

4 Об основных результатах деятельности Евразийской экономической комиссии [Электронный ресурс] / Исполнительный комитет Содружества Независимых Государств. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F41900502>. – Дата доступа : 29.09.2020.

*M. BOYKACHEV*

*Belarusian State University of Transport*

## **PROBLEMS AND DIRECTIONS OF INTEGRATION DEVELOPMENT TRANSPORTATION SYSTEMS**

The article discusses the essence and concept of integration in transport, the relationship of all representatives of the transport industry, the possibility of integration to more successfully connect people and markets. The main goal of the integration processes is revealed, which includes the elimination of physical and non-physical barriers that do not allow the existing potential of the country's transport industry to be revealed. The conditions of integration for road transport and railway transport are reflected.

Получено 15.09.2020

---

---

**ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг  
(проблемы повышения эффективности).  
Вып. 13. Гомель, 2020**

---

УДК 656.021.2

*И. А. ЕЛОВОЙ, д-р экон. наук, профессор*

*Белорусский государственный университет транспорта*

## **ЭФФЕКТ ОТ УСКОРЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

Рассмотрены подходы к оценке эффекта от ускорения транспортного потока на основе его показателей с учетом спроса на перевозки и пропускной способности инфраструктуры; показаны причины потерь эффекта от ускорения транспортного потока в логистических цепях; обоснована неопределённость в продвижении транспортных потоков и предложена методика оценки неопределённости транспортных потоков и оценки эффекта от их ускорения.

Транспортный поток может находиться в груженом и порожнем состояниях. Он характеризуется следующими основными параметрами:

1) интенсивность транспортного потока, измеряемая количеством его единиц за определенный период времени: автомобилей/ч, вагонов/ч, поездов/ч, судов/ч и т. д.;

2) оборот единицы транспортного потока, определяемый продолжительностью времени от начала ее погрузки до следующей погрузки. Оборот включает в себя продолжительность времени нахождения перевозочного средства как в груженом, так и в порожнем состояниях. Данный временной параметр зависит от продолжительности операций перевозочного процесса, включающих:

а) технологическую часть, которая связана с непосредственным выполнением конкретных операций;

б) непроизводительную часть, которая обусловлена ожиданием выполнения операций.

Существует несколько подходов к оценке эффекта от ускорения транспортных потоков.

**1 Первый подход** заключается в определении на сетевом уровне эффекта от экономии единицы времени подвижного состава. Например, на железнодорожном транспорте – эффект от экономии вагоно-часа. В результате общий эффект от проведения конкретного мероприятия по ускорению оборота подвижного состава определяется достигаемой суммарной экономией времени подвижного состава от осуществления мероприятий по данной задаче.

Рассматриваемый подход связан с изменением себестоимости: «на каждом дополнительном тонно-километре экономится независящая от движения часть себестоимости, а на каждом невыполнении она, соответственно, теряется». Для таких условий расходная ставка на вагоно-час, отражающая эффект от ускорения оборота вагона, определяется по формуле, которая зависит: от среднесуточного пробега вагона (км); средней динамической нагрузки на груженный вагон (т/вагон); себестоимости десяти тонно-километров в части расходов, не зависящих от размеров движения (руб./т·км); доли порожнего пробега вагонов по отношению к груженому.

В результате эффект от ускорения оборота вагона, рассчитанный с учетом вышеперечисленных параметров, учитывает: отраслевой эффект при сравнении вариантов мероприятий, требующих небольших капитальных вложений; условную экономию эксплуатационных расходов.

Однако при наличии неудовлетворенного спроса на перевозки железнодорожным транспортом экономия времени подвижного состава:

а) предотвращает дополнительные капиталовложения в локомотивный и вагонный парки для обеспечения соответствующего роста перевозок;

б) создает более благоприятные условия для эксплуатации постоянных устройств железнодорожного транспорта в условиях их высокой загрузки. В такой ситуации сэкономленные вагон и локомотив лучше, чем «новые».

Таким образом, первый подход к оценке эффективности ускорения транспортных потоков требует наличия статистических данных о среднесуточном пробеге вагонов, средней динамической нагрузке на груженный вагон, себестоимости в части независящих от размеров движения расходов, доли порожнего

пробега, которые *отсутствуют на стадии оценки проектируемого варианта транспортного обслуживания в условиях цифровой экономики.*

**2 Второй подход** к оценке величины эффекта от ускорения оборота подвижного состава характеризуется его применением к конкретным условиям осуществления мероприятий. В частности, эффект от ускорения оборота подвижного состава зависит от следующих параметров: себестоимости содержания и удельных капитальных вложений в подвижной состав *i*-го типа (руб./единиц-сутки эксплуатации); количества единиц подвижного состава *i*-го типа; экономии времени по подвижному составу *i*-го типа (единиц-сутки); количества типов, например, судов; сопутствующего (внетранспортного эффекта) от ускорения оборота подвижного состава (руб./единиц-сутки).

Рассчитанный с учетом вышеперечисленных параметров эффект от ускорения оборота подвижного состава в большинстве случаев дает завышенную оценку по следующим причинам:

1) единица подвижного состава проходит последовательно этапы на множестве элементов сети. В этих условиях достигнутая экономия на одном из них может быть полностью или частично потеряна на других. При таком рассмотрении становится очевидной ошибочность оценки ускорения работы какого-либо звена без учета его взаимодействия с другими элементами;

2) вполне «реальная» экономия времени подвижного состава на том или ином участке может не иметь эффекта, если она не обеспечена наличием дополнительного грузопотока.

Следует отметить, что последнее не всегда будет корректным, так как проведение соответствующих мероприятий будет иметь смысл и в условиях отсутствия дополнительной потребности в перевозках. В частности, в такой ситуации величина эффекта может определяться:

а) частичной экономией эксплуатационных расходов (уменьшение числа водителей автомобилей, машинистов локомотивов и др.);

б) экономией капитальных вложений в той их части, которая позволяет использовать подвижной состав в других целях. Например, можно превратить «экономленный вагон» в «склад на колесах», как это используется в других странах. В результате такого мероприятия можно уменьшить потребность в складских площадях и перегрузочных средствах. При этом может возникнуть дополнительный эффект от повышения стабильности перевозочного процесса по причине пополнения парка подвижного состава в резерве.

Следовательно, *первый подход* оценки потерь эффектов от ускорения оборачиваемости подвижного состава связан с внутренними особенностями транспортного производства: его динамизмом, пространственной разобщенностью. *Второй подход* больше учитывает инфраструктурную природу транспорта, его внешние взаимосвязи. Например, экономистов чаще всего привлекает проблема соотношения прироста провозной способности и спро-

са на нее. Однако вопросы эффективности ускорения перевозочного процесса рассматриваются в недостаточной степени, *в том числе в условиях цифровой экономики.*

**3 Потери эффектов от замедления транспортных потоков** происходят внутри логистических цепей движения ресурсов из-за несогласованной работы их звеньев. Данный вид потерь в наибольшей степени поддается регулированию.

Самый простой способ оценки эффективности ускорения операций движения ресурсов – *использование коэффициентов приведения условного эффекта к «реальному».* Ускорение операций движения ресурсов в логистических цепях зависит от соотношения прироста провозной способности на элементах таких цепей и спроса на нее. Одним из элементов таких логистических цепей являются схемы доставки грузов, в которых может участвовать один или несколько видов транспорта.

Ряд авторов предлагает принимать эффект от дополнительных перевозок как увеличение провозной способности в *половинном размере*, а другие – *в размере 75 %.* Например, вагоны, высвобождаемые при ускорении их оборота, в большинстве случаев могут быть использованы под дополнительные перевозки. В этих условиях эффект может считаться с коэффициентом 75 %. В рассматриваемом примере требуемая провозная способность будет определяться из соотношения  $\mu = 1/Z$ , где  $Z$  – оборот вагона в сутках. Здесь провозная способность будет определяться в вагонах/сутки. Данной провозной способности должна соответствовать провозная способность инфраструктуры (участков железной дороги) и перерабатывающая способность узлов (мест стыкования участков), которые определяются известными методами. При этом особенно актуальной является проблема соотношения *прироста провозной способности и спроса на нее.*

Таким образом, к преимуществам такого подхода следует отнести *простоту* его применения и обоснования, а к недостаткам – *ограниченность смысловой нагрузки коэффициентов.* Такое положение объясняется тем, что он учитывает потери, связанные с неполной реализацией прироста провозной способности, т. е. резервов провозной и перерабатывающей способностей. Кроме того, неполная реализация провозной (перерабатывающей) способности или потери от ускорения оборачиваемости подвижного состава при ее недостатке обуславливаются внешним, а поэтому менее определенным и формализуемым аспектом потерь вышеназванных эффектов от ускорения.

В результате потери эффекта существуют вне зависимости от нашего умения их измерять с помощью коэффициентов. Эти коэффициенты должны быть различными не только по видам транспорта, но и по отдельным полигонам сети одного и того же вида транспорта. На их величину влияют следующие параметры:

- 1) разветвленность путей сообщения рассматриваемого вида транспорта;
- 2) степень удовлетворения потребности в перевозках;
- 3) наличие резервов пропускной (провозной) способности на решающих направлениях;
- 4) расстояние между основными грузообразующими пунктами;
- 5) степень специализации и грузоподъемности обращающегося подвижного состава;
- 6) возможность маневра резервами провозной способности и т. п.

Перечисленные параметры имеют различную размерность и могут быть приведены к одному размеру общеизвестными методами. Кроме того, имеются исследования, когда для учета потерь эффекта возможно применение соответствующих коэффициентов приведения. В частности, для решения такой задачи предлагается определять величину таких коэффициентов через *информационную энтропию*, характеризующую приведенные затраты по подвижному составу, так как он связан с оборотом вагона, и нам необходимо знать не только среднее число вагонов, но и их резерв. Тогда каждый элемент схемы доставки груза с участием только железнодорожного транспорта (участок, сортировочная станция, пункт выгрузки и т. п.) в процессе функционирования системы доставки может принимать множество состояний, задаваемых распределением вероятностей конкретного элемента оборота вагона на элементе этой системы.

В ряде других исследований используется энтропия для учета неопределенности. Энтропия может интерпретироваться как мера неопределенности некоторой системы, т. е. система может находиться в разных состояниях. Энтропия состояния элемента  $x_i$  схемы доставки груза определяется по формуле [3]

$$H_i(x_i) = - \sum_{k=1}^n P_{ik} \log P_{ik}, \quad (1)$$

где  $k = 1, 2, \dots, n$  – состояние рассматриваемого  $i$ -го элемента схемы доставки;  $P_{ik}$  – вероятность элемента оказаться в состоянии  $k$ .

Можно рассчитать энтропию схемы доставки в целом, которая состоит из заданного количества элементов (видов транспорта, количества участков, терминалов и т. п.) по каждой из сравниваемых схем доставки грузов. Рассчитанная энтропия может быть представлена в виде суммарной энтропии по каждой из сравниваемых схем доставки (соответственно  $H_1$  и  $H_2$ ). Относительное изменение энтропии  $\eta = (H_1 - H_2) / H_1$  может служить числовой мерой при соизмерении приведенных затрат по подвижному составу. Рассмотренный подход к применению энтропии имеет следующие основания:

- 1) традиционно транспортный процесс рассматривался как детерминированный;

2) с увеличением размеров движения, усложнением транспортной техники и ряда других причин набрал популярность вероятностный подход к транспортному процессу, где имеется недооценка организующей роли человека, ориентация на невысокую эффективность работы транспорта;

3) в настоящее время исходят из представления, что часть явлений на транспорте носит более или менее случайный характер. При этом случайности находятся:

а) *вне транспорта* – погодные условия, случайный характер спроса на перевозку большинства грузов;

б) *внутри транспорта* – степень готовности к работе транспортной техники, ее отказы, работоспособность персонала и продолжительность выполнения технологических операций и др.

Взаимодействие случайностей вне и внутри транспорта придает вероятностный характер транспортному процессу. Однако транспортный процесс определенным образом организован, что подтверждается следующим:

1) на основании анализа грузовых и транспортных потоков за предыдущий период времени составляются план формирования и график движения поездов, технологические процессы работы станций на железнодорожном транспорте, графики движения судов на морском и речном транспорте и т. п.;

2) неблагоприятные воздействия случайных явлений призвано устранять диспетчеризацией транспортного процесса и *цифровизацией перевозочных процессов на всех видах транспорта*.

**4 Оценка эффекта от ускорения транспортных потоков.** Функционирование системы доставки за определенный период времени можно рассматривать как результат *взаимодействия организующего и случайного начал*. Общеизвестно, чем меньше неопределенности в работе системы доставки, тем легче предвидеть ее состояние и больше возможности для управления потоками в ней. Кроме того, с улучшением организованности рассматриваемой системы улучшаются условия для реализации появляющихся резервов. В связи с этим меру организованности можно использовать для оценки воздействия частного ускорения потоков на общее их состояние.

Рассмотренный подход к оценке эффекта от ускорения транспортных потоков является сложным для практического применения, так как требуется выбрать элементы, не только определяющие в совокупности работу системы доставки, но и примерно равнозначные по своему влиянию на ее составляющие.

В частности, пусть спрос на вагоны и оборот вагона подчиняются нормальным законам распределения. Тогда математическое ожидание спроса ( $m_{y_0}$ ) на вагоны за среднее время оборота вагона ( $\bar{t}$ ) будет определяться по формуле

$$m_{y_0} = \lambda_b \bar{t}, \quad (2)$$

где  $\lambda_b$  – средняя интенсивность спроса на вагоны, вагонов/сут.

Спрос на вагон за время его оборота, когда он (спрос) подчиняется нормальному закону, будет также подчиняться нормальному закону со средним квадратическим отклонением

$$\sigma_{y_0} = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_t^2 \lambda_B^2}, \quad (3)$$

где  $\sigma_y$  – среднее квадратическое отклонение спроса на вагоны за период времени  $\bar{t}$ , равный среднему обороту вагона, вагонов/за  $\bar{t}$ ;  $\sigma_t$  – среднее квадратическое отклонение оборота вагона от своего среднего значения, вагонов/за  $\bar{t}$ .

Располагая средним квадратическим отклонением  $\sigma_{y_0}$ , появляется возможность рассчитать потребность в вагонном парке и установить, сколько средних квадратических отклонений ( $n$ ) при этом необходимо учитывать. Следует указать, что при известных  $n$  и  $\sigma_{y_0}$  можно определить коэффициент неравномерности из соотношения

$$K_H(\lambda_B, \bar{t}) = 1 + n\sigma_{y_0}. \quad (4)$$

Тогда потребность в вагонном парке

$$m_B = K_H(\lambda_B, \bar{t}) \lambda_B \bar{t}. \quad (5)$$

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1 Транспортное средство (вагон, судно, контейнер и т. п.) может находиться в логистической цепи движения ресурсов в двух состояниях: в состоянии покоя и в состоянии движения. Состояние покоя связано с неопределенностью оборота транспортного средства, т. е. с межоперационными простоями перевозочных средств в процессе их оборота.

2 Межоперационные простои перевозочных средств зависят от неравномерности потока требований, которая учитывается с помощью коэффициента вариации входящего потока ( $v_{вх}$ ), а также изменения продолжительности выполнения технологических операций ( $v_{обсл}$ ). Этим самым в формуле (3) используются неопределенность двух параметров:  $\lambda$  и  $t$ . Оставшаяся часть неравномерности входящего потока, неучтенная с помощью коэффициента  $v_{вх}$ , а также неопределенность продолжительности технологических операций, неучтенная с помощью коэффициента  $v_{обсл}$ , поглощается резервами пропускной способности участков, перерабатывающей способности транспортных узлов и перевозочных средств, которые рассчитываются с помощью коэффициентов неравномерности.

3 Логистическая цепь движения ресурсов частично состоит из схем доставки грузов. Она связывает между собой производителя и потребителя готовой продукции и в свой состав включает транспортно-логистические цен-

тры (терминалы стыковки различных видов транспорта). Логистическая цепь поставок ресурсов состоит из логистической цепи движения ресурсов, торговых и производственных логистических центров различных видов.

Эффект от ускорения транспортных потоков в логистической цепи поставки ресурса, руб./требуется, определяется по формуле [3]:

$$\Theta = \eta_1(C_3 + \eta_2(C_{\text{нз}} + E_n K_{\text{уд}})) Dt + \eta_3 \eta_4 \eta_5 \Theta_{\text{соп}}, \quad (6)$$

где  $C_3, C_{\text{нз}}$  – соответственно себестоимости содержания подвижного состава в части расходов, зависящих и не зависящих от размеров движения, руб./вагоно-ч, руб./автомобиле-ч, руб./тоннаже-сут и т. д.;  $K_{\text{уд}}$  – удельные капитальные вложения по подвижному составу, руб./вагоно-ч, руб./автомобиле-ч, руб./тоннаже-сут и т. д.;  $Dt = t_1 - t_2$  – уменьшение времени нахождения подвижного состава в груженом состоянии, ч;  $\Theta_{\text{соп}}$  – сопутствующий (внетранспортный) эффект от ускорения оборота подвижного состава, руб./вагоно-ч, руб./автомобиле-ч, руб./тоннаже-сут и т. д.;  $\eta_{1-5}$  – коэффициенты, учитывающие следующие потери:

- из-за несогласованности работы элементов транспортной системы;
- неполной реализации прироста провозной способности;
- несогласованности работы транспортной и торговой систем;
- несвоевременности расчетов за перевезенный груз между продавцом и покупателем;
- несвоевременности расчетов между производителями и потребителем транспортных услуг.

Количество поправочных коэффициентов для корректировки  $\Theta_{\text{соп}}$  можно изменить, если необходимо учесть часть или все виды внутранспортного эффекта. Для расчета эффекта от ускорения значения коэффициентов  $\eta_i$  определяется применительно к конкретным схемам доставки в логистической цепи движения ресурсов.

При расчете эффекта от ускорения флота или другого подвижного состава в формуле (6) берется сумма по всем её элементам. При этом в данной формуле используются коэффициенты приведения  $\eta_i$ . Их недостаток состоит в ограниченности смысловой нагрузки. Поэтому для учета неопределенности предлагается использовать продолжительность ожидания ( $t_{\text{ож}}^i$ ), т. е. отклонение от технологического времени ( $t_{\text{тех}}^i$ ). Тогда значение  $i$ -го коэффициента  $\eta_i$  будет определяться из соотношения

$$\eta_i = \frac{t_{\text{ож}}^i}{t_{\text{ож}}^i + t_{\text{тех}}^i}. \quad (7)$$

При  $t_{\text{ож}}^i = t_{\text{тех}}^i$  тогда  $\eta_i = 0,5$ . Если  $t_{\text{ож}}^i > t_{\text{тех}}^i$  то  $\eta_i > 0,5$ . При  $t_{\text{ож}}^i < t_{\text{тех}}^i$   $\eta_i < 0,5$ .

*Внедрение цифровой экономики* позволит уменьшить неопределенность в продвижении транспортных потоков и получить соответствующий эффект, связанный с уменьшением межоперационных простоев  $t_{\text{ож}}^i$  на элементах логистической цепи движения ресурсов. Кроме того, применение цифровой экономики позволит также стабилизировать интенсивность входящего потока, уменьшив ее среднее квадратическое отклонение и тем самым неопределенность. В этом случае эффект от ускорения транспортного потока будет зависеть от уменьшения его среднего квадратического отклонения, что приведет к уменьшению межоперационных простоев. В то же время максимальное число требований в системе доставки также снизится, что приведет к увеличению резерва провозной (пропускной) способности [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Комаров, А. В.** Теория комплексной эксплуатации видов транспорта : в 2 ч. Ч. 1 / А. В. Комаров // ВИНТИ : Транспорт, наука, техника. – 2002. – № 10. – С. 2–19.
- 2 Организация грузовых перевозок с использованием электронных документов : [монография] / И. А. Еловой [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 171 с.
- 3 **Куренков, П. В.** Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление / П. В. Куренков, А. Ф. Котляренко. – Самара : СамГАПС, 2002. – 636 с.

*I. ELOVOJ, Grand PhD, Professor  
Belarusian State University of Transport*

#### **EFFECTIVENESS FROM TRANSPORT FLOWS SPEED-UP IN THE CONDITIONS OF THE DIGITAL ECONOMY**

The article considers approaches to assessing the effect of transport flow acceleration based on its indicators, taking into account the cost of transportation and infrastructure capacity; shows the reasons for the loss of the effect of transport flow acceleration in logistics chains; justifies the uncertainty in the promotion of transport flows and offers a method for assessing the uncertainty of transport flows and evaluating the effect of their acceleration.

Получено 18.08.2020