



228

УДК 656.225

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-228-243>

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

# Информационная система контроля сырьевых грузов металлургического предприятия



Алексей ПОПОВ



Ольга СУСЛОВА



Артем ХМЕЛЕВ

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

На сегодняшний день создание и применение мощных информационных систем для управления потоками сырьевых грузов металлургического предприятия, перевозимых железнодорожным транспортом, позволяют сократить оборот вагонов на подъездном пути предприятия, снизить запасы сырья на колёсах, создать условия для бесперебойного обеспечения производства, а также повысить уровень зрелости кросс-функционального взаимодействия подразделений.

Отсюда возникает необходимость в разработке системы оперативного сбора, анализа и визуализации данных о поставках сырья, которая будет играть роль единого информационного пространства для координации действий всех причастных сторон. Подобная информационная система должна обеспечивать поддержку решений как на оперативном уровне, так и на тактическом. Оперативные решения в этом случае включают в себя: изменение планов на

текущий период, закупку недостающих объёмов, перенаправление сырья на других потребителей, расставление приоритетов по отгрузке и продвижению вагонов, а тактический – пересмотр нормативов запасов и потребления, проработка специальных соглашений с перевозчиком.

Целью исследования является изучение возможности применения информационной системы контроля сырьевых грузов для сокращения оборота вагонов на подъездном пути металлургического предприятия. Используются общенаучные методы, сравнительный анализ, математические методы.

В статье рассмотрен основной функционал подобной системы, представлена методика расчёта инвестиционной привлекательности проекта и предлагаются дальнейшие направления развития в области информационного взаимодействия предприятий и операторов подвижного состава.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, информационная система, подвижной состав, металлургическое предприятие, промышленный транспорт, оборот вагона.

\*Информация об авторах:

**Попов Алексей Тимофеевич** – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой организации перевозок Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), Липецк, Россия, [popov@stu.lipetsk.ru](mailto:popov@stu.lipetsk.ru).

**Суслова Ольга Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), Липецк, Россия, [suslova\\_2003@mail.ru](mailto:suslova_2003@mail.ru).

**Хмелев Артем Сергеевич** – аспирант кафедры организации перевозок Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), Липецк, Россия, [khmeleff\\_art@mail.ru](mailto:khmeleff_art@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 13.05.2019, принята к публикации 07.09.2019.

For the English text of the article please see p. 236.

## ВВЕДЕНИЕ

Металлургические предприятия полного цикла характеризуются значительным объёмом грузоперевозок, большим ассортиментом производимой продукции и сложной производственной технологией. На комбинаты ежедневно прибывают различные виды грузов: железорудный концентрат, руда, окатыши, флюсы, кокс различного тушения, коксующиеся угли, огнеупоры, оборудование и др.

Металлургический комплекс вносит значительный вклад в развитие экономики России. Доля чёрной металлургии в ВВП России составляет чуть менее 2 %, в промышленном производстве порядка 8 %, в экспорте 7 %. Кроме этого, отрасль потребляет 5,3 % всей электроэнергии и 8 % природного газа. Доля перевозок грузов чёрной металлургии в общем объёме железнодорожного грузооборота составляет 15 % [1, с. 31].

В современных условиях крупными металлургическими компаниями взят курс на развитие бизнеса не только за счёт увеличения объёма производства и расширения ассортимента выпускаемой продукции, но и путём повышения эффективности производства за счёт оптимизации внутренних процессов. Так как железнодорожный транспорт является основным для металлургии, нельзя обойти стороной оптимизацию технологии его работы.

Доставка сырьевых грузов для нужд чёрной металлургии и вывоз готовой продукции потребителям осуществляются с привлечением железнодорожных операторских компаний [2, с. 299]. Предоставление универсального и специализированного подвижного состава (ПС) под перевозку происходит на основании договора транспортно-экспедиторского обслуживания, который заключается, как правило, на 5 лет и предусматривает определённую ставку за привлечение вагонов. При увеличении оборота вагонов выше нормативного оператор выставляет предприятию штрафы за перепростой, в то же время, если оборот ниже нормативного значения, операторская компания может выплатить премию по условиям договора [3, с. 265].

Отсюда понятно, что при таком значительном объёме перевозок снижение оборачиваемости подвижного состава даст ощутимый

экономический эффект, снизит транспортную составляющую в себестоимости готовой продукции, а значит, металлургический комбинат будет обладать конкурентным преимуществом на рынке. Кроме этого, цифровизация экономики подталкивает компании к созданию мощных IT-систем, предоставляющих работникам полную и актуальную информацию о технологических процессах для принятия оптимальных решений.

Этим обусловлена *цель* исследования — изучение возможности применения информационной системы контроля сырьевых грузов для сокращения оборота вагонов на подъездном пути металлургического предприятия.

## НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

### Задачи

Объектом автоматизации при внедрении системы поддержки принятия решений в сфере управления цепями поставок сырьевых грузов является деятельность всех причастных подразделений: дирекций по снабжению, логистике и производству. Информационная система (ИС) также предусматривает построение интерфейса взаимодействия с другими системами, существующими на предприятии и за его пределами, и предназначена для:

- планирования поставок сырья;
- построения оптимальных графиков отгрузки;
- консолидации информации об использовании вагонного парка, в т.ч. о вагонах:
  - погруженных грузоотправителем;
  - прибывших на предприятие;
  - выгруженных на путях предприятия;
- консолидации информации об отгрузках в адрес предприятия;
- контроля за выполнением графиков отгрузки сырьевых грузов;
- контроля за обеспеченностью погрузки порожними вагонами;
- контроля за продвижением гружёных вагонов по магистральной сети (в нашем случае — ОАО «РЖД»);
- прогнозирования прибытия вагонов с сырьевыми грузами на основании данных о фактическом продвижении по сети;
- учёта гружёного подвижного состава с сырьём на подъездном пути предприятия в течение периода;





Рис. 1. Существующий вариант взаимодействия.

- информационного сопровождения процесса отгрузки сырья в части предоставления информации о возможной корректировке графика погрузки при значительном отклонении количества вагонов с сырьём на подъездном пути предприятия от нормативного значения в сторону уменьшения или увеличения с учётом подвижного состава, находящегося на сети общего пользования;

- прогнозирования остатка гружёных вагонов с сырьём на путях необщего пользования на конец отчётного периода.

Таким образом, среди основных целей разработки и внедрения указанной системы необходимо выделить следующие:

- организация автоматизированного учёта погруженных и выгруженных объёмов сырьевых грузов;

- обеспечение оперативного контроля и анализа обеспеченности отгрузки заявленных объёмов сырья порожним подвижным составом;

- исключение ручного заполнения документов, влекущего за собой ошибки и разночтения;

- обеспечение оперативного контроля входной информации;

- повышение качества планирования;

- обеспечение высокого уровня надёжности и защиты данных;

- развитие кросс-функционального взаимодействия подразделений предприятия;

- снижение стоимости привлечения подвижного состава за счёт сокращения оборота вагонов.

## ДЕЙСТВУЮЩАЯ СИСТЕМА

Для изучения возможности применения информационной системы контроля сырьевых грузов с целью сокращения оборота вагонов на подъездном пути металлургического

предприятия необходимо проанализировать действующую систему с указанием преимуществ и недостатков. В результате проведения сравнительного анализа текущего состояния теории и практики в сфере управления транспортными потоками металлургических предприятий авторами была составлена схема существующего взаимодействия между перевозчиком, операторской компанией и предприятием (рис. 1).

Вся коммерческая информация по накладной – наименование груза по Единой тарифно-статистической номенклатуре грузов (ЕТСНГ), грузоотправитель, грузополучатель, станция назначения, вес груза – передаётся из системы «Электронная транспортная накладная» (ЭТРАН). Вся информация по дислокации – станция дислокации, дорога дислокации, последняя операция, время последней операции, номер вагона – поступает из Главного вычислительного центра (ГВЦ) РЖД. В ИС «Оператор» происходит объединение (mapping) всех поступивших данных, которые затем выгружаются диспетчером операторской компании и передаются работникам металлургического комбината. В свою очередь, диспетчерский аппарат предприятия выгружает данные из внутренних ИС и консолидирует всю информацию, необходимую для принятия решений.

Недостатки текущего варианта – это отсутствие доступа работников комбината к ИС «Оператор», информационный разрыв между системами внутреннего и внешнего контроля за перевозками, большое влияние человеческого фактора, что неизбежно ведёт к ошибкам и разночтениям в используемой информации.

Предлагаемая ИС «Контроль сырьевых грузов» (рис. 2) является звеном, которое

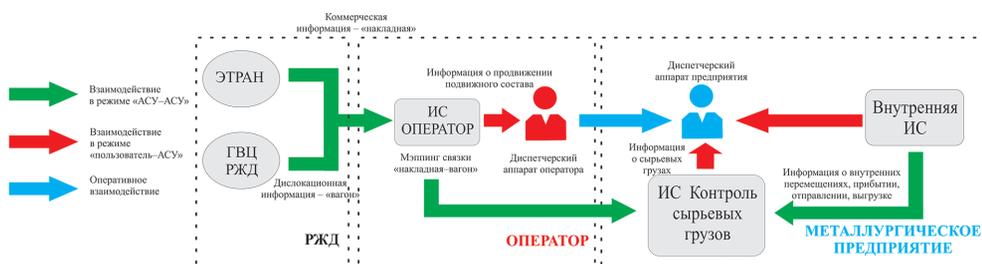


Рис. 2. Предлагаемый вариант взаимодействия.

соединяет внутренние и операторские системы в единое целое и позволяет диспетчерскому аппарату (и другим сотрудникам компании) видеть всю логистическую цепь, при этом значительно сокращая объём оперативного взаимодействия с представителями операторской компании и не ограничивая доступ к прежней внутренней ИС.

### ФУНКЦИОНАЛ СИСТЕМЫ

Исходя из поставленных целей, можно выделить функции, которые должна выполнять информационная система (рис. 3).

Функционал системы позволяет осуществлять полный контроль за материальным потоком на всём протяжении цепи: «зарождение грузопотока» – «продвижение к получателю» – «потребление».

#### А) Формирование графиков отгрузки сырьевых грузов

На этом этапе в систему должны быть введены все данные, необходимые для построения оптимальных графиков отгрузки. Здесь должны быть учтены: планируемые объёмы перевозок по каждому виду груза и по каждому грузоотправителю, вид отправки, тип используемого подвижного состава, производственные мощности отправителя и получателя, нормативные сроки доставки, номера заявки на перевозку (формы ГУ-12). В зависимости от вида сырья его отгрузка должна быть запланирована либо на определённые дни (если груз должен прибыть на металлургическое предприятие в конкретную дату), либо так, чтобы с учётом сроков доставки обеспечить равномерный подход сырья в течение учётного периода.

После этого, полученный график проходит этапы согласования как со всеми причастными подразделениями внутри самого металлургического предприятия,



Рис. 3. Функции ИС «Контроль сырьевых грузов».

так и с операторами подвижного состава и поставщиками сырья. Согласованный и утверждённый график отгрузки «закладывается» в ИС для последующего учёта отгрузки.

Необходимо отметить, что система «Контроль сырьевых грузов» должна предусматривать возможность корректировки плана отгрузки.

#### Б) Контроль обеспеченности грузоотправителя порожним подвижным составом

Постоянный контроль обеспеченности подвижным составом поставщиков возможен только на базе информационного взаимодействия между операторской компанией и металлургическим предприятием в режиме «Автоматизированная система управления – автоматизированная система управления» («АСУ–АСУ») и должен позволить заранее определять риски срыва графика по причине отсутствия вагонов у грузоотправителя.

Данные об имеющемся подвижном составе на подъездном пути поставщика и станции примыкания передаются из системы ИС «Оператор». При наличии порожних вагонов в подходе ИС «Контроль сырьевых грузов» автоматически прогнозирует дату прибытия к грузоотправителю.

Погрузка считается обеспеченной, если:

$$m_{го} + m_{ст} + m_{подход} \geq m_{план} \quad (1)$$



где  $m_{то}$  — количество вагонов на подъездном пути грузоотправителя;

$m_{ст}$  — количество вагонов на станции примыкания;

$m_{подход}$  — количество вагонов, которые придут к указанной дате;

$m_{план}$  — количество вагонов, запланированных под погрузку.

В противном случае система сигнализирует цветовой индикацией о риске срыва плана отгрузки.

#### *В) Контроль исполнения графиков отгрузки*

Информация о погрузке по каждому виду груза и поставщику поступает за предыдущие железнодорожные сутки после 18:00. Передача информации может происходить как напрямую из системы «Электронная транспортная накладная» (ЭТРАН), так и опосредованно из ИС «Оператор». Полученные значения сравниваются с плановыми показателями, и все расхождения в большую или меньшую сторону указываются определённым цветом.

#### *Г) Предоставление информации о дислокации погруженных вагонов*

Информация, передаваемая из ИС «Оператор», должна содержать следующие атрибуты:

- наименование дороги дислокации;
- наименование станции дислокации;
- наименование станции отправления;
- наименование последней операции;
- дата последней операции;
- индекс поезда;
- номер вагона;
- номер накладной;
- наименование станции назначения;
- расстояние до станции назначения по дислокации;
- наименование грузоотправителя;
- наименование грузополучателя;
- признак гружёности;
- наименование типа подвижного состава;
- наименование груза по Единой тарифно-статистической номенклатуре грузов;
- вес по накладной;
- дата отправления.

На основании этих данных в автоматическом режиме осуществляется определение прогнозируемого времени прибытия. Оно может находиться, во-первых, как

среднее значение исторических данных о прибытии каждого вида сырья за предыдущий период, а во-вторых, расчётным путём на основании нормативных документов (приказ Минтранса № 245 от 07.08.2015 г. «Об утверждении Правил исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом» [4]). В первом случае предварительно необходимо провести анализ сведений о продвижении гружёных вагонов по сети, во втором — в передаваемую информацию должен быть добавлен атрибут «Вид отправки», чтобы система могла различать повагонные, групповые и маршрутные отправки для корректного выбора точного пробега. В обоих вариантах должна учитываться сезонность перевозки — летний и зимний периоды.

На текущий момент существуют и другие подходы к прогнозированию времени прибытия, которые были отражены в работах [5, с. 120; 6, с. 74].

#### *Д) Формирование графиков прибытия*

График прибытия формируется в автоматическом режиме на основании утверждённого графика отгрузки. Дата прибытия по каждому грузу и поставщику в таком случае определяется как:

$$t_{прибытия}^i = t_{отгрузки}^i + t_{доставки}^i, \quad (2)$$

где  $t_{прибытия}^i$  — дата прибытия  $i$ -го груза на металлургическое предприятие;

$t_{отгрузки}^i$  — дата отгрузки  $i$ -го груза поставщиком;

$t_{доставки}^i$  — нормативный срок доставки  $i$ -го груза.

Если груз пересекает границу, то к полученному значению следует добавить сутки на таможенные операции.

Исполненный план прибытия должен включать в себя как уже фактически прибывшие объёмы, так и прогнозируемые, которые рассчитываются на основе данных о дислокации погруженных вагонов на сети. Фактические и прогнозные значения должны отличаться по внешнему виду для облегчения восприятия.

#### *Е) Прогнозирование остатков*

Визуализация данных о предполагаемых остатках сырья (пример расчёта на декаду приведён в табл. 1) до конца учётного периода позволяет принимать обоснованные решения по ускорению или бросанию гружё-

Форма вывода информации о прогнозируемых остатках

|   | Дата  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | 01.01 | 02.01 | 03.01 | 04.01 | 05.01 | 06.01 | 07.01 | 08.01 | 09.01 | 10.01 |
| Остаток на 00:00 (начало суток),<br>$m_{\text{факт}}$   | 310   | 289   | 332   | 311   | 290   | 205   | 184   | 227   | 270   | 249   |
| Прогнозируемое прибытие, $m_{\text{прибытие}}$          | 64    | 128   | 64    | 64    | 0     | 64    | 128   | 128   | 64    | 64    |
| Выгрузка, $m_{\text{выгрузка}}$                         | 85    | 85    | 85    | 85    | 85    | 85    | 85    | 85    | 85    | 85    |
| Остаток на 00:00 (конец суток),<br>$m_{\text{прогноз}}$ | 289   | 332   | 311   | 290   | 205   | 184   | 227   | 270   | 249   | 228   |

ных вагонов на сети, переносе дат отгрузки сырья поставщиками и снижении/увеличении заявленных объёмов поставки.

Фактический остаток вагонов на начало суток ( $m_{\text{факт}}$ ) в режиме «АСУ–АСУ» переносится из существующей системы учёта вагонов на предприятии. Ожидаемая дата прибытия отгруженных вагонов ( $m_{\text{прибытие}}$ ) автоматически рассчитывается по формуле (2).

В связи со сложностью моделирования доменного процесса [7, с. 576] и возникающими отсюда трудностями по прогнозированию точных объёмов выгрузки на протяжении длительного периода, а также принимая во внимание относительное постоянство потребляемых объёмов сырья доменным цехом, ожидаемую выгрузку каждого груза ( $m_{\text{выгрузка}}$ ) можно определить по следующей формуле:

$$m_{\text{выгрузка}}^i = \frac{m_{\text{дек}}^i}{10}, \quad (3)$$

где  $m_{\text{дек}}^i$  – суммарная выгрузка  $i$ -го груза за предшествующую декаду.

На основании полученных значений рассчитывается прогнозируемый остаток вагонов ( $m_{\text{прогноз}}$ ):

$$m_{\text{прогноз}}^i = m_{\text{факт}}^i + m_{\text{прибытие}}^i - m_{\text{выгрузка}}^i. \quad (4)$$

Также можно графически интерпретировать данные сведения с указанием неснижаемого остатка сырья для удобства восприятия.

Передача данных из ИС «Оператор» и пересчёт прогнозов и балансов осуществляется ежечасно. При наличии технической возможности и производственной необходимости скорость обновления информации следует увеличить.

Следует отметить, что при взаимодействии информационных систем предприятия и оператора подвижного состава возможны некоторые трудности при осуществлении контроля над продвижением вагонов, которые не находятся в собственности операторской компании. В этом случае при задействовании массива данных «накладная» по определённому номеру вагона может возникнуть ситуация, когда отображается информация прошлого периода, то есть факт того, что этот вагон уже осуществлял перевозку какого-либо груза несколько месяцев или лет назад. С целью недопущения подобных ситуаций можно исключить передачу данных о перевозках в вагонах других собственников автоматически и осуществлять планирование подхода в ручном режиме. Так как основной объём грузов металлургических комбинатов (98–99 %) перевозится вагонами одной компании, то данное допущение не отразится на точности планирования и производственной деятельности предприятия.

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Инвестиционная привлекательность проектов и их экономическая эффективность оцениваются по целому ряду показателей. Для корректной оценки применяются математические методы и сравнительный анализ предлагаемых вариантов. Многие специалисты выделяют в качестве основного чистый дисконтированный доход (ЧДД) [8, с. 113; 9, с. 557], который представляет собой сумму денежных платежей от внедрения проекта, приведённых к текущему дню по ставке дисконтирования.





Рис. 4. Средневзвешенный оборот вагона.

В случае проведения экономической оценки проекта по внедрению ИС «Контроль сырьевых грузов» ЧДД определяется по формуле:

$$ЧДД = \sum_{t=1}^T \frac{\mathcal{E}_{\text{сокр}} - \mathcal{E}_{\text{доп.эксп.}}}{(1+r)^t} - \frac{K_{\text{кап}}}{(1+r)^t}, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сокр}}$  – денежный поток от сокращения затрат, руб.;

$\mathcal{E}_{\text{доп.эксп.}}$  – дополнительные эксплуатационные расходы, руб.;

$K_{\text{кап}}$  – капитальные затраты на проект, руб.;

$r$  – ставка дисконтирования, %;

$t$  – количество лет ожидаемого денежного потока, лет.

#### А) Сокращение затрат

Повышение качества оперативного взаимодействия всех участников перевозки, автоматизация контроля выполнения графиков отгрузки сырья и контроль за продвижением подвижного состава по сети на базе единого информационного поля позволит сократить оборот вагонов, и, следовательно, снизить затраты на привлечение вагонного парка. Принимая во внимание тот факт, что значительная часть подвижного состава сдаётся с комбината на сеть порожними, для учёта и контроля оборота вагонов на промышленном железнодорожном транспорте металлургического производства целесообразно применять средневзвешенный оборот вагонов (рис. 4).

В таком случае сокращение эксплуатационных затрат находится как:

$$\mathcal{E}_{\text{сокр}} = n \cdot \Delta t \cdot e_{\text{вч}} \cdot 365, \quad (6)$$

где  $n$  – среднее количество вагонов, прибывающих на предприятие в сутки;

$\Delta t$  – снижение оборота вагона, ваг./час;

$e_{\text{вч}}$  – стоимость 1 вагоно-часа, руб./час.

Если по результатам внедрения ИС удастся высвободить локомотивы, то полученный эффект нужно добавить к экономии от сокращения затрат.

Прогнозируемое снижение оборота вагонов на территории производственной площади при внедрении информационной системы составляет 3–5 %.

#### Б) Дополнительные эксплуатационные расходы

В данном случае они будут включать в себя следующие статьи затрат:

- амортизационные отчисления;
- расходы на электроэнергию, потребляемую оборудованием;
- плата оператору подвижного состава за предоставление данных, если такая услуга не оговорена в договоре транспортно-экспедиторского обслуживания.

Амортизационные отчисления вычисляются по формуле:

$$E_{\text{ам}} = \frac{K_{\text{кап}} \cdot N_{\text{ам}}}{100}, \quad (7)$$

где  $N_{\text{ам}}$  – норма амортизационных отчислений, %.

Затраты на электроэнергию находятся как:

$$E_{\text{эл}} = W \cdot e_{\text{эл}} \cdot 24 \cdot 365, \quad (8)$$

где  $e_{\text{эл}}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.;

$W$  – суммарная мощность оборудования, кВт·ч.

Тогда:

$$\mathcal{E}_{\text{доп.эксп.}} = E_{\text{ам}} + E_{\text{эл}} + E_{\text{оп}}, \quad (9)$$

где  $E_{\text{оп}}$  – плата оператору электросетей, руб.

Введение дополнительных штатных единиц не требуется, следовательно, уве-

личение фонда оплаты труда не предусмотрено.

### В) Капитальные затраты

Капитальные затраты при внедрении системы поддержки принятия решений будут состоять из стоимости серверного оборудования и работ по его установке и наладке, оборудования рабочих мест сотрудников, а также закупки лицензионного программного обеспечения (при необходимости).

### Г) Срок окупаемости проекта

Важным показателем экономической оценки проекта является срок его окупаемости: чем он ниже, тем привлекательнее инвестиции.

$$T_{ок} = \frac{K_{кап}}{\mathcal{E}_{сокр} - \mathcal{E}_{доп.экс.}}. \quad (10)$$

## ВЫВОДЫ

Внедрение ИС «Контроль сырьевых грузов» металлургических предприятий принесёт экономический эффект за счёт технического эффекта повышения качества оперативной работы, построения оптимальных графиков поставки сырьевых грузов и контроля за их исполнением, своевременного транспортного обслуживания цехов [10, с. 66], сокращения оборота вагонов на путях комбината, обеспечения более равномерного подхода поездов к станции примыкания.

Можно наметить основные направления дальнейшего развития системы:

1) охват готовой продукции: отгрузка, дислокация на сети;

2) увеличение точности прогнозирования движения материальных потоков за счёт совершенствования аппарата математического моделирования.

На сегодняшний день при благоприятной конъюнктуре внешнего и внутреннего рынков крупные компании чёрной металлургии России демонстрируют стабильное увеличение объёмов производства и намерены сохранить эту тенденцию в дальнейшем [11, с. 19]. Отсюда следует, что будут расти и объёмы перевозок, что повлечёт за собой увеличение экономического эффекта от внедрения информационной системы и сокращение срока окупаемости проекта.

Предлагаемая методология и общий дизайн информационной модели могут быть, на наш взгляд, применены при усло-

вии необходимой адаптации и к условиям транспортных систем в других странах [12, с. 38; 13, с. 635].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев А. А. Рассмотрение роли чёрной металлургии в мировой и российской экономике в настоящее время и в ближайшей перспективе в курсах технологического образования в образовательных учреждениях московской области // Сб. материалов IV региональной научно-практической конференции. – М.: ООО «Диона», 2017. – С. 28–34.

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

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

4. Об утверждении Правил исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом: Приказ Минтранса РФ от 07 августа 2015 г. № 245. [Электронный ресурс]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_195371](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_195371). Доступ 12.05.2019.

5. Игумнов А. О., Сонькин Д. М. Разработка методики построения прогноза времени прибытия с использованием статистических и фактических данных о движении транспортных средств по принципу подбора шаблонов // Наукоедение. – 2016. – Том 8. – № 3 (34). – С. 120.

6. Лысыков М. Г., Ольшанский А. М. О некоторых подходах к прогнозированию прибытия поездов на сортировочные станции // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – № 4 (46). – С. 74–81.

7. Иванов Е. Б., Пареньков А. Е. Аналитические исследования в области доменного процесса с использованием методов логического моделирования // Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения: Материалы конференции с международным участием. – М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2010. – С. 575–578.

8. Графова В. Ф. Чистый доход и чистый дисконтированный доход – показатели оценки эффективности инвестиционного проекта // Инновации. – 2006. – № 4. – С. 113–115.

9. Никитина Л. Н., Ожередов В. В. Обоснование объёма инвестиций и расчёт показателей их эффективности для инвестиционного проекта // Экономика и экологический менеджмент. – 2012. – № 2. – С. 556–560.

10. Попов А. Т., Воронина О. В. Оценка последствий несвоевременного транспортного обслуживания цехов предприятия // Мир транспорта. – 2018. – № 1. – С. 66–81.

11. Маркаръян Ю. А., Шевченко Е. И., Крикунова И. В. Оценка рынка чёрных металлов // Вектор экономики. – 2018. – № 3. – С. 19.

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

13. Бауэрсокс Д. Д., Клосс Д. Д. Логистика: Интегрированная цепь поставок. 2-е изд. – М.: Олимп-Бизнес, 2008. – 640 с. – С. 635–637. ●

