

## ТРАНСПОРТ ТА ЛОГІСТИКА

УДК 656.076.158:334.716

©Парунакян В.Э.<sup>1</sup>, Бойко В.А.<sup>2</sup>, Аксёнов М.Л.<sup>3</sup>

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И АНАЛИЗА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В статье приведена методика оценки и анализа пропускной способности отдельных элементов грузовой станции. Она основана на сопоставлении расчетной и требуемой пропускной способности данных элементов. В работе обоснована необходимость ввода в модель коэффициентов резерва пропускной способности элементов станции.*

**Ключевые слова:** *грузовая станция, пропускная способность элементов станции, эквивалентные вагонопотоки, технологические операции, технические устройства.*

*Парунакян В.Е., Бойко В.О., Аксёнов М.Л. Методика оцінки та аналізу пропускної спроможності технічних пристроїв вантажної станції металургійного підприємства. У статті наведена методика оцінки та аналізу пропускної спроможності окремих елементів вантажної станції. Вона заснована на зіставленні розрахункової і необхідної пропускної спроможності даних елементів. У роботі обґрунтована необхідність введення в модель коефіцієнтів резерву пропускної здатності елементів станції.*

**Ключові слова:** *вантажна станція, пропускна здатність елементів станції, еквівалентні вагонопотоки, технологічні операції, технічні пристрої.*

*V.E. Parunakjan, V.O. Boyko, M.L. Aksenov. Methods of assessment and evaluation of the capacity of technical devices freight station steel plant. The article describes a method of assessment and analysis capacity of individual elements freight station. It is based on a comparison of the calculated and required capacity of these elements. We justify the need to enter into the model coefficients of the reserve capacity of the station elements.*

**Keywords:** *freight station, the capacity of elements station, wagon equivalent, manufacturing operations, technical devices.*

**Постановка проблемы.** В условиях действия рыночных механизмов на процесс переработки вагонопотока грузовой станции начали более интенсивно воздействовать случайные, часто не прогнозируемые, внешние и внутривыпускные факторы. Они весьма ощутимо влияют на динамику процесса, деформируют технологическую траекторию переработки вагонопотока и приводят к существенному росту маневровой работы и межоперационным ожиданиям (простоям). В связи с указанным значительно увеличивается и достигает предельных значений загрузка технических устройств станций, а в отдельные периоды ее работа блокируется.

Одной из основных причин создавшегося положения является несоответствие традиционного метода расчета и оценки перерабатывающей мощности грузовой станции и ее элементов современным эксплуатационным условиям и производственным требованиям. Основанный на приближенном значении коэффициента неравномерности, он недостаточно учитывает постоянное воздействие на ее работу отмеченных динамических факторов.

<sup>1</sup> д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

<sup>2</sup> инженер ПАО «ММК им. Ильича», г. Мариуполь

<sup>3</sup> ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

**Анализ последних исследований и публикаций.** Одним из ключевых моментов в решении задач управления на железнодорожном транспорте является понятие пропускной способности станции. В первых исследованиях, пропускная способность основных элементов железнодорожных объектов трактовалась как величина, обратная времени выполнения определенной операции технологического процесса [1, 2]. Этот посыл лежит в основе методик расчета пропускной способности транспортных устройств аналитическим и графическим способами [3, 4]. Для более полного анализа транспортных процессов введено понятие пропускной способности элемента транспортной системы [5].

Особняком среди методов прикладного системного анализа стоит имитационное моделирование. Метод имитационного моделирования предполагает создание аналога реального объекта. При разработке модели процесс ее функционирования может воспроизводиться с разной степенью детализации. Для получения интересующей информации об исследуемом объекте требуется не «решать», а производить «прогон» имитационной модели при различных условиях. К основным недостаткам имитационного моделирования относится трудоемкость создания модели, сложность проверки степени соответствия модели реальному объекту, получения оптимума. Имитационные модели не способны формировать свое решение, а могут служить лишь в качестве средства для анализа поведения системы в условиях, которые определяются экспериментатором [6].

Поэтому в данной статье в качестве методической основы для расчета и анализа пропускной способности технических устройств станции принимается новый подход. Он основывается на оценке наличной (расчетной) пропускной способности, определении основных факторов, влияющих на нее и установлении требуемой (необходимой) пропускной способности и загрузки технических устройств с учетом динамики процесса переработки вагонопотока.

**Цель статьи** – разработка методики оценки и анализа пропускной способности технических устройств грузовой станции металлургического предприятия.

**Изложение основного материала.** Работа грузовой станции базового предприятия характеризуется значительными колебаниями интервалов суточного прибытия маршрутов с сырьем (от 0,3 до 10,4 час, в среднем – 2,5 час) и суточного поступления вагонов с сырьем (от 250 до 700 вагонов в доминирующем значении 400 - 600 вагонов). Поэтому пропускная способность технических устройств анализируется и оценивается во всем диапазоне объема переработки вагонопотока. Величина вагонопотока в периоды сгущения интервалов прибытия маршрутов устанавливается показателями эквивалентного (приведенного) числа перерабатываемых вагонов ( $B_p$ ), определяемого коэффициентом динамичности. Его величина принимается числовым рядом со шкалой 400 – 450 – 500 – 550 – 600 вагонов в сутки, в соответствии с которым обозначены режимы работы станции.

Расчетная (наличная) пропускная способность элемента путевой схемы ( $N_{расч}$ ) – наибольшее количество разнонаправленных передвижений вагонопотока с различным временем его занятия, которое может быть пропущено в сутки в зависимости от технической оснащенности.

Требуемая (необходимая) пропускная способность элемента путевой схемы ( $N_{тр}$ ) – количество разнонаправленных передвижений вагонопотока с разным временем его занятия, которое должно быть реализовано в сутки в соответствии с заданным объемом вагонопотока и с учетом динамики транспортного процесса. В связи с указанным в расчет  $N_{расч}$  вводится коэффициент резерва пропускной способности ( $k_{рез}$ ).

Рассмотрим методические подходы к оценке пропускной способности горловин и путей приемо-отправочного парка грузовой станции.

Расчетная (наличная) пропускная способность горловины традиционно определяется по формуле:

$$N_{расч} = \frac{1440 \cdot k_{то}}{t_{зан}}, \text{ перед/сутки}, \quad (1)$$

где  $t_{зан}$  – продолжительность занятия горловины всеми видами передвижений в течение суток, мин.;

$k_{то}$  – коэффициент, учитывающий время на техническое обслуживание элементов горловины. Для условий грузовой станции  $k_{то} = 0,85 - 0,95$ .

Для эквивалентных вагонопотоков при разнонаправленных передвижениях  $n = \{1, 2, \dots, i; 400, 450, \dots, j\}$  (табл. 1), проходящих через горловину станции, время ее занятия операцией каждого вида ( $n_i^j, t_{з(i)}^j$ ) будет различным и составит  $n_1^j \cdot t_{з(1)}^j, n_2^j \cdot t_{з(2)}^j, \dots, n_i^j \cdot t_{з(i)}^j$ .

Таблица 1

Фактическое число передвижений каждого вида через горловину станции

№ п/п технологической операции	Эквивалентный вагонопоток						
	400	450	500	550	600	...	j
1	$n_1^{400}$	$n_1^{450}$	$n_1^{500}$	$n_1^{550}$	$n_1^{600}$		$n_1^j$
2	$n_2^{400}$	$n_2^{450}$	$n_2^{500}$	$n_2^{550}$	$n_2^{600}$		$n_2^j$
3	$n_3^{400}$	$n_3^{450}$	$n_3^{500}$	$n_3^{550}$	$n_3^{600}$		$n_3^j$
...							
i	$n_i^{400}$	$n_i^{450}$	$n_i^{500}$	$n_i^{550}$	$n_i^{600}$		$n_i^j$

Для условий грузовой станции продолжительность занятия горловины всеми видами передвижения в течение суток ( $t_{зан}^j$ ) для эквивалентного вагонопотока определяется следующим выражением:

$$t_{зан}^j = n_1^j \cdot t_{з(1)}^j + n_2^j \cdot t_{з(2)}^j + \dots + n_i^j \cdot t_{з(i)}^j, \text{ мин}, \quad (2)$$

где  $n_1^j, n_2^j, \dots, n_i^j$  – число передвижений при приеме груженых маршрутов и отправлении поездов с порожними вагонами; при обгоне вывозных и маневровых локомотивов; при переработке и выгрузке маршрутов; при формировании поездов порожних вагонов;  
 $t_{з(1)}^j, t_{з(2)}^j, \dots, t_{з(i)}^j$  – продолжительность соответственно одного передвижения при выполнении операций указанных выше, мин.

Таким образом, расчетная (наличная) пропускная способность лишь фиксирует сумму затрачиваемого времени на выполнение всех операций, требующих занятия горловины.

В то же время существующий метод не позволяет учесть воздействие случайных факторов и вызываемые ими межоперационные ожидания и сбои в процессе переработки вагонопотока, что приводит к ошибкам при оценке занятости горловин. Иначе говоря, в настоящее время нет инженерного метода для определения необходимой по эксплуатационным условиям пропускной способности элементов станций промышленных предприятий, в первую очередь, сортировочных и грузовых, работающих в условиях интенсивного динамического воздействия случайных факторов и ее сопоставления с наличной пропускной способностью.

Применение предлагаемого метода позволяет определить требуемую (необходимую) продолжительность занятия горловины ( $t_{зан(мп)}$ ), используя для этой цели коэффициент резерва пропускной способности ( $k_{рез}$ ). Величина этого показателя принимается из отношения максимальной величины эквивалентного суточного вагонопотока при нештатном режиме к его величине в штатном режиме работы станции.

Тогда выражение для определения значения требуемой занятости записывается в виде:

$$t_{зан(мп)} = \frac{1440 \cdot k_{то}}{k_{рез}}, \text{ мин/сутки}. \quad (3)$$

Требуемая пропускная способность горловины обеспечивается при наличии условия достаточности, то есть при соблюдении неравенства

$$\frac{1440 \cdot k_{то}}{k_{рез}} \geq n_1^j \cdot t_{з(1)}^j + n_2^j \cdot t_{з(2)}^j + \dots + n_i^j \cdot t_{з(i)}^j. \quad (4)$$

Левая часть неравенства устанавливает требуемое (необходимое) время занятия горлови-

ны в течение суток всеми видами передвижений, определяемое заданным объемом переработки вагонопотока и эксплуатационными условиями работы грузовой станции.

Правая часть характеризует фактическое время занятия горловины за сутки всеми видами передвижений различного направления.

Следовательно, целью расчетов является количественная оценка времени занятости горловины и обеспечение условия соответствия

$$t_{3(mp)} \geq t_{3(расч)} \cdot \tag{5}$$

В качестве показателя для итоговой оценки пропускной способности горловины принимается величина загрузки ( $C_3$ ). Для этой цели преобразуем неравенство (4) и выражение для определения величины ее загрузки записывается в следующем виде

$$C_3 = \frac{t_{3(p)} \cdot k_p}{1440 \cdot k_{то}} \cdot 100, \% \tag{6}$$

Таким образом, в качестве оценивающего показателя, характеризующего работу горловины, используется показатель ее загрузки ( $C_3$ ).

Загрузка горловины, полученная расчетом, при определенном объеме поездной и маневровой работы может превысить 100 %. Такой показатель, естественно, не может быть реализован и для обеспечения загрузки горловины в допустимых пределах должен решаться вопрос об оптимизации соотношения числа передвижений различных направлений. Для этого определяется минимальное время занятия горловины передвижением одного направления из всех полученных значений (например,  $t_{3(i)}^j$ ) и на него делятся обе части неравенства (4)

$$\frac{1440 \cdot k_{то}}{k_{пез} \cdot t_{3(i)}^j} \geq n_1^j \cdot \frac{t_{3(1)}^j}{t_{3(i)}^j} + n_2^j \cdot \frac{t_{3(2)}^j}{t_{3(i)}^j} + \dots + n_i^j \tag{7}$$

Уравняв обе части неравенства, можно определить максимально-допустимое количество передвижений  $i$ -го направления (8) для всех эквивалентных вагонопотоков (табл. 2).

$$n_{i(max)}^j = \frac{1440 \cdot k_{то}}{k_{пез} \cdot t_{3(i)}^j} - n_1^j \cdot \frac{t_{3(1)}^j}{t_{3(i)}^j} - n_2^j \cdot \frac{t_{3(2)}^j}{t_{3(i)}^j} - \dots - n_{i-1}^j \cdot \frac{t_{3(i-1)}^j}{t_{3(i)}^j} \tag{8}$$

Таблица 2

Максимально-допустимое число передвижений каждого вида через горловину станции

№ п/п технологической операции	Эквивалентный вагонопоток						
	400	450	500	550	600	...	j
1	$n_{1(max)}^{400}$	$n_{1(max)}^{450}$	$n_{1(max)}^{500}$	$n_{1(max)}^{550}$	$n_{1(max)}^{600}$		$n_{1(max)}^j$
2	$n_{2(max)}^{400}$	$n_{2(max)}^{450}$	$n_{2(max)}^{500}$	$n_{2(max)}^{550}$	$n_{2(max)}^{600}$		$n_{2(max)}^j$
3	$n_{3(max)}^{400}$	$n_{3(max)}^{450}$	$n_{3(max)}^{500}$	$n_{3(max)}^{550}$	$n_{3(max)}^{600}$		$n_{3(max)}^j$
...							
i	$n_{i(max)}^{400}$	$n_{i(max)}^{450}$	$n_{i(max)}^{500}$	$n_{i(max)}^{550}$	$n_{i(max)}^{600}$		$n_{i(max)}^j$

Таким образом, сопоставляя фактическое и максимально-допустимое число передвижений каждого вида через горловину станции для всех эквивалентных вагонопотоков можно установить ее допустимую загрузку. Если данный подход не дает результата необходима принципиальная корректировка работы горловины или реконструктивные мероприятия по развитию путевой схемы.

Работа грузовой станции характеризуется важной специфической особенностью. Она заключается в том, что прием груженых поездов и отправление составов порожних, переработка и выгрузка вагонов, маневровая работа и технологические отстои маршрутов и групп вагонов технологически совмещены в одном – приемо-отправочном парке. Поэтому прямая оценка пропускной способности ПОП является весьма затруднительной. Традиционно она производится на основе коэффициента использования ( $k_u$ ) расчетной (наличной) занятости путей

( $t_{зан(расч)}$ ) в соответствии с известной формулой:

$$k_u = \frac{t_{зан(расч)}}{1440 \cdot k_{то}} \quad (9)$$

Аналогично с расчетом пропускной способности горловины станции можно оценить и пропускную способность ПОП (рисунок).

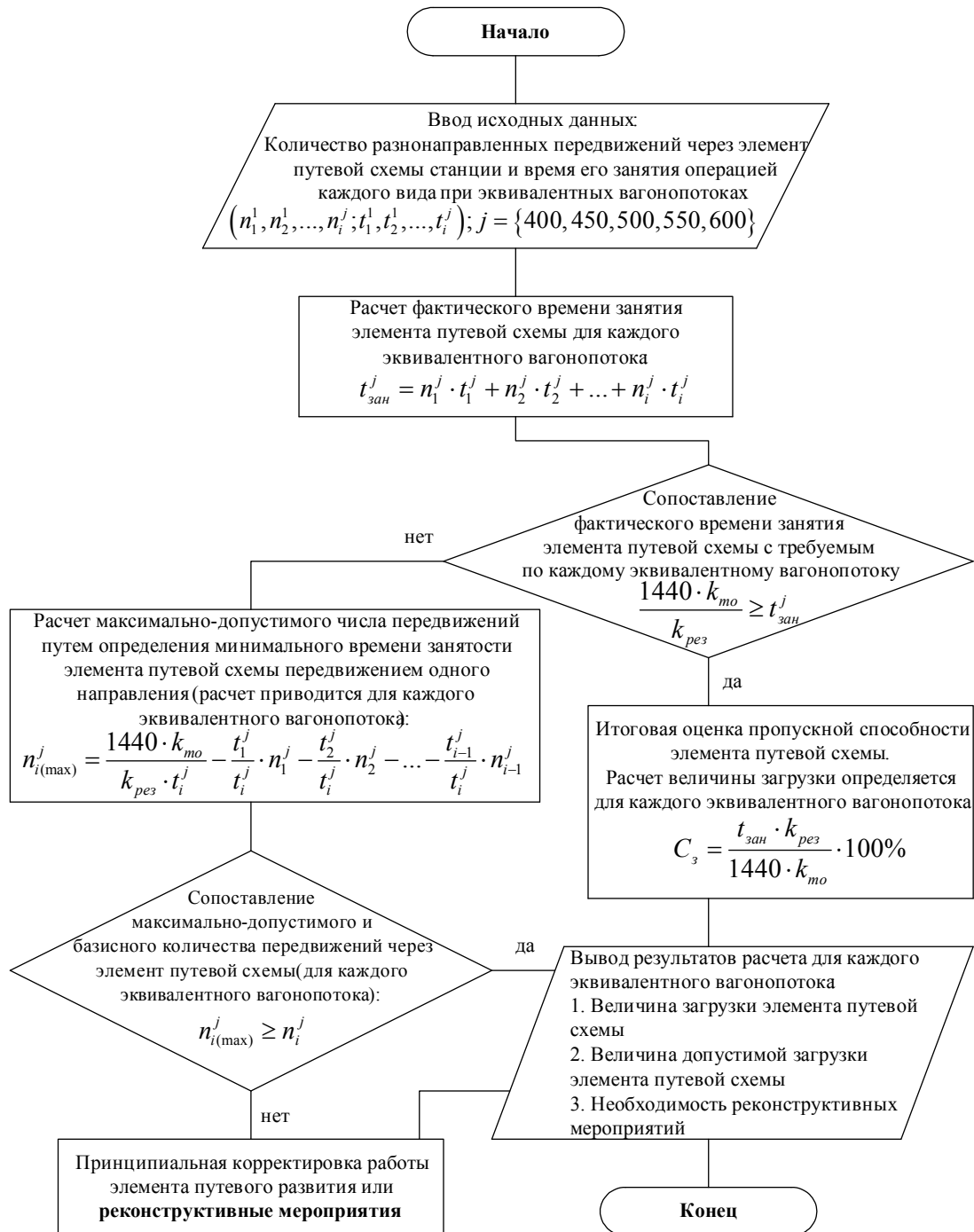


Рисунок – Блок-схема алгоритма оценки и анализа пропускной способности технических устройств грузовой станции металлургического предприятия

В соответствии с формулой (9) устанавливается время занятия ( $t_{зан(расч)}$ ) путей ПОП. На основе этих данных определяется коэффициенты использования  $k_u$  путей ПОП, характери-

зующие наличную пропускную способность.

Однако полученные данные не позволяют установить на сколько расчетная (наличная) занятость пути соответствует заданному объему переработки вагонопотока и как она соотносится с требуемой занятостью ( $t_{зан(мп)}$ ).

Поэтому новый подход к оценке пропускной способности путей приемо-отправочного парка предусматривает ее проверку на соответствие требуемому значению исходя из сложных условий работы грузовой станции. Для этой цели устанавливаются:

- значение коэффициента резерва ( $k_{рез}$ );
- требуемая величина занятости путей ПОП ( $t_{зан(мп)}$ ) по формуле (3);
- соотношение  $t_{зан(расч)}$  и  $t_{зан(мп)}$  в соответствии с неравенством (5).

При величине  $t_{зан(расч)}$ , превышающей значение  $t_{зан(мп)}$  оценка пропускной способности путей ПОП производится по величине их суточной загрузки ( $C_3$ ) по формуле (6).

При загрузке отдельных путей ПОП, превышающей 100 %, решается вопрос об оптимизации назначения путей с перераспределением между ними выполняемой работы. Такая оптимизация производится с дифференцированием общего времени занятия путей ПОП по числу операций и пооперационного времени и варьируется соотношение между ними по формуле (7).

Если указанный подход не дает результата, необходимы принципиальные технологические решения или реконструктивные мероприятия по развитию схемы станции (или ПОП).

#### Выводы

1. Традиционный метод расчета пропускной способности станций предприятий не отвечает современным требованиям, поскольку не позволяет учесть и, что особенно важно, оценить динамику процесса переработки вагонопотока.
2. В статье предложен новый методический подход к расчету и анализу пропускной способности технических устройств станций предприятий. Он базируется на оценке наличной (расчетной) пропускной способности, определении основных факторов, влияющих на нее, и установлении требуемой (необходимой) пропускной способности.
3. Требуемая пропускная способность устанавливает резерв времени в связи с влиянием указанных динамических факторов и, в первую очередь, ритмии прибытия маршрутов с внешней сети. Наличие данного показателя позволяет оценить величину загрузки технических устройств и рассмотреть пути ее снижения.

#### Список использованных источников:

1. Заглядимов Д.П. Организация движения на железнодорожном транспорте / Д.П. Заглядимов, А.П. Петров, Е.С. Сергеев, В.А. Буянов. – М. : Транспорт, 1985. – 552 с.
2. Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте / М.С. Боровикова. – М. : Маршрут, 2003. – 368 с.
3. Акулиничев В.М. Организация перевозок на промышленном транспорте / В.М. Акулиничев. – М. : Транспорт, 1983. – 219 с.
4. Левин Д.Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом: учеб. пособие / Д. Ю. Левин. – М. : Маршрут, 2005. – 760 с.
5. Сток Дж.Р. Стратегическое управление логистикой / Дж.Р. Сток, Д.М. Ламберт. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 797 с.
6. Александров А.Э. Математическая модель в автоматизированной системе управления согласованной доставкой грузов / А.Э. Александров. – Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – № 11. – С. 37-39.

#### Bibliography:

1. Zagljadimov D.P. Organization of railway traffic. / D.P. Zagljadimov, A.P. Petrov, E.S. Sergeev, V.A. Bujanov. – M. : Transport, 1985. – 552 p. (Rus.)
2. Borovikova M.S. Organization of railway traffic. / M.S. Borovikova. – M. : Marshrut, 2003. – 368 p. (Rus.)

3. Akulinichev V.M. Organization of transport on industrial transport. / V.M. Akulinichev. – М. : Transport, 1983. – 219 p. (Rus.)
4. Levin D.Ju. Dispatch centers and the technology of transportation process: ucheb. posobie / D. Ju. Levin. – М. : Marshrut, 2005. – 760 p. (Rus.)
5. Stok Dzh.R. Strategic management of logistics. / Dzh.R. Stok, D.M. Lambert. – М. : INFRA-M, 2005. – 797 p. (Rus.)
6. Aleksandrov A.Je. Mathematical model of the automated control system of coordinated delivery of goods. / A.Je. Aleksandrov. – Transport: nauka, tehnika, upravlenie. – 2006. – № 11. – P. 37-39. (Rus.)

Рецензент: В.К. Губенко  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 19.11.2012

УДК 656.2:669.013

Аксёнов М.Л.\*

### КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В статье приведена комплексная модель транспортного процесса металлургического предприятия, состоящая из технологических, информационных и управляющих операций. Разработана и построена матрица взаимосвязи операций, на основе которой построена комплексная модель. В работе обоснован принцип разнонаправленности векторов операций управления и информации.*

**Ключевые слова:** модель транспортного процесса, технологические операции, информационные операции, операции управления, матрица взаимосвязи операций.

*Аксёнов М.Л. Комплексна модель системи транспортного обслуговування металургійного підприємства. У статті наведена комплексна модель транспортного процесу металургійного підприємства, що складається з технологічних, інформаційних і керуючих операцій. Розроблена і побудована матриця взаємозв'язку операцій, на основі якої побудована комплексна модель. В роботі обґрунтований принцип різноспрямованості векторів операцій управління та інформації.*

**Ключові слова:** модель транспортного процесу, технологічні операції, інформаційні операції, операції керування, матриця взаємозв'язку операцій.

**M.L. Aksenov. Complex model for the transport service of metallurgical enterprises.**

*The article provides a comprehensive model of the transport process steel plant, consisting of technology, information and control operations. Designed and built the relationship matrix operations, on which is built a complex model. We justify the principle of multi-directional vectors of operations management and information.*

**Keywords:** model the transport process, operations, information operations, operations management, relationship matrix operations.

**Постановка проблемы.** Промышленный транспорт металлургических предприятий представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из взаимосвязанных и взаимодействующих транспортных и производственных подсистем. Этим системам присущи такие свойства, как многоуровневость структуры, многокритериальность цели, управляемость процессов и их сложная взаимосвязь [1].

Для предприятий металлургической отрасли системы промышленного транспорта играют

\* ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь