

Сиразетдинова Альфия Данисовна

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ВАГОНОПОТОКАМИ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО
ПОЛЬЗОВАНИЯ, УЧИТЫВАЮЩАЯ ОПЕРАТИВНУЮ ЗАГРУЖЕННОСТЬ
СТАНЦИЙ

Специальность: 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ГОУ ВПО «МГТУ»).

Научный руководитель – доктор технических наук
Корнилов Сергей Николаевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Воскресенская Тамара Петровна

кандидат технических наук
Ковалев Игорь Александрович

Ведущая организация – Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Иркутск

Защита диссертации состоится «5» марта 2010 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д.66, ауд. 283.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного университета путей сообщения и в сети Интернет на сайте www.usurt.ru.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2010 г.

Отзывы на автореферат, в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять в адрес диссертационного совета по почте и по факсу (343) 245-31-88.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Асадченко В.Р.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. С появлением вагонов различных форм собственности на крупных предприятиях, имеющих собственную разветвленную сеть внутривозовских станций, увеличивается время непроизводительного простоя и количество нерациональных перемещений вагонов. В частности, в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») наблюдается превышение нормативного времени оборота вагонов всех форм собственности более чем у 32% от общего числа вагонов. По этой причине плата за пользование вагонами операторских компаний и ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») сверх установленного оборота в 2007 году составила более 78 млн. рублей. Анализ работы путей необщего пользования (ПНП) металлургических предприятий показал, что возникновение таких непроизводительных расходов обусловлено тем, что оперативное управление вагонопотоками на промышленном железнодорожном транспорте (ПЖТ) осуществляется без учета степени загруженности станций, согласно традиционным схемам. К причинам возникновения сверхнормативного оборота вагонов можно отнести: неудовлетворительное техническое состояние станций путей необщего пользования, сложную оперативную ситуацию, постоянно меняющиеся временные параметры производственных процессов. Диспетчерский персонал при оперативном управлении на ПНП согласовывает ритмы производственных подразделений и транспорта, при этом его деятельность характеризуется поступлением и переработкой большого объема информации в единицу времени. Визуальные источники получения информации (пульт-табло, видеонаблюдение, счетчики осей) дают возможность оценить загруженность приемо-отправочного парка станции, но не в полной мере отображают фактическую загруженность станции. Принятие решений о маршрутах движения вагонов основывается на количественных характеристиках объектов управления и собственном опыте диспетчерского персонала. При возрастании количества объектов управления возрастает вероятность принятия транспортным диспетчером нерациональных решений по управлению.

В условиях развития ПНП промышленных предприятий, оперативное управление вагонопотоками требует совершенствования методик определения маршрутов следования вагонов, в частности, учитывающих оперативную загруженность станций и другие факторы, влияющие на оборот вагонов.

Целью диссертационной работы является разработка методики управления вагонопотоками на ПНП в условиях изменения их структуры и интенсивности, с учетом оперативной загруженности станций.

Для достижения цели потребовалось решить следующие **задачи**:

1. Проанализировать маршруты движения вагонов на ПНП в зависимости от вида и количества груза, сезонных изменений интенсивности перевозок.
2. Выявить факторы, влияющие на загруженность станций и оборот вагонов, оценить степень их влияния и возможные значения.
3. Разработать показатель степени загруженности станции на основе теории нечетких множеств – интегральную оценку.
4. Разработать модель управления вагонопотоками, учитывающую стоимость переработки вагонов и оперативный уровень загруженности станций.

5. Разработать методику управления вагонопотоками на ПНП, позволяющую определять маршруты движения вагонов на основе заданных параметров, количественных и качественных характеристик оперативной ситуации на ПНП. Апробировать методику в условиях действующих предприятий.

Объектом исследования является процесс распределения вагонопотоков между элементами ПНП.

Предметом исследования является оптимизация маршрутов следования вагонов на ПНП по критериям минимума суммарных затрат на переработку вагонов и минимальной загруженности станций.

Методы исследования. В работе использованы методы математической статистики, теории нечетких множеств, математическое программирование, метод экспертных оценок.

Научную новизну представляют:

1. Дополненная качественными показателями система факторов, определяющая оперативную загруженность станций.
2. Разработанная интегральная оценка, как показатель уровня загруженности станции ПНП, позволяющая учитывать влияние количественных и качественных факторов на оборот вагонов.
3. Модель управления вагонопотоками, минимизирующая затраты на переработку вагонов на ПНП и учитывающая уровень загруженности станций.
4. Алгоритм модели управления вагонопотоками, позволяющий получать рациональный маршрут следования вагонов с учетом оперативной ситуации на ПНП.
5. Методика управления вагонопотоками на ПНП, позволяющая получать рациональные решения по переработке вагонопотоков.

Практическая значимость исследования. Выполненные исследования позволяют в оперативном режиме определять рациональные маршруты следования вагонов, при которых оборот вагонов на ПНП, плата за пользование вагонами ОАО «РЖД» и операторских компаний будут минимальными.

Учет загруженности станций при выборе маршрутов следования вагонов по ПНП позволит сократить затраты на переработку вагонопотоков.

На основе проведенных исследований автором разработано программное обеспечение для ПЭВМ, позволяющее диспетчерскому аппарату управлять вагонопотоками в режиме реального времени.

На защиту выносятся:

1. Методика управления вагонопотоками, позволяющая диспетчерскому персоналу определять маршруты следования вагонов, при которых оборот вагонов на ПНП, плата за пользование вагонами ОАО «РЖД» и операторских компаний будут минимальными.
2. Модель управления вагонопотоками, в основе которой заложены теория нечетких множеств и математическое программирование, позволяющая получать рациональный маршрут следования вагонов с учетом оперативной ситуации.

3. Дополненная система факторов, позволяющая более полно оценить оперативную загруженность станции, на основе учета количественных и качественных характеристик станций.
4. Интегральная оценка уровня загруженности станции ПНП, учитывающая влияние системы факторов. Интегральная оценка позволяет осуществлять перераспределение эксплуатационной работы между станциями ПНП за счет увеличения транзитного вагонопотока через менее загруженные станции.

Реализация результатов работы. Основные положения диссертационной работы были применены в работе диспетчерского аппарата Управления железнодорожного транспорта ОАО «ММК». Внедрение разработанной методики позволило сократить оборот вагонов парка ОАО «РЖД» и операторских компаний на ПНП в среднем на 20%, снизить загруженность станций ПНП на 15%, что подтверждается актами о внедрении.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на конференциях, совещаниях, семинарах: Международной научно-технической конференции «Наука, инновации, образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России» (Екатеринбург, 2006); Всероссийской научно-технической конференции «Политранспортные системы» (Красноярск, 2007); Международной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ММК» (Магнитогорск, 2008); научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономических наук» (Новосибирск, 2008); 66-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2006-2007 гг. (Магнитогорск, 2008); Всероссийской научно-технической конференции «Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегии развития» (Екатеринбург, 2008); Международном форуме по проблемам науки, техники и образования (Москва, 2008); Всероссийской научно-технической конференции «Ценности современного менеджмента» (Магнитогорск, 2009); Межвузовской научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (Иркутск, 2009); расширенных заседаниях кафедр «Промышленного транспорта» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет» (Магнитогорск, 2009) и «Управление эксплуатационной работой» ГОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения» (Екатеринбург, 2009).

Публикации. Основные положения диссертационной работы и научные результаты опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 1 печатная работа опубликована в издании, рекомендованном ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Общий объем работы - 125 страниц, работа содержит 22 рисунка, 8 таблиц, библиографический список из 131 источника.

Автор выражает признательность А. Н. Рахмангулову, С. Е. Гавришеву, А. Э. Александрову, Е. Н. Тимухиной, А. С. Новикову, А. В. Красавину, М. В. Грязнову, Н. А. Квасовой, Л. В. Смирновой, А. В. Сафонову за поддержку, конструктивные замечания и ценные советы при выполнении работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности научной темы, формулирование цели и задач исследования, основные направления исследования для решения поставленных задач и достижения цели работы.

В первой главе диссертации выполнен анализ теоретических исследований и производственной практики в области управления вагонопотоками на промышленных предприятиях, выявлены особенности функционирования ПЖТ в современных условиях.

Исследования в области организации вагонопотоков и управления перевозочным процессом на ПНП проводились рядом крупных ученых и специалистов. Большой научный, методический и практический вклад в разработку вопросов оперативного управления вагонопотоками на ПНП, повышения эффективности работы элементов транспортных систем и перевозочного процесса промышленных предприятий внесли такие ученые, как Авербух А. Е., Акулиничев В. М., Александров А. Э., Бalandюк Г. С., Дудкин Е. П., Ефименко Ю. И., Коваленко Н. А., Козлов П. А., Корнилов С. Н., Кочнев Ф. П., Кудрявцев В. А., Куртуков Я. М., Рахмангулов А. Н., Сотников И. Б., Трофимов С. В., Шаров В. А., Шмулевич М. И. и др. В трудах ученых разработаны методы и методики, направленные на совершенствование управления перевозочным процессом на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте.

Разработанные аналитические методы эффективны в условиях перспективного планирования, но в оперативном режиме их применение затруднено вследствие наличия на промышленном транспорте множества случайных процессов.

Широко распространенный метод имитационного моделирования, применяемый для решения задач, связанных с управлением вагонопотоками в условиях ПНП, при большом числе станций и грузовых фронтов не достаточно эффективен. На моделирование работы таких объектов требуется значительное время и применить результаты моделирования в режиме оперативного управления не всегда представляется возможным.

В области управления вагонопотоками на ПНП остается еще ряд нерешенных задач, касающихся оперативного управления перевозочным процессом. В частности, недостаточно проработаны вопросы оценки оперативного уровня загруженности станций и на ее основе выбора рациональных маршрутов движения вагонов по ПНП.

Во второй главе изложены результаты анализа работы ПНП металлургических предприятий, выявлены и систематизированы основные факторы, влияющие на загруженность станций и оборот вагонов, обоснована необходимость определения оперативной оценки загруженности станций.

Анализ работы ПНП металлургических предприятий за 2005-2008 годы показал, что:

- средняя продолжительность оборота вагонов ОАО «РЖД» составила 40 ч;
- при выполнении сдвоенных операций, до 32% вагонов имеют превышение нормативного времени оборота;
- до 20% вагонов осуществляли повторный заход на станцию, образуя «петли».

В результате годовая плата за пользование вагонами сверх нормативного времени оборота, в частности, в ОАО «ММК», в 2007 году составила 78 млн. рублей.

Подобные ситуации отчасти обусловлены значительными колебаниями структуры и интенсивности вагонопотоков (рисунок 1), в результате на границах ПНП одновременно простаивает несколько составов, ожидающих отправления. При этом очередность отправления составов определяется на основе опыта диспетчерского персонала без учета загруженности станций ПНП и стоимости переработки вагонов.

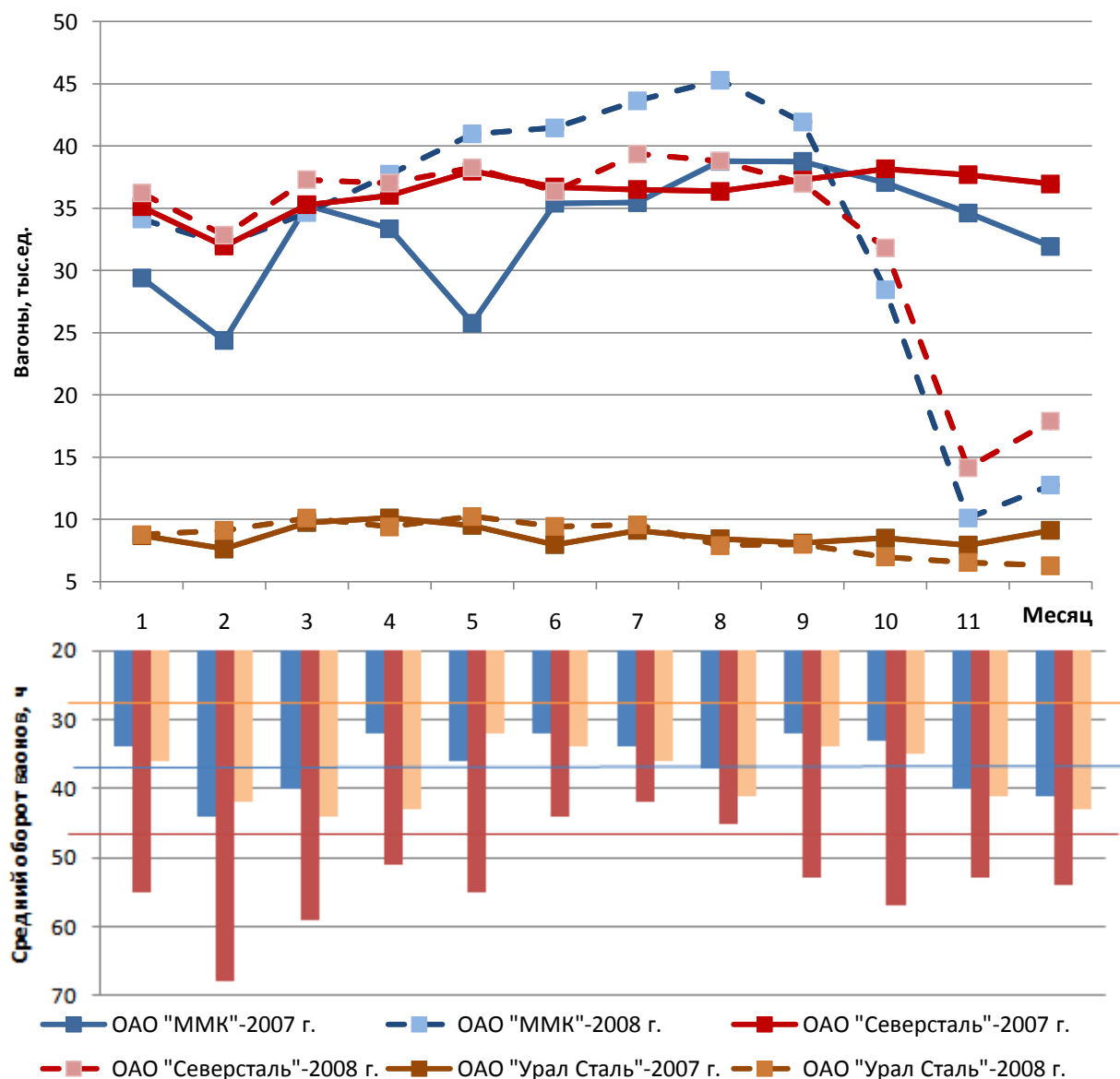


Рисунок 1 – Анализ прибытия и среднего оборота вагонов по предприятиям

В процессе управления вагонопотоками на ПЖТ не учитываются многие факторы, влияющие на оборот вагонов и степень загруженности станций.

Был проведен анализ работы диспетчерского персонала на ПНП металлургических предприятий. В результате выявлены факторы, из них выделено 37 в наибольшей степени влияющих на загруженность станции. Экспертная оценка степени влияния выявленных факторов проведена с привлечением диспет-

черского аппарата Управления железнодорожного транспорта (УЖДТ) ОАО «ММК» (более 35 станций), а также станций Магнитогорск – грузовой, Челябинск – главный, Златоуст ЮУЖД. Выявленные факторы были структурированы в следующие группы:

- 1) оперативная ситуация – отражает на текущий момент и горизонт планирования состояние станции и внешней среды (наличие маневровой работы, неравномерности поступления грузов с внешней сети и отгрузки готовой продукции, превышение нормативного времени простоя вагонов под грузовыми операциями, количество вагонов различных форм собственности, видимость, время суток, температура);
- 2) техническое состояние – характеризует техническое оснащение станции, прилегающих к ней перегонов и грузовых фронтов (тип блокировки и применяемых локомотивов, вместимость путей, количество централизованных стрелочных переводов, уклон станционных путей, наличие ПТО вагонов, весового хозяйства на станции и грузовых фронтах, количество перегонов, грузовых фронтов, маневровых и поездных локомотивов, степень обеспеченности станции съездами, маневровыми устройствами, приемо-отправочными путями, наличие на станции враждебных маршрутов и угловых заездов, фактическая пропускная способность перегонов и др.);
- 3) персонал – факторы, характеризующие персонал, руководящий движением (возраст, образование, стаж работы, уровень профессионализма).

Выявленные факторы характеризуют объект управления с количественной и качественной сторон. Для учета всех этих факторов в оперативном управлении вагонопотоками, предлагается их объединение в единый показатель, отражающий степень загруженности станции, – интегральную оценку. Учет разноплановых факторов в одной оценке возможен с использованием математической статистики и теории нечетких множеств.

Предлагается уровень загруженности станций - интегральную оценку ($\Gamma^{тр.ин}$) - определять в 4 этапа методом анализа иерархий, в частности методом отношения предпочтений теории нечетких множеств.

На 1 этапе для каждой станции ПНП определяется наличие соответствующих факторов, влияющих на ее загруженность.

На 2 этапе для каждого фактора определяются его возможные значения и строятся функции принадлежности. Функция принадлежности задает степень предпочтения для конкретного значения фактора (степень предпочтения – вещественное число в интервале от 0 до 1). Пример функций принадлежности для группы факторов представлен на рисунке 2. На основании значений функций принадлежности каждого фактора для каждой станции на текущий момент строится расчетная матрица.

На 3 этапе для определения весовых коэффициентов влияния конкретного фактора на общую загруженность станции, строится матрица попарных сравнений факторов с усредненными результатами экспертных оценок.

На 4 этапе рассчитывается нормализованный вектор матрицы попарных сравнений. Расчет компонент собственного вектора производится по формуле К. Пирсона:

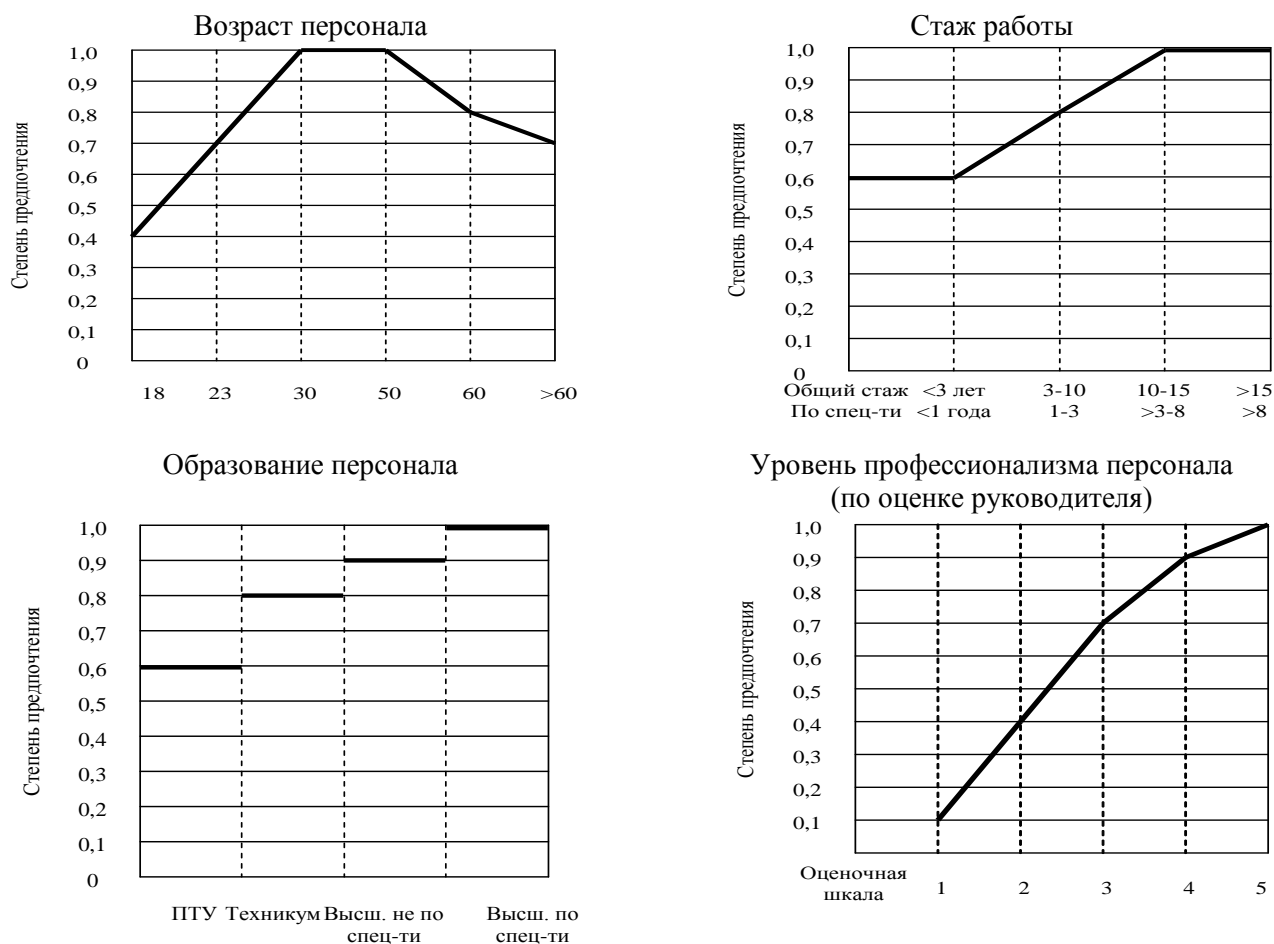


Рисунок 2 - Функции принадлежности для группы «Персонал»

$$N_j = \sqrt[m]{b_{j1} \cdot b_{j2} \cdot \dots \cdot b_{jm}}, (j = \overline{1, m}), \quad (1)$$

где N_j – компонента собственного вектора j -й строки матрицы;
 b_{jl} – компоненты строки матрицы попарных сравнений факторов.

Производится корректировка матрицы фактических значений функций принадлежности на нормализованный вектор матрицы попарных сравнений. Результирующий вектор и является интегральной оценкой уровня загруженности станции ПНП.

Вычисление вектора интегральной оценки загруженности станций производится по формуле:

$$\vec{I}^{тр.ин} = (a_{ij}) \cdot \vec{N}_{ij}^{тр.ин}. \quad (2)$$

Проверка правильности выполненных расчетов осуществляется путем расчета индекса согласованности и отношения согласованности для всех матриц.

Таким образом, интегральная оценка определяет загруженность станции в текущий момент времени.

В третьей главе разработаны модель и алгоритм управления вагонопотоками на ПНП с использованием математического программирования. Предлага-

маршрут следования. Соответственно маршрут следования запишется как множество станций и дуг транспортной сети, входящих в маршрут: $M_r = (St_r, D_r)$.

Целевой функцией потоковой транспортной задачи принят минимум общих затрат на переработку вагонопотоков по ПНП:

$$F = \sum_{l=1}^n \sum_{i=1}^n Y_r x_{il} \rightarrow \min, \quad (3)$$

при выполнении основных ограничений:

$$\sum_{l=1}^{ni} x_{il} \leq d_i \quad (i = \overline{1, n_i}), \quad (4)$$

$$x_{il} \geq 0 \quad (i = \overline{1, n}; l = \overline{1, n_i}), \quad (5)$$

$$x_{il} \leq x_{il}^{\text{нал}}, \quad (6)$$

где x_{il} – количество составов за интервал планирования;
 d_i – сумма всех отправленных составов с i -й станции до всех связанных с ней станций;
 n_i – число станций, связанных с i -й станцией;
 $x_{il}^{\text{нал}}$ – наличная пропускная способность перегона;
 Y_r – общие затраты на пропуск r -го состава по транспортной сети ПНП:

$$Y_r = P \left(\sum_{(i,l) \in D_r} \gamma_{il} + \sum_{i \in St_r} T_i \right), \quad (7)$$

где P – затраты на переработку каждого r -го состава:

$$P = \sum_{k=1}^s m_k \cdot C_k^B + n_L \cdot C_L, \quad (8)$$

где m_k – количество вагонов k -й формы собственности;
 C_k^B – плата за пользование вагонами k -й формы собственности, руб./ч;
 n_L – количество локомотивов, закрепленных за составом;
 C_L – плата за пользование локомотивом, руб./ч;
 γ_{il} – оперативная оценка затрат времени на движение по дуге $(i-l)$ транспортной сети, ч:

$$\gamma_{il} = t_{il} \cdot I_{il}^{\text{тр.ин}}, \quad (9)$$

где t_{il} – время движения по дуге $(i-l)$, ч;

$I_{il}^{\text{тр.ин.}}$ – l -я компонента вектора интегральной оценки загруженности станций;

T_i – время нахождения на каждой станции маршрута ($i \in St_r$) r -го состава, ч:

$$T_i = k_i^{\text{загр}} (t_i^{\text{пр}} + t_i^{\text{р/ф}} + t_i^{\text{гр/оп}} + t_i^{\text{ож}} + t_i^{\text{от}}); \quad (10)$$

где $k_i^{\text{загр}}$ – коэффициент, отражающий оперативную загруженность i -й ($i \in St_r$) станции маршрута:

$$k_i^{\text{загр}} = \begin{cases} 1, & \text{если } I_i^{\text{тр.ин}} \leq I_{\text{н}}^{\text{тр.ин}} \\ 1 + (I_i^{\text{тр.ин}} - I_{\text{н}}^{\text{тр.ин}}), & \text{если } I_i^{\text{тр.ин}} > I_{\text{н}}^{\text{тр.ин}} \end{cases}; \quad (11)$$

$t_i^{\text{пр}}, t_i^{\text{р/ф}}, t_i^{\text{гр/оп}}, t_i^{\text{ож}}, t_i^{\text{от}}$ – соответственно для i -й станции – нормативное время на прием, расформирование-формирование, грузовые операции, ожидание, отправление вагонов с r -м составом, ч;

$I_{\text{н}}^{\text{тр.ин}}$ – нормативная загруженность станции. В расчетах принимается 0,85 - 0,9.

В зависимости от оперативной ситуации на ПНП, на выбор оптимального маршрута, полученного в результате решения ТЗ, влияют дополнительные ограничения:

1. Не превышение нормативного срока оборота вагонов на ПНП:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^n t_{il} \leq t_{\text{об}}, \quad (12)$$

где $t_{\text{об}}$ – нормативный срок оборота вагонов, ч.

2. Минимальная загруженность станций, входящих в маршрут следования:

$$I_{\text{м}} = \sum_{i \in St_r} I_i^{\text{тр.ин}} \geq 0,85. \quad (13)$$

3. Максимальное выполнение транспортных операций с вагонами на промежуточных станциях маршрута:

$$\rho_{\text{м}} = \sum_{i \in St_r} \rho_i \leq 100\%, \quad (14)$$

Где ρ_i – количество транспортных операций, выполняемых на промежуточных станциях маршрута с целью распределения работы среди станций ПНП. К транспортным операциям относят: транзит, обработка документов, восстановление сыпучести, осмотр в техническом и коммерческом отношении, выгрузка, погрузка, весовой контроль, оборудование вагонов и крепление груза, очистка, профилактика коммерческой сохранности груза.

Последовательность реализации модели представлена в виде алгоритма (рисунок 4). В основе реализации алгоритма заложен интервал планирования.

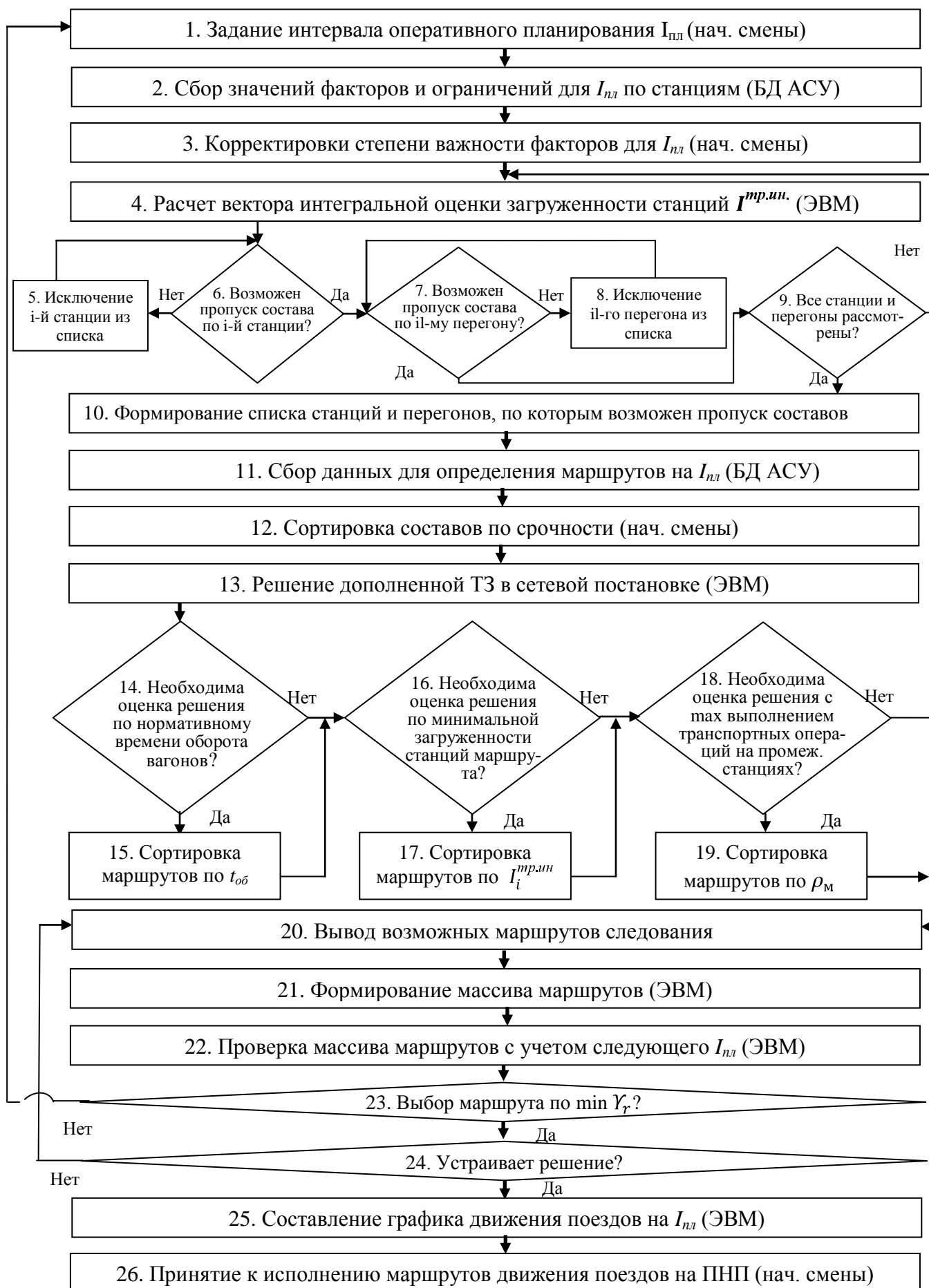


Рисунок 4 - Алгоритм управления вагонопотоками на ПНП

Интервал планирования определяется исходя из периодичности поступления информации и задания на эксплуатационную работу. В алгоритме в качестве интервалов могут использоваться следующие интервалы планирования: сутки, смена, четыре часа, два часа, час.

Решение ТЗ в сетевой постановке позволяет определять оптимальный маршрут движения вагонов с учетом фактической стоимости переработки вагонопотоков и оперативной загруженности станций.

Расчет маршрутов следования для каждого следующего интервала планирования производится аналогично на основе скорректированной загруженности станций после принятия к исполнению разработанного графика движения поездов текущего интервала планирования.

На основе модели и алгоритма разработана методика управления вагонопотоками, которая позволяет снизить затраты на переработку вагонопотоков на ПНП. Разработанная методика на первом этапе предполагает сбор исходных данных и определение значений факторов по функциям принадлежности. На втором этапе происходит расчет интегральной оценки загруженности станции и формирование списка транспортных элементов, по которым возможен пропуск маршрутов. На третьем этапе производится определение маршрутов следования и проверка их по дополнительным условиям. Разработанная методика позволяет определять уровень оперативной загруженности станций и не только сократить оборот вагонов на ПНП за счет ускорения их продвижения, но и поддерживать его в заданных пределах.

Применение методики управления вагонопотоками на ПНП позволяет определять рациональные маршруты движения вагонов с учетом оперативной ситуации на ПНП промышленного предприятия и путях обслуживаемых контрагентов.

Для применения данной методики на ПНП было разработано программное обеспечение АРМ диспетчерского персонала, позволяющее максимально сократить время определения рациональных маршрутов следования за счет уменьшения времени на ввод необходимой информации.

В четвертой главе приводятся результаты реализации методики управления вагонопотоками на ПНП ОАО «ММК».

Для реализации методики на ПНП ОАО «ММК» решены следующие задачи:

- для каждого фактора из разработанной системы определены возможные значения и построены функции принадлежности;
- построена матрица значений функций принадлежности для 35 станций;
- сформирована матрица попарных сравнений для 37 факторов;
- для каждой матрицы определен собственный нормализованный вектор и индекс согласованности.

Решение задач позволило сформировать базу данных, характеризующую параметры станций, перегонов, оперативной ситуации и персонала, управляющего движением.

В результате реализации методики получили следующие результаты:

- в оперативном режиме диспетчерский аппарат получает экспресс-анализ загрузки станций, позволяющий перераспределять работу между внутри-заводскими станциями;
- для каждого перегона по направлениям определена оперативная оценка затрат на движение вагонов и локомотивов;
- перенесено выполнение вспомогательных операций на менее загруженные станции ПНП; сокращено число станций в маршруте следования;
- получены рекомендации для диспетчерского персонала по перераспределению вагонопотоков по рациональным маршрутам.

Апробация методики рассмотрена на конкретном примере оптимизации одного маршрута следования вагонов ОАО «РЖД» с углем в условиях существующей системы управления и после применения методики. Прием вагонов на пути необщего пользования осуществлялся с грузом «уголь», сдача с грузом «сталь, не поименованная в алфавите». На пути необщего пользования с вагонами осуществлялись следующие технологические операции: выгрузка, очистка, осмотр в техническом и коммерческом отношении, оборудование средствами крепления, погрузка и отправление. Данные операции осуществлялись на разных станциях, соответственно часть станций ПНП вагоны проследовали транзитом. В условиях существующей системы управления выбор маршрута следования вагонов выполняется диспетчерским персоналом. При использовании предлагаемой методики – с помощью программного обеспечения АРМ диспетчерского персонала. Результаты сравнения вариантов представлены в таблице 1. Перераспределение вагонопотоков ПНП на основе оперативной оценки затрат на переработку вагонов позволило перенести выполнение вспомогательных операций (осмотр, взвешивание) на менее загруженные станции ПНП, увеличить скорость продвижения вагонопотоков (за счет включения в маршрут следования станций с минимальной загруженностью), тем самым сократить оборот вагонов на ПНП и снизить общую загруженность станций ПНП (рисунок 5).

Таблица 1 – Пример сокращения маршрута вагонов с углем на ОАО «ММК»

Показатели	Существующая система	После применения методики
Количество вагонов, следующих по маршруту, ваг.	2625	2625
Количество станций в маршруте	16	9
Средняя продолжительность нахождения вагонов на станции, ч	3.24	3.86
Оборот вагонов на ПНП, ч	51.84	34.8
Плата за пользование вагонами, тыс. руб.	2626.3	1763.1
Годовой экономический эффект от 1 маршрута, тыс. руб.	-	863.2

Разложение оборота по составляющим его операциям (транзит, простой, выгрузка, погрузка и т.д.) до и после применения методики выявил значительное сокращение двух операций «транзит» и «простой».

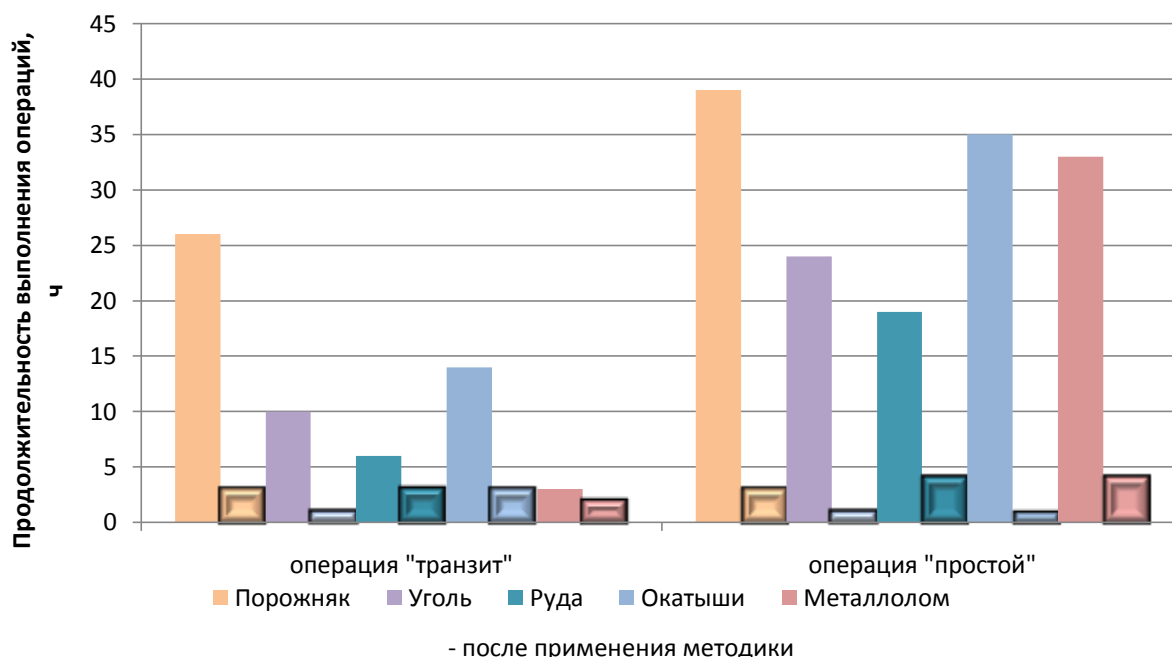


Рисунок 5 – Сокращение продолжительности основных операций при переработке маршрутов массовых грузов (более 1000 вагонов в месяц за 2007 и 2008 гг.)

В частности, использование разработанной методики в течение 2008 года снизило на 25% продолжительность операций «транзит» и «простой» для всех грузов, оборот вагонов – на 20%, загрузженность станций – на 15%. Экономический эффект от применения методики управления вагонопотоками на ПНП ОАО «ММК» составил более 56 млн. рублей в год за счет сокращения платы за пользование вагонами ОАО «РЖД».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основании выполненных автором исследований получены результаты, представляющие собой совокупность актуальных научно-технических решений по совершенствованию управления вагонопотоками на ПНП в условиях ограниченного времени на принятие рационального решения и изменения объемов перевозок. Изложены научно обоснованные технологические разработки по управлению маршрутами движения вагонов на ПНП с учетом оперативного уровня загрузженности станций, имеющие существенное значение для транспортной и металлургической отраслей экономики страны.

Основные научные выводы и практические рекомендации заключаются в следующем:

1. В результате анализа маршрутов следования вагонов на пути необщего пользования выявлены систематические повторные заходы более чем 20% вагонов на станции, не обусловленные технологическим процессом, что приводит к увеличению продолжительности их оборота.

2. В результате анализа оборота вагонов по пути необщего пользования были выявлены и систематизированы 37 факторов, в наибольшей степени влияющих на его величину. Факторы разделены на три группы: техническое состояние, оперативная ситуация, персонал.
3. Целесообразно осуществлять управление вагонопотоками на пути необщего пользования, основываясь (для заданного интервала планирования) на текущем уровне загруженности станций путей необщего пользования и стоимости переработки вагонов.
4. Разработан показатель степени загруженности станции – интегральная оценка. Интегральная оценка определяется комбинацией входящих в систему факторов.
5. Разработаны модель и методика управления вагонопотоками на пути необщего пользования, позволяющие перераспределять текущую эксплуатационную работу между станциями согласно уровню их загруженности и рациональных вариантов следования вагонопотока. Алгоритм оперативного управления вагонопотоками, реализуя процедуры теории нечетких множеств и математического программирования, позволит выбирать рациональный маршрут по ограничениям, зависящим от оперативной ситуации на ППП.
6. Целевой функцией модели является минимальная стоимость переработки вагонов на пути необщего пользования. Стоимость определяется на основе учета времени движения по перегонам, времени производства транспортных операций, текущего уровня загруженности станций и затрат на обработку составов.
7. Фактический годовой экономический эффект от внедрения методики оперативного управления вагонопотоками на пути необщего пользования ОАО «ММК» составил более 56 млн. руб. Эффект достигнут за счет сокращения времени оборота вагонов на пути необщего пользования ОАО «ММК» в среднем на 20% и равномерного распределения эксплуатационной работы по элементам пути необщего пользования.

Основное содержание диссертационного исследования опубликовано в следующих научных работах:

в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Сиразетдинова А. Д. Применение теории нечетких множеств для определения степени загруженности элементов транспортной сети /Пыталева О. А., Сиразетдинова А. Д. //Автотранспортное предприятие, 2009. – Вып. 11. – С. 55-56.

в других изданиях:

2. Сиразетдинова А. Д. Методика исследования системы управления вагонопотоками на пути необщего пользования при наличии разветвленной сети внутризаводских станций /А. Н. Рахмангулов, А. Д. Сиразетдинова //Техника и технология в XXI веке: современное состояние и перспективы развития: Монография /С. П. Гнатюк, А. Н. Рахмангулов, Е. В. Санников и

- др./Под общ. ред. С. С. Чернова. – Новосибирск: Изд-во «СИБПРИНТ», 2008. – С. 116-132.
3. Сиразетдинова, А. Д. Методика оперативного управления вагонопотоками на пути необщего пользования при наличии разветвленной сети внутризаводских станций /А. Д. Сиразетдинова //«Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегии развития»: Матер. Всерос. науч.-техн. конф., посв. 130-летию Сверд. ж.д.: Сб. научн. тр. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – С. 114-115.
 4. Сиразетдинова, А. Д. Управление в системах промышленного железнодорожного транспорта /А. Д. Сиразетдинова //Ценности современного менеджмента: сб. статей Всерос. научно-теоретич. конф. /Под ред. Э. Г. Черновой. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – С. 271-273.
 5. Сиразетдинова, А. Д. Управление вагонопотоками на промышленных предприятиях в условиях мирового финансового кризиса /А. С. Новиков, А. Д. Сиразетдинова //Международ. форум по проблемам науки, техники и образования: Сб. матер. – М., 2008. – С. 117-118.
 6. Сиразетдинова, А. Д. Методика оперативного управления вагонопотоками на промышленном железнодорожном транспорте (на примере ОАО «ММК») /П. А. Арчибасов, А. Е. Бобровский, А. Д. Сиразетдинова, А. В. Сафонов, А. Н. Рахмангулов //Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России: Матер. междунар. науч.-техн. конф. /Под общ. ред. В. М. Сай. – Екатеринбург, 2006. – С. 288-289.
 7. Сиразетдинова, А. Д. Анализ эффективности обработки вагонов с экспортными грузами на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» /А. С. Новиков, А. Н. Рахмангулов, А. Д. Сиразетдинова //«Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегии развития»: Матер. Всерос. науч.-техн. конф., посв. 130-летию Сверд. ж.д.: Сб. научн. тр. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – С.105-106.
 8. Сиразетдинова, А. Д. Методика оперативного управления запасами порожних вагонов в промышленно-транспортной системе на примере ОАО «ММК» /А. Н. Рахмангулов, А. В. Сафонов, А. Д. Сиразетдинова //Политранспортные системы: Матер. V Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 21-23 ноября 2007 г. Ч.1 /Ред. В.Н. Катаргин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. – С. 166-167.
 9. Сиразетдинова, А. Д. Логистический подход к управлению движением порожних вагонопотоков на путях необщего пользования на примере ОАО «ММК» /А. Н. Рахмангулов, А. Д. Сиразетдинова //Тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. молодых специалистов ОАО «ММК» /ОАО «ММК». – Магнитогорск, 2008. – С. 181-182.
 10. Сиразетдинова, А. Д. Логистический подход к управлению движением порожних вагонопотоков на пути необщего пользования /А. Н. Рахмангулов, А. Д. Сиразетдинова //Инновации молодых ученых: Сб. докладов на 66-й науч.-техн. конф. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – С. 114-115.
 11. Сиразетдинова, А. Д. Анализ целесообразности организации контейнерного терминала для ОАО «ММК» /А. Н. Рахмангулов, А. Д. Сиразетдинова

- //Актуальные вопросы экономических наук. Сб. матер. I Всерос. науч.-практ. конф. /Под общей редакцией С. С. Чернова. – Новосибирск: Изд-во «СИБПРИНТ», 2008. – С. 428-432.
12. Сиразетдинова, А. Д. Использование теории нечетких множеств для определения уровня загруженности станции / А.Н. Рахмангулов, А. Д. Сиразетдинова //Транспортная инфраструктура Сибирского региона: Матер. межвуз. науч.-практич. конф., Иркутск, 12-15 октября 2009 г. Т.1. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – С.176-181.