

ТРАНСПОРТ

УДК 656.2.073.004

Парунакян В.Э.¹, Маслак А.В.², Сизова Е.И.³

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ В ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ ОТГРУЗКИ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ. ЧАСТЬ II

Проанализирована технология движения материального и сопутствующего ему документального потока при отгрузке готовой продукции в прокатном цехе. Указаны существующие проблемы. На основе исследований предложен метод, увязывающий указанные потоки во времени.

Проведенными исследованиями, результаты которых приведены в первой части работы, установлено, что логистическая цепь материалодвижения при отгрузке металлопродукции на одном из погрузочных фронтов комплекса «Прокатный цех-транспорт» характеризуется фазовым переходом потокового процесса из модуля «металлопоток» (выпущенный прокат) в модули «грузопоток» (прокат, сформированный в грузовые места), и в «вагонопоток» (прокат, погруженный в вагоны). Параллельно и в увязке с технологическими операциями идет подготовка и оформление перевозочных и таможенных документов. Фактором завершения перехода металлопотока в грузопоток, а затем в вагонопоток является погрузка груза в вагоны в соответствии с вагонными нормами и техническими условиями и обеспечение груза комплектом документов. Кроме того, процессы материало- и документодвижения сопровождаются передачей информации, определяющей начало, ход и завершение основных операций погрузочно-транспортного процесса. То есть, рассматриваемая цепь материалодвижения характеризуется многослойностью. При этом, металлопоток, документальный и информационный потоки разделены в настоящее время во времени и в пространстве [1].

Установлено также, что ведущим звеном транспортно-грузового комплекса является модуль «грузопоток» или транспортно-экспедиционный модуль (ТЭМ), темп работы которого на входе непосредственно связан с выходом металлопродукции, а на выходе, - определяет сроки подачи вагонов под погрузку. Иначе говоря, именно в данном модуле должна осуществляться синхронизация потоков металлопродукции, документов и информации, обеспечивающая эффективное функционирование цепи материалодвижения и взаимодействие в комплексе «Прокатный цех - транспорт».

Следовательно, принципиальное решение вопроса эффективности взаимодействия в рассматриваемой логистической цепи заключается в нахождении временного критерия, обеспечивающего синхронизацию указанных потоков. Назовем такой критерий логистическим нормативом, который определяется из условия соответствия показателей ведущего модуля ТЭМ по входным параметрам с модулем «металлопоток», по выходным – с модулем «вагонопоток».

Фазовый переход металлопотока в грузопоток описан, как одноканальная система массового обслуживания с ожиданием, при этом ЦХП, непрерывно выпускающий прокат, является обслуживаемой системой, а ТЭМ, обеспечивающий подготовку проката к отгрузке, - обслуживающей системой. С использованием имитационного моделирования идентифицирован входной параметр ведущего модуля логистической цепи, которым является поток требований, выходящий с участка резки на экспедирование. Верификация модели подтвердила правильность методического подхода к решению рассматриваемой задачи.

¹ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

²ПГТУ, аспирант

³ПГТУ, студент

Полученные результаты создают предпосылки для решения второй задачи: определения выходных параметров ведущего модуля логистической цепи. При этом в основу решения принимаются принципы синхронизации потоков цепи материалодвижения.

В настоящее время на металлургических комбинатах вопросы перехода на логистические принципы управления материальными потоками приёма сырья и отгрузки готовой продукции, обеспечивающие взаимодействие производства и транспорта, должного развития еще не получили, поскольку изучены и освещены недостаточно. Лишь на отдельных предприятиях создаются единые центры подготовки документов с соответствующей информационной системой [2].

В теоретических разработках по микрологистическим системам авторы ограничиваются только общими концепциями логистизации предприятий [3]. Методологические вопросы функционирования логистических транспортно-грузовых систем на уровне макрологистики в общем виде освещены в работе [4]. Однако и здесь отсутствуют решения, определяющие принципы взаимодействия производства и транспорта.

Поэтому целью настоящей статьи является разработка метода, модели и алгоритма определения логистического критерия, интегрирующего материальный, документальный и информационный потоки в единую цепь материалодвижения в рамках комплекса «производство - транспорт».

Последовательность операций в указанных потоках можно представить в виде векторно-скалярных компонентов, которые и образуют логистическую цепь потокового процесса:

$$\left. \begin{array}{ccccccc} a_1 & \xrightarrow{t_1} & a_2 & \xrightarrow{t_2} & \dots & \xrightarrow{t_{n-1}} & a_n \\ \updownarrow & & \updownarrow & & & & \updownarrow \\ u_1 & \xrightarrow{t'_1} & u_2 & \xrightarrow{t'_2} & \dots & \xrightarrow{t'_{n-1}} & u_k \\ \updownarrow & & \updownarrow & & & & \updownarrow \\ g_1 & \xrightarrow{t''_1} & g_2 & \xrightarrow{t''_2} & \dots & \xrightarrow{t''_{n-1}} & g_e \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где « $a_i \rightarrow$ » – элемент цепи грузового потока (a_i – величина потока; « \rightarrow » – вектор перемещения потока, сопоставляемый с временем и расстоянием перемещения; $i = 1, \dots, n$); « $u_i \rightarrow$ » – элемент цепи информации о грузовом потоке (u_i – объем информации; « \rightarrow » – адресат передачи информации; $i = 1, \dots, k$); « $g_i \rightarrow$ » – элемент цепи по составлению и передаче документов о грузовом потоке и его перемещении (g_i – число или объем документа; « \rightarrow » – адрес передачи документа; $i = 1, \dots, e$); t_i – продолжительность процесса; \updownarrow – прямые и обратные связи между операциями с грузовым, информационным и документальным потоками.

Приведенное выражение определяет функциональную структуру логистической цепи, продолжительность перемещения грузового потока которой зависит от технологии его перемещения, а также от адекватно характеризующих и отражающих ее информационных и документальных потоков.

С изменением индекса величины a происходит изменение места грузового потока и временной координаты, а величина потока (скалярное измерение) не изменяется, если не считать потери груза. Аналогично по индексу величин u, g происходит изменение места зарождения, переработки, передачи и приема информации или документов. Между рассматриваемыми процессами имеется функциональная взаимосвязь и взаимозависимость, которая отражается вертикальными связями.

При продвижении груза с ним производятся технологические операции, время на выполнение которых ($t_{мех}$) нормируется, а также происходят простои в ожидании выполнения последующих операций, продолжительность которого ($t_{ож}$) имеет стохастический характер. Эти две составляющие образуют время

$$t = \sum t_{мех} + \sum t_{ож} \quad (2)$$

Следует отметить, что информационные потоки на процесс материалодвижения существенного влияния не оказывают. Задержек по информационной составляющей практически не происходит, так как передача определённых потоков информации четко регламентирована тех-

нологическими инструкциями. Поэтому в дальнейшем рассматриваются материальные и документальные потоки в транспортно-экспедиционном модуле.

Время ожидания выполнения операций по логистической цепи учитывает, кроме ожиданий, вызванных занятостью обслуживающих устройств по горизонтали, перерывы (простои) из-за вертикальных связей между операциями. Продолжительность операций, которые входят в логистическую цепь, можно представить в следующем виде

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n (t_{i \text{ техн}} + t_{i \text{ оож}}) &= T_a \\ \sum_{\xi=1}^l (t''_{\xi \text{ техн}} + t''_{\xi \text{ оож}}) &= T_g \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где T_a – общая продолжительность прохождения всех звеньев грузового потока;

T_g – общая продолжительность (с учетом ожиданий и перерывов по вертикальным связям) приема, составления и передачи технологических, коммерческих и других документов.

Таким образом логистический критерий продолжительности выполнения с грузом транспортно-экспедиционных операций представляет собой величину времени (T):

$$T = \max \{T_a, T_g\}, \quad (4)$$

Оценка материальной составляющей логистического критерия была произведена ранее на основе разработанного метода, а полученные результаты адекватны фактически существующим в производственном процессе ($T_a=7,6$ часа).

Прежде чем рассматривать совместное движение материального и документального потоков необходимо проанализировать процесс движения потока документов: их возникновение, трансформацию и передачу с целью определения горизонтальных связей (условие 3). На рисунке 1 представлена схема документооборота при отгрузке готовой продукции, принятая в прокатном цехе базового предприятия.

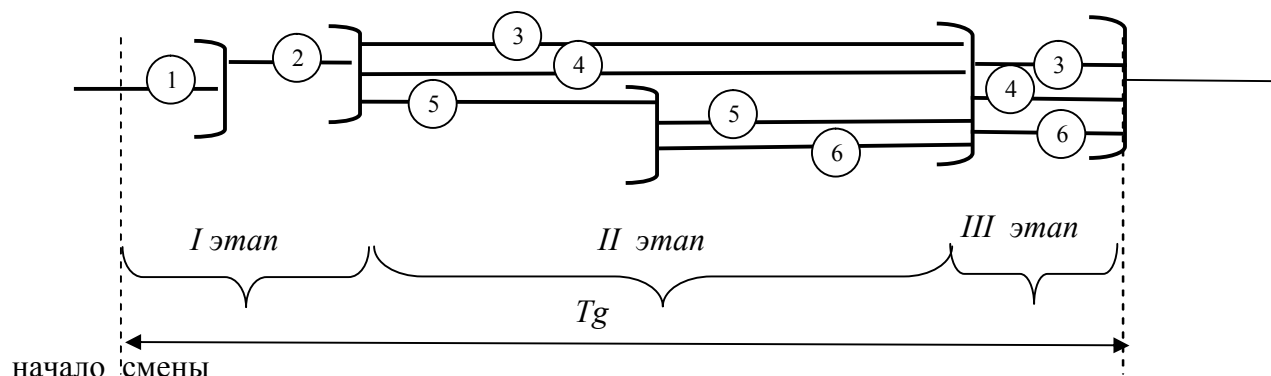


Рис. 1 – Схема документооборота при отгрузке готовой продукции в прокатном цехе:

- ① – наименование документа;
- — — — — утверждение, подписание, обработка, использование документа;
- ⌈ — — — — — трансформация одного документа в другой.

По принятой схеме (рис. 1) следует, что погрузка партии вагонов требует оформления достаточно большого количества документов, связанных между собой. Первичным документом, определяющим документодвижение, являются материальные карточки (1), на основании которых осуществляется подготовка графика отгрузки (2) в начале каждой смены. Оформление формировочных карточек (5) на каждый отгружаемый вагон осуществляется после порезки соответствующего металла. На основании формировочной карточки составляется сертификат качества (6), в котором содержится информация о марке стали, группе и классе прочности, номере плавки и партии и т.д. Все остальные документы (комплект ж.д. документов(3), счёт-фактура (4)) передаются и заполняются в экспедиции цеха при наличии всех производственных документов.

Таким образом, процесс документодвижения можно представить в виде трёх этапов:

I этап – документальное формирование партии металла на отгрузку; II этап – документальное подтверждение соответствия качества отгружаемого металла контрактам; III этап – оформление перевозочных документов.

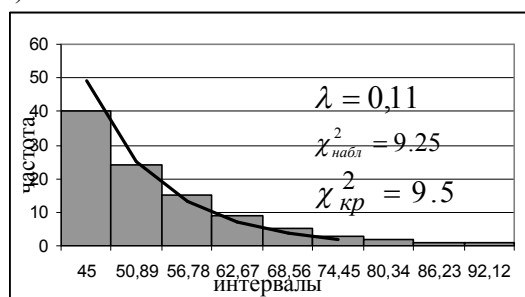
Следует отметить, что оформление указанных документов зависит от целого ряда факторов и поэтому носит вероятностный характер.

В связи с указанным, а также учитывая, что продолжительность движения металлопотока стабильно и не может быть изменено, возникает два вопроса, определяющих сокращение общей продолжительности процесса материалодвижения:

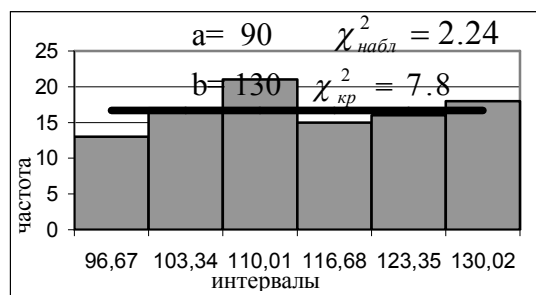
- статистическая оценка временных показателей движения документов;
- анализ на предмет дальнейшего сокращения времени оформления документов.

На основании проведенных хронометражей был собран и обработан статистический массив данных за шесть месяцев 2006 года для определения временных показателей движения документопотока. Гистограммы, кривые распределения и статистические характеристики времени оформления основных документов приведены на рисунке 2. Общее время оформления документов было определено из времени оформления всех документов, участвующих в процессе отгрузки металлопродукции и составило 11,5 часа.

а)



б)



в)

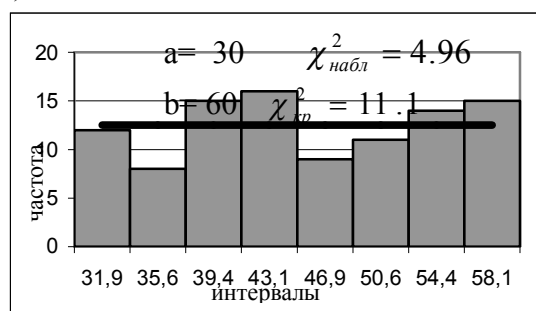


Рис. 2 – Временные показатели оформления документов: а) формирующая карточка; б) сертификат качества; в) перевозочные документы

По результатам отчётных данных ведомостей нахождения подвижного состава под грузовыми операциями в цехе за 2006 год документальная составляющая логистического критерия колеблется в следующих пределах: минимальное время – $t_{\min} = 9$ часов, максимальное – $t_{\max} = 14$ часов, среднее – $t_{\text{ср}} = 11$ часов. Таким образом, проверка достоверности расчётного алгоритма свидетельствуют об адекватности фактическим данным (уровень сходимости 0,955)

Полученные результаты позволяют определить интегративный логистический критерий, характеризующий потоковые процессы в условиях их взаимодействия по вертикальным связям (1).

Поставленной задаче в большей мере отвечают системы сетевого планирования, как один из методов управления сложными динамическими системами с целью обеспечения оптимальных показателей. Сетевые модели позволяют: наиболее точно устанавливать технологическую последовательность работ и сроки их выполнения; выявлять резервы времени и работы, от которых зависят сроки достижения конечной цели; обеспечить единое и непрерывное планирование и управление во всех производственных звеньях на каждом этапе осуществления работ и др. Кроме того, важным достоинством сетевой модели является тот факт, что она позволяет учитывать как горизонтальные, так и вертикальные связи многослойного процесса материалодвижения.

Для моделирования комплекса операций в логистической цепи отгрузки готовой продукции используется вероятностная сетевая модель с детерминированной сетью. Исходные данные для

моделирования процесса принимаются по результатам анализа движения материального и документального потоков (табл. 1), а логистический критерий цепи отгрузки металлопродукции определяется нахождением критического пути модели (рис. 3).

Так как время выполнения большинства работ графика имеют вероятностный характер, то в этом случае стандартные процедуры при расчёте сетевого графика неприемлемы и необходимо применение метода имитационного моделирования на ЭВМ с использованием генерации случайных чисел [5].

Таблица 1 – Законы распределения вероятностных работ

Работа	Название работы	Закон распределения	Формула для расчёта времени выполнения работы
2-3, 6-10, 10-13, 13-17, 17-20, 20-24, 24-27	Резка рулона	Нормальный	$t = t_{cp} + \delta \cdot \zeta^{-1},$ где ζ^{-1} – случайная величина, распределённая по нормальному закону распределения
4-5, 7-8, 11-12, 14-15, 18-19, 21-22, 25-26, 28-29	Упаковка листов		
3-33	Отбор проб		
33-34	Оформление сертификата качества	Равномерный	$t = t_{мин} + \zeta(t_{макс} - t_{мин}),$ где ζ – случайная величина, равномерно распределённая
35-36	Оформление перевозочных документов		
30-37	Погрузка вагонов		
31-32	Оформление формиловочных карточек	Экспоненциальный	$t = - \frac{\ln \zeta}{\lambda},$ где ζ – случайная величина, равномерно распределённая

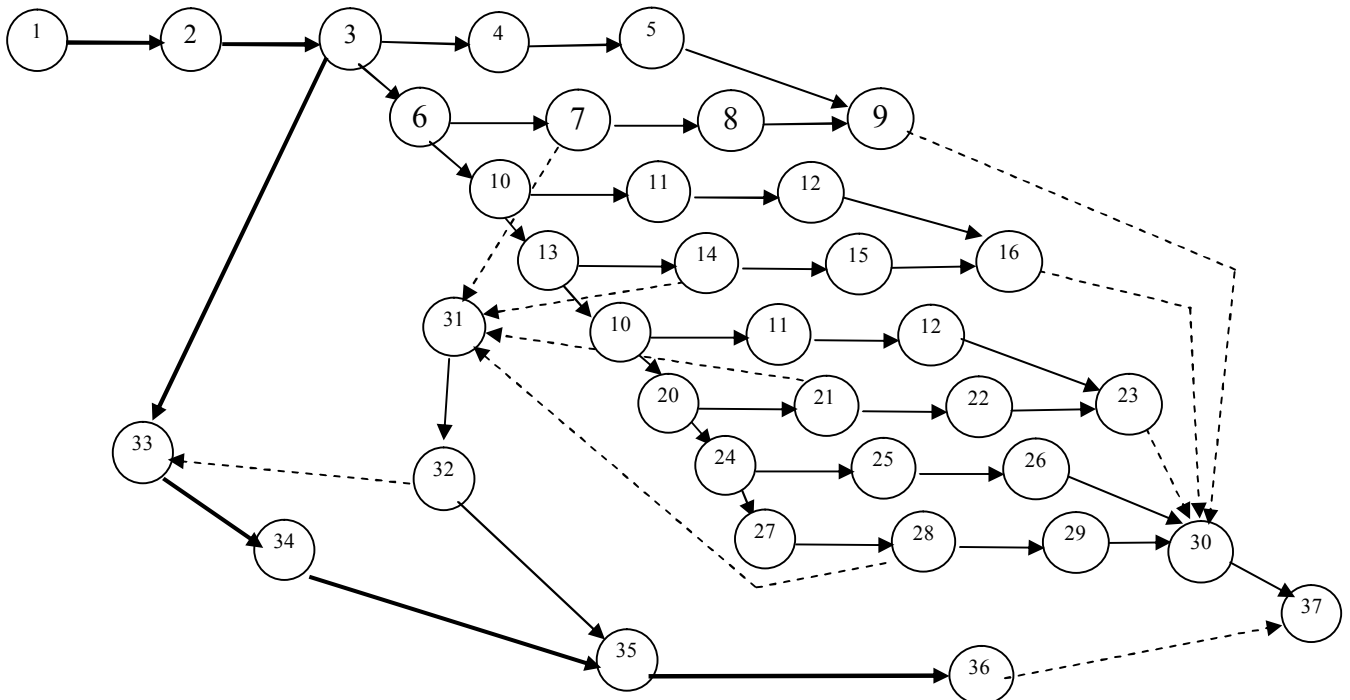


Рис. 3 – Сетевая модель процесса погрузки металлопродукции в прокатном цехе

Для реализации имитационной модели на ЭВМ был использован стандартный алгоритм расчёта (рис. 4) и проведена её верификация, которая показала высокий уровень сходимости (0,98) полученного результата реальным процессам в ЦХП.

Обработав результаты 400 реализаций модели, были получены следующие значения: критический путь составляет в среднем значении 11,2 часа, а его колебания – от 9,9 часа до 12,4 часа. Таким образом совместный учёт всех связей цепи материалодвижения позволил установить логистический критерий, который принимается $T = 11,2$ часа.



Рис. 4 – Блок-схема алгоритма расчёта критического пути сетевой модели

Таким образом, предложенный метод позволяет построить общую модель организации процесса материалодвижения при взаимодействии производства и транспорта. Наличие такой модели позволяет усовершенствовать организацию процесса отгрузки готовой продукции с установлением чёткого графика подачи и уборки вагонов в строго определённые периоды суток, а также ликвидацию простоев перед погрузкой (рис. 5).

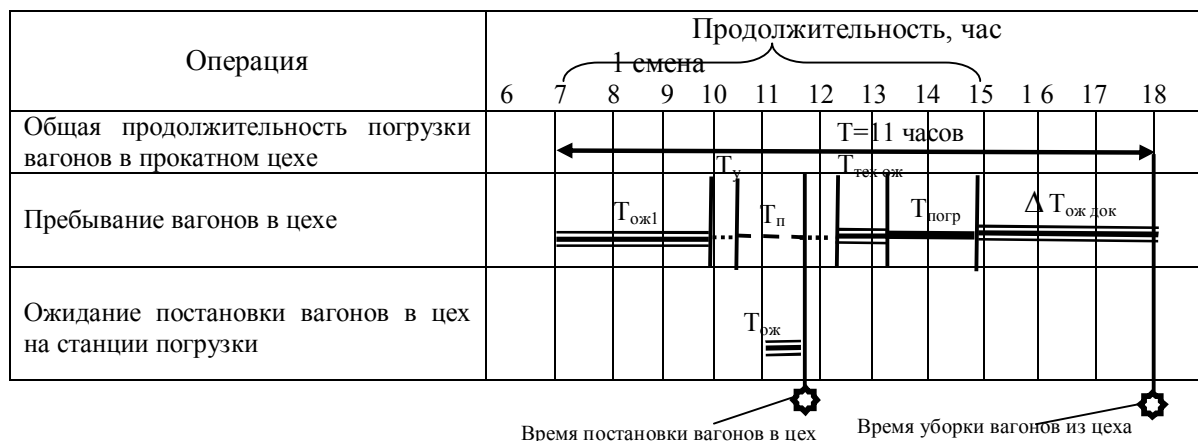


Рис. 5 – Технологический график погрузки металлопродукции в прокатном цехе:

T_y – время уборки вагонов из цеха; $T_{п}$ – перерыв между постановками.

Причём, с внедрением предложенных принципов взаимодействия производства и транспорта обеспечивается сокращение времени пребывания подвижного состава в прокатном цехе в среднем на 35 – 40 %. Вместе с этим оставшаяся часть потерь вагонного времени требует решения вопросов, связанных с движением документопотока.

Предложенный метод может использоваться для организации процесса материалодвижения при отгрузке готовой продукции в прокатных цехах металлургических предприятий.

Выводы

1. Для синхронизации метало-, документального и информационного потоков в процессе материалодвижения предложен метод, разработана вероятностная сетевая модель с детерминированной сетью и алгоритм для её реализации. В результате имитационного моделирования получен интегративный логистический критерий, определяющий оптимальное время нахождения вагонов в логистической цепи.
2. Предложенный метод, модели и алгоритмы позволяют формировать логистическую цепь материалодвижения при отгрузке металлопродукции в прокатных цехах по графиковому принципу и обеспечивают сокращение простоя вагонов при погрузке готовой продукции в среднем на 35 – 40 %.

Перечень ссылок

1. *Парунакян В.Э.* Идентификация процессных характеристик логистической цепи в транспортно-грузовом комплексе отгрузки металлопродукции. Часть I / *В.Э. Парунакян., А.В. Маслак, Е.И. Сизова* // *Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб.наук.пр.* – Мариуполь, 2007. – Вип. № 17. – С. 198 – 203.
2. *Искандров О.Г.* Основы стабильной работы транспортников / *О.Г. Искандров* // *Железнодорожный транспорт* № 8, 2007. – С. 15 – 17.
3. *Семенов А.И.* Логистика. Основы теории: Учебник для вузов / *А.И. Семенов, В.И. Сергеев.* – СПб.: Издательство «Союз», 2003. – 544 с.
4. *Апатцев В.И.* Логистические транспортно-грузовые системы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / *В.И. Апатцев, С.Б. Лёвин, В.М. Николашин.* – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 304 с.
5. *Лукин В.С.* Модели и методы теории логистики: Учебное пособие. 2-е изд. / *В.С. Лукинский.* – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.

Рецензент Ю.В. Гусев
канд. техн. наук, доц., ПГТУ

Статья поступила 27.03.2008