

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ (ТЕХНОЛОГИИ) СИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ МАТЕРИАЛОДВИЖЕНИЯ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Парунакян В.Э.¹

¹ Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, Украина

Аннотация

Традиционные формы и способы взаимодействия производства и железнодорожного транспорта в процессе материалодвижения металлургических предприятий, при изменившейся производственной среде, показывают свою неэффективность, а управление производственно-транспортной системой (ПТС), акцентированное на перевозке, при котором транспорт лишь подстраивается под нужды производства, уже не отвечает современным требованиям и приводит к значительным простоям, издержками и потерям, что в условиях рыночной конкуренции недопустимо. На данном этапе важнейшим вопросом становится создание действенного механизма управления, обеспечивающего на всех этапах процесса материалодвижения высокую эффективность взаимодействия производства и транспорта, перенос акцента на активизацию ресурсов производства и ликвидацию производственных потерь. Для решения проблемы необходим переход от управления железнодорожными перевозками к логистическому управлению процессом материалодвижения предприятий, объединяющей основой которого должно стать процессное представление оборотного капитала. В процессе исследований определены технологические схемы и идентифицированы показатели взаимодействия производства и транспорта, разработан метод оптимизации продолжительности процесса грузопереработки и затрат ресурсов, предложена модель синхронизации работы грузового и транспортного модулей. Установлено, что интегрирующую роль по формированию непрерывного процесса материалодвижения, связывающему в каждом потоке всех его участников, а потоки – между собой, выполняют логистические циклы: системные и функциональные (технологические). При этом ключевыми показателями логистических циклов являются: продолжительность (производительность) структуры и расход ресурсов производства и транспорта. Предложена модель решения оптимизационной задачи выполнения системного цикла. Показано, что сквозное логистическое управление процессом материалодвижения в системном цикле переработки вагонов внешнего парка должно основываться на технологии ЛТ – точно в срок, весьма эффективно используемой за рубежом и обеспечивающей доставку сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в нужное место, в нужном количестве и точно к назначенному сроку. Для грузопереработки массовых грузов разработаны два типа логистических комплексов: транспортно-грузовой (ТГК) для переработки вагонов внешнего парка (ВП) и транспортно-технологический (ТТК) для работы с вагонами заводского парка (ЗП). Разработанная методология была применена при исследовании вопросов повышения эффективности работы ТГК по выгрузке массового железосодержащего сырья (до 800 вагонов в сутки) для аглофабрики крупного металлургического комбината. При этом продолжительность приема и выгрузки вагонов ВП сокращена с 20-22 до 10-12 часов, а внедрение технических решений производится преимущественно за счет ресурсов аглофабрики. Разработка и внедрение логистической технологии ЛТ по управлению системными циклами, формирующими процесс материалодвижения, позволяет значительно повысить эффективность организации процессов грузопереработки и работу транспортной инфраструктуры предприятия, снизить объемы транспортной работы и значительно сократить транспортные издержки и потери производства.

Ключевые слова: процесс материалодвижения, железнодорожный транспорт, взаимодействие производства и транспорта, грузопереработка, транспортная инфраструктура, системные и функциональные циклы, логистическая концепция (технология) ЛТ – «точно в срок», транспортно-грузовые комплексы.

1. Введение*

Крупные металлургические предприятия отличаются сложными технологиями и структурой производства, большими объемами и номенклатурой выпуска готовой и промежуточной продукции, достигающими 5-6 млн т в год, а при их высокой материалоемкости (до 10-14 млн т) – значительной потребностью в материальных ресурсах.

Характерной особенностью этих предприятий является то, что материальный поток по всей своей

траектории от поступления сырья до отгрузки продукции обязательно проходит через транспортные звенья, которые обеспечивают перевозку и участвуют в грузопереработке. По аналогии с цепью поставок в макрологистике, назовем эту цепь процессом материалодвижения предприятий [1, 2].

Ведущая роль в этом процессе и, следовательно, в транспортном обслуживании предприятий, принадлежит железнодорожному транспорту. Он взаимодействует с магистральными железными дорогами на приеме сырья и отгрузке продукции, а также обеспечивает технологические перевозки в производственном процессе.

Таким образом, в процессе материалодвижения

© Парунакян В.Э., 2018.

имеет место многоточечное, разнохарактерное функциональное взаимодействие производства и железнодорожного транспорта, что требует эффективного и надежного системного управления на всех этапах.

На этой основе формируется и функционирует производственно-транспортная система (ПТС) предприятия.

Функциональная схема процесса материалодвижения металлургического комбината в общем виде представлена на схеме (рис. 1). Она характеризует основные функции, выполняемые ПТС по всей траектории процесса материалодвижения, а также ее структуру, включающую две подсистемы: ведущую (актив) и обслуживающую.

Ведущая подсистема ПТС непосредственно обеспечивает ход производственного процесса, а ее важнейшими функциями являются выгрузка массового сырья, прибывающего в вагонах внешнего парка (ВП), поэтапное, в заданных объемах, последовательности и технологическом регламенте продвижение и грузопереработка вагонов заводского парка (ЗП) с промежуточной продукцией и, в завершение процесса, погрузка в вагоны ВП для отправки потребителю готовой и побочной продукции, а также полуфабрикатов.

Обращает на себя внимание значительное расширение в последние годы объемов и номенклатуры отгрузки потребителям промпродуктов (агломерата, литых заготовок и передельного чугуна в чушках).

Главной задачей ведущей подсистемы является обеспечение функционирования производственного процесса предприятия в рамках установленных объемных, технологических, организационных и экономических показателей.

Обслуживающая подсистема ПТС осуществляет прием, переработку и подготовку вагонов ВП для повторного использования, а также возвращение излишков порожняка на внешнюю сеть. Она выполняет весь комплекс операций по транспортному обслуживанию вагоноопрокидывателей, очистку и подбор вагонов в соответствии с техническими и коммерческими требованиями и их подачу производственным цехам в установленный срок под погрузку заявленного объема металлопродукции. Излишки порожних вагонов эта подсистема формирует в поезда по операторам-перевозчикам и возвращает на внешнюю сеть. Транспортные функции завершаются отправкой груженых вагонов с металлопродукцией потребителям.

Для обеспечения производственного процесса крупного предприятия, ПТС должна принять, переработать и отправить до 1500 и более вагонов ВП в сутки.

На основе ранее выполненных исследований [1, 2] установлено, что рыночные отношения радикально изменили производственную среду на металлургических предприятиях и, как следствие, условия и характер взаимодействия производства и транспорта. Значительные колебания объема выпуска металлопродукции ряда цехов (от 30-50 до 200-250 тыс. т в месяц), существенные изменения и расширение сортамента прокатной продукции, а также ее поставка в страны дальнего зарубежья приводят к аритмии

производственного процесса.

С другой стороны, существенно увеличилась неравномерность подвода сырья и особенно динамика входящего поездопотока с массовым сырьем, когда интервалы прибытия маршрутов, вместо плановых 3-3.5 часов, в 65-70% случаев составляют 0.5-1.5 часа. Возросло число и усложнились требования операторов-перевозчиков по условиям использования вагонов ВП.

Совместное влияние этих факторов привело к рассогласованию ритмов работы производственных цехов и транспорта в пунктах их взаимодействия. В связи с указанным, грузовые комплексы цехов, а также железнодорожные станции, обслуживающие этот процесс по всей цепи материалодвижения, стали объектами волнообразного изменения (аритмии) объемов транспортной работы. Это приводит к значительному росту продолжительности межоперационных ожиданий и простоя вагонов.

Таким образом, стало очевидным, что в создавшихся условиях традиционные формы и способы взаимодействия производства и транспорта в процессе материалодвижения показывают свою неэффективность, а управление ПТС, акцентированное на перевозке, при котором транспорт лишь подстраивается под нужды производства, уже не отвечает современным требованиям и приводит к значительным транспортным издержкам и производственным потерям. Такое положение в условиях рыночной конкуренции недопустимо. В то же время, традиционно не учитывается общность производственных интересов и тот факт, что участники процесса материалодвижения работают на единый экономический результат [1, 2].

Необходимо отметить, что в отличие от макрологистики и управления цепями поставок, вопросы внутрипроизводственной транспортной логистики в рамках поставленных задач не получили до настоящего времени должного развития. В то же время, все настоятельнее требуется разработка аналитических методов и моделей внутрипроизводственной транспортной логистики, которые позволят выполнять конкретные многовариантные расчеты, связанные с анализом и синтезом логистических систем управления именно процессом материалодвижения предприятий. Одним из таких важных вопросов является разработка методов и моделей, объединяющих несколько логистических функций и требующих оптимизации издержек в логистических цепях, например, в процессе взаимодействия производства и транспорта в цепи материалодвижения.

Следовательно, в создавшихся условиях важнейшей проблемой становится создание действенного механизма управления, обеспечивающего на всех этапах процесса материалодвижения металлургических предприятий высокую эффективность взаимодействия производства и транспорта, а также перенос акцента на активизацию ресурсов производства. Только такой подход позволит существенно сократить имеющиеся место производственные потери.

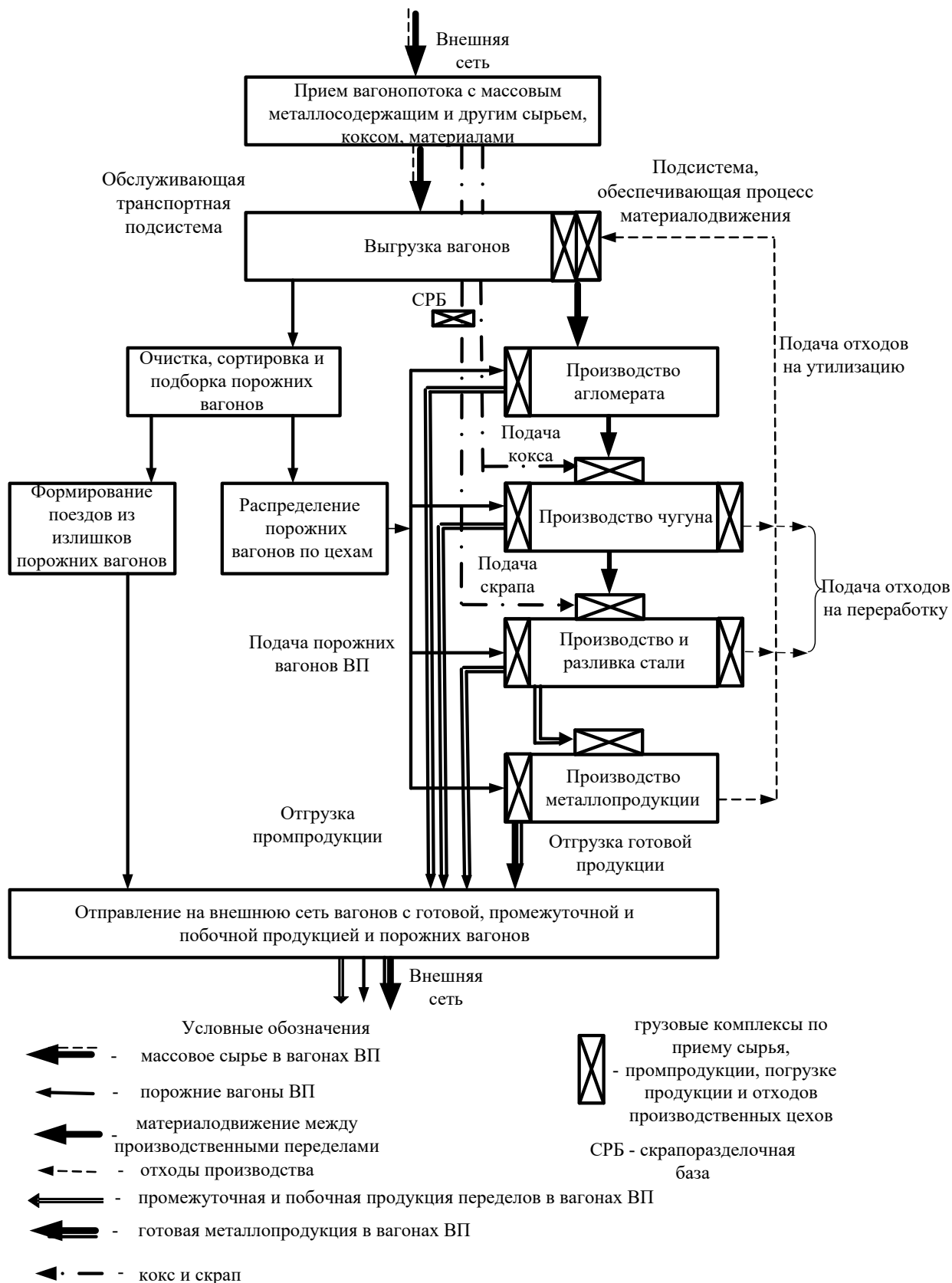


Рис. 1. Функциональная схема процесса материалодвижения, формирующая производственно-транспортную систему металлургического комбината

Решение поставленной проблемы связано с необходимостью перехода от управления железнодорожными перевозками на логистическое управление процессом материалодвижения предприятий. При этом базовыми вопросами становятся интеграция функций производства и транспорта в единый цикл на основе технического, технологического и информационного сопряжения их работы, а также развития перерабатывающих мощностей транспортной инфраструктуры, обеспечивающих оптимизацию процесса материалодвижения и сокращение общей продолжительности переработки вагонопотока и производственных потерь. Эти решения в комплексе создают основу для их интеграции в единую логистическую систему управления процессом материалодвижения предприятий как синтез-поток, включающим материальный и информационный потоки (поскольку финансовый поток здесь отсутствует), а объединяющей основой становится процессное представление оборотного капитала [1, 2].

Таким образом, целью работы является формирование логистической концепции (технологии) управления процессом материалодвижения металлургических предприятий. В первую очередь, это касается вопросов управления переработкой вагонов внешнего парка (ВП).

2. Теория, методы исследований, модели и технологические разработки

Проведенный анализ показал, что логистическое управление процессом материалодвижения металлургических предприятий, как объект исследования, следует отнести к системотехническим комплексам, а проблему ее решения – к слабо структурированным. Поэтому в качестве общей методической основы исследования выбраны принципы системного анализа.

Исследованиями [3] установлено, что на макроуровне логистический подход к процессу материалодвижения сложно-технологических производств (в частности, металлургических предприятий) требует описания его как иерархически сложной системы, в которой каждый технологический этап производства представляет собой подсистему, которая, в свою очередь, состоит из объектов более низкого уровня.

Вместе с этим, процесс материалодвижения рассматриваемых предприятий характеризуется сложной структурой, включающей несколько этапов, имеющих собственную структуру, отличающуюся как видом выпускаемой продукции, технологическими процессами, применяемым оборудованием и др., так и характером взаимодействия.

В связи с указанным, для описания процесса материалодвижения как системы, принята единообразная форма объектного представления моделей каждого этапа этого процесса по схеме «склад – агрегат – склад». При этом в каждом технологическом этапе выделяются:

- агрегаты, осуществляющие целенаправленное изменение состояния продукции, ее формы и др.;
- склады, в которых происходит изменение про-

странственного положения продукции и контроль ее состояния, определяющий дальнейшую траекторию движения.

Не затрагивая производственного процесса, такая модель позволяет, для имеющей место постоянной повторяемости функциональных циклов, определить принципы взаимодействия производства и транспорта между переделами, обозначить соответствующие им структуру операций, а также идентифицировать характеристики этих операций.

Принципиальная структурно-объектная модель процесса материалодвижения металлургических предприятий на макроуровне формируется на основе интегрирования иерархической структуры и объектного представления этапов производства (рис. 2). Принятые в основу модели технические данные, определяющие технологическую траекторию материалодвижения металлургического комбината с объемом производства до 4.5 млн т продукции в год, приведены в табл. 1 [1].

Для структуризации и исследования процесса материалодвижения на микроуровне, в работе произведена декомпозиция общей задачи на взаимосвязанные подзадачи, отражающие реальный процесс транспортного обслуживания предприятия. Декомпозиция позволила провести функциональный анализ, установить и дифференцировать узлы взаимодействия производства и транспорта, а также идентифицировать их технико-эксплуатационную характеристику по переделам предприятия и ПТС в целом, как основы для их углубленного исследования с целью последующего перехода на логистическое управление.

Проведенный анализ позволил установить, что процесс материалодвижения металлургических предприятий представляет собой логистическую цепь и характеризуется целым рядом специфических особенностей, которые были отмечены еще в работах проф. Смехова А.А. [4, 5].

Итоги анализа позволяют сделать следующие выводы.

1. Процесс материалодвижения представляет собой по всей траектории многоэтапную, параллельную (поточную) технологию продвижения предметов труда, включающую этапы функционального взаимодействия производства и транспорта, то есть фазовую трансформацию или грузопереработку.

2. Грузопереработка предметов труда производится по схемам «вагонопоток – грузопоток – вагонопоток» и характеризуется различными объемами и видами груза, эксплуатационными условиями, применением различных технических средств и подвижного состава. Однако до настоящего времени продолжительность грузопереработки по различным схемам не идентифицирована, а сами схемы не формализованы, что препятствует их интерпретации и моделированию.

3. На отдельных этапах транспортного обслуживания предприятий, в соответствии с видом и адресованием грузов и типом используемых вагонов ВП и ЗП парков, производится селективное разделение вагонопотоков на группы вагонов, а после их переработки в производственных цехах – селективное объединение в новые группы. Эта транспортная

работа выполняется в значительных объемах, однако, ее неравномерность учитывается не всегда и недостаточно, что существенно снижает перерабатывающую способность транспортной инфраструктуры (путевых емкостей, горловин, сортировочных устройств станций).

4. По всей траектории материалодвижения от приема сырья до отгрузки продукции постоянно приходится иметь дело с повторяющимися во времени и последовательно выполняемыми комплексами

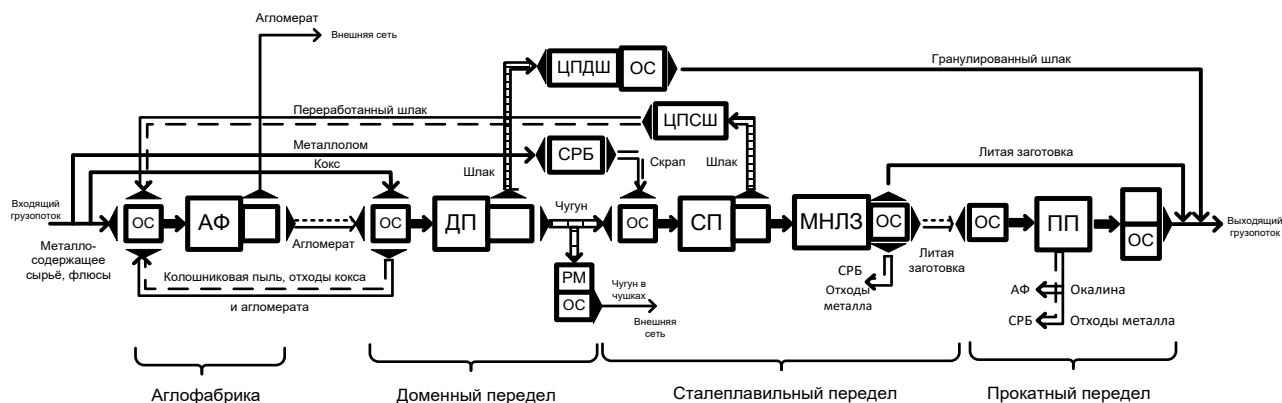
операций с вагонами в определенном количестве и различного назначения. Эти комплексы операций образуют логистический цикл.

5. Наблюдается недостаточная синхронность материального и информационного потоков, в частности, существующие на промышленных предприятиях постсоветского пространства системы экспедирования при отгрузке продукции характеризуются низкой надежностью и эффективностью.

Таблица 1

Идентификация потоков, формирующих процесс материалодвижения металлургических предприятий

№ п/п	Признаки	Функциональная характеристика потоков				
		прибытие массового сырья с внешней сети	технологические перевозки грузов в процессе производства			отправка готовой продукции на внешнюю сеть
			продукты плавки	компоненты шихты	вторичное сырьё	
1	Вид груза	Металлосодержащее сырьё, флюсы, кокс, металлолом и др.	Расплавленные чугун, сталь в изложницах, доменный и сталеплавильный шлаки	Агломерат, скрап, известь и др.	Переработанный шлак, колошниковая пыль, отсев кокса, отходы металла и др.	Прокатная продукция, литая заготовка, чушковый чугун, гранулированный шлак
2	Тип и принадлежность подвижного состава	Полувагоны, платформы, крытые вагоны. Подвижной состав внешнего парка и операторов-перевозчиков	Технологический подвижной состав (чугуновозы, шлаковозы и др.). Подвижной состав заводского парка	Специализированные вагоны (агловозы, полувагоны, платформы и др.). Подвижной состав заводского парка		Полувагоны, платформы, крытые вагоны. Подвижной состав внешнего парка и операторов-перевозчиков
3	Производственный регламент организации перевозок	Переработка и выгрузка вагонов производится по мере прибытия с внешней сети	Организация перевозочного процесса определяется графиком выпуска продуктов плавки производственных агрегатов в пунктах погрузки. Дополнительное требование – снижение потерь температуры при перевозке металла	Организация перевозочного процесса определяется графиком работы производственных агрегатов в пунктах погрузки и выгрузки		При прямой отгрузке – организация подачи и погрузки вагонов производится по графику выхода прокатной продукции. При складской отгрузке - по плану отгрузки цеха
4	Структура транспортной технологии	Коммерческий и технический приём и расформирование маршрутов, выгрузка, очистка и распределение вагонов для использования под погрузку	Полный цикл операций транспортной технологии: погрузка груза; перевозка к пунктам приёма; выгрузка груза; подача порожнего подвижного состава на пункты погрузки. Расстановка вагонов по фронтам погрузки-разгрузки и их уборка			Подача порожних вагонов цеху, постановка вагонов в цех, погрузка металлопродукции, оформление перевозочных документов, отправка гружёных вагонов для сдачи на внешнюю сеть
5	Связь материального потока с информационным потоком	Информационный поток непосредственно сопровождает материальный поток, связан с ним и реализуется на бумажных носителях	Информационный поток движется по производственным каналам связи (передачи информации) и непосредственно с материальным потоком не связан			Информационный поток непосредственно сопровождает материальный поток, связан с ним и реализуется на бумажных носителях
6	Управление и организация перевозок	Диспетчерское управление	Нормативные контактные графики	Контактные графики		Диспетчерское управление



Условные обозначения:

→ перевозки, выполняемые в вагонах внешнего парка;

---→ перевозки, выполняемые в специализированном подвижном составе;

▬→ перевозки, выполняемые в технологическом подвижном составе;

→ внутрицеховые перемещения;

→ ОС выгрузка транспортных средств с оперативным складом

ОС → погрузка транспортных средств с оперативным складом

□ → прямая погрузка-выгрузка транспортных средств

АФ – агломерационная фабрика; ДП – доменное производство; СП – сталеплавильное производство; ПП – прокатное производство; ОС – оперативные склады; МНЛЗ – отделение разлива стали; СРБ – скрапоразделочная база; ЦПДШ – цех переработки доменных шлаков; ЦПСШ – цех переработки сталеплавильных шлаков; РМ – разливочные машины

Рис. 2. Объектно-структурная модель процесса материалодвижения производственно-транспортного комплекса металлургического комбината

В то же время, достаточно очевидно, что процесс материалодвижения как сложноорганизованная техническая система, должен быть способен удерживать свои основные параметры в допустимых пределах при изменении условий, в которых он осуществляется. Однако в настоящее время, при управлении рассматриваемым процессом, данное требование не обеспечивается.

Результаты системного анализа проблемы дают основание считать, что металлургический процесс представляет собой крупносерийное промышленное производство, а в решении проблем материалодвижения огромную роль играет организация производства (Industrial Engineering). В рассматриваемых условиях организация ПТС предприятия отражает уровень внутренней упорядоченности и согласованности взаимодействия её звеньев в процессе материалодвижения. При этом считается, что определяющая роль в повышении эффективности производства принадлежит менеджменту, – то есть «организация производства делает деньги» [14].

Результаты системного анализа позволили также установить, что формирование логистической концепции (технологии) системного управления процессом материалодвижения металлургических предприятий должно основываться на принципах производственного менеджмента и связано с необходимостью решения следующих задач:

1. разработки метода эффективного логистическо-

го взаимодействия производства и транспорта на всех этапах процесса грузопереработки;

2. формирования структуры и идентификации параметров функциональных циклов логистической системы, разработки метода и модели их оптимизации;

3. формирования логистической концепции (технологии) процесса материалодвижения;

4. определения оптимального порядка согласованного функционирования логистической системы, ее подсистем, звеньев и модулей, а также управления процессом материалодвижения.

Основываясь на указанных далее в работе положениях, рассматриваются проблемы формирования концепции (технологии) логистического управления процессом материалодвижения металлургических предприятий – определяются функции, структура и идентифицируются технологические показатели (в первую очередь, временные) на этапах грузопереработки, транспортного обслуживания, а на завершающем этапе – результирующие показатели системных циклов.

Одной из важнейших функциональной особенностью процесса материалодвижения рассматриваемых предприятий, учитывая их сложно-технологический характер, является многократное взаимодействие производства и транспорта непосредственно в пределах на этапах фазового преобразования материального потока по схеме «вагонопоток – грузопоток»

(производственный поток) – вагонопоток» или грузопереработка [1]. Такая трансформация определяется родом груза, количеством вагонов в цикле, технологическими требованиями и регламентом производства, а также эксплуатационными условия-

ми. В связи с указанным, в узлах грузопереработки возникает необходимость применения различных структурных схем переработки груза. Основные структурные схемы грузопереработки материального потока приведены на рис. 3.

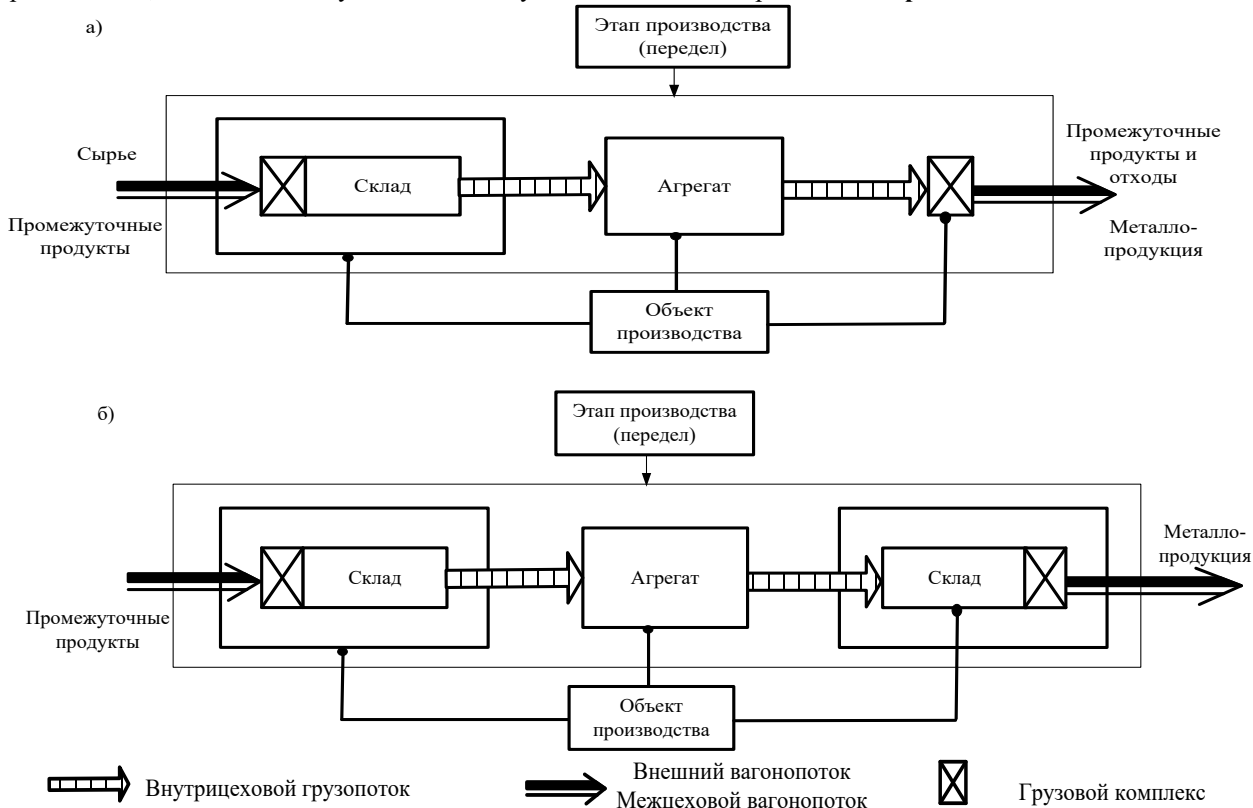


Рис. 3. Структурные схемы грузопереработки (фазового преобразования) процесса материалодвижения в металлургических переделах: а – выгрузка через склад и прямая погрузка вагонов; б – выгрузка и погрузка вагонов через склад

Они предусматривают:

а) прием отдельных струй вагонопотока с компонентами сырья и промпродуктов на склад, а после их переработки в металлургическом агрегате, выдачу и погрузку продукции непосредственно в вагоны;

б) прием промпродуктов на склад, а после их переработки в металлургическом агрегате, выдачу и погрузку продукции в вагоны также через склад.

Для переделов металлургических предприятий основной, в процессе материалодвижения, является первая схема, определяемая общими технологическими признаками агломерационного, доменного и сталеплавильного производств. Они предусматривают: на входе (сырьевая сторона) – прием на оперативный склад значительного объема компонентов сырья и подготовку заданного состава шихты; после ее переработки в металлургических агрегатах, на выходе (продуктивная сторона), – погрузку продукции (высокотемпературного агломерата, расплавленного чугуна, стали и шлаков) непосредственно в транспортные средства.

Роль оперативных складов на входе выполняют: на аглофабриках – усреднительные склады; в доменном производстве – бункерная эстакада и рудный двор; в сталеплавильных цехах – стационарный

миксер и отделение подготовки скрапа. На выходе этих переделов технологический и организационный регламент погрузки продукции в транспортные средства определяется производственными требованиями и осуществляется через специальные грузовые комплексы. Промежуточные накопительные емкости на погрузке продукции отсутствуют.

В прокатных цехах применяются обе технологические схемы, определяемые видом металлопродукции. При этом здесь возрастает доля прямой погрузки. На переработке и утилизации отходов производства используются и другие упрощенные технологические схемы.

Проведенные исследования [1, 2] показывают, что узлы грузопереработки производственных переделов характеризуются: родом груза, типом и количеством перерабатываемых вагонов, технологией и организацией работ, числом и вместимостью грузовых фронтов, регламентом грузовых работ, а также видом и перерабатывающей способностью выгрузочно-погрузочного оборудования.

Вместе с этим, при радикальном изменении производственной среды, увеличении аритмии производства и динамики подвода массового сырья, определяющими факторами для узлов грузопереработки стали

признаки производственного (грузового) и транспортного потоков, взаимодействующих в процессе материалодвижения и характеризующих их свойства непрерывности и регулярности. Анализ схем грузопереработки на базовом металлургическом комбинате (рис. 3) позволил идентифицировать эти признаки и установить следующее. На внешних узлах грузопереработки, где используются вагоны ВП, взаимодействуют: при выгрузке сырья – вероятностный транспортный и детерминированный грузовой потоки; на погрузке металлопродукции – вероятностный грузовой и детерминированный транспортный потоки. В обоих случаях потоки являются дискретными. В узлах грузопереработки металлургических переделов, где используется специализированный подвижной состав ЗП, на входе и выходе взаимодействуют непрерывный производственный и дискретный транспортный потоки, которые характеризуются свойством детерминированности.

Стало также очевидным, что эффективное взаимодействие производства и транспорта будет обеспечено только в том случае, когда в основу технологии грузопереработки будут положены указанные признаки сопряжения потоков.

У действующих металлургических агрегатов это требование выполнено только на входе. Применяемая здесь технология грузопереработки эффективна и постоянно совершенствуется в процессе развития и перевооружения основного производства. Например, с увеличением полезного объема доменных печей. На выходе металлургических агрегатов (в первую очередь агломерационных и доменных) грузопереработка, основанная на непрерывной прямой погрузке промпродукции в транспортные средства, остается проблемной и требует применения принципиально новой эффективной технологии, новых технологических решений на самих металлургических агрегатах. Например, у доменных печей большого объема применение придоменной грануляции шлаков позволило полностью исключить их перевозку на шлакопереработку.

На внешних узлах грузопереработки, в усложнившихся эксплуатационных условиях, транспортный поток на выгрузке сырья и грузовой поток на подготовке и погрузке металлопродукции трансформировались в вероятностные потоки. В связи с указанным, применяемые здесь технологии уже не обеспечивают заданных объемов грузопереработки, что вносит серьезные осложнения в процесс материалодвижения и приводит к значительному росту затрат, в частности, платы за пользование вагонами ВП. Однако, как показывают исследования [22], эти проблемы могут быть решены за счет совершенствования организации процесса грузопереработки путем регулирования ее технологических параметров и ввода ресурсов производства.

Таким образом, вышесказанное дает основание считать, что весьма актуальной, важной и самостоятельной задачей для процесса материалодвижения в целом является решение вопросов повышения эффективности работы узлов грузопереработки на его входе и выходе, что обеспечит значительное снижение прямых производственных потерь предприятий.

Взаимодействие производства и транспорта, как поточный процесс, в условиях действия фактора неравномерности происходит вдоль цепи материалодвижения. Поэтому для его исследований принимается методология производственного менеджмента, которая развивается применительно к рассматриваемому вопросу [3, 6, 7].

Параллельный (поточный) способ производства характерен одновременным выполнением всех операций, то есть, когда число предметов труда в работе равно числу операций. В этом случае длительность производственного цикла перемещения предмета труда определяется по формуле

$$T_u = \sum_{i=1}^m t_i + t_{\max(n-1)}, \quad (1)$$

где t_i – продолжительность выполнения i -ой операции, $i=1,2,\dots, m$; m – число операций в производственном цикле; n – число единиц предметов труда в перечне; t_{\max} – продолжительность наиболее длительной операции.

Непрерывность процесса при параллельном движении предметов труда, то есть обеспечение равенства продолжительности определенного количества операции грузопереработки, должна достигаться путем применения предложенного метода выравнивания, в результате применения которого достигается снижение неравномерности производственного и транспортного процессов.

Данный метод основывается на формировании нормативного технологического цикла грузопереработки маршрутного поезда или заданной группы вагонов (T_{mc}^r), продолжительность которого определяется объемом и требованиями производства или перерабатывающей способностью грузового комплекса. Продолжительность нормативного технологического цикла определяется как сумма продолжительности тактов работы грузового и транспортного модулей (его базовых структурных составляющих), и принимается за критерий управления процессом.

Например, продолжительность нормативного технологического цикла грузопереработки, при выгрузке маршрутного поезда с железосодержащим сырьем на грузовой станции, записывается в виде

$$T_{mc}^r = \sum t_m^r + \sum t_m^r. \quad (2)$$

где $\sum t_m^r$ – продолжительность такта работы транспортного модуля, включающий затраты времени на прием маршрутного поезда на пути технологической линии грузовой станции, коммерческий и технический осмотр поезда, на ожидание выгрузки, на расформирование поезда и подачу груженых вагонов группами на пути надвига вагоноопрокидывателей; $\sum t_m^r$ – продолжительность такта работы грузового модуля (с учетом количества вагонов в группе).

Продолжительность фактического технологического цикла грузопереработки T_{mc}^f определяется путем синхронизации тактов работы модулей конкретно по каждому производственному цеху для операций выгрузки сырья и погрузки продукции, в соответствии с технологическим и организационным регламентами, условиями работы, применяемым

типом грузоподъемного оборудования и числом вагонов.

По результатам анализа фактического цикла ($T_{\text{ц}}^{\text{ф}}$) устанавливается операция с наибольшими продолжительностью (t_i) и неравномерностью, существенно влияющая на простой вагонов. Эта операция принимается за управляемую переменную. Выявляется производственный фактор (Π_i), являющийся причиной неравномерности. Такими факторами могут быть, например, неравномерность прибытия с внешней сети маршрутных поездов с железосодержащим сырьем, сверхнормативные затраты времени на экспедирование и подготовку сопроводительной документации при отгрузке продукции в вагоны ВП и др. Зависимости $t_i = f(\Pi_i)$ определяются с использованием имитационных моделей [8, 9]. Полученные значения продолжительности операций – управляющих переменных используются для расчёта продолжительности циклов ($T_{\text{ц}}^{\text{ф}}$) для различных эксплуатационных условий взаимодействия производства и транспорта, оценки величины простоя заданной группы вагонов.

Логистическое управление грузопереработкой, обеспечивающее синхронизацию работы модулей, производится путем соответствующего воздействия на фактор (Π_i) по условию

$$T_{\text{ц}}^{\text{ф}} \leq T_{\text{ц}}^{\text{г}}. \quad (3)$$

Применяя описанный метод, представляется возможным устанавливать величину и причины межоперационных ожиданий и простоев вагонов, определять пути повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта. Это производится на основе рассмотрения и оценки вариантов воздействия на производственные факторы Π_i , а также выбора адаптационных решений, обеспечивающих минимизацию общих затрат и дополнительное использование ресурсов производства.

Одним из основных понятий, которые необходимы для интегрированного анализа комплекса операций процесса материалодвижения, является логистический цикл (или функциональный цикл), представляющий собой комплекс определенным образом взаимосвязанных и организованных во времени, систематически повторяющихся производственных и транспортных операций, обеспечивающих производственные цехи в установленные сроки заданным количеством вагонов определённого типа. Данный цикл определяет интервал времени между началом выполнения очередной и последующей технологически законченной группами операций [10, 11]. Логистический цикл складывается из продолжительности грузопереработки сырья, промежуточной или готовой продукции, как его функциональной основы, а также продолжительности выполнения необходимых операций транспортного обслуживания. Следовательно, функциональный цикл обслуживания производственного объекта выполняет важнейшую интегрирующую роль по формированию непрерывного процесса материалодвижения, связывая в каждом потоке всех его участников, а потоки между собой.

Для процесса материалодвижения металлургических предприятий характерны системные (полный и

локальный) и технологические (функциональные) циклы.

Полными системными циклами ($T_{\text{цс}}$), характеризующими функционирование ПТС предприятия в целом, являются основные потоки (струи) переработки вагонов ВП с массовым сырьем (рудный концентрат, руда, флюсы и др.). Они определяют общую продолжительность их выгрузки, переработки, погрузки продукции и передачи на внешнюю сеть груженых вагонов и неиспользуемого порожняка. Итоговым показателем этих циклов является плата за пользование вагонами или время пребывания ВП в ПТС. К системным циклам также относятся локальные транспортные потоки при обслуживании металлургического передела с использованием подвижного состава ЗП. Итоговым показателем данных циклов является продолжительность цикла транспортного обслуживания производственного объекта.

В рамках системных циклов выполняются технологические (функциональные) циклы грузопереработки ($T_{\text{ц}}^{\text{г}}$), которые были рассмотрены выше, а также транспортного обслуживания производственных, грузовых и складских объектов по селективному разделению и объединению групп вагонов при их переработке. Продолжительность транспортного цикла $T_{\text{ц}}^{\text{г}}$ определяется технологическими процессами переработки вагонопотоков на станциях, а также временем передачи групп вагонов между ними.

Транспортный цикл включает обычно несколько транспортных модулей ($t_{\text{ми}}^{\text{м}}$), которые представляют собой законченную группу специализированных технологических операций, формирующих цикл. Продолжительность их выполнения и является определяющим фактором процесса переработки вагонопотока. Следовательно, продолжительность выполнения транспортного цикла можно записать как

$$T_{\text{ц}}^{\text{г}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{ми}}^{\text{г}}. \quad (4)$$

Продолжительность выполнения отдельных операций, а, следовательно, и модулей в целом, представляют собой случайные величины и подчиняются определенным законам распределения.

В общем виде структура продолжительности системного полного цикла приема, переработки и отгрузки продукции в вагонах внешнего парка представлена на **рис. 4**. Таким образом, продолжительность полного системного цикла составляет

$$T_{\text{цс}} = \sum T_{\text{ц}}^{\text{г}} + \sum T_{\text{ц}}^{\text{л}}. \quad (5)$$

Локальные системные циклы ($T_{\text{цс}}$) характеризуют по каждому производству (агломерационному, доменному, сталеплавильному и прокатному) комплекс операций, определяющий продолжительность циклов постройной грузопереработки технологических грузов, а также транспортного обслуживания этих производств. Грузопотоки технологических грузов на входе в металлургический передел – это компоненты сырья и топлива, на выходе – готовая и промежуточная металлопродукция и отходы. Специфической особенностью локальных системных циклов является необходимость обеспечения техноло-

гического регламента при транспортном обслуживании металлургических производств. Общий методический подход к расчету рассматриваемых системных циклов аналогичен приведенному выше. Однако он

учитывает ряд дополнительных технологических показателей и требует отдельного рассмотрения.

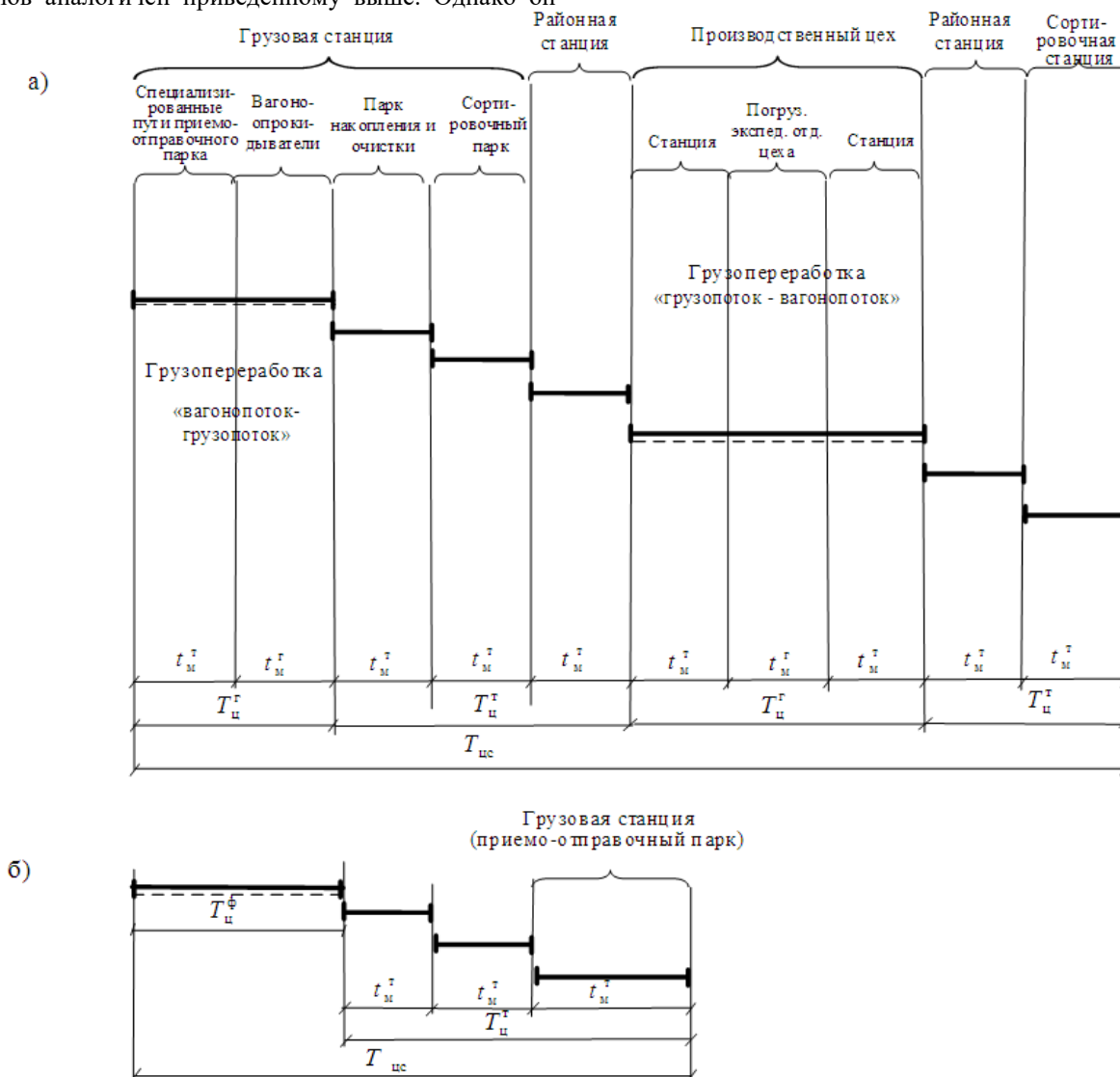


Рис. 4. Структура полного системного цикла приема и переработки вагонов внешнего парка (T_{uc}): а) при повторном использовании порожних вагонов для отгрузки продукции; б) при формировании поездов из излишков порожняка по операторам-перевозчикам и сдачи их на внешнюю сеть

В условиях постоянного рассогласования ритмов работы производственных цехов и транспорта по всей цепи процесса материалодвижения объекты транспортной инфраструктуры испытывают волнообразное изменение (аритмию) объемов транспортной работы, что приводит к увеличению продолжительности межоперационных ожиданий и дополнительным простоям вагонов внешнего парка. Наиболее негативно создавшееся положение отражается на работе железнодорожных станций предприятия: грузовой, сортировочной, районных и технологических.

В связи с вышеизложенным, в полном системном цикле должна обеспечиваться постоянная технологическая и организационная взаимосвязь циклов грузо-переработки и транспортных циклов. Динамику этим

функциональным циклам придает необходимость согласования потребности в ресурсах на «входе» и «выходе». «Входом» в системный цикл является величина перерабатываемого вагонопотока, определяемая производственными требованиями. Логистический системный цикл, включающий комбинацию различных функциональных циклов, должен обеспечить выполнение этого объема транспортной работы. «Выход» системы – ожидаемая продолжительность выполнения логистических операций [11].

Степень, с которой функциональные циклы удовлетворяют операционным потребностям – то есть продолжительность их выполнения, отражает производительность структуры системного цикла. Эффективность же системного цикла в целом определяется

затратами ресурсов производства и транспортной инфраструктуры. Производительность и эффективность системных циклов – ключевые показатели в логистическом менеджменте процесса материалодвижения. Таким образом, системные циклы формируют цепь материалодвижения, связывают между собой ее участников показателями производительности и затрат ресурсов, определяют единый экономический результат ее функционирования, являются основными объектами проектирования и оперативного управления в логистической системе. Оптимизированная структура системных циклов является базой для построения интегрированной логистики [11].

Весьма важно отметить также, что работа на единый экономический результат в процессе материалодвижения требует синтеза материального и информационного потоков, а также постоянного контроля за их движением в рамках системного цикла. При этом синтез-поток, помимо материального, включает ещё две составляющие: информацию, представленную товаросопроводительной документацией; информацию, обеспечивающую управление процессом материалодвижения. Следовательно, при любой сложности ПТС предприятия в целом, необходимо по каждому потоку (струе) переработки заданного количества вагонов исследовать траекторию их продвижения в рамках системного логистического цикла, идентифицировать и оптимизировать параметры цикла грузопереработки, а также транспортных циклов, в совокупности образующих операционную систему.

На основе проведенных нами исследований представляется возможным сформировать целевую функцию оптимизационной задачи выполнения логистического цикла. Одной из основных проблем логистического управления является уменьшение неопределенности логистического цикла [10]. Для условий металлургических предприятий источниками неопределенности в процессе материалодвижения являются:

- случайные величины \bar{T}_u^ϕ , которые определяют продолжительность выполнения операций грузопереработки, то есть цикла фазовой трансформации в целом, с увязкой параметров входящего и выходящего грузопотоков с учетом степени их непрерывности и регулярности и, что особенно важно, определяют сопутствующие производственные и транспортные издержки;
- случайные величины \bar{T}_u^r , характеризующие пооперационную продолжительность выполнения отдельных транспортных модулей, которые описываются различными законами распределения и определяют величину транспортных издержек, обусловленных перерабатывающей способностью транспортной инфраструктуры, то есть определить потребности в ресурсах на «входе» и «выходе».

Следовательно, экономико-математическая оптимизационная модель выполнения системного логистического цикла для струи вагонопотока в процессе материалодвижения может быть представлена в общем виде следующим образом

$$\sum_{i=1}^n \{C_i^\phi + C_i^r\} (t) \phi(\bar{T}_{ui}^\phi, \sigma_i) + \sum_{j=1}^m C_j^r (t) \phi(\bar{T}_{uj}^r, \sigma_j) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где C_i^ϕ и C_i^r – издержки, соответственно, производства и транспорта при выполнении i -го цикла грузопереработки; ϕ – закон распределения случайной величины; \bar{T}_{ui}^ϕ – среднее значение продолжительности i -го цикла грузопереработки; σ_i – средне-квадратическое отклонение продолжительности i -го цикла грузопереработки; C_j^r – издержки транспорта при выполнении j -го транспортного модуля; t – продолжительность цикла грузопереработки или затраты времени на выполнение транспортного модуля, определяющая величину издержек на выполнение данного цикла или модуля; \bar{T}_{uj}^r – среднее значение продолжительности j -го транспортного модуля; σ_j – средне-квадратическое отклонение продолжительности j -го транспортного модуля.

Таким образом, разработанная на основе логистических принципов оптимальная структура системных и функциональных циклов, а также их продолжительность и соответствующие издержки производства и транспорта, могут быть приняты в качестве базовых показателей для формирования единой математической модели интеллектуальной системы управления процессом материалодвижения предприятий.

Выбор логистической концепции управления процессом материалодвижения промышленных предприятий

Одним из основополагающих вопросов проводимых нами исследований является обоснование, выбор и формирование логистической концепции (технологии) системного управления процессом материалодвижения предприятий. Его целесообразно начать с краткого анализа и определения особенностей развития логистики в странах с развитой рыночной экономикой [10, 11].

Начальный этап применения логистики (условно 1950-1970 годы) характеризуется обособленными локальными действиями по снижению составляющих затрат в сферах закупок, складирования, транспортирования и производства. Рынок не был насыщен, а спрос превышал предложение. В этот период основу концепции управления предприятиями составляли традиционные методы менеджмента, непосредственное реагирование на ежедневные колебания спроса на продукцию. Логистическая деятельность выборочно охватывала сферу снабжения, управления запасами и производственную деятельность.

В последующий период осознание роли потребителя, постепенное насыщение рынка товарами и усиление конкуренции привело к изменению принципов формирования запасов, сокращению их в производстве и увеличению в дистрибуции.

С постепенным увеличением спроса на продукцию (1970-1980 годы) основной концепцией управления предприятий стала стратегия маркетинга. Логистика поддерживала маркетинговую деятельность, обеспечивая доставку товаров в необходимом количе-

стве в нужное место и сроки, и обеспечивала их конкурентную стоимость. Важнейшую роль в этом процессе сыграл значительный прогресс в развитии информационных технологий и широкое внедрение компьютеров в бизнес. Это привело к повсеместному использованию экономико-математических методов и моделей в составе информационных систем и система автоматизированного управления технологическими процессами. Развитие концепции маркетинга, таким образом, создало основу для интеграции производства и распределения.

Текущий период (1990–2020 годы) характеризуется выходом логистики за пределы предприятия и управлением процессами продвижения материальных потоков в масштабе стран, регионов и мире в целом, то есть интеграцией функциональных областей логистики для достижения целей бизнеса. Кроме того, он характерен возникновением самостоятельных структур, главным предметом деятельности которых является оказание полноценного комплекса логистических услуг, то есть компаний – провайдеров. С другой стороны, все острее становится необходимостью сквозного управления основными и сопутствующими логистическими потоками в интегрируемой структуре бизнеса самих предприятий. То есть логистика превращается в инструмент управления бизнесом.

Таким образом, развитие логистики непосредственно связано с эволюцией бизнеса и определяется ее фундаментальными концепциями. Следует отметить, что в логистике понятие «концепция» имеет два значения: концепция как определяющий замысел; концепция как методология, технология – стандартная последовательность выполнения технологического процесса, реализующая этот замысел.

Такими фундаментальными концепциями в логистике являются: информационная, маркетинговая и интегральная. Кратко рассмотрим сущность данных концепций.

Возникновение информационной концепции непосредственно связано с интенсивным развитием информационно-компьютерных технологий, которые выполняли поддерживающую роль при управлении отдельными видами логистической деятельности. Широкое применение на практике информационные технологии получили за счет использования информационно-программных модулей и технологий: MRPI, MRPII, DRP и др.

MRPI основана на производственных графиках, увязывающих потребительский спрос и комплексную информацию о материальных ресурсах и запасах, в результате чего определяется объем возможных заказов, а также их содержание и сроки доставки. На основе этих данных решение о производственной программе принимает логистический менеджмент. При этом в системе MRPI логистические операции, непосредственно связанные с транспортно-экспедиционными операциями, не рассматриваются вообще.

Дальнейшим совершенствованием информационной концепции явилось создание системы планирования ресурсов MRPII, которая представляет собой информационно-управляющую систему для промышленных предприятий. Она базируется на ряде взаимо-

связанных функций: бизнес-планировании, планировании производства и потребностях в материалах (MRPI), определении производственных мощностей и формирования оптимальных потоков материалов (сырья) полуфабрикатов и готовых изделий. Выходы этих подсистем взаимоувязываются с имеющимся бюджетом и планируемыми инвестициями, на основе чего и принимается бизнес-решение. Несмотря на то, что используемые в настоящее время на практике корпоративные системы MRPII интегрируют основные функции внутри предприятия, они не содержат законченного контура или модуля «Логистика», системно охватывающего весь производственный процесс. Продолжают оставаться неохваченными такие функции производства как грузопереработка, экспедирование и транспортирование.

DRP и DRP II – это современные системы планирования поставок и запасов готовой продукции в дистрибутивных каналах, в том числе, у логистических посредников. Данные системы характеризуются использованием современных моделей и алгоритмов принятия решений.

Для построения логистической системы, обеспечивающей конкурентоспособность за счет оптимизации решений в распределении продукции, нашла применение и продолжает интенсивно развиваться маркетинговая логистическая концепция. Наиболее широкое распространение среди маркетинговых технологий получила система DDT или логистика, ориентированная на спрос, а также несколько вариантов реализации этой технологии. Среди них: технология быстрого реагирования – QR, суть которой состоит в оценке спроса в реальном масштабе времени и максимально полном и своевременном его удовлетворении с использованием современных информационных технологий; технология «непрерывного пополнения запасов» – CR, основанная на получении от розничных продавцов данных о продажах и определении потребностей в поставках им товарной продукции.

В последние годы усложнение рыночных отношений и, особенно, усиление конкуренции, сделало необходимым интенсификацию бизнес-процессов снабжения, производства и распределения. В этой связи корпорации начали формировать систему интегрированного логистического менеджмента на общей информационно-компьютерной платформе, объединившей функциональные области логистики (снабжение, поддержку производства и дистрибуцию) с технологически неотъемлемыми логистическими функциями – транспортировкой, грузопереработкой, экспедированием и отгрузкой, складированием, управлением запасами и др.

Современная интегрированная логистика предполагает сквозное управление потоками логистической системы, проходящими через все ее звенья. Однако это вполне согласуется с ее структурным делением на функциональные области (логистику снабжения, производства и распределения), деятельность которых подчиняется общей (корпоративной) цели всей системы в целом. Такое деление позволяет более точно определять и решать локальные задачи организации и контроля внутри звеньев и элементов логи-

стической системы, поскольку объектами практической логистики могут быть не только потоки, но и единичные транзакции. Последнее особенно важно и необходимо для развития пунктов грузопереработки продукции, а также транспортной инфраструктуры, определяющих процесс материалодвижения.

Обозначим основные концепции современной интегрированной логистики. К их числу следует отнести: TQM (Total Quality Management) – концепция всеобщего управления качеством; JIT (Just-in-time) – концепция (технология) построения логистической системы или организации логистического процесса в отдельной функциональной области, обеспечивающая доставку материальных ресурсов, промежуточной продукции, готовой продукции в заданном количестве, в нужное место и точно к назначенному сроку [10, 11]; LP (Lean Production) – стройное/плоское или бережливое производство, в основу которого положено исключение излишних операций (например, складирования и ожидания). Базируется на концепции JIT. VMI (Vendor-Managed Inventory) – усовершенствованная версия системы управления запасами поставщиков, основанная на использовании информационных технологий; SCM (Supply Chain Management) – «управление цепями поставок», служащее для связи и координации между поставщиками, потребителями – организациями (предприятиями) и их клиентурой; TBL (Time-based Logistics) – концепция, оптимизирующая фазы жизненного цикла продукции, начиная от научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок до послепродажного сервиса; ERP (Enterprise Resource Planning) – система планирования ресурсов предприятия, основанная на использовании информационных технологий; CSR (Customer Synchronized Resource Planning) – расширяет функции ERP, планируя ресурсы с учётом требований заказчиков.

Основные логистические концепции (технологии), охватывающие разные области и функции логистики металлургического предприятия, а также взаимоотношение предприятий с поставщиками и потребителями обобщены и представлены на **рис. 5** [10].

Таким образом, имеются все основания считать, что в соответствии с функциональными особенностями, характерными для транспортного обслуживания металлургических предприятий, логистическое управление процессом материалодвижения в системном цикле переработки вагонов ВП должно основываться на концепции (технологии) JIT, которая широко распространена в практике корпораций [11]. С логистических позиций JIT – простая бинарная логика управления запасами без какого-либо ограничения к требованию минимума запасов, согласно которой процесс материалодвижения тщательно синхронизирован с потребностью, задаваемой производственным графиком выпуска продукции (полуфабрикатов, готовой и побочной продукции). Такая синхронизация представляет собой координацию (интеграцию) двух функциональных сфер логистики: транспортной поддержки производства и снабжения. Основная идея концепции JIT – гарантия того, что все элементы логистической цепи точно сбалансированы

на основе графиков организации производственной системы, определены моменты поставок, пополнения запасов, отгрузки производственных полуфабрикатов и готовой продукции.

Логистические системы, в которой используют технологию JIT, являются тянущими системами, в которых заказ на пополнение запасов производится тогда, когда их количество достигает критического уровня. Запасы «вытягиваются» по каналам физического распределения от предыдущего участника логистической цепи или посредника. Логистические циклы в таких системах характеризуются небольшой продолжительностью, а также участием посредников, которые занимаются консолидацией поставок, их отправкой, выполняют определенные логистические операции, повышающие добавленную стоимость товара, например, контроль качества, комплектацию, экспедирование, упаковку и др. Логистическая технология JIT, связанная с синхронизацией всех процессов, требует точной информации, достоверного прогнозирования и надежной телекоммуникационной системы и информационно-компьютерной поддержки.

Зарубежные исследователи [12, 13] отмечают, что технология JIT направлена на синхронизацию работы всех элементов логистической цепи, раннюю идентификацию требований по отгрузке продукции, а также обеспечение строгой дисциплины выполнения транспортно-грузовых операций. В итоге достигается значительное снижение производственных потерь корпораций.

Особый интерес представляет опыт производственной системы Toyota, которая, благодаря созданию и применению системы JIT «Канбан», снижает запасы практически до нуля [14, 15]. Система работает бесперебойно за счет того, что следующий процесс сам обращается на предыдущую стадию для вытягивания нужного ему количества деталей и материалов и делает это только тогда, когда он сам в них нуждается. Аналогично должен поступать и предыдущий процесс. Информация в системе Канбан передается по цепочке всем предшествующим операциям, и каждый процесс автоматически узнает, когда и сколько деталей он должен произвести. Большое число крупных зарубежных предприятий, реализовавших японский опыт, уже подтвердили, что применение технологии JIT позволяет добиваться весьма высокой эффективности с минимальными затратами [16].

Таким образом, при переработке вагонов ВП, логистическая технология JIT может формировать системный цикл (T_c), который основывается на синхронизации процессов грузопереработки и оптимизации продолжительности транспортных циклов. Такая интеграция способна обеспечивать выгрузку и перевозку компонентов сырья, полуфабрикатов и отгрузку готовой продукции в установленном объеме, заданные сроки, требуемого качества и, что особенно важно, оптимизацию общих логистических затрат.

В процессе наших исследований стала очевидной также необходимость применения новых методических подходов к расчету ряда эксплуатационных показателей транспортного обслуживания предприятий.

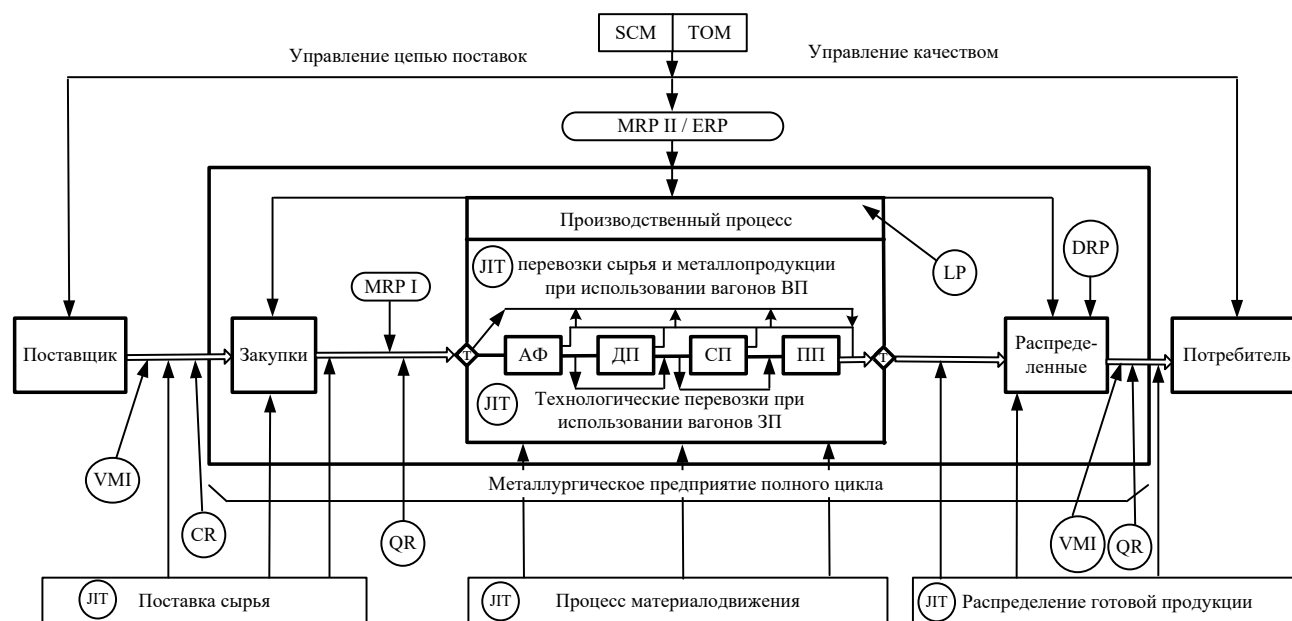


Рис. 5. Основные логистические концепции (технологии), охватывающие различные области и функции металлургических предприятий

Прежде всего, расчётная продолжительность операций каждого транспортного модуля (t_m^r) должна включать не только продолжительность нормируемых технологических операций ($t_{техн}$), но и случайные, в настоящее время не учитываемые, затраты времени (1-2 часа и более) на ожидание выполнения последующих операций ($t_{ож}$) [17]

$$t_m^r = \sum t_{техн} + \sum t_{ож}, \quad (7)$$

Следовательно, при обосновании транспортных решений процесса переработки вагонопотоков необходим переход от средних показателей времени к оценкам фактической продолжительности операций в каждом модуле. Необходимо также, чтобы методы принятия технологических решений позволяли определять не только изменения средней продолжительности переработки вагонопотока в данном цикле. Они должны оценивать и вероятность того, что указанное время не превысит нормативной величины и в следующем цикле. То есть, чтобы количество вагонов к началу операций грузопереработки было бы не меньше установленного для производственного плана экспедиционно-погрузочной службы [18].

Традиционный метод расчета наличной пропускной способности технических устройств станций (в особенности, горловин) лишь фиксирует сумму затрат времени на переработку вагонопотока. Однако, как показывает анализ баланса перерабатывающей мощности станций, этот метод не учитывает динамику вагонопотока и других случайных факторов, вызывающих дополнительный объем транспортной работы [19].

В связи с указанным, необходим переход к методу расчета требуемой (необходимой) пропускной способности. С этой целью в расчеты должен вводиться коэффициент резерва пропускной способности ($k_{рез}$), а суточная занятость технического устройства прини-

маться по выражению

$$t_{зан(треб)} = \frac{1440 \cdot t_{mo}}{k_{рез}}, \quad (8)$$

где t_{mo} – коэффициент, учитывающий время на техническое обслуживание.

Величина $k_{рез}$ принимается по отношению максимальной величины суточного вагонопотока к его величине в штатном (плановом) режиме работы.

Требуемая пропускная способность принимается на основе сопоставления с наличной

$$\frac{1440 \cdot t_{mo}}{k_{рез}} \geq \sum n_i \cdot t_i, \quad (9)$$

где n_i – число передвижений через элемент путевой схемы при различных видах транспортной работы; t_i – продолжительность соответствующего передвижения.

В связи с изменившейся производственной средой, увеличением неравномерности перевозок, а также проведением реконструктивных мероприятий по совершенствованию технологии основного производства, увеличилось число функций, выполняемых внутривозовскими станциями, особенно грузовыми и районными. Это приводит к значительному осложнению и увеличению объемов станционной работы и, в итоге, к увеличению простоя вагонов ВП.

Поэтому важное значение для перехода на логистическое управление приобретает также вопрос совершенствования компоновочно-конструктивных схем таких станций для обеспечения эффективной реализации каждой функции, сохраняя при этом системность их общего конструктивного решения [19]. Одним из таких решений является создание обособленной технологической линии грузопереработки, располагаемой параллельно основным паркам грузовой станции. Такая линия должна включать в себя: парк технологического отстоя и подготовки

маршрутных поездов к выгрузке; пути надвига вагоноопрокидывателей; парки накопления и очистки порожних вагонов. С основными парками грузовой станции эта линия связывается через горловины станции. Данная схема позволяет выполнять в приёмно-отправочном парке только операции коммерческого и технического осмотра прибывающих маршрутных поездов с сырьем, а отстой и операции по выгрузке составов этих поездов перенести на технологическую линию, что значительно увеличивает перерабатывающую способность станции [20]. Другим вариантом является резервирование специализированных путевых емкостей станции.

Одним из важнейших и первоочередных вопросов повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта в процессе материалодвижения является формирование специализированных грузовых комплексов и решение экономико-оптимизационной задачи обоснования продолжительности функционального цикла $T_{\text{ц}}^r$ для каждого такого комплекса. Эти комплексы характеризуются родом груза, условиями функционирования, технологическими процессами, наличием информации, сопровождающей груз, а также типом применяемого подвижного состава. По совокупности указанных признаков следует применять два типа грузовых комплексов, которые переводятся на логистическое управление по принципу ЛТ [21, 22]. К ним относятся:

1. Транспортно-грузовые комплексы (ТГК), обеспечивающие выполнение грузовых операций с вагонами ВП:

- прием и выгрузку компонентов массового сырья, прибывающего в маршрутных поездах с внешней сети для подачи непосредственно в производство;
- погрузку полуфабрикатов и готовой металлопродукции для отправки потребителям;
- формирование поездов и возвращение операторам перевозчикам излишков порожняка.

2. Транспортно-технологические комплексы (ТТК), обеспечивающие транспортное обслуживание металлургических переделов с использованием технологического и специализированного подвижного состава ЗП:

- погрузку, перевозку между переделами и выгрузку промежуточной продукции, а также отходов производства на переработку;
- погрузку, перевозку и выгрузку железосодержащих отходов на утилизацию.

Логистические преимущества и экономический выигрыш в ТГК и ТТК достигается за счет синхронизации работы и системной интеграции всех участников цепи материалодвижения.

Результаты исследований

Полученные результаты исследований положены в основу методики расчета и проектирования логистического управления процессом материалодвижения металлургических предприятий, обеспечивающей системное повышение эффективности взаимодей-

ствия производства и транспорта. На первом этапе на основе этой методики проведены исследования по формированию, функционированию и оптимизации работы ТГК.

Предлагаемый общий метод исследований ТГК и обслуживающей транспортной подсистемы представляет собой последовательность формирования, расчета, моделирования и оптимизации по каждой струе вагонопотоков ВП следующих показателей:

- продолжительности грузопереработки потоков ($T_{\text{ц}}^r$), а также простоя вагонов, затрат ресурсов и их распределения;
- продолжительности транспортных циклов ($T_{\text{ц}}^r$), простоя вагонов, а также затрат ресурсов на транспортную инфраструктуру для обеспечения требуемой перерабатывающей способности, в первую очередь, элементов станций;
- продолжительности системных функциональных циклов ($T_{\text{ц}}^r$);
- разработку адаптационных мероприятий для ТГК и транспортной инфраструктуры;
- интеграцию системных циклов в операционную систему логистического управления ПТС.

Предложенная методология была применена при исследовании вопросов повышения эффективности работы транспортно-грузового комплекса по выгрузке массового железосодержащего сырья (до 800 вагонов в сутки) на аглофабрике крупного металлургического комбината. ТГК включает детерминированный по перерабатывающей способности выгрузочный модуль (группу вагоноопрокидывателей) и грузовую станцию [22].

Методический подход, имитационно-аналитическое моделирование и алгоритмы выполнения расчетов заслуживают отдельного рассмотрения. Здесь отметим лишь их основные практические результаты. Для повышения эффективности работы ТГК проведен весь комплекс исследований и разработан адаптационный цикл. Он включает: параметрическую адаптацию по оперативному управлению перерабатывающей способностью выгрузочного комплекса с вводом дополнительных мощностей в периоды сгущения интервалов прибытия маршрутов, а также структурную адаптацию, которая предусматривает совершенствование технологического процесса выгрузки маршрутов.

В рамках системной адаптации предложена принципиально новая конструктивно-компоновочная схема и параметры грузовой станции, разделяющие функции грузопереработки и транспортной работы, обеспечивающая увеличение ее перерабатывающей способности на 40%. Новые технологические и конструктивные решения по грузовой станции запатентованы. Общий экономический эффект превышает 35 тыс. \$ США в год. При этом он достигается преимущественно за счет ресурсов аглофабрики.

В настоящее время продолжаются исследования и по вопросам логистического управления процессом материалодвижения, связанным с работой ТТК.

Заключение

1. Процесс материалодвижения металлургических предприятий характеризуется параллельной (поточной) технологией поэтапного движения предмета труда, его фазовой трансформацией в процессе грузопереработки и наличием функциональных циклов, то есть комплекса определенным образом взаимосвязанных и организованных во времени производственных и транспортных процессов, обеспечивающих выпуск продукции в заданном объеме и установленные сроки. Это позволяет рассматривать процесс материалодвижения металлургических предприятий как крупносерийное промышленное производство и проводить исследования с позиций производственного менеджмента.

2. Важнейшей функциональной особенностью процесса материалодвижения рассматриваемых предприятий является многократное взаимодействие производства и транспорта непосредственно в металлургических переделах с грузопереработкой материального потока по схеме «вагонопоток – производственный (грузовой) поток – вагонопоток». Повышение эффективности взаимодействия производства и транспорта при заданном вагонопотоке, снижение продолжительности цикла грузопереработки и обеспечение непрерывности работы грузового и транспортного модулей с различным тактом выполнения комплекса операций достигаются путем синхронизации их работы. Предложены метод и модель синхронизации, обеспечивающие логистическое управление процессом грузопереработки, а также принципы оценки состояния и определения путей повышения эффективности этого процесса.

3. Интегрирующую роль в формировании единого непрерывного процесса материалодвижения выполняют системные и функциональные циклы. Они связывают в каждом вагонопотоке всех его участников, а потоки – между собой.

Для металлургических предприятий характерны системные (полные и локальные) и технологические (функциональные) циклы. Системными циклами, отражающими функционирование производственно-транспортной системы в целом, являются: оборот вагонов внешнего парка (полные циклы), а также продолжительность транспортного обслуживания аглодоменного, сталеплавильного и прокатного переделов (локальные циклы).

В рамках системных циклов выполняются взаимосвязанные функциональные (технологические) циклы грузопереработки, а также транспортные циклы, включающие продолжительность комплекса операций, выполняемых транспортными модулями. При этом динамика каждого транспортного цикла требует согласования потребности в ресурсах на «входе» (перерабатывающая способность транспортной инфраструктуры, определяемая производственными условиями) и на «выходе» (ожидаемая продолжительность выполнения операций системного цикла в целом).

Ключевыми показателями системных циклов при заданном вагонопотоке являются производительность и эффективность структуры. Следовательно, систем-

ные циклы, формируя цепь материалодвижения, определяют единый экономический результат ее функционирования. На этой основе сформирована экономико-математическая оптимизационная задача выполнения логистического цикла для струи вагонопотока.

Представленные теоретические положения могут быть использованы для формирования единой математической модели интеллектуальной системы управления процессом материалодвижения металлургических предприятий.

4. Современные логистические концепции совершенствовались на основе применения информационно-компьютерных технологий. Осложнение рыночных отношений и, особенно, усиление конкуренции, привело к необходимости интенсификации бизнес-процессов снабжения, производства и распределения. Это потребовало формирования интегрированного логистического менеджмента на общей информационно-компьютерной основе. Современная интегрированная логистическая концепция предполагает сквозное управление потоками логистической системы, проходящими через все ее звенья. Это позволяет более точно определять и решать локальные задачи организации и контроля внутри звеньев и элементов логистической системы. Здесь объектами практической логистики могут быть не только потоки, но и единичные транзакции.

Одной из основных концепций современной интегрированной логистики является технология JIT, получившая мировое признание и применение на промышленных предприятиях, в частности, в фирме «Toyota». На металлургических предприятиях она должна основываться на оптимизированных системных циклах продвижения вагонопотоков и обеспечивать выгрузку и доставку компонентов сырья, перевозку промежуточной и отгрузку готовой металлопродукции в необходимом количестве, нужного качества и в сроки, установленные требованиями производства.

5. Первоочередным вопросом повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта при грузопереработке является обоснование параметров функционального цикла $T_{\text{ц}}^r$ для каждого грузового комплекса. С учетом особенностей фазовой трансформации предложено два типа комплексов, которые переводятся на логистическое управление: транспортно-грузовой, обеспечивающий выполнение грузовых операций с вагонами внешнего парка; транспортно-технологический, осуществляющий транспортное обслуживание производственных переделов с использованием вагонов заводского парка.

Список литературы

1. Парунакян В.Э. Состояние и пути повышения эффективности системы управления процессом материалодвижения металлургических предприятий // Научные труды SWorld. 2016. Т. 1. № 45. С. 4-15.
2. Парунакян В.Э., Сизова Е.И. Идентификация процессов материалодвижения и разработка принципов формирования логистических цепей в производственно-транспортной системе предприятия // Логистика и управление цепями поставок. 2012. Т. 50. № 3. С. 64-73.
3. Миротин Л.Б., Корчагин В.А., Ляпин С.С., Некрасов А.Г. Логистические цепи сложно-технологических производств: Учеб. пособие. М.:

- Экзамен, 2005. 288 с.
4. Смехов А.А. Введение в логистику. М.: Транспорт, 1993. 112 с.
 5. Смехов А.А. Основы транспортной логистики: Учеб. для вузов. М.: Транспорт, 1995. 197 с.
 6. Балашев А.И. Производственный менеджмент (организация производства) на предприятии. СПб.: Питер, 2009. 160 с.
 7. Казанцев А.К. Серова Л.С. Основы производственного менеджмента: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2002. 352 с.
 8. Parunakjan V., Sizova E. Designing Of Logistical Chains Inside Production And Transport System Of Metallurgical Enterprise // Transport Problems. 2013. Т. 9. № 1. С. 35-45.
 9. Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Кольга А.Д. Обеспечение своевременности грузовых перевозок в транспортно-технологических системах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. Т. 45. № 1. С. 115-121.
 10. Модели и методы теории логистики / Под ред. Лукинского В.С. 2-е изд. СПб.: Питер, 2007. 448 с.
 11. Корпоративная логистика: 300 ответов на вопросы профессионалов / Под ред. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004. 929 с.
 12. Бауэрсокс Д. Д., Клосс Д. Д. Логистика: Интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: Олимп-Бизнес, 2008. 635 с.
 13. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок: Как сократить затраты и улучшить обслуживание потребителей. СПб.: Питер, 2004. 315 с.
 14. Лу Д.Дж. Канбан и "точно вовремя" на Toyota: Менеджмент начинается на рабочем месте. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 218 с.
 15. Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. 312 с.
 16. Монден Я. «Тоёта». Методы эффективного управления. М.: Экономика, 1989. 287 с.
 17. Апатцев В.И., Левин С.Б., Николашин В.М. Логистические транспортно-грузовые системы. М.: Академия, 2003. 304 с.
 18. Бородин А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности // Железнодорожный транспорт. 2006. № 6. С. 37-43.
 19. Бойко В.А. Повышение эффективности работы грузовой станции металлургического комбината, принимающей массовое сырье: дис. ... канд. техн. наук. Мариуполь. 2013. 178 с.
 20. Пат. 107627 UA. МПКВ61В 1/00. Вантажна станція промислового підприємства, що приймає масову сировину / В.Е. Парунакян, В.О. Бойко, К.І. Сізова (Україна). №201312549; заявл. 28.10.2013; опубл. 26.01.2015, Бюл. №2.
 21. Шмулевич М.И. Промышленный транспорт и логистика // Промышленный транспорт XXI век. 2006. № 4. С. 3-6.
 22. Сизова Е.И. Повышение эффективности работы транспортно-грузового комплекса аглофабрики металлургического комбината по выгрузке массового сырья: дис. ... канд. техн. наук. Киев. 2015. 168 с.

Материал поступил в редакцию 10.05.2018

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

FORMING THE LOGISTICS CONCEPT (TECHNOLOGY) OF SYSTEMIC MANAGEMENT OF MATERIAL MOVEMENT PROCESS AT THE METALLURGICAL ENTERPRISE

Parunakyan Vaagn Emil'evich – D.Sc. (Eng.), Professor
Pryazovskyi State Technical University, Ukraine. E-mail: kafttp@gmail.com

Abstract

Traditional forms and ways of interaction between manufacturing and rail transport in the process of materials movement at the metallurgical enterprise with the changed production environment show its inefficiency. Moreover, the management of production and transport system focused on transportation where the transport only adapts to the needs of production does not meet modern requirements. Furthermore, this way of management leads to significant delays, costs and losses, which is unacceptable in a competitive market. At this stage, one of the most important question is creation of the effective management mechanism. This mechanism provides high efficiency of interaction between production and transport, shift of emphasis to the activation of production resources and elimination of production losses at all stages of the material movement processes. In order to solve this problem, it is necessary to make the transition between the management of rail transportation and logistics management process of material movement of enterprises. The logistics management process is based on a process view of working capital. Authors identified the technological scheme and indicators of interaction between production and transport. Moreover, they developed method to optimize the duration of process of cargo handling and resource costs and proposed the model of synchronization of cargo and transport modules. It was established that integrating role in the formation of a continuous process of material movement, linking in each flow all its participants. The flows between them perform logistic cycles: systemic and functional (technological). Consequently, the key indicators of logistics cycles are duration (productivity) of the structure and consumption of production and transport resources. Furthermore, authors propose the model to solve the optimization problem of the systemic cycle. It was indicated that end-to-end logistics management of the material movement process in the system cycle of handling the railcars of the external fleet should be based on technology of logistics system also called just in time. This technology is widely used in foreign countries and ensuring the delivery of raw materials semi-finished and finished products to the right place, in the right amount and exactly on time. In order to handle bulky cargoes, authors developed two types of logistics facilities: transport-cargo (TGC) for processing the external railcars park (VP) and transport and technology (TTK) to work with the railcars industrial park (ZP). The developed methodology was applied in the study to improve the efficiency of TGC for unloading of mass iron-containing raw materials (up to 800 railcars per day) at sinter plant of a large metallurgical industry. Furthermore, the developed methodology reduced the duration of acceptance and unloading of railcars of the external park from 20-22 to 10-12 hours. Moreover, the introduction

of technical solutions is mainly implemented because of the resources of the sinter plant. The development and implementation of JIT logistics technology to manage the systemic cycles that form the process of material movement can significantly improve the efficiency of the organization of cargo handling processes and the operation of the transport infrastructure at the enterprise. Finally, it can reduce the volume of transport work and significantly reduce transport costs and production losses.

Keywords: process of material movement, rail transport, interaction of production and transport, cargo handling, transport infrastructure, systemic and functional cycles, logistic concept (technology) JIT – "just in time", transport and cargo facilities.

References

1. Parunakyan V.E. Sostoyaniye i puti povysheniya effektivnosti sistemy upravleniya processom materialodvizheniya metallurgicheskikh predpriyatij [The state and ways to improve the efficiency of the process control system for the material movement of metallurgical enterprises] // Scientific Papers SWorld. 2016, vol. 1, no. 45, pp. 4-15. (In Russ.).
2. Parunakyan V.E., Sizova E.I. Identifikatsiya processov materialodvizheniya i razrabotka principov formirovaniya logisticheskikh cepej v proizvodstvenno-transportnoj sisteme predpriyatija [Identification of processes of material movement and development of principles for the formation of logistic chains in the production and transport system of the enterprise] // Logistics and supply chain management. 2012, vol. 50, no. 3, pp. 64-73. (In Russ.).
3. Mirotin L.B., Korchagin V.A., Lyapin S.S., Nekrasov A.G. Logisticheskie cepi slozhno-tekhnologicheskikh proizvodstv [Logistics chains of complex technological enterprises: Tutorial]. Moscow: Ekzamen. 2005. 288 p. (In Russ.).
4. Smekhov A.A. Vvedenie v logistiku [Introduction to Logistics]. Moscow: Transport. 1993. 112 p. (In Russ.).
5. Smekhov A.A. Osnovy transportnoj logistiki [Basics of transport logistics: Textbook]. Moscow: Transport. 1995. 197 p. (In Russ.).
6. Balashev A.I. Proizvodstvennyj menedzhment (organizatsiya proizvodstva) na predpriyatii [Production management (organization of production) at the enterprise]. Saint Petersburg: Piter. 2009. 160 p. (In Russ.).
7. Kazancev A.K., Serova L.S. Osnovy proizvodstvennogo menedzhmenta [Fundamentals of production management: Tutorial]. Moscow: INFRA-M. 2002. 352 p. (In Russ.).
8. Parunakjan V., Sizova E. Designing Of Logistical Chains Inside Production And Transport System Of Metallurgical Enterprise // Transport Problems. 2013, vol. 9, no. 1, pp. 35-45.
9. Rahmangulov A.N., Kornilov S.N., Kolga A.D. Obespechenie svoevremennosti грузовых перевозок в транспортно-технологических

- sistemah [Timeliness of freight traffic in transport technological systems] // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2014, vol. 45, no. 1, pp. 115–121. (In Russ.).
10. Modeli i metody teorii logistiki [Models and methods of logistics theory] / Edited by Lukinskij V.S. Saint Petersburg: Piter. 2007. 448 p.
 11. Sergeev V. I., Dybskaya V. V., Belov L. B. Korporativnaya logistika: 300 otvetov na voprosy professionalov [Corporate logistics: 300 answers to the questions of professionals]. Moscow: INFRA-M. 2004. 929 p. (In Russ.).
 12. Bowersox D.J., Closs D.J. Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process. Moscow: Olymp-Business. 2008. 635 p. (In Russ.).
 13. Kristofer M. Logistika i upravlenie tseppochkami postavok [Logistics and Supply Chain Management]. Saint Petersburg: Piter. 2004. 315 p. (In Russ.).
 14. Lu D. J. Kanban: Just-in-time at Toyota : management begins at the workplace. Cambridge, Mass.: Productivity Press. 1989.
 15. Shingō S., Dillon A. P. A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint. Norwalk, Conn.: Productivity Press. 1989.
 16. Monden Ia. «Toeta». Metody effektivnogo upravleniia ["Toyota". Effective management methods]. Moscow: Ekonomika [Economy]. 1989. 287 p. (In Russ.).
 17. Apattcev V.I., Levin S.B., Nikolashin V.M. Logisticheskie transportno-gruzovye sistemy [Logistic freight and cargo systems]. Moscow: Akademiia [Academy]. 2003. 304 p. (In Russ.).
 18. Borodin A.F. Effektivno ispolzovat stantsionnye moshchnosti [Efficiently use the capacity of the railway station] // Railway transport. 2006, no. 6, pp. 37–43. (In Russ.).
 19. Boiko V.A. Povyshenie effektivnosti raboty gruzovoi stantsii metallurgicheskogo kombinata, primaimaiushchei massovoe syre [Improving the efficiency of the cargo railway station of the metallurgical plant, receiving mass raw materials: PhD thesis]. Mariupol: Pryazovskiy State Technical University. 2013. 178 p. (In Russ.).
 20. Parunakyan V.E., Bojko V.O., Sizova K.I. Vantazhna stantsiya promislavogo pidpriemstva, shcho priймає masovu sirovinu [Cargo railway station of an industrial enterprise for raw material unloading]. Patent UA, no. 107627 UA, 2015.
 21. Shmulevich M.I. Promyshlennyi transport i logistika [Industrial transport and logistics] // Promyshlennyi transport XXI vek [Industrial transport XXI century]. 2006, no. 4, pp. 3–6. (In Russ.).
 22. Sizova E.I. Povyshenie effektivnosti raboty transportno-gruzovogo kompleksa aglofabriki metallurgicheskogo kombinata po vygruzke massovogo syria [Improving the efficiency of the transport and cargo complex of the sinter plant at the metallurgical plant for unloading mass raw materials: PhD thesis]. Kiev: State Economics and Technology Transport University. 2015. 168 p. (In Russ.).

Received 10/05/2018

Парунакян В.Э. Формирование логистической концепции (технологии) системного управления процессом материалодвижения на металлургических предприятиях // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2018. Т.8. №2. С. 4-21

Parunakyan V.E. Forming the logistics concept (technology) of systemic management of material movement process at the metallurgical enterprise // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2018, vol.8, no.2, pp. 4-21