

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИЁМА И ВЫГРУЗКИ МАССОВОГО СЫРЬЯ В ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ АГЛОФАБРИКИ С УЧЁТОМ ЕГО ДИНАМИКИ

Парунакян В.Э., Сизова Е.И.

MODELLING OF RAW MATERIALS ACCEPTANCE PROCESS WITHIN TRANSPORT-AND-HANDLING SITE OF SINTERING PLANT

Parunakjan V.E., Sizova E.I.

Идентифицированы существующие условия функционирования транспортно-грузовых комплексов металлургических комбинатов, принимающих массовое сырьё, а также выявлены основные причины, вызывающие снижение эффективности взаимодействия транспортного и грузового модуля в рамках этих комплексов. Разработана и описана блок-схема алгоритма технологического цикла приёма и выгрузки железнодорожных составов с сырьём.

Ключевые слова: транспортно-грузовой комплекс, аглофабрика, имитационная модель, алгоритм

Постановка проблемы. Крупные металлургические комбинаты характеризуются значительной потребностью в материальных ресурсах. Основной частью этих ресурсов является металлосодержащее сырьё, которое потребляется агломерационными фабриками с производственной мощностью, достигающей 12 млн. тонн в год. Поэтому доставка сырья осуществляется магистральным железнодорожным транспортом в вагонах внешнего парка (ВП), а для приёма и выгрузки маршрутов аглофабрика оснащена мощным транспортно-грузовым комплексом (ТГК), являющихся элементом производственно-транспортной системы (ПТС) предприятия.

Такой комплекс включает грузовую станцию с гаражами размораживания для приёма и подготовки сырья к выгрузке, а также вагоноопрокидыватели с конвейерными линиями для выгрузки и передачи сырья на усреднительные склады аглофабрики.

Функционально ТГК представляет собой технологическую линию по приёму и выгрузке маршрутов с сырьём, включающую транспортное и грузовое звенья. При этом эффективность работы технологической линии в доминирующем значении определяется показателями: с одной стороны – технической готовностью звеньев, а с другой – уровнем их эксплуатационного взаимодействия.

Анализ показывает, что в настоящее время ТГК действующих аглофабрик работают недостаточно эффективно, поскольку отсутствует чётко налаженное взаимодействие между звеньями технологических линий. Сложилось положение, при котором производственные мощности грузового звена – вагоноопрокидывателей, характеризуемые коэффициентом технической готовности $k_t=0,73-0,82$, реализуются в эксплуатации с коэффициентом использования по времени, не превышающим $k_n=0,43-0,48$.

В то же время, недоиспользование производственных мощностей грузового звена происходит на фоне весьма высокой загрузки технических устройств транспортного звена (а в отдельных случаях и всей грузовой станции), достигающей предельных значений.

Сложившаяся ситуация приводит к значительному увеличению продолжительности переработки вагонов ВП, существенному росту транспортных издержек и производственных потерь [1].

Поэтому повышение эффективности взаимодействия транспортного и грузового звеньев технологической линии по приёму и выгрузке вагонов в ТГК аглофабрики является весьма важной и актуальной задачей.

Сложившееся положение обусловлено тем, что рассматриваемые выгрузочные комплексы проектировались и строились ещё в 1970-х г.г. При этом грузовое звено технологической линии было принято за ведущее, а его перерабатывающая способность была установлена в соответствии с производственной мощностью аглофабрики и реализовывалась двумя стационарными роторными вагоноопрокидывателями с общей эксплуатационной производительностью, составляющей 400-450 вагонов в сутки. При весовой норме поездов прилегающего

участка магистральной железной дороги, составляющей по массе брутто 50-55 вагонов с металлосодержащим сырьём, плановая перерабатывающая мощность транспортного звена была принята равной 450 вагонам или 8 маршрутам, а расчётный интервал их прибытия составил 2,8-3,2 часа.

На этой основе для грузовой станции была сформирована проектная технология переработки маршрутов, обеспечивающая штатный режим работы технологической линии и взаимодействие её звеньев.

Определённый период, благодаря стабильности производства и относительно равномерному подводу маршрутов с сырьём с внешней сети, грузовая станция и выгрузочный комплекс работали по проектной технологии и перерабатывали плановый вагонопоток, что обеспечивало работу грузовой станции в рамках заданной нормы простоя вагонов ВП.

С переходом к рыночным механизмам хозяйствования и в период кризиса радикально изменились формы взаимоотношений предприятий и магистральных железных дорог, а взамен нормы простоя была введена плата за продолжительность использования вагонов ВП. На предприятиях в этот период возросла неравномерность поставок сырья и до минимума сократились его запасы, нестабильностью характеризуются объёмы выпуска и адресность поставок готовой продукции. Значительно возросло число операторов-перевозчиков.

В результате усилилась аритмия производственных процессов, что привело к рассогласованию ритмов работы производства и транспорта. Начали стабильно проявляться внешние и

производственные факторы, воздействующие на работу транспорта в целом и грузовой станции в частности. Наиболее существенными из них стали постоянные и значительные колебания интервалов прибытия маршрутов с сырьём с внешней сети, а диапазон колебаний составляет от 0,5-1 до 5-8 часов и более.

В связи с указанным технологическая линия выгрузочного комплекса, а также грузовой станции, значительную часть времени (до 80 %) работает в условиях нештатного режима. Начали существенно расти межоперационные ожидания и простои маршрутов с грузом перед выгрузкой, увеличились объёмы маневровой работы, загрузка технических устройств станции достигла 92-96 % при нормативе, составляющем 70 %. В этой связи работа грузовой станции в определённые периоды блокируется.

Анализ показал, что одна из основных причин данного положения заключается в том, что традиционный подход к оценке перерабатывающей способности грузовой станции, принятый при её проектировании, основан только на учёте коэффициента неравномерности внешнего прибытия. Он не позволяет в полной мере оценить динамику процесса приёма переработки маршрутов и не отвечает усложнившимся требованиям [2].

Данное обстоятельство свидетельствует о необходимости нового подхода к определению перерабатывающей способности технологической линии по приёму и выгрузке маршрутов с сырьём и грузовой станции в целом.

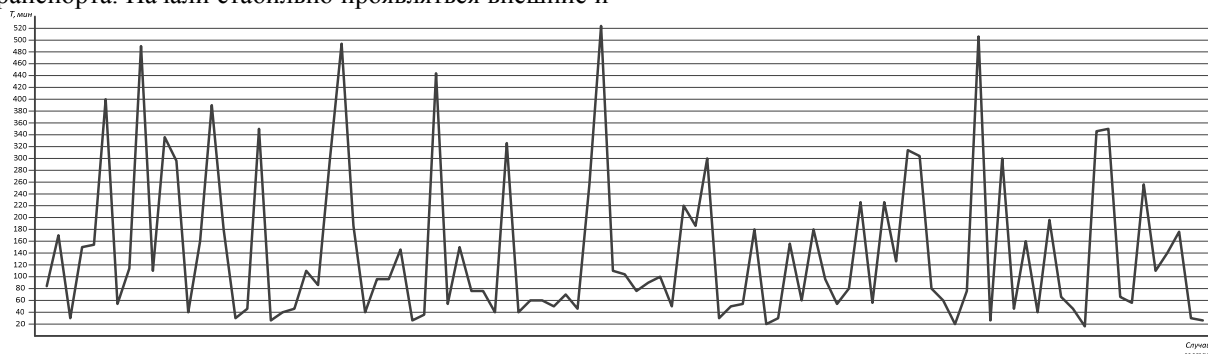


Рис.1. Динамика изменения интервалов прибытия составов в ТК приёма и выгрузки массового сырья

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы влияния динамики на пропускную способность железнодорожных станций магистральных железных дорог и разработка новых подходов к методам её расчёта получили отражение в ряде публикаций последних лет [3, 4].

Наибольший интерес по рассматриваемому вопросу представляет работа проф. А.Ф. Бородина [3], в которой изложены принципы функционального подхода и учёта динамики при исследовании работы станции. В статье предлагается новый подход к определению необходимых станционных мощностей с учётом динамического фактора.

Заслуживает внимания учебник авторского коллектива под ред. проф. Грунтова [4], один из основных разделов которого посвящён вопросам управления и технологии работы станций в условиях растущей динамики транспортного процесса.

Особый интерес эти работы представляют тем, что при рассмотрении новых подходов, учитывающих динамику транспортных потоков, большое внимание уделяется вопросам моделирования процессов переработки маршрутов, в частности, моделям массового обслуживания и имитационным моделям.

В то же время, данный вопрос для условий промышленного транспорта исследован и освещён

недостаточно. Поэтому данное направление является весьма перспективным для исследования ТГК приёма и выгрузки сырья предприятий с учётом динамики процесса и его целесообразно развивать применительно к условиям транспорта металлургических предприятий.

Целью статьи является разработка основных подходов к моделированию процесса приёма и выгрузки массового сырья в транспортно-грузовом комплексе агломерационной фабрики металлургического комбината с учётом его динамики.

Результаты исследований. Известно, что ключевую роль в повышении эффективности взаимодействия производства и транспорта играют вопросы, связанные с управлением вагонопотоками. При переработке вагонопотоков в транспортно-грузовых комплексах, они последовательно проходят ряд технологических операций. Эти операции включают приём входящего поездопотока с внешней сети с металлосодержащим сырьём, разделение прибывающих поездов на группы вагонов, их возможную сортировку, надвиг на вагоноопрокидыватели и разгрузку. При этом общая продолжительность времени пребывания вагонов в ТГК (1) может быть представлена в виде двух компонентов: первый представляет собой регламентированное время выполнения технологических операций ($t_{техн}$), а второй – простои, то есть время, в течение которого вагоны ожидают переработки ($t_{ож}$). При этом, второй компонент подвержен воздействию случайных факторов и носит стохастический характер.

$$t = \sum t_{техн} + \sum t_{ож} \quad (1)$$

Таким образом, управление вагонопотоками обеспечивает сокращение потерь, связанных с межоперационными ожиданиями, в пунктах взаимодействия производства и транспорта. В то же время, причинами, вызывающими потери, являются неготовность производственных мощностей к приёму сырья. С другой стороны, существует также транспортный фактор, вызывающий потери, который связан с колебанием интервалов прибытия маршрутов с сырьём, что в отдельных случаях может привести к полному блокированию работы станции, и, как следствие, к значительным задержкам в подаче групп вагонов на вагоноопрокидыватели.

Оперативное управление процессами, протекающими в ТГК, предполагает обеспечение выполнения технологических операций в нормативные сроки, сокращение простоев и межоперационных ожиданий, оптимизацию общего времени пребывания вагонов в ТГК. В то же время управление процессом переработки вагонов в ТГК должно основываться на принципах системного подхода, и обеспечивать заданную перерабатывающую способность при эффективном взаимодействии производства и транспорта с минимальными производственными затратами.

При исследовании и оценке таких сложных технологических условий функционирования ТГК в рамках решения вопросов повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта вышеуказанные требования не могут быть реализованы с использованием аналитических моделей системой алгебраических и дифференциальных уравнений и ограничениями на переменные, поскольку они не могут отразить реальный процесс с достаточной степенью достоверности и точности.

Колебания интервалов прибытия маршрутов, взаимодействие в одной технологической линии вероятностного (транспортного) и детерминированного (грузового) звеньев, блокирование работы грузовой станции – можно оценить только путём имитационного моделирования.

Вместе с этим, в настоящее время основные подходы к моделированию сложных потоковых процессов на магистральных железных дорогах базируются на комбинации аналитических решений и компьютерных методов, что в свою очередь позволяет наиболее точно отобразить последовательность технологических операций рассматриваемых процессов [Бородин].

При этом необходимо отметить следующее. Имитационное моделирование даёт возможность моделировать и «проигрывать» в программной среде различные варианты поведения исследуемой системы при тех или иных заданных параметрах, что, в свою очередь, даёт возможность определения их выгодности и установления наиболее оптимальной последовательности внедрения.

Компьютерное моделирование, являясь эмпирическим методом исследования, позволяет получать результаты, но не объясняет их. Разработка и реализация последовательности технологических операций посредством имитационного моделирования недостаточно – поскольку кроме того необходимо знать какие характеристики должны быть получены, а также какие выводы на их основе должны быть сделаны. В то же время, аналитические решения позволяют идентифицировать закономерности связей и взаимозависимость параметров звеньев технологического процесса, что в свою очередь делает возможным целенаправленный отбор эффективных решений.

Таким образом, основываясь на современном опыте исследования потоковых процессов на железнодорожном транспорте, принимаем в основу нашего исследования комбинацию компьютерного моделирования и аналитических методов с целью разработки имитационной модели функционирования ТГК в рамках приёма и переработки внешнего вагонопотока с массовым металлосодержащим сырьём.

Первым и основополагающим этапом в разработке имитационной модели является составление алгоритма реализации процессов, протекающих в рамках ТГК приёма массового сырья.

Сущность процессов, протекающих в рамках ТГК приёма массового сырья, может быть описана следующим математическим выражением:

$$T_{ц} = \max \left\{ \begin{matrix} t_{П(T)}^T \\ t_{П(T)}^T + \sum t_{ож}^T + t_{ТПР}^T \end{matrix} \right\} + \max \left\{ \begin{matrix} t_{В(T)}^{Гр} \\ t_{В(T)}^{Гр} + \sum t_{ож}^{Гр} \end{matrix} \right\} \quad (2)$$

где $t_{П(T)}^T$ – продолжительность выполнения технологических операций по приёму и переработке маршрута с грузом в транспортном модуле, мин.;

$\sum t_{ож}^T$ – продолжительность ожидания последующих операций при приёме и переработке маршрута с грузом в транспортном модуле, мин. ($\sum t_{ож}^T \geq 0$);

$t_{ТПР}^T$ – технологический простой маршрута (трёх групп вагонов) в транспортном модуле в ожидании подачи на выгрузку, мин.;

$t_{В(T)}^{Гр}$ – продолжительность выполнения технологических операций по подготовке и выгрузке вагонов на вагонопрокидывателях, мин.;

$\sum t_{ож}^{Гр}$ – продолжительность ожидания последующих операций при подготовке и выгрузке вагонов, мин. ($\sum t_{ож}^{Гр} \geq 0$).

Поскольку продолжительность технологических операций является детерминированной величиной, а межоперационные ожидания – величинами стохастическими, применительно к условиям функционирования ТГК, считаем целесообразным применение комбинации аналитических решений и метода имитационного моделирования. При этом в рамках разработки модели процесса переработки вагонопотока ТГК ставятся следующие задачи:

– идентификация пунктов возникновения и концентрации межоперационных ожиданий, их величину, а также причин их возникновения;

– идентификация показателей использования технических устройств ТГК (коэффициент загрузки горловины, коэффициент использования, а также коэффициент технической готовности вагонопрокидывателей).

Рассмотрим основы алгоритма, предназначенного для детального анализа процессов приёма и выгрузки массового сырья в ТГК.

ТГК приёма массового сырья структурно представляет собой сложный комплекс одноканальных приборов обслуживания, соответствующих отдельным путям парков, путям надвига и вагонопрокидывателям. В этом комплексе циркулируют заявки различных видов: составы, группы вагонов, поездные и маневровые локомотивы. В то же время указанные заявки могут занимать сразу по несколько приборов, соответствующих технологической последовательности обработки заявки и траектории её перемещения, что в свою очередь является одной из особенностей обслуживания заявок приборами данного вида. Освобождение приборов осуществляется

последовательно через интервалы времени, соответствующие полному проходу заявки (состава, группы вагонов, локомотива) через обслуживающий прибор. При этом возможность освобождения заявкой прибора такого вида определяется рядом условий.

Блок-схема алгоритма процессов по приёму и переработке прибывающего поездопотока с массовым металлосодержащим сырьём в рамках ТГК приведена на рисунке 1.

Особенностью блок-схемы алгоритма является то, что он состоит из нескольких фрагментов, взаимодействующих друг с другом. Каждый фрагмент представляет собой имитацию передвижения определённой группы объектов: железнодорожного состава, принимаемого с внешней сети, групп вагонов с сырьём, подаваемых на выгрузку, маневрового локомотива, осуществляющего цикл передвижений групп вагонов в рамках ТГК. Взаимодействие фрагментов в блок-схеме алгоритма отражает фактическое взаимодействие реальных объектов между собой. Например, занятие путей ПОП станции составом возможно лишь в том случае, если горловина станции свободна, а соответственно, она не занята другим составом. Эта особенность взаимодействия фрагментов блок-схемы алгоритма представляет собой описание враждебностей, когда передвижение одного объекта блокируется занятием соответствующей зоны путевого развития другим объектом. Для имитации такого взаимодействия в алгоритме блок-схемы модели компоновочная структура ТГК отображена в виде сети взаимосвязанных одноканальных СМО.

Взаимосвязь элементов задаётся исходными данными, что позволяет обеспечить достаточно адекватную имитацию процессов занятия и освобождения заявками обслуживающих подсистем, что в свою очередь даёт возможность оценить влияние возникающих межоперационных простоев на основные показатели работы подсистем.

По результатам выполненной работы созданы основы для разработки имитационной модели функционирования ТГК в рамках переработки вагонопотока с металлосодержащим сырьём. Реализация моделирования предполагается в программной среде Matlab R2010b, а в качестве исходных данных для моделирования, помимо разработанного и представленного в рамках данной статьи алгоритма, задаются регламентированная продолжительность выполнения технологических операций, а также законы распределения, описывающие межоперационные ожидания при переработке вагонопотока в рамках заданной технологической траектории. В качестве выходных данных имитационная модель ТГК должна выдавать не только значение межоперационных ожиданий вагонов на различных этапах их переработки,

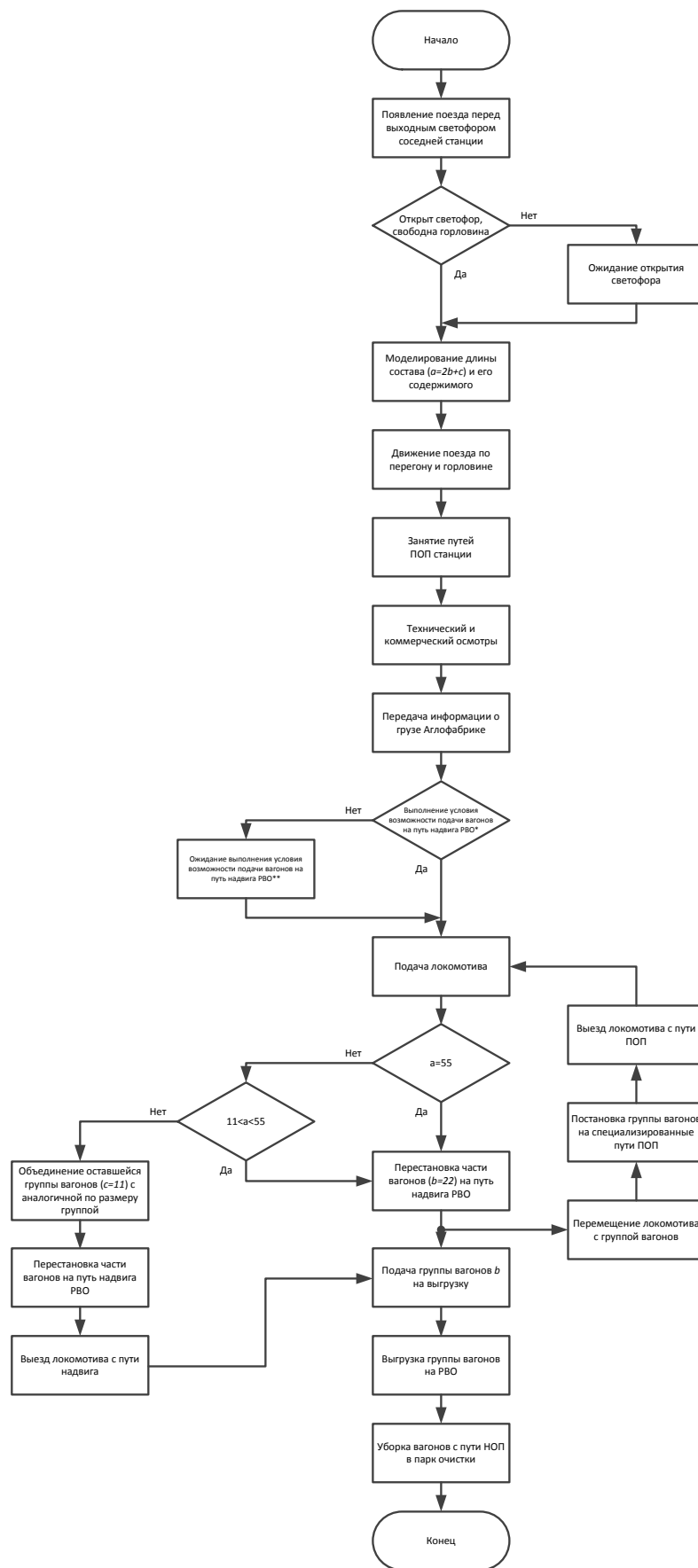


Рис. 1. Блок-схема алгоритма процессов по приёму и переработке прибывающего поездопотока с массовым металлосодержащим сырьём в рамках ТТК

задержки вагонов в результате отказов подсистем обслуживания, но и значения управляющих переменных системы – коэффициенты загрузки входной горловины станции, а также коэффициенты загрузки вагоноопрокидывателей.

Выводы.

1. Повышение эффективности работы технологической линии ТК приёма и выгрузки массового сырья связано с необходимостью исследования закономерностей взаимодействия её транспортного и грузового звеньев в динамичном процессе переработки вагонопотока. Этот процесс характерен значительными колебаниями интервалов прибытия маршрутов с грузом с внешней сети, взаимодействием в одной технологической линии переработки вагонопотока вероятностного (транспортного) и детерминированного (грузового) звеньев, блокированием работы грузовой станции, связанными с сверхнормативной загрузкой устройств и др.

2. Поставленная задача не может решаться с использованием аналитических моделей, поскольку они не обеспечивают достаточной степени достоверности и точности для отражения реальных процессов.

Динамика технологических условий работы технологической линии требует применения новых методических подходов для решения поставленной задачи. Таким подходом является применение имитационного моделирования, как технологическая основа описания процесса, в комбинации с аналитическими методами для описания закономерностей взаимодействия звеньев и их параметров.

3. В качестве первоочередной задачи моделирования разработана и описана блок-схема алгоритма технологического цикла приёма и выгрузки маршрутов с сырьём.

Л и т е р а т у р а

1. Парунакян В.Э. Оценка уровня организационного взаимодействия разгрузочного комплекса и грузовой станции агломерационной фабрики / В.Э. Парунакян, М.Ю. Онищенко // Захист металургійних машин від поломок. – Мариуполь, 2008. – № 10. – с. 64-72.
2. Бойко В.А. Применение метода морфологического анализа и синтеза при проектировании грузовых станций предприятий / В.А. Бойко // Вестник Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2010. №10 (152), ч. 1. – с. 17-23.
3. Бородин А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности / А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – Москва, 2006. № 9. – с. 41-49.
4. Грунтов П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П.С. Грунов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макарошкин // Учебник для вузов ж.д. транспорта. - М.: Транспорт, 1994. - 543с.

References

1. Parunakjan V.E. Otsenka urovnya organizatsionnogo vzaimodeystviya razgruzochnoho kompleksa i gruzovoy stantsii aglomeratsionnoy fabрики / V.E. Parunakjan, M.Yu. Onishenko // Zakhyst metalurhiynykh mashyn vid polomok. – Mariupol, 2008. – № 10. – P. 64-72.
2. Boyko V.A. Prymenenie metoda morfologicheskogo analiza i sinteza pri proektirovanii gruzovykh stantsiy predpriyatiy / V.A. Boyko // Vestnik Vostochnoukr. nats. un-ta im. V. Dalya. – Luhansk, 2010. №10 (152), Issue. 1. – P. 17-23.
3. Borodin A.F. Effektivno yspol'zovat' stantsionnye moshchnosti / A.F. Borodin // Zheleznodorozhny transport. – Moskva, 2006. № 9. – P. 41-49.
4. Gruntov P.S. Upravlenie ekspluatatsionnoy rabotoy i kachestvom perevozk na zheleznodorozhnom transporte / P.S. Grunoov, Yu.V. D'yakov, A.M. Makarochkin // Uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta. - M.: Transport, 1994. – 543 p.

Парунакян В.Е., Сізова К.І. Моделювання процесу прийому та вивантаження масової сировини в транспортно-вантажному комплексі аглофабрики з урахуванням його динаміки

Ідентифіковано існуючі умови функціонування транспортно-вантажних комплексів металургійних комбінатів, приймаючих масову сировину, а також виявлено основні причини, що викликають зниження ефективності взаємодії транспортного та вантажного модулів в рамках цих комплексів. Розроблена і описана блок-схема алгоритму технологічного циклу прийому і вивантаження залізничних складів з сировиною.

Ключові слова: транспортно-вантажний комплекс, аглофабрика, імітаційна модель, алгоритм

Parunakjan V., Sizova E. Modelling of dynamic process of raw materials acceptance within transport-and-handling site of sintering plant

The existing modes of transport-and-handling complexes operation within metallurgical enterprises which accept massive raw materials were identified. The main causes of decline in the efficiency of interaction between transport and handling module within these complexes were determined. The flowchart of technological cycle of reception and unloading trains with raw materials was developed and described.

Keywords: transport-and-handling site, sintering plant, simulation model, algorithm

Парунакян В.Е. – професор, д.т.н., завідувач кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Мариуполь, Україна, e-mail: parunakjan@mail.ru

Сізова К.І. – старший викладач кафедри промислового транспорту, ДВНЗ «ПДТУ», м. Мариуполь, Україна, e-mail: katigsi@mail.ru