

МЕТОДИКА СОКРАЩЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В современных условиях возрастающей конкуренции со стороны других видов транспорта одной из главных задач, стоящих перед транспортно-технологическими системами железных дорог, является обеспечение высокой экономической эффективности всех этапов перевозочного процесса.

Начиная с 2003 года, идет постепенная реструктуризация бывшего министерства путей сообщения, результатом данной реструктуризации стало увеличение доли частного подвижного состава, и уменьшение инвентарного парка на рынке железнодорожных перевозок, что привело к появлению большого разнообразия собственников подвижного состава (СПС) с различными признаками. Этап выбора СПС, для осуществления перевозок грузоотправителя и грузополучателя продукции, является одним из важных этапов перевозочного процесса, так как при выборе СПС для перевозки следует учитывать множество факторов, признаков СПС которые в дальнейшем повлияют на эффективность всего перевозочного процесса.

Исследована возможность уменьшения эксплуатационных затрат за счет оптимизации формирования состава поезда СПС для конкретной перевозки по путям необщего пользования (ПНП). Анализ маршрутов движения по ПНП и обработка статистических данных позволила построить вероятностные зависимости влияния признаков СПС на годовые экономические показатели.

Для оптимизации формирования состава поезда предлагается оценивать имеющихся СПС по трем показателям: стоимость, скорость, качество. Для определения данных показателей СПС были определены факторы, оказывающие влияние на изменения данных показателей. Выявленные факторы характеризуют СПС с количественной и качественной стороны.

Учет влияния данных факторов в разработанной модели выбора СПС производился с использованием теории нечетких множеств. Определение степени важности факторов проводилось методом экспертных оценок согласованного решения экспертов из числа работников путей общего и необщего пользования. На основании данных значений составлены матрицы попарных сравнений и определены нормализованные векторы приоритетов матрицы для каждого показателя СПС.

Для каждого фактора были определены его возможные значения и построены функции принадлежности. Функция принадлежности задает степень предпочтения для конкретного значения фактора. Из фактических значений функций принадлежности на текущий момент каждого фактора для *i*-го количества СПС построены расчетные матрицы по трем показателям: стоимость, скорость, качество. Результирующий вектор данной матрицы используется для определения данных показателей.

В результате проведенных вычислений, на каждый текущий момент работы возможно автоматическое определение векторов комплексного показателя пригодности СПС к перевозке.

Данное исследование поможет сократить эксплуатационные затраты на переработку вагонного потока по ПНП за счет оптимизации формирования состава поезда вагонами различных СПС, и повысить эффективность использования ПНП.

Ключевые слова: пути необщего пользования, собственник подвижного состава, теория нечетких множеств, эксплуатационные затраты, комплексный показатель пригодности.

В современных условиях возрастающей конкуренции со стороны других видов транспорта одной из главных задач, стоящих перед транспортно-технологическими системами железных дорог, является обеспечение высокой экономической эффективности всех этапов перевозочного процесса, которая, в значительной мере, определяется расходами на переработку вагонного потока.

Тенденцией последнего десятилетия является увеличение количества доли частного подвижного состава и уменьшение инвентарного парка на рынке железнодорожных грузовых перевозок (рисунок 1). Это привело к по-

явлению большого количества собственников подвижного состава (СПС) на праве аренды, лизинга или полной собственности.

Этап выбора СПС, для осуществления перевозок для грузоотправителя и грузополучателя продукции, является одним из важных этапов перевозочного процесса, так как при выборе СПС для перевозки следует учитывать множество факторов, которые в дальнейшем повлияют на эффективность всего перевозочного процесса.

На основании статистических данных по пути необщего пользования (ПНП) было определено, что среднее время оборота вагонов на

промышленной транспортной системе, превышает среднее нормативное время оборота вагонов на 26,8%. Превышение времени оборота вагонов, увеличивает эксплуатационные затраты и снижает пропускную способность.

Как видно из рисунка 2, 68% от общего времени оборота вагона приходится на простой.

Анализ маршрутов движения вагона по ПНП выявил значительное время, которое затрачивалось на определение груза следующей перевозки и направления дальнейшего использования вагона после выгрузки. Выявил наличие 1% вагонов, которые зашли под погрузку, но не погрузились и 15% вагонов неоднократно пытались загрузиться, но погрузка не состоялась по причине отказа СПС от погрузки данного груза, либо на данном направлении.

В своих работах ученые: Бугаев А.В. [1], Журавин С.Г. [3], Козлов П.А. [5], Дерибас А.Т., Платонов А.Н. [6], Сотников Е.А., Трофимов С.В. [10] пришли к выводу, что промышленный транспорт на текущем этапе своего развития исчерпал свои резервы пропускной способности существующей схемы путевого развития.

Увеличение путевого развития и введение дополнительных мощностей не дает положительного результата из-за усложнения общей технологии работы транспорта.

В ходе проведения исследований [8], была выдвинута гипотеза зависимости времени простоя вагонов от количества вагонов у СПС.

В результате рассмотрения маршрутов движения 615 тысяч вагонов по ПНП выявило, что 80% вагонов принадлежит крупным СПС (рисунок 3).

Следует отметить, что наибольшее количество СПС, 60% от общего количества СПС, наблюдается в группе с прибытием до 10 вагонов (рисунок 4).

При этом превышение простоя вагонов отмечено у 95% вагонов с 1 операцией, что частично является следствием значительного коэффициента неравномерности прибытия грузов (4.13 в среднем для грузовой станции). Столь значительное увеличение коэффициента неравномерности связано с исчерпанием резервов пропускной способности, многократным увеличением сортировочной работы в связи с большим числом СПС и несопадением темпов наращивания производственных мощностей и прироста путевого развития.

Большие неравномерности грузопотока влекут за собой увеличение эксплуатационных расходов на содержание дополнительных резервов локомотивов, вагонов и дополнительные затраты на развитие транспортно-грузовых комплексов.

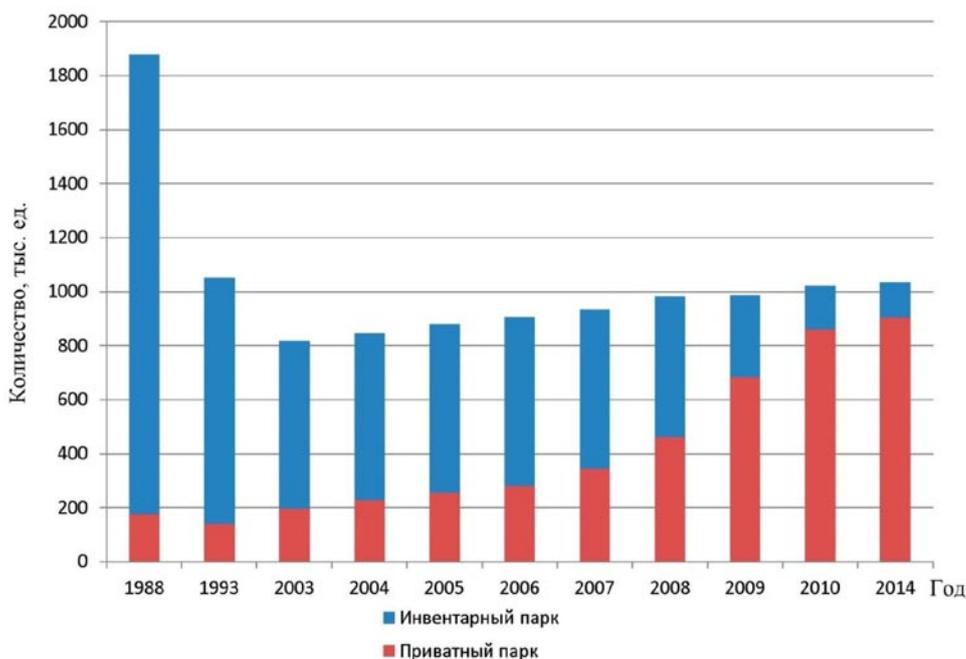


Рисунок 1. Доли инвентарного и частного парка подвижного состава

На основании данных обработки статистики были построены вероятностные зависимости влияния признаков СПС на годовые экономические показатели. В частности, существующая методика расчета эксплуатационных затрат на переработку вагонопотока на ПНП складывается из затрат обслуживания пути, устройств СЦБ и связи, затрат локомотивной и вагонной службы, а также затрат на организацию движения.

Выбор СПС оказывает существенное влияние на изменение затрат локомотивной и вагонной службы. Затраты на содержание пути, службы СЦБ и связи остаются неизменными, так как они слабо зависят от интенсивности использования данных устройств в условиях ПНП.

Затраты службы эксплуатации зависят от платы за пользование вагонами на ПНП и особенностей договорных отношений с СПС.

Затраты локомотивной службы состоят из затрат на эксплуатацию непосредственно локомотива, и затрат на оплату труда машиниста и помощника машиниста. Данные затраты изменяются только в случаях сверхнормативного использования рабочего времени бригады, так как влекут за собой резкое изменение фонда

оплаты труда. Затраты локомотивной службы также зависят от коэффициента использования локомотива и, в случае нерационального проведения маневровых операций, данный коэффициент возрастает, как следствие возрастают затраты, тем не менее объем эффективной, выполненной работы остается неизменным.

Затраты вагонной службы существенно зависят от норматива времени нахождения вагона на ПНП, который в свою очередь, подчинен договорным отношениям.

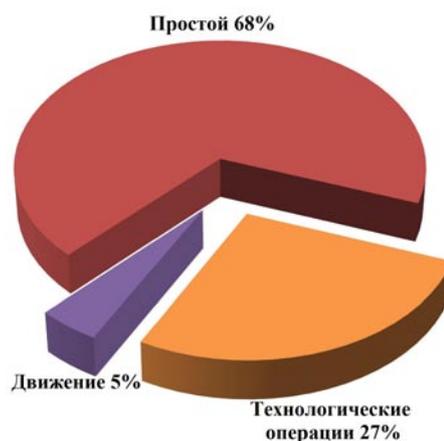


Рисунок 2. Разложение оборота вагона по ПНП

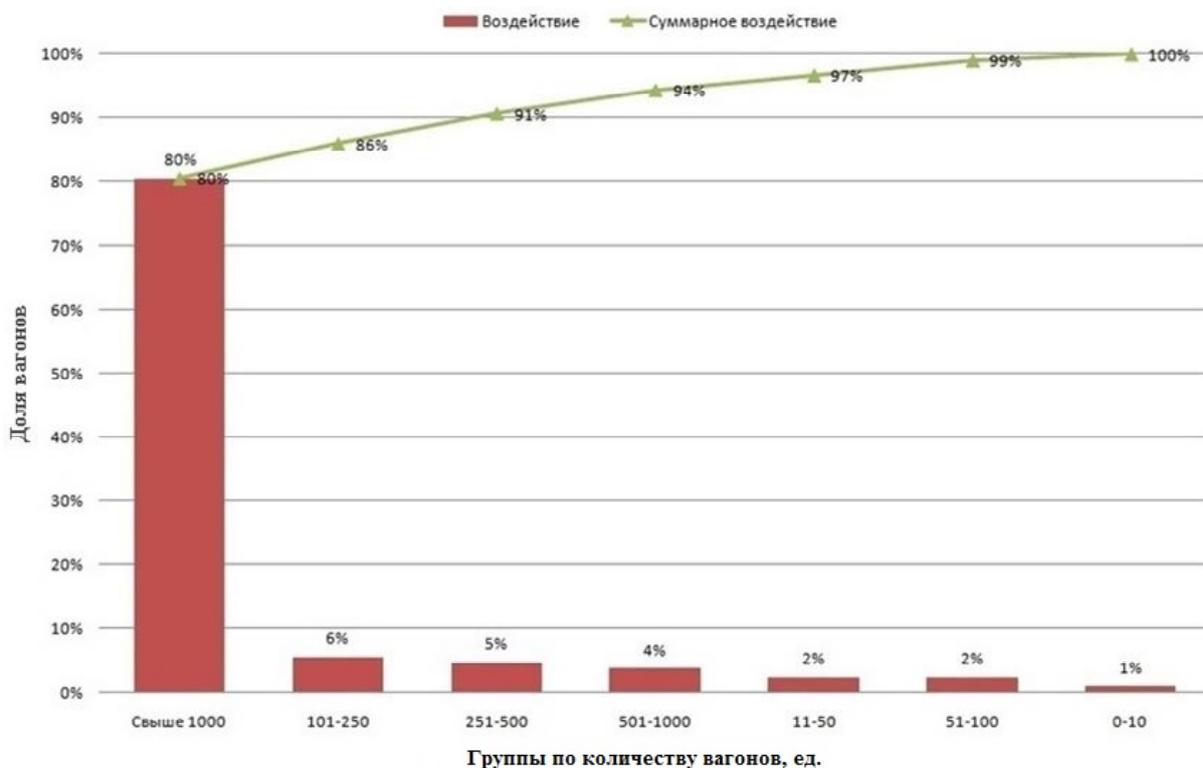


Рисунок 3. Количественное распределение вагонов по группам на диаграмме Парето

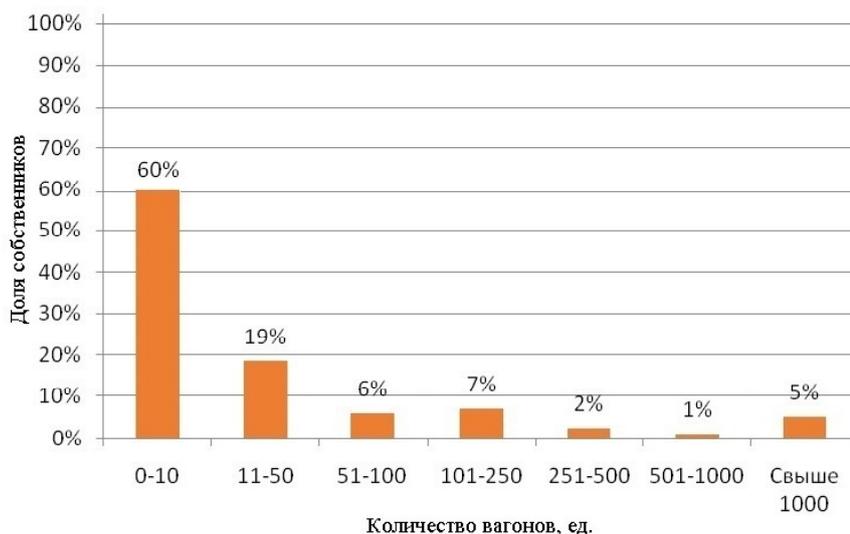


Рисунок 4. Группы вагонов по количеству собственников

В предлагаемой методике снижение эксплуатационных расходов планируется, в большей степени, за счет снижения затрат вагонного хозяйства, повышения эффективности вложений на организацию движения, за счет увеличения пропускной способности участков и в меньшей степени, за счет снижения затрат локомотивной службы:

$$\mathcal{E}_{\text{ф}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - \Delta\mathcal{E}_{\text{лок}} - \Delta\mathcal{E}_{\text{ваг}} - \Delta\mathcal{E}_{\text{орг.дв}} \quad (1)$$

где $\Delta\mathcal{E}_{\text{лок}}$ – величина снижения затрат локомотивной службы;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{ваг}}$ – величина снижения затрат вагонной службы;

$\Delta\mathcal{E}_{\text{орг.дв}}$ – величина снижения затрат на организацию движения.

Затраты на организацию движения в условиях обязательного нахождения сменного персонала на рабочих местах постоянны, вне зависимости от объемов переработки вагонов и поездопотоков.

В данном случае речь идет о повышении эффективности затрат путем снижения коэффициента неравномерности прибытия и отправления, и повышения пропускной способности, в результате исключения нерациональных перевозок.

Снижение затрат локомотивной службы планируется реализовать за счет уменьшения годового фонда рабочего времени локомотива. Снижение затрат вагонной службы – за счет нахождения оптимальных параметров стоимости одного вагоно-часа и неоплачиваемого времени оборота вагона по ППП.

Определение затрат вагонной службы происходит по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ваг}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (C_{ij}^{\text{соб}} \cdot n_{ij}^{\text{соб}} \cdot t_{ij}^{\text{соб}}) + \sum_{j=1}^p (C_j^{\text{зав}} \cdot n_j^{\text{зав}} \cdot t_j^{\text{зав}}) \quad (2)$$

Снижение затрат вагонной службы описывается оптимизационной формулой:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (C_{ij}^{\text{соб}} \cdot t_{ij}^{\text{соб}}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $C^{\text{соб}}$, $C^{\text{зав}}$ – стоимость одного вагоно-часа для собственников вагонов и вагонов заводского парка;

k – количество собственников участвующих в данном перевозочном процессе;

p – тип подвижного состава;

n – количество вагонов, участвующих в перевозке, ваг;

t – оборот вагонов, ч.

Для уменьшения данных затрат предлагается оценить имеющихся СПС по трем показателям. Пример оценки приведен на рисунке 5.

Для определения комплексного показателя пригодности СПС перевозки были определены

Собственники ПС	Показатель стоимости \bar{S}	Показатель скорости \bar{V}
Собственник 1	S_1	V_1
Собственник 2	S_2	V_2
...
Собственник i	S_i	V_i

Рисунок 5. Показатели оператора ПС

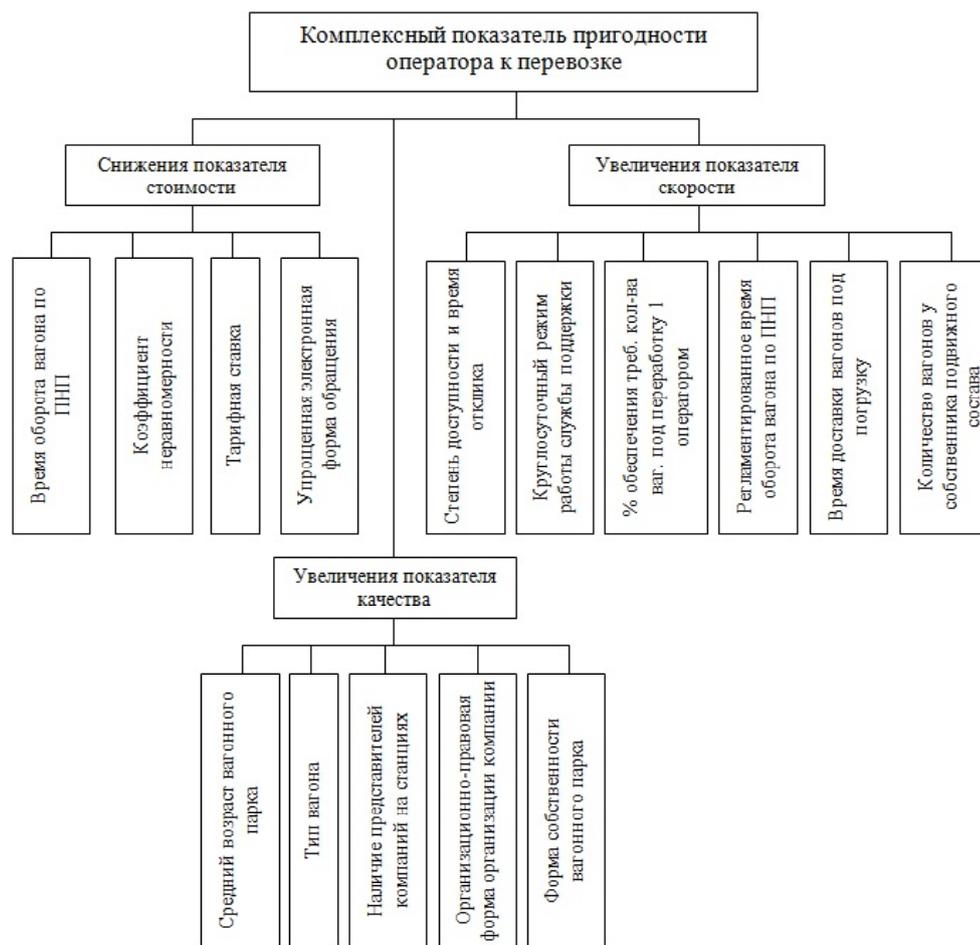


Рисунок 6. Соотнесения факторов показателям

Таблица 1. Матрица попарных сравнений факторов для показателя стоимости

		Степень важности	9	8	8	6	Построенное произведение	Корень четвертой степени	Нормализованный вектор приоритетов
		№ п/п	1	2	3	4			
Степень важности	№ п/п	Фактор	Тарифная ставка	Коэффициент неравномерности	Время оборота вагона по ПНП	Упрощенная электронная форма обращения			
9	1	Тарифная ставка	1	1,13	1,13	1,50	1,92	1,18	0,29
8	2	Коэффициент неравномерности	0,89	1	1	1,33	1,18	1,04	0,26
8	3	Время оборота вагона по ПНП	0,89	1	1	1,33	1,18	1,04	0,26
6	4	Упрощенная электронная форма обращения	0,67	0,75	0,75	1	0,38	0,79	0,19
Сумма столбцов			3,45	3,88	3,88	5,16	-	4,05	1
λ			1	1	1	1	λ_{max} 4	ИС 0	ОС 0

факторы, оказывающие влияние на изменение данных показателей (рисунок 6).

Выявленные факторы характеризуют СПС с количественной и качественной стороны. Исследование факторов выявили, что на текущий момент не все факторы учитываются в принятии решения при выборе СПС. Часть факторов используется только при заключении договорных отношений, часть факторов обозначена нормативными документами, но учет не ведется.

Учет влияния данных факторов в разработанной модели выбора СПС производился с использованием теории нечетких множеств.

Определение степени важности факторов проводилось методом экспертных оценок согласованного решения экспертов из числа

работников путей общего и необщего пользования. На основании данных значений составлены матрицы попарных сравнений и определены нормализованные векторы приоритетов матрицы для каждого показателя, ниже приведена матрица попарных сравнений факторов для показателя стоимости (таблица 1).

Для каждого фактора были определены его возможные значения и построены функции принадлежности. Функция принадлежности задает степень предпочтения для конкретного значения фактора (степень предпочтения – вещественное число в интервале от 0 до 1), ниже приведены функции принадлежности для показателя стоимости (рисунок 7).

Из фактических значений функций принадлежности на текущий момент каждого фак-

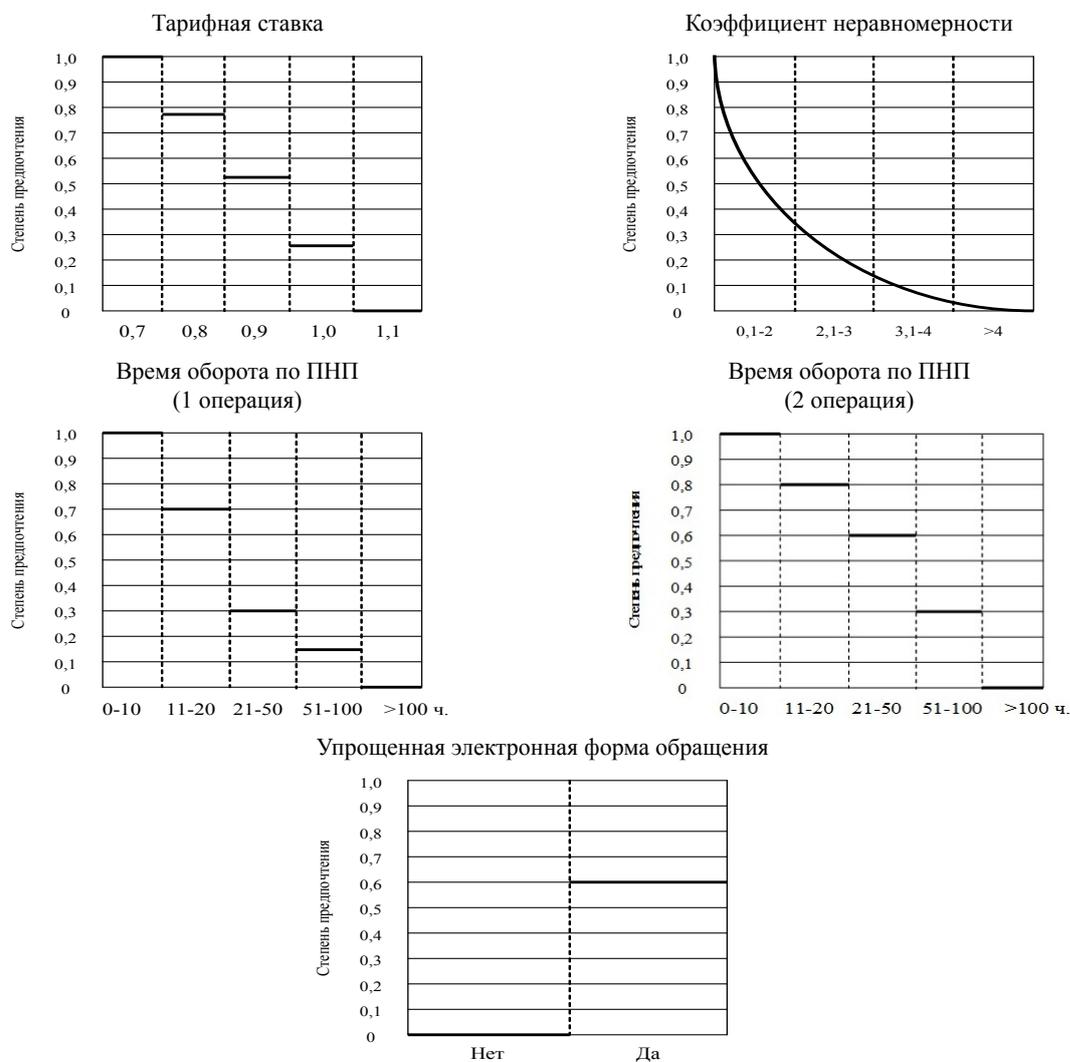


Рисунок 7. Функции принадлежности для показателя стоимости

Фактор \ Собственник	Фактор 1	Фактор 2	...	Фактор j
Собственник 1	A_{11}	A_{12}	...	A_{1j}
Собственник 2	A_{21}	A_{22}	...	A_{2j}
...
Собственник i	A_{i1}	A_{i2}	...	A_{ij}

Рисунок 8. Пример расчетной матрицы показателя стоимости

тора для i -го количества СПС строятся расчетные матрицы по трем показателям: стоимость, скорость, качество. На рисунке 8 приведен пример расчетной матрицы.

Результирующий вектор данной матрицы используется для определения комплексного показателя путем умножения расчетной матрицы на данный вектор.

Вычисление вектора показателя стоимости производится по формуле:

$$\vec{S} = (a_{ij}) \vec{N}^{\text{стоим}}, \quad (4)$$

где (a_{ij}) – матрица фактических значений функций принадлежности всех факторов для показателя стоимости;

$\vec{N}^{\text{стоим}}$ – нормализованный вектор матрицы попарных сравнений факторов для показателя стоимости.

Вычисление вектора показателя скорости производится по формуле:

$$\vec{V} = (a_{ij}) \vec{N}^{\text{скор}}, \quad (5)$$

где (a_{ij}) – матрица фактических значений функций принадлежности всех факторов для показателя скорости;

$\vec{N}^{\text{скор}}$ – нормализованный вектор матрицы попарных сравнений факторов для показателя скорости.

Вычисление вектора показателя качества производится по формуле:

$$\vec{K} = (a_{ij}) \vec{N}^{\text{кач}}, \quad (6)$$

где (a_{ij}) – матрица фактических значений функций принадлежности всех факторов для показателя качества;

$\vec{N}^{\text{кач}}$ – нормализованный вектор матрицы попарных сравнений факторов для показателя качества.

В результате проведенных вычислений, на каждый текущий момент работы возможно автоматическое определение векторов комплексного показателя пригодности СПС к перевозке.

Корректность применения данного метода производится проверкой согласованности матриц путем расчета индекса согласованности и отношения согласованности.

1.12.2014

Список литературы:

1. Бугаев, А.В. Выбор оптимальных методов организации работы промышленных транспортных систем [Текст]: дисс... канд. тех. наук: 05.22.01 / А.В. Бугаев. -М., 1984. -234 с.
2. Гренкевич, О.О. Разработка методики выбора оптимального способа формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов на маневровую работу [Текст]: автореф. дис... канд. тех. наук / О.О. Гренкевич. – Новосибирск: СибГУПС, 2004.-24с.
3. Журавин, С.Г. Взаимодействие производственных подразделений и промышленного железнодорожного транспорта в условиях интенсификации [Текст]: дисс... канд. тех. наук: 05.22.12 / С.Г. Журавин. -М., 1987. -268 с.
4. Золотарев, С.А. Необходимость изучения законов распределения оборота вагонов на путях необщего пользования [Текст] / С.А. Золотарев // Сб. Трудов SWord.–2013.–№4.–С. 94.
5. Козлов, П.А. Динамические резервы адаптивных промышленных транспортных систем [Текст] / П.А. Козлов // Сб. научн. тр. Моск. ин-т инж. ж.-д. трансп.-1983.–№718. -С. 26-38.
6. Платонов, А.Н. Повышение качества транспортного обслуживания предприятий при расширении границ взаимодействия магистрального и промышленного транспорта [Текст] / А.Н. Платонов // Сборник тезисов докладов на научно-технической конференции «Транссиб-100». -1991. -С.71-72.
7. Пыталева, О. А. Применение теории нечетких множеств для определения степени загруженности элементов транспортной сети [Текст] / Пыталева О. А., Сиразетдинова А. Д. // Автотранспортное предприятие. –2009. –№11. –С. 55-56.
8. Сааги, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст]: учебное пособие для вузов / Т.Л. Сааги . -М.: Радио и связь, 1993. -320 с.
9. Сиразетдинова, А.Д. Методика управления вагонопотоками на путях необщего пользования, учитывающая оперативную загруженность станций [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.08 / А. Д. Сиразетдинова. -Екатеринбург, 2010. –122 с.
10. Трофимов, С.В. Выбор оптимальных методов оперативного управления работой промышленного железнодорожного транспорта [Текст]: дисс... канд. тех. наук: 05.22.01 / С.В. Трофимов. -М., 1990. -194 с.

Сведения об авторах:

Терсков Виталий Анатольевич, профессор кафедры управление персоналом факультета экономика и управление Красноярского института железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, e-mail: terskovva@mail.ru

Демченко Светлана Капитоновна, профессор кафедры экономики факультета экономика и управление Красноярского института железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, доктор экономических наук, e-mail: demchenko.sv@yandex.ru

Сирзетдинова Альфия Данисовна, доцент кафедры эксплуатация железных дорог факультета транспортные системы Красноярского института железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук, e-mail: alfia_alka@mail.ru

Золотарев Сергей Андреевич, аспирант кафедры математических и естественнонаучных дисциплин факультета транспортные системы Красноярского института железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, e-mail: serg_90_@mail.ru

660000, г. Красноярск, ул. Ладо Кецховели, 89