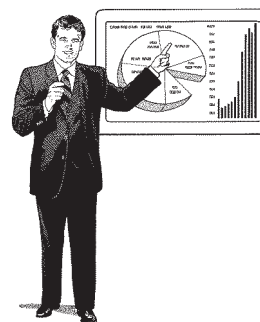


АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ



И.И. ПОЛЕЩУК, О.С. ГУЛЯГИНА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВОК ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕГИОНЕ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Исследуются вопросы рационализации цепей поставок химической продукции, формирования оптимального сочетания ее звеньев и наилучшего распределения функций между ними. Предложена методика моделирования логистической цепи поставок материального потока химической продукции в регионе на базе сетей Петри.

Ключевые слова: цепь поставок, сети Петри, химическая продукция.

УДК 658

В условиях обострения конкуренции на рынках товаров и услуг, ускорения процессов глобализации и интеграции в экономике, в сложные для экономики периоды, включая кризисные этапы ее циклического развития, закономерно возникают потребность и необходимость в изменении и совершенствовании механизмов и инструментов управления.

Новации в управлении должны внедряться в первую очередь в ключевых отраслях и сферах экономики, обеспечивая рывок в сторону резкого подъема эффективности функционирования всей национальной экономической системы, роста экспорта.

Одной из важнейших отраслей промышленного комплекса Беларуси выступает химическая и нефтехимическая промышленность. Она насчитывает 60 высокорентабельных предприятий, входящих в состав концерна «Белнефтехим». На долю концерна приходится свыше 30 % промышленного производства страны. Около 70 % производимой продукции поставляется на внешний рынок более чем в 90 стран мира [1]. По производству химических волокон и нитей Беларусь занимает второе место в СНГ после России.

Значительная часть продукции химической и нефтехимической промышленности создается и реализуется в Витебском регионе (помимо экспортных поставок), образуя своеобразную сеть общей логистической системы.

Ирина Ивановна ПОЛЕЩУК (i.poleshuk@rambler.ru), доктор экономических наук, профессор кафедры логистики и ценовой политики Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);

Ольга Сергеевна ГУЛЯГИНА (dolchik2003@mail.ru), аспирантка, ст. преподаватель кафедры логистики и менеджмента Полоцкого государственного университета (г. Полоцк, Беларусь).

Доставка как сырья, так и готовой продукции, обходится предприятиям дорого, по времени осуществляется долго и ненадежно. Преодолеть эти трудности может позволить более тесная интеграция организаций в логистические цепи на основе анализа выполняемых бизнес-процессов.

Построение эффективных логистических цепей сегодня становится одним из мощных драйверов как развития отрасли, так и экономического роста страны. В рамках таких цепей осуществляются операции не только по управлению движением материального потока, но и поддержка рационального уровня запасов, управление складированием, планирование производства товара, оказание сервиса и др. Существующие методы управления уже не в состоянии решать сложные задачи рационализации хозяйственных связей традиционными способами. На помощь приходят экономико-математические модели, которые учитывают распределительный характер логистических цепей, адекватны таким цепям и позволяют описывать их, анализировать их поведение в терминах одновременно возникающих событий и параллельно развивающихся процессов.


Рационализация цепей поставок химической продукции, формирование оптимального сочетания ее звеньев и наилучшее распределение обязанностей между звеньями может обеспечить такая математическая модель, как сети Петри.

Понятие «сети Петри» было впервые введено в 1962 г. Карлом Адамом Петри для описания асинхронных алгоритмов, моделирования поведения параллельных вычислительных и коммуникационных систем, а также сетевых протоколов. Сети Петри предназначены для моделирования систем, которые состоят из множества взаимодействующих друг с другом компонентов. При этом компонента сама может быть системой. Следовательно, аппарат сетей Петри может быть использован при моделировании альтернативных бизнес-процессов на предприятии, а также в построении цепи взаимосвязанных организаций, участвующих в производстве и продвижении какого-либо продукта, т. е. в построении цепи поставок.

Основные преимущества использования сетей Петри при моделировании логистических цепей заключаются в следующем: 1) процесс или объект, определенный в терминах сетей Петри, имеет ясное и четкое представление; 2) наглядность графика построения сети, благодаря которой все ее определения и алгоритмы легко воспринимаются; 3) возможность использования множества методов анализа.

Сеть Петри представляет собой ориентированный граф. Характеристика его инструментария приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика инструментов, применяемых при моделировании с помощью сетей Петри

Инструмент сети Петри	Буквенное обозначение	Символьное обозначение	Характеристика
Позиция	П	○	Положение, предшествующее операции
Переход	t	□	Операция
Ориентированная дуга	—		Связь положений с операциями (число над стрелкой свидетельствует о количестве условий, необходимых для выполнения операции, если цифры нет, то условие должно быть только одно)
Метка	M	●	Условия, необходимые для выполнения операции (наличие метки в позиции свидетельствует о выполнении условия)
Событие	S	—	Результат выполнения операции

Представленный в табл. 1 аппарат позволяет осуществлять моделирование цепи поставок при условии соблюдения ряда свойств сети Петри, таких как:

- ограниченность. Позиция сети является ограниченной (k -ограниченной), если существует такое целое число $k \geq 1$, что число объектов в этой позиции никогда не превышает k . Сеть считается ограниченной, если все ее позиции ограничены;
- сохранение. Сеть является сохраняющей, если число циркулирующих в ней объектов постоянно;
- активность. Переход сети может быть тупиковым в случае, если в процессе ее функционирования переход заблокирован. Нетупиковый же переход называется активным;
- достижимость сети. Состояние Sn достижимо в сети, если существует цепочка срабатываний переходов, ведущая из ее начального состояния ($S0$) в состояние Sn .

Заметим, что некоторые специалисты предпринимали отдельные попытки использования сети Петри для моделирования логистической системы. Сети Петри были применены в разработке механизма управления транспортными потоками в рамках городской логистики. По мнению его авторов В.К. Губенко и А.А. Лямзина, сети Петри позволяют формализовано описать транспортную систему с учетом особенностей транспортных потоков, а также разрабатывать алгоритмы решения задач управления эффективной деятельностью муниципального транспорта [2]. В статье С. Костиной «Опыт применения сетей Петри для исследования логистических систем» создана и исследована имитационная модель основной логистической сети промышленной фирмы [3]. Как отмечает автор, созданная Петри-сетевая модель «...позволяет количественно оценивать поведение логистической системы при варьировании ее разнообразных параметров» [3, 21]. Однако построенная модель не дает возможности реструктуризации цепи, так как оценка ведется уже с моделированной логистической цепи. Поэтому для региональной логистической системы, в качестве которой выступила сеть производства и распределения химической и нефтехимической продукции в Витебском регионе, предложен механизм изменения структуры цепи поставок при варьировании ее параметров, а также перераспределение обязанностей между ее звеньями.

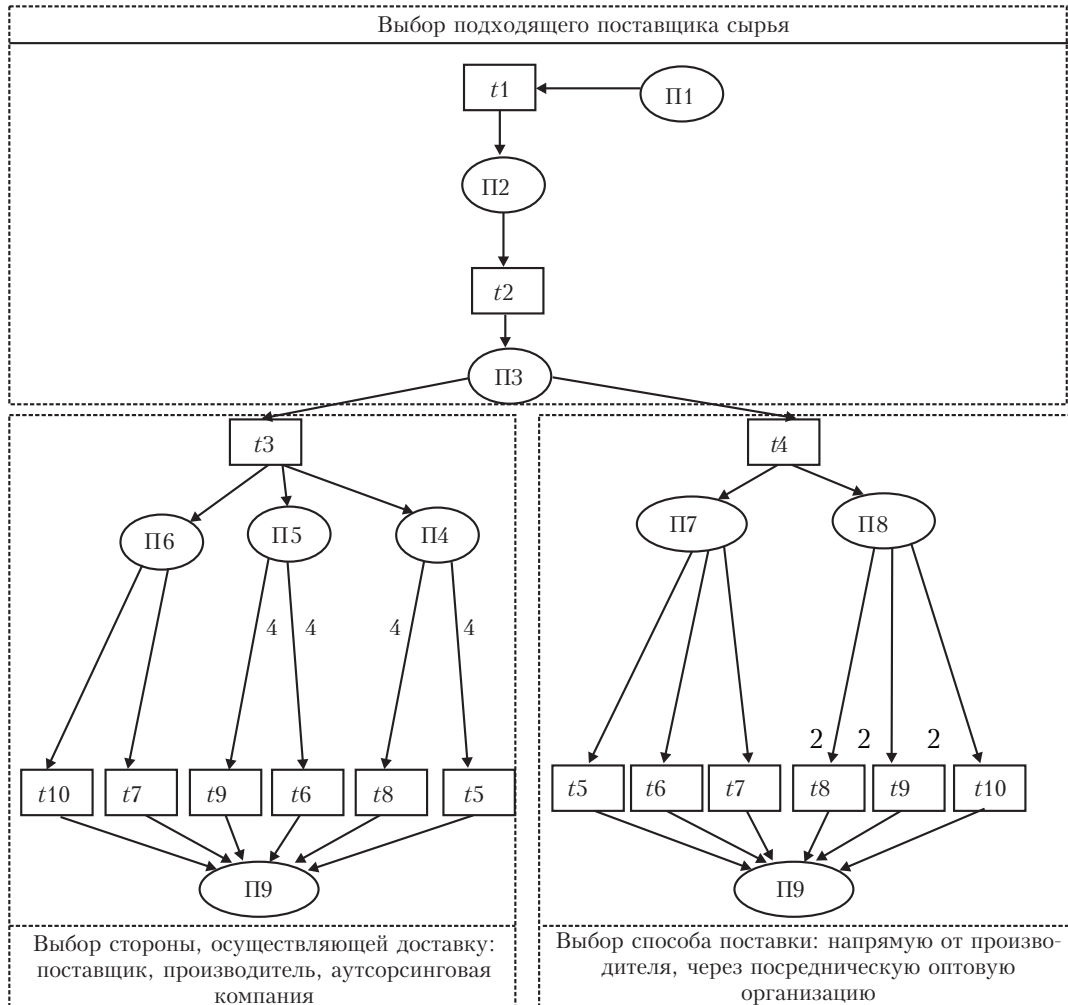
В результате проведенного исследования была разработана методика моделирования логистической цепи поставок материального потока химической продукции в регионе, которая предусматривает выполнение следующих этапов:

- 1) выбор материального потока для моделирования цепи поставок и построение сети Петри;
- 2) проверка корректности сети Петри (выполнение основных свойств сети) на основе ленты достижимости (дерева достижимости);
- 3) преобразование построенной и проверенной на корректность сети Петри в схему логистической цепи;
- 4) оценка параметров оптимальной логистической цепи и ее эффективности.

На первом этапе строится сеть Петри для выбранного материального потока с определением всех ее звеньев и их очередности. На втором этапе проводится проверка корректности построения сети Петри на основе ленты достижимости — линейной формы представления множества состояний сети, достижимых из ее начального состояния. Результатом построения ленты достижимости является определение конечных цепей поставок с учетом вариантности принятия решений на различных этапах сети. На третьем этапе построенная сеть Петри преобразуется в схему логистической цепи. На четвертом этапе осуществляется оценка основных параметров выбранной логистической цепи и определение ее эффективности.

Для апробации разработанной методики была построена логистическая цепь продукции из полимерных материалов в Витебском регионе в части закупочной деятельности (закупка полимерных композиций). В проектируемой цепи производитель полимерных композиций — ОАО «Инвет» — является фокусной организацией, следовательно, цепь строилась, в первую очередь, с учетом его пожеланий и ограничений.

На рисунке приведена построенная сеть Петри цепи поставок (ЦП) сырья (полимерных композиций) для производства продукции из полимерных материалов.



Сеть Петри цепи поставок полимерных композиций для ОАО «Инвет»: П1 — выбран продукт для построения ЦП; П2 — составлен список возможных поставщиков сырья и материалов (база данных); П3 — рассмотренный поставщик соответствует всем требованиям фокусной организации и выбран в качестве контрагента; П4 — доставку сырья и материалов производит поставщик (оптовая организация); П5 — доставку сырья и материалов производит фокусная организация; П6 — доставку сырья и материалов производит аутсорсинговая компания; П7 — поставка производится напрямую от производителя; П8 — поставка производится при участии оптового посредника; П9 — сырье (материалы) доставлено на склад фокусной организации; $t1 - t10$ — управляемые переходы в сети Петри; «2», «4» — количество условий

Представленная сеть позволяет реализовать три способа доставки: силами поставщика, предприятия-производителя или при участии аутсорсинговой компании. Кроме того, сеть предусматривает вероятность транзитной или складской поставки, т. е. напрямую от предприятия-производителя или же при участии оптового посредника. Отметим, что данная сеть предполагает наличие баз данных потенциальных поставщиков (предприятий производителей и оптовых организаций) и транспортных компаний.

Выбор звеньев цепи осуществляется под воздействием изменяющихся условий материального потока (объем поставки, максимальная граница допустимой цены, маршрут доставки, наличие собственного транспорта у одного из контрагентов, стоимость доставки с услугами страхования и экспедирования, время доставки), а также характеристик участников цепи.

Среди указанных условий выделяют основные, такие как объем поставки сырья и готовой продукции, которые влияют на выбор способа транспортировки, а следовательно, и на выбор контрагента, осуществляющего поставку. Чем больше объем поставки, тем выше вероятность привлечения более дешевых видов транспортировки; например железнодорожного. Еще одна важная характеристика — наличие либо отсутствие у одной из сторон собственного транспорта, что также влияет на выбор стороны, осуществляющей поставку.

Анализ полученных вариантов поведения сети Петри производился на основе ленты достижимости, имеющей линейную форму представления множества конечных состояний сети, достижимых из ее начального состояния (табл. 2).

Таблица 2. Лента достижимости

1	2	3	4	5	6	7	8	9
–	$S_0 - t_1$	$S_1 - t_2$	$S_2 - t_3$	$S_2 - t_3$	$S_2 - t_3$	$S_3 - t_4$	$S_4 - t_4$	$S_5 - t_4$
П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П7	П7
S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_6	S_6

Продолжение табл. 2

10	11	12	13	14	15	16	17	18
$S_3 - t_4$	$S_4 - t_4$	$S_5 - t_4$	$S_3 - S_6 - t_5$	$S_4 - S_6 - t_6$	$S_5 - S_6 - t_7$	$S_3 - S_7 - t_8$	$S_4 - S_7 - t_9$	$S_5 - S_7 - t_{10}$
П8	П8	П8	П9	П9	П9	П9	П9	П9
S_7	S_7	S_7	$S_8 - 1$	$S_8 - 2$	$S_8 - 3$	$S_8 - 4$	$S_8 - 5$	$S_8 - 6$

Примечание: S_0 — выбран продукт для построения ЦП; S_1 — составлен перечень потенциальных поставщиков; S_2 — выбран оптимальный поставщик сырья, отвечающий всем требованиям; S_3 — доставка сырья производится поставщиком; S_4 — доставка сырья производится силами предприятия-производителя; S_5 — доставка сырья производится силами аутсорсинговой компании; S_6 — производится прямая доставка; S_7 — закупка через оптового посредника; S_8 — сырье доставлено производителю.

В результате проведенных расчетов было установлено, что лента достижимости имеет 6 конечных результатов, отражающих 6 возможных вариантов логистической цепи закупок требуемых материальных ресурсов:

– материальные ресурсы закупаются напрямую у предприятия-производителя и доставляются силами производителя, т. е. цепь поставок представлена двумя звеньями: производитель материальных ресурсов — фокусная организация, в которой обязательства по транспортировке берет на себя производитель ресурсов ($S_8 - 1$);

– материальные ресурсы закупаются напрямую у предприятия-производителя и доставляются силами фокусной организации, т. е. цепь поставок представлена двумя звеньями: производитель материальных ресурсов — фокусная организация, в которой обязательства по транспортировке берет на себя фокусная организация ($S_8 - 2$);

– материальные ресурсы закупаются напрямую у предприятия-производителя и доставляются силами выбранной аутсорсинговой компании, т. е. цепь поставок представлена тремя звеньями: производитель материальных ресурсов — аутсорсинговая компания — фокусная организация, в которой обязательства по транспортировке берет на себя аутсорсинговая компания (S8 — 3);

– материальные ресурсы закупаются при участии оптового посредника и доставляются силами посредника, т. е. цепь поставок представлена тремя звеньями: производитель материальных ресурсов — оптовая организация — фокусная организация, в которой обязательства по транспортировке берет на себя оптовая организация (S8 — 4);

– материальные ресурсы закупаются при участии оптового посредника и доставляются силами фокусной организации, т. е. цепь поставок представлена тремя звеньями: производитель материальных ресурсов — оптовая организация — фокусная организация, в которой обязательства по транспортировке берет на себя фокусная организация (S8 — 5);

– материальные ресурсы закупаются при участии оптового посредника и доставляются силами аутсорсинговой компании, т. е. цепь поставок представлена четырьмя звеньями: производитель материальных ресурсов — оптовая организация — аутсорсинговая компания — фокусная организация, в которой обязательства по транспортировке берет на себя аутсорсинговая компания (S8 — 6).

Анализ конечных состояний построенной сети показывает, что в ней отсутствуют некоторые тупиковые состояния, в которых не активирован ни один переход, а также нет циклов без выхода. Таким образом, можно сделать вывод о том, что сеть построена корректно.

Далее построенная сеть Петри была преобразована в схему логистической цепи на основе заполнения таблицы условий поставки (табл. 3) и расстановки меток в сети. Данные для заполнения табл. 3 были получены в результате анализа закупочной деятельности ОАО «Инвет».

Таблица 3. Условия поставки полимерных композиций для ОАО «Инвет»

Значение потока		Условие	Эталонное значение			Метка	
Показатель	Значение		Показатель	База данных	Значение		
1	2	3	4	5	6	7	
Размер заказа, т	20	< или =	Производственная мощность поставщика сырья, т	Выбор поставщика из базы данных — ООО «Прайд»	= Производитель	M3 M10	
Максимальная граница допустимой цены, р. за т	800 000	> или =	Цена товара у поставщика сырья, р за т				
Максимальное расстояние до поставщика, км	200	< или =	Расстояние до поставщика, км				
Территориальное расположение поставщика	Только Республика Беларусь	=	Республика Беларусь			= Оптовый посредник	M3 M11
		=	Страны Евразийского экономического союза (ЕАЭС)				
=	Страны, не входящие в ЕАЭС						
Маршрут доставки пролегает по морю	Нет	=	Маршрут доставки пролегает по морю		Нет	M4 и M5	
У поставщика сырья есть собственный транспорт	Да	=	У поставщика сырья есть собственный транспорт		Да	M4	

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
Стоимость доставки силами поставщика сырья, р. за км	3 200	< или =	Стоимость доставки силами поставщика сырья, р. за км		4 500	M4
Время доставки силами поставщика сырья, дней	2	< или =	Время доставки, оговоренное в договоре, дней		5	M4
У производителя есть собственный транспорт	Нет	=	У производителя есть собственный транспорт		Да	M5
Стоимость доставки силами производителя, р. за км	—	< или =	Стоимость доставки силами производителя, р. за км		4 500	M5
Время доставки силами производителя	—	< или =	Время доставки, оговоренное в договоре, дней		5	M5
Требуемое время доставки силами аутсорсинговой компании, дней	2	< или =	Время доставки силами аутсорсинговой компании, дней		Выбор транспортной компании из базы данных — не найдено	= Транспортная компания выбрана
Требуемая стоимость доставки силами аутсорсинговой компании, р. за км	3 200	< или =	Стоимость доставки силами аутсорсинговой компании, р. за км	= Транспортная компания не выбрана		—

Информация, отраженная в табл. 3, позволяет выбрать из базы данных потенциальных поставщиков наиболее подходящего контрагента по таким критериям, как размер заказа, максимальная граница допустимой цены, максимальное расстояние до поставщика, территориальное расположение поставщика. Последние два критерия позволяют выбрать регион, из базы данных которого будет проводиться выбор поставщика (отметим, что базы данных поставщиков и аутсорсинговых компаний имеют региональную группировку). В случае, когда под установленные критерии подходит несколько поставщиков, выбирается наилучший с точки зрения цены заказа и близости к покупателю. Заметим, что приведенные критерии позволяют сделать выбор как в пользу производителя сырья, так и в пользу оптового посредника.

Кроме того, информация, отраженная в табл. 3, позволяет выбрать контрагента, который будет осуществлять доставку сырья: поставщик, производитель или аутсорсинговая компания. Сведения о поставщике заполняются автоматически из базы данных поставщиков, производитель вносит свои данные самостоятельно, а для аутсорсинговой компании устанавливаются определенные ограничения, согласно которым из соответствующей базы данных транспортных организаций делается выбор или определяется отсутствие подходящих под ограничения компаний. Заметим, что все заполняемые значения в табл. 3 разделены на две группы: значения потока и эталонные значения. Значения потока заполняются фокусной организацией, за исключением информации о поставщике, которая заполняется автоматически из базы данных по выбранному контрагенту. Эталонные значения представляют собой показатели, заложенные в базы данных поставщиков и аутсорсинговых компаний, за исключением показателей о производителе, которые заполняются самой фокусной организацией и представляют собой оптимальный вариант, в случае собственной поставки. Отметим, что сеть Петри позволяет устанавливать приоритетность путей, т. е. в случае, когда подходят несколько вариантов поставки, выбор делается в пользу производителя. Следующим по приоритетности стоит поставщик и на последнем месте — транс-

портная компания. Если происходит заказ сразу нескольких видов ресурсов у одного или нескольких поставщиков, сеть Петри позволяет ставить их в очереди в случае прохождения ими полностью или частично одинакового маршрута.

Согласно информации, содержащейся в табл. 3, ОАО «Инвет» планирует заказать 20 т полипропилена, максимальная цена, по которой предприятие готово производить закупку, — 800 000 р. за т, максимальное расстояние до поставщика не должно превышать 200 км, территориальное расположение поставщика — Республика Беларусь (т. е. в пределах Витебского региона). По предъявленным требованиям из списка базы данных было выбрано ООО «Прайд», которое является предприятием-производителем. В результате, выбранная схема цепи поставок полимерных композиций для ОАО «Инвет» представлена двумя звеньями: поставщик — потребитель, транспортировку осуществляет поставщик сырья. Построенная цепь поставок является оптимальной, так как с помощью сети Петри из списка потенциальных контрагентов (базы данных поставщиков и аутсорсинговых компаний) были выбраны те, которые позволяют фокусной организации минимизировать стоимость заказа, а также затраты и время поставки, с учетом установленных ограничений и пожеланий.

Таким образом, достоинствами моделирования на основе построения сетей Петри является, во-первых, способность использовать обширную информацию о потенциальных посредниках и выбирать из них оптимальные схемы доставки с точки зрения скорости, стоимости, надежности поставки, прозрачности и гибкости цепи. Во-вторых, за счет выполнения установленных фокусной организацией условий и расстановки приоритетности сеть позволяет рационально распределить обязанности по доставке и сопровождению груза между звеньями цепи. В-третьих, возможность постановки заказов в очереди позволяет с помощью сетей Петри формировать комплексные поставки и находить «узкие места» в цепи.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. — Дата доступа: 25.01. 2014.
2. Губенко, В.К. Городская логистика / В.К. Губенко, А.А. Лямзин // Вестн. Приазов. гос. техн. ун-та. — 2009. — № 1. — С. 271–275.
Gubenko, V.K. Gorodskaya logistika [City logistics] / V.K. Gubenko, A.A. Lyamzin // Vestn. Priazov. gos. tehn. un-ta. — 2009. — No 1. — P. 271–275.
3. Костина, С. Опыт применения сетей Петри для исследования логистических систем / С. Костина // Информационные технологии. — 2012. — № 2. — С. 18–21.
Kostina, S. Opyit primeneniya setey Petri dlya issledovaniya logisticheskikh sistem [Experience of using Petri nets for the study of logistics systems] / S. Kostina // Informatsionnyie tehnologii. — 2012. — No 2. — P. 18–21.

IRINA PALIASHUK, VOLHA HULIAHINA

MODELING OF REGIONAL SUPPLY CHAIN OF CHEMICAL PRODUCTS BY MEANS OF PETRI NETS

Authors affiliation. *Irina PALIASHUK* (i.poleshuk@rambler.ru), *Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus)*; *Volha HULIAHINA* (dolchik2003@mail.ru), *Polotsk State University (Polotsk, Belarus)*.

Abstract. The article examines the issues of rationalization of supply chains of chemical products, the formation of an optimum combination of its links, and the best allocation of functions between them. Modeling techniques are suggested for the regional logistical supply chain of the material flow of chemical products based on Petri nets is suggested.

Keywords: supply chain, Petri nets, chemical products.

UDC 658

*Статья поступила
в редакцию 27.01. 2015 г.*

Е.А. МЕТЕЛЬСКИЙ, Д.Н. МЕСНИК

ОБОСНОВАНИЕ УРОВНЯ СТОИМОСТИ РЕМОНТНЫХ УСЛУГ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Приводимые в статье расчеты экономически обоснованного уровня стоимости ремонтных услуг транспортных средств позволят исключить превышение объема нормочаса со стороны производителей данных услуг и активизировать рынок ремонтных услуг предприятий производственно-технического обслуживания.

Ключевые слова: услуга по ремонту, стоимость, восстановительный ремонт, устранение дефекта, техническое обслуживание и ремонт.

УДК 629.08; 330.133 (476)

Цель проводимого исследования — определить рациональный уровень стоимости ремонтных восстановительных услуг транспортных средств в меняющихся условиях деятельности предприятий производственно-технического обслуживания.

Особенность используемой методики определения стоимости ремонтных услуг состоит в превышении станциями технического обслуживания (СТО) нормативов времени выполнения ремонтных рабочих операций, а не услуги как конечного продукта, отвечающего требованиям потребителей. Рассмотрим пример отказа дорожно-транспортного средства (ДТС) в результате выхода из строя подшипника угла поворота передней стойки автомобиля. Обычно заявка оформляется по заказу-наряду в графе «Вид работ» следующей записью: «Замена подшипника передней опорной стойки автомобиля». Под данную запись производитель услуг выставляет стоимость услуги или стоимость рабочей операции, входящей в состав этой услуги. При этом производителем предлагается за дополнительную оплату (с крайней необходимостью оказания данной услуги) произвести те или иные работы, которые по определению услуги входят в ее состав рабочей операцией, скажем, сделать развал/схождение колес автомобиля. Выставив рабочую операцию дополнительной услугой,

Евгений Александрович МЕТЕЛЬСКИЙ (eugene.metelskiy@gmail.com), ведущий экономист Республиканского торгового унитарного предприятия «Белзарубежторг» (г. Минск, Беларусь);

Дмитрий Николаевич МЕСНИК, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□. □□□□□□□□□□.