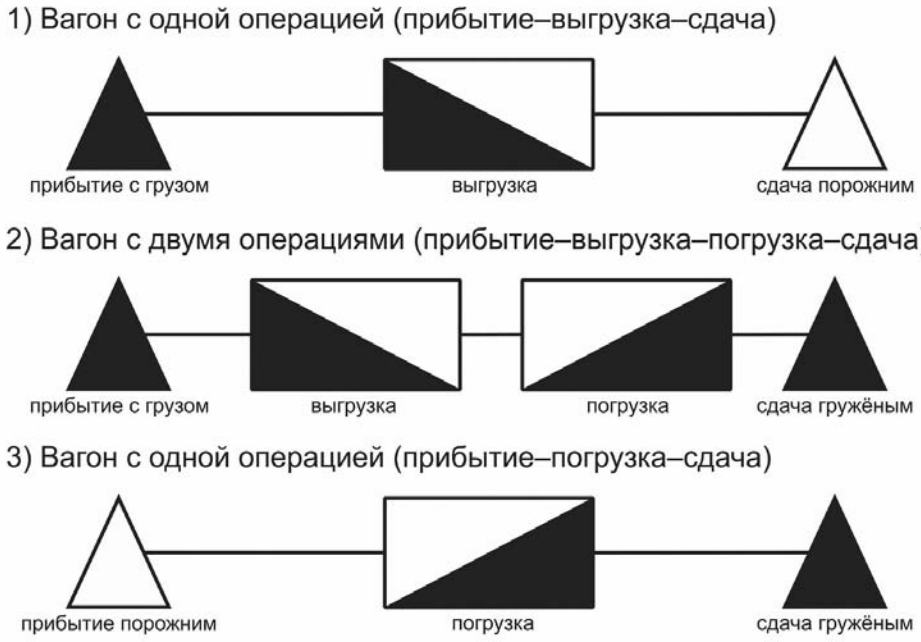

Рис. 2. Прибытие и сдача вагона на сеть.

о времени нахождения ПС на комбинате, а с другой – позволяет без дополнительных трудозатрат отделить оборот вагонов с одной операцией от оборота вагонов со сдвоенными операциями [5, с. 34]. Применение подобной методики поможет выявить непроизводительный простой ПС и наметить план дальнейших действий по устранению «узких мест» в технологическом процессе.

Намеченный курс на цифровизацию металлургических предприятий в частности и российской экономики в целом также выдвигает свои требования к определению количественных показателей работы железнодорожного транспорта, которые являются одним из критериев эффективности перевозочного процесса. Именно оборот вагона представляет собой один из таких показателей, что обуславливает необходимость его точного и автоматизированного расчёта. Этим вопросом продолжают заниматься как отечественные, так и зарубежные исследователи [6, с. 169; 7, с. 130].

В связи с этим актуальным является применение математических *методов* для моделирования транспортных потоков и определения показателей работы железной дороги с *целью* проведения дальнейшего сравнительного анализа и определения направлений оптимизации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОРОТА ВАГОНА

Общая формула оборота имеет вид [8]:

$$Q = \frac{1}{24}\left(\frac{L}{V_{уч}} + k_{тех} \cdot t_{тех} + k_{м} \cdot t_{гр}\right), \qquad (1)$$

где L – рейс вагона, км;

$V_{уч}$ – участковая скорость движения, км/ч;

$k_{тех}$ – количество технических станций в пути следования;

$t_{тех}$ – время нахождения вагона на технической станции (среднее), ч;

$k_{м}$ – коэффициент местной работы, который показывает количество грузовых операций за время одного оборота вагона;

$t_{гр}$ – время нахождения вагона под грузовой операцией (среднее), ч.

Из формулы (1) видно, что оборот вагона состоит из трёх основных элементов: непосредственное время хода, простой на технологических станциях и простой на станциях погрузки и выгрузки. При этом следует разграничивать зоны ответственности каждого из участников перевозки. Подавляющее большинство металлургических комбинатов имеют собственный локомотивный парк, по-

этому вагоны забираются со станций примыканий локомотивами ветвевладельца, что оговаривается договором на эксплуатацию железнодорожного пути необщего пользования. Таким образом, зона ответственности предприятия за оборот начинается от момента зачисления ПС (прибытие на комбинат) и заканчивается выставлением вагонов и предъявлением их к перевозке – сдача на сеть.

Рассмотрим авторскую схему прибытия и сдачи вагона на сеть на примере одного из крупнейших металлургических комбинатов России (рис. 2).

Последний из показанных на рисунке типов характерен для платформ, цистерн и других видов специализированного ПС, которые в рамках данной статьи рассматриваться не будут.

1) Вагон с одной операцией (прибытие–выгрузка–сдача)

Отсчёт времени нахождения вагона на подъездном пути необщего пользования начинается с момента его зачисления. После расформирования состава, подачи на грузовой фронт и выгрузки происходит уборка порожних вагонов, формирование передаточного состава на сеть и выставление готового поезда на станцию примыкания.

В этом случае время нахождения полувагона на путях необщего пользования определяется по формуле [9, с. 85]:

$$t_1 = t_{пр.пр} + t_{расф} + t_{н.п} + t_{под} + t_{пост} + t_{выгр} + t_{уб} + t_{сорт} + t_{н.с} + t_{форм} + t_{пр.\,отп} + t_{выст}, \quad (2)$$

где $t_{пр.пр}$ – время простоя вагонов на внутренней станции;

$t_{расф}$ – время на расформирование состава, ч;

$t_{н.п}$ – время накопления подачи, ч;

$t_{под}$ – время на подачу вагонов на грузовой фронт, ч;

$t_{пост}$ – время на постановку вагонов на фронт выгрузки, ч;

$t_{выгр}$ – время выгрузки, ч;

$t_{уб}$ – время на уборку вагонов, ч;

$t_{сорт}$ – время на сортировку вагонов, ч;

$t_{н.с}$ – время простоя вагонов под накоплением, ч;

$t_{форм}$ – время формирования состава, ч;

$t_{пр.отп}$ – время простоя в парке отправления, ч;

$t_{выст}$ – время на выставление вагонов на станцию примыкания, ч.

Для упрощения формулы (2) время нахождения вагона с одной операцией на путях предприятия можно представить как:

$$t_1 = t_{п\text{-}выгр} + t_{выгр\text{-}с}, \quad (3)$$

где $t_{п\text{-}выгр}$ – время от момента прибытия вагона до момента окончания выгрузки, ч;

$$t_{п\text{-}выгр} = t_{пр.пр} + t_{расф} + t_{н.п} + t_{под} + t_{пост} + t_{выгр}, \quad (4)$$

где $t_{выгр\text{-}с}$ – время от момента окончания выгрузки до момента сдачи порожнего вагона на сеть, ч.

$$t_{выгр\text{-}с} = t_{уб} + t_{сорт} + t_{н.с} + t_{форм} + t_{пр.\,отп} + t_{выст}. \quad (5)$$

2) Вагон с двумя операциями (прибытие–выгрузка–погрузка–сдача)

Если вагон после выгрузки подаётся на другой грузовой фронт для последующей погрузки, то в этом случае его оборот вычисляется следующим образом [9, с. 85]:

$$t_2 = t_{пр.пр} + t_{расф} + t_{н.п} + t_{под} + t_{пост} + t_{выгр} + t_{уб} + t_{сорт} + t_{пер} + t_{под.п} + t_{погр} + t_{уб.гр} + t_{н.с} + t_{форм} + t_{пр.\,отп} + t_{выст}, \quad (6)$$

где $t_{пер}$ – время на перемещение вагонов к фронту погрузки, ч;

$t_{под.п}$ – время на подачу под погрузку, ч;

$t_{погр}$ – время погрузки, ч;

$t_{уб.гр}$ – время на уборку гружёных вагонов, ч.

По аналогии с оборотом вагона с одной операцией формулу (4) запишем в виде:

$$t_2 = t_{п\text{-}выгр} + t_{выгр\text{-}погр} + t_{погр\text{-}с}, \quad (7)$$

где $t_{выгр\text{-}погр}$ – время от момента окончания выгрузки до момента окончания погрузки, ч;

$$t_{выгр\text{-}погр} = t_{уб} + t_{сорт} + t_{пер} + t_{под.п} + t_{погр}, \quad (8)$$

где $t_{погр\text{-}с}$ – время от момента окончания погрузки до момента сдачи гружёного вагона на сеть, ч:

$$t_{погр\text{-}с} = t_{уб.гр} + t_{н.с} + t_{форм} + t_{пр.\,отп} + t_{выст}. \quad (9)$$

СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫЙ ОБОРОТ ВАГОНА

Для осуществления коммерческих расчётов с оператором ведётся раздельный учёт вагонов с одной и с двумя операциями. Ведение такого учёта в техническом отношении не совсем удобно по следующим причинам:

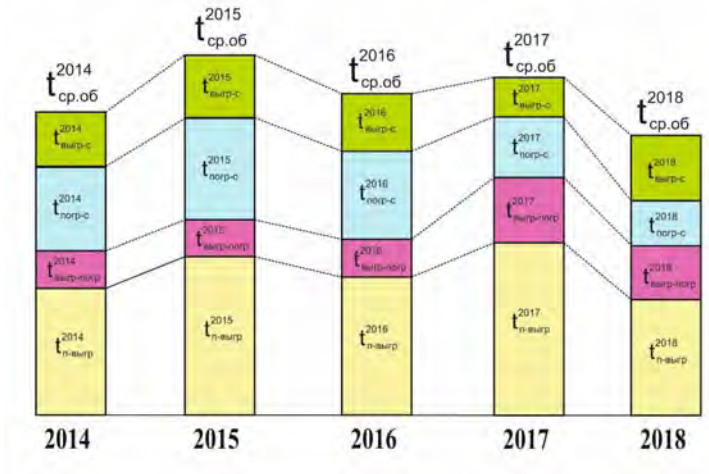

Рис. 3. Пример динамики изменения средневзвешенного оборота.

• сложность отслеживания времени на каждом этапе: «прибытие–выгрузка», «выгрузка–погрузка», «выгрузка–сдача», «погрузка–сдача»;

• отсутствие единого значения, отражающего ситуацию по обороту в целом, с разделением на вагоны с одной и двумя операциями.

В этом случае целесообразно введение нового показателя – средневзвешенный оборот вагона, который состоит из четырёх элементов: $t_{п\text{-}выгр}$, $t_{выгр\text{-}с}$, $t_{выгр\text{-}погр}$, $t_{погр\text{-}с}$. Для того чтобы показатель наиболее полно и адекватно отображал существующую ситуацию, необходимо определить время для каждого из этапов (следует учитывать отдельно зимний и летний периоды) и для дальнейших расчётов принять среднее значение по каждому:

$$t_{п-выгр}^{расч} = \frac{\sum_{n=1}^{N} t_{(п-выгр)n}}{N}, \quad (10)$$

где N – количество вагонов на этапе «прибытие–выгрузка».

$$t_{выгр-с}^{расч} = \frac{\sum_{m=1}^{M} t_{(выгр-с)m}}{M}, \quad (11)$$

где M – количество вагонов на этапе «выгрузка–сдача».

$$t_{выгр-погр}^{расч} = \frac{\sum_{l=1}^{L} t_{(выгр-погр)l}}{L}, \quad (12)$$

где L – количество вагонов на этапе «выгрузка–погрузка».

$$t_{погр-с}^{расч} = \frac{\sum_{i=1}^{I} t_{(погр-с)i}}{I}, \quad (13)$$

где I – количество вагонов на этапе «погрузка–сдача».

После этого определяется доля ПС, сдаваемого после выгрузки на сеть в порожнем состоянии, и вагонов, направляемых под погрузку. Окончательный расчёт средневзвешенного оборота осуществляется по формуле:

$$t_{ср.об} = t_{п-выгр}^{расч} + \frac{t_{выгр-с}^{расч} \cdot X}{100} + \frac{t_{выгр-погр}^{расч} \cdot Y}{100} + \frac{t_{погр-с}^{расч} \cdot Y}{100}, \quad (14)$$

где X – доля вагонов с одной операцией, %;

Y – доля вагонов с двумя операциями, %.

При наличии на предприятии информационной системы контроля за вагонами указанный расчёт следует автоматизировать с целью сокращения затрат времени на его выполнение, а также обеспечить накопление данных за истекшие периоды и визуализировать полученные значения для наглядной демонстрации времени нахождения ПС на подъездных путях. В результате определения времени нахождения вагона на подъездном пути крупного металлургического предприятия авторами был построен следующий график, показывающий динамику изменения средневзвешенного оборота вагона за последние пять лет (рис. 3).

ВЫВОДЫ

В современных рыночных условиях эффективная эксплуатация как своих, так и привлечённых вагонов включает в себя улучшение показателей использования ПС и снижение транспортных расходов. В то же время недостаточный уровень развития управления вагонным парком снижает значения производительности и увеличивает нагрузку на инфраструктуру [10, с. 72].

Применение методики определения средневзвешенного оборота вагона на подъездных путях металлургического предприятия позволит повысить точность и достоверность расчёта срока нахождения ПС внутри комбината, а специалистам транспортной логистики даст возможность контролировать время нахождения полувагона на каждом из четырёх этапов: прибытие, выгрузка, погрузка, отправление, чтобы оперативно реагировать на превышение нормативных значений. Это, в свою очередь, улучшит эффективность работы всей системы промышленного железнодорожного транспорта и благоприятно отразится на транспортной инфраструктуре. Дальнейшим развитием методики будет переход на оперативную технологически-экономическую оценку результатов работы, основанную на натурально-стоимостном измерителе, которая ясно отразит связь между трудом работников транспорта и оплатой результатов [11, с. 39]. Материальное стимулирование в этом случае повысит уровень конкурентных отношений внутри коллектива, увеличит производительность труда и снизит транспортные расходы [12, с. 75].

Следующим этапом совершенствования методики расчёта средневзвешенного оборота можно определить её автоматизацию и распространение на специализированный ПС с разделением времени нахождения внутри металлургического комбината на соответствующие этапы.

Предлагаемая методика определения оборота полувагонов на подъездном пути металлургического предприятия может, на наш взгляд, найти применение как на промышленных площадках различных отраслей экономики нашей страны, так и за рубежом [13, с. 38; 14, с. 435].

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмелев А. С., Попов А. Т. Обзор рынка железнодорожных грузоперевозок // Школа молодых учёных по проблемам технических наук: Сборник материалов областного профильного семинара. – Липецк: ЛГТУ, 2018. – С. 298–302.

2. Хмелев А. С., Попов А. Т. Оптимизация взаимодействия промышленного предприятия и операторских компаний // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте ИТТ 2018: Материалы I международной научно-практ. конференции. – Липецк: ЛГТУ, 2018. – С. 262–269.

3. Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. Эффективное использование собственных вагонов транспортных компаний на логистических принципах // Экономика железных дорог. – 2014. – № 6. – С. 60–67.

4. Зубков В. В., Сирина Н. Ф. Методы определения критериев эффективности транспортно-производственного процесса // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 3 (75). – С. 100–108.

5. Портнова О. Ю. О некоторых проблемах и сдерживающих факторах развития регионального рынка железнодорожных перевозок // Транспорт Урала. – 2013. – № 2 (37). – С. 32–37.

6. Goosens, J. H. M. Models and algorithms for railway line planning problems. Ph.D. thesis. University of Maastricht, Netherlands, 2004, 182 p. [Электронный ресурс]: https://mafiadoc.com/models-and-algorithms-for-railway-line-planning_5c347b30097c4766178b4594.html. Доступ 03.08.2019.

7. Baublys, A. Introduction to the theory of transport systems (Transporto sistemas teorijos ivadas). Vilnius, Technika, 1997, 298 p. (in Lithuanian).

8. Об утверждении порядка мониторинга обеспечения железнодорожным подвижным составом грузовладельцев и использования железнодорожного подвижного состава участниками перевозочного процесса и методики оценки эффективности использования железнодорожного подвижного состава: приказ Минтранса РФ от 5 мая 2012 г., № 136. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_134024/9e132d50f2de3667a6740624cedc9d5c6e5b4616. Доступ 03.08.2019.

9. Ерофеева Е. А., Зубков В. Н. Совершенствование методики технического нормирования показателя «оборот вагона» в условиях множественности операторов подвижного состава // Электронный научный журнал. – 2016. – № 6. – С. 80–89.

10. Жаркова А. А. Исследование эффективности использования подвижного состава при взаимодействии операторских компаний и предприятий промышленного транспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 3. – С. 71–75.

11. Попов А. Т., Суслова О. А. Оптимизация технологического процесса промышленного железнодорожного транспорта металлургического комбината // Промышленный транспорт XXI век. – 2006. – № 5–6. – С. 37–40.

12. Логинова И. А., Сухих К. Г. Разработка системы материального стимулирования в условиях модернизации // Казанская наука. – 2010. – № 4. – С. 72–77.

13. Parunakjan, V., Sizova, E. Designing of logistical chains inside production and transport system of metallurgical enterprise. Transport problems, 2013, Vol. 8, Iss. 1, pp. 35–45.

14. Бауэрсокс Д. Д., Клосс Д. Д. Логистика: Интегрированная цепь поставок. 2-е изд. – М.: Олимп-Бизнес, 2008. – 640 с.