

УДК 656.212.7

В. С. ЗАЙЧИК, ведущий инженер; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТАНЦИЙ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ

Приводятся основные положения по моделированию работы станции передачи вагонов: постановка задачи оптимизации технологических линий, порядок моделирования, концепция формирования критерия выбора вариантов, а также результаты расчетов по определению наилучшего варианта технологии пропуска грузов через Государственную границу

Постановка задачи оптимизации пропуска вагонопотока через Государственную границу. В последнее время намечается определенный кризис в перевозке грузов железнодорожным транспортом как в Республике Беларусь, так и в масштабах Европы. Железные дороги ощущают значительную конкуренцию со стороны автомобильного транспорта, при этом основным фактором конкуренции является срок доставки. Грузовладельцы все больше предпочитают перевозить свои грузы автомобильным транспортом, невзирая на более высокие тарифные ставки. И это неудивительно. Если сравнить потери от «замораживания» капитала на колесах в процессе перевозки, то окажется, что железная дорога оказывается в значительном проигрыше. И в данном случае можно смело утверждать, что никакие дополнительные сервисные услуги не окупят превышения срока доставки.

Особенно актуальной становится проблема оттока клиентов при перевозке грузов с участием нескольких стран. Потери в данном случае измеряются в валюте, а потери имиджа в глазах партнера являются невозможными. В связи с этим перед Белорусской железной дорогой (БЧ) все жестче ставится условие доставки грузов в максимально сжатые сроки. Невыполнение этого требования приведет к потере транзитного грузопотока, который приносит львиную долю прибыли в дорожный бюджет.

Еще одним аспектом конкурентной борьбы за клиентуру является пересечение интересов БЧ с интересами железных дорог соседних государств [1]. Несмотря на то, что кратчайший путь из Москвы и Северо-западного региона проходит через Беларусь, нерациональные технологии пропуска вагонов могут привести к следованию основного грузопотока мимо нашей страны, тем более, что существует ряд проектов, представляющих угрозу для БЧ. Так, давно витает в воздухе идея создания терминала с глубоким вводом колеи 1435 мм на Литовских железных дорогах. Российские железные дороги открыли для работы аналогичный тер-

минал на станции Черняховск. Украинские железные дороги проводят работы по улучшению качества перевозочного процесса в рамках своих транспортных коридоров. И если в направлении Восток-Запад БЧ сумела завоевать и пока удерживает приоритетные позиции, то в направлении Север-Юг борьба только разворачивается. Например, Украинские и Польские железные дороги разработали проект, по которому груз может быть перевезен в Среднюю Азию без участия Беларуси (маршрут Гданьск – Одесса).

Таким образом, становится очевидным необходимость пересмотра концепции пропуска вагонопотоков, следующих через Государственную границу. Решение данной задачи подразумевает решение таких подзадач, как сокращение количества переработок состава в пути следования, увеличение длины гарантийных плеч коммерческого осмотра и технического обслуживания и т. д. Однако основной проблемой является оптимизация технологических режимов работы станций передачи вагонов (СПВ), осуществляющих прием и передачу грузов на границах. И если технологии работы пограничных перегрузочных станций, расположенных на границе с Республикой Польша, активно исследуются и оптимизируются, то для станций, расположенных на границах со странами СНГ и Балтии, такие исследования начали проводиться только три года назад. Аналогичная ситуация сложилась и в других странах за исключением разве что Украины, где в рамках государственной программы ведутся научные разработки и уже получены интересные результаты. При этом очевидно, что если в ближайшее время не будут предприняты меры по решению данной задачи, то отставание может стать фатальным для позиций БЧ на транспортном рынке.

В общем виде задача принятия решения по выбору оптимальной организации передачи грузов через Государственную границу считается заданной, если известны следующие параметры:

1 Цель расчета – установить для системы оптимальный набор и последовательность выполне-

ния технологических операций, а также определить необходимое количество каналов для пропуска материального и документального потоков через различные подсистемы станции передачи вагонов.

2 Критерий выбора варианта – целевая функция, включающая в себя комплексную оценку варианта.

3 Варианты организации технологии – представлены графом вариантов, который позволяет рассмотреть различные сочетания технологий приема и сдачи.

4 Ограничения выбора варианта – технологические (общие требования к безопасности движения, организации перевозочного процесса и т. д.), технические (наличие парка технических средств, путевое развитие и т. д.), экономические (общие требования по эффективности производства, ресурсо- и энергосбережение), политические (вхождение в единое таможенное пространство и др.).

Моделирование работы станций передачи вагонов. Любой технологический процесс состоит из совокупности элементарных технологических операций. Построенная таким образом на определенном уровне разбиения линия может быть подвергнута детализовке каждой операции по иерархическому дереву (рисунок 1).

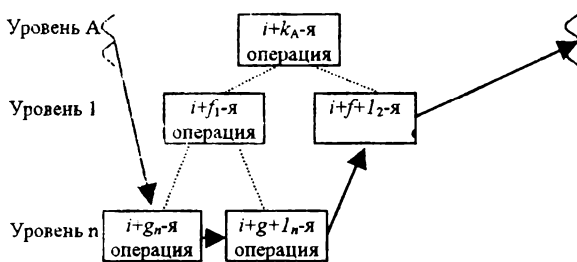


Рисунок 1 – Детализовка элементарной операции (..... – направление разложения операции на более элементарные, → – направление моделирования)

Графически после разбиения технологический процесс все равно будет представлен одноуровневой линией (на рисунке 1 показана сплошной стрелкой).

Следует отметить, что все ранее проводимые исследования по вопросу моделирования технологических линий на станциях затрагивали только материальный поток (вагоны). Но в процессе пропуска поездов через станцию обрабатываются не только вагоны, но и документы, причем обработка идет по возможности одновременно. В связи с этим технологический процесс распадается на две линии: для вагонов и для документов. Однако в связи с различными параметрами пропуска материального и документального потоков на одной из этих линий обработка может закончиться быстрее, что приводит к появлению непроизводительного

простоя, не связанного с выполнением технологических операций. Особенно ярко эта тенденция выражена именно на станциях передачи вагонов, что обусловлено резким увеличением по сравнению с внутренними техническими станциями времени документального оформления. В связи с этим моделируются обе технологические линии обработки.

Математический аппарат для моделирования создан на основе теории массового обслуживания [2]. В расчетах учитывается как непосредственное время выполнения операций, так и время ожидания в очереди, которое зависит от пропускной способности канала и количества каналов.

При загрузках системы не более 0,75–0,80 точность расчетов простоя в ожидании выполнения операций можно рассчитать по формуле для одноканальных систем массового обслуживания без приоритета

$$t_{ож} = \frac{\rho^2(v_{вх}^2 + v_{обсл}^2)}{2\lambda(1-\rho)}, \quad (1)$$

где ρ – загрузка системы; $v_{вх}$ – коэффициент вариации интервалов между моментами поступления требований в систему; $v_{обсл}$ – коэффициент вариации длительности обслуживания; λ – интенсивность входного потока заявок.

При $\rho > 0,8$ значения, рассчитанные по формуле (1), получаются больше экспериментальных. Кроме того, с увеличением ρ значения $t_{ож}$ возрастают и при ρ , близких к 1, достигают значительной величины что объясняется следующей причиной: значение в знаменателе стремится в этом случае к нулю, а простой становится бесконечно большим. Однако если в реальных условиях загрузка устройства составляет 1, то время ожидания является все-таки конечной величиной. Поэтому в одноканальных системах массового обслуживания рекомендуется для $\rho > 0,8$ использовать формулу

$$t_{ож} = \frac{0,353K(v_{вх}^2 + v_{обсл}^2)}{(\lambda + 0,27)(1,042 - K\rho)}, \quad (2)$$

где $K = 0,003\lambda + 1,005$. (3)

Среднее время ожидания выполнения операций при произвольном законе распределения входящего потока для многоканальной системы без приоритета определяется по формулам:

для $\rho < 0,8$

$$t_{ож} = \frac{\rho^2(v_{вх}^2 + v_{обсл}^2)\alpha_s}{2\lambda(1-\rho)(1-(1-\rho)v_{вх}^2)}, \quad (4)$$

для $\rho \geq 0,8$

$$t_{ож} = \frac{0,353(v_{вк}^2 + v_{обсл}^2)\alpha_s}{(\lambda + 0,27)(1,042 - K\rho)}, \quad (5)$$

где α_s – коэффициент взаимопомощи в работе одноканальных систем, совокупностью которых представляется система многоканального обслуживания.

При $s < 3,5$

$$\alpha_s = \frac{\rho^2 s^2}{((s-1)(s-2) + \rho(2s + \rho s - 2))}, \quad (6)$$

при $s \geq 3,5$

$$\alpha_s = \frac{1}{(2,96 - \rho)0,7^{s(1-\rho)}}, \quad (7)$$

где s – число каналов обслуживания; ρ – относительная нагрузка системы обслуживания.

При расчете все фазы приводились к условию стационарности системы массового обслуживания:

$$\frac{\rho}{s} < 1. \quad (8)$$

Смысл этого условия состоит в том, что суммарная интенсивность обслуживания, созданная всеми s одновременно работающими каналами должна быть строго больше интенсивности входного потока заявок λ . Если это условие не выполняется, то не существует предел геометрической прогрессии, математически определяющий финальную вероятность свободного состояния системы. При этом заявки в системе будут скапливаться, и их число будет постоянно расти.

Вместе с тем моделирование и пересмотр всех вариантов представляет собой определенные трудности расчетного плана, поэтому необходимо использовать специальные программные средства, при создании которых нужно предусмотреть не только возможность изменений параметрического или структурного характера, но и возможность на основании определенного критерия ранжировать варианты развития технологических линий.

Определение критерия выбора варианта. В качестве критерия должен быть выбран показатель, который объективно отражал бы все преимущества и недостатки оцениваемого варианта. При этом возможно несколько подходов к формированию критерия.

Использование критерия времени подразумевает оптимизацию процесса с минимизацией общей продолжительности выполнения всех операций:

$$T_{общ} = \sum_{i=1}^n t_i \rightarrow \min, \quad (9)$$

где t_i – время, затрачиваемое на выполнение i -той операции (включая все сопутствующие затраты времени: технологически обусловленное ожидание, подготовительные операции и т. д.).

Преимуществами данного критерия являются: явное целочисленное выражение выгодности процесса; простота определения целевой функции и сопутствующих показателей (вагоно-часы, локомотиво-часы, трудоемкость и т. д.); простота определения оптимального варианта. Однако данный критерий характеризует процесс только с точки зрения сокращения временных затрат, не учитывая средства, которыми достигается данное сокращение. Поэтому данный критерий может использоваться только на стадии предварительной оценки.

Обобщенный критерий представляет собой средневзвешенную величину баллов, присваиваемых каждой категории показателей, описывающих процесс:

$$OK = \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i \rightarrow \max, \quad (10)$$

где α_i – весовой коэффициент i -той категории; K_i – баллы по i -той категории.

Такой подход позволяет оценить вариант со всех сторон. При использовании обобщенного критерия появляется возможность подбора варианта под заданные параметры. Однако основной недостаток данного варианта заключается в сложности разработки системы оценок. Помимо определения уровня коэффициентов необходимо также определить саму оценочную шкалу каждого параметра. Основным инструментом для этого является метод экспертных оценок. И действительно, при оценке отдельных технических устройств обобщенный критерий дает наилучшие результаты. Но использовать данный метод в случае оценки технологического развития станций передачи вагонов затруднительно в связи с недостаточным количеством и квалификацией экспертов для оценки.

Функционально-стоимостной критерий позволяет определить оптимальный вариант с учетом наибольшего числа факторов. Практически все параметры технологической линии пропуска поездов через Государственную границу можно выразить через финансовые показатели. Сам эффект может быть представлен либо в виде суммарных затрат на реализацию линии D'_i , либо в виде суммарной экономии различных ресурсов D''_i :

$$\begin{aligned} \Psi' &= \sum_{i=1}^n D'_i \rightarrow \min, \\ \Psi'' &= \sum_{i=1}^n D''_i \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (11)$$

В первом случае определяются все стоимостные параметры, а во втором – изменение этих параметров относительно некоторого эталонного варианта. Таким образом, очевидно, что именно

данный критерий наилучшим образом отвечает поставленной задаче.

В общем виде целевая функция оценки варианта состоит из двух частей

$$Ц = Ц^3 + Ц^к \rightarrow \min, \quad (12)$$

где $Ц^3$ – расходы, возникающие непосредственно при переработке вагонопотока; $Ц^к$ – косвенные потери железной дороги и клиентов, возникающие в связи с замедлением продвижения вагонов через Государственную границу.

Помимо этого в целевую функцию-критерий могут быть включены капитальные вложения, если для реализации технологии требуется внедрение новых технических средств.

Первая часть функции учитывает затраты на вагоно-часы простоя, оплату работы персонала станции, бригад маневровых локомотивов и т. д.

Вторая часть состоит из ряда составляющих, которые отражают возможные потери железной дороги и клиента. В качестве примера можно назвать следующие составляющие: потери клиента от замедления доставки ($Ц_{\kappa}^k$); потери клиента от превышения стандартного срока доставки¹ ($Ц_{\text{срок}}^k$); потери от возможного использования вагонов ($Ц_{\text{ваг}}^k$) и т. д.

Сформированный таким образом функционально-стоимостной критерий позволит определить рациональный вариант технологии пропуска грузов через Государственную границу из множества альтернатив.

Результаты моделирования. Последним этапом подготовки к моделированию является формирование конкурентоспособных вариантов технологии пропуска, которые составляют связанные пары приема-сдачи, т. е., как правило, можно установить соответствие между вариантами организации работы по пропуску грузов во встречных направлениях. Таким образом, можно сформировать граф, вершинами которого являются варианты реализуемых технологий, а дуги характеризуют варианты пар реализуемых технологий для каждой конкретной станции [3]. При создании связей необходимо провести логический анализ, который позволит уменьшить количество вариантов.

Рассмотрим пример моделирования работы станции передачи вагонов (исходные данные по продолжительности операций основаны на базе статистических данных, собранных за 2000–2001 г. г. по станции Молодечно). В качестве альтернативных вариантов примем следующие:

В1 – Типовая технология работы с полной проверкой документов в таможенных органах [4];

В2 – Технология работы с предварительным декларированием грузов [5];

В3 – Технология работы без составления ДКД с первичной проверкой в таможенных органах [4];

В4 – Технология работы с совместным приемом-сдачей на единой станции передачи для двух дорог [6, 7].

Результаты моделирования приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты моделирования продолжительности простоя составов на СПВ

Количество пар поездов	Суммарный простой на станциях приема и сдачи, ч			
	В1	В2	В3	В4
5	23,34	28,19	16,65	13,22
10	24,96	24,79	17,32	13,39
15	25,59	25,25	18,22	13,99
20	22,55	22,13	14,16	12,31
25	16,51	16,41	11,19	10,00
30	17,94	17,30	12,31	11,59
35	18,32	18,26	12,12	11,02

Таблица 2 – Результаты расчета целевой функции оценки качества функционирования станции передачи вагонов

Количество пар поездов	Удельные расходы на пару поездов, у. е.			
	В1	В2	В3	В4
5	479	534	393	429
10	402	405	303	316
15	390	390	295	282
20	352	352	244	251
25	282	285	206	225
30	284	281	207	222
35	288	284	204	220

Таким образом, наиболее выгодным из рассмотренных вариантов передачи грузов через Государственную границу является отмена составления документа контроля доставки. Однако реализация данной технологии возможна только при едином таможенном пространстве соседних стран. Типовая технология организации работы и технология работы с предварительным декларированием являются примерно равнозначными, однако вторая имеет ряд преимуществ, таких как возможность заблаговременного планирования работы, резкое снижение количества непринятых вагонов и т. д.

В целом результаты моделирования дают возможность точного указания оптимальной организации технологических линий на станциях передачи вагонов.

Выводы

1 Решение задачи оптимизации технологических линий передачи грузов через Государственную границу является важнейшим критерием повышения конкурентоспособности Белорусской железной дороги на внешнем и внутреннем транспортных рынках.

¹ Под стандартным сроком доставки понимается время, за которое груз может быть доставлен по железной дороге без учета дополнительного времени на пересечение Государственной границы согласно СМГС.

2 Существующие методы оценки функционирования станций передачи вагонов не дают удовлетворительного результата в связи с тем, что проблема решается только со стороны материального потока. Однако сложившаяся ситуация, когда операции по оформлению документов задерживают груз, требует комплексного рассмотрения технологических линий переработки материального и документального потоков, что учтено в предлагаемой концепции решения. Помимо этого методика предполагает комплексное рассмотрение линий по приему и сдаче грузов, которые являются асимметричными.

3 Для решения поставленной задачи необходимо составить модель функционирования станции передачи вагонов с учетом всех необходимых параметров. Составленная модель легко просчитыва-

ется с использованием средств вычислительной техники, что позволит быстро находить решение для каждой конкретной станции.

4 В качестве критерия оценки выбирается целевая функция, которая учитывает как расходы, возникающие непосредственно на станции, так и косвенные потери железной дороги и клиента. Данный критерий позволяет учесть все особенности работы СПВ и определить оптимальный вариант организации работы.

5 Приведенный пример показывает, что предлагаемая методика может быть использована для оценки любых вариантов комбинаций технологических операций, причем для станций передачи вагонов, расположенных как на границе со странами СНГ и Балтии, так и на границе с дальним зарубежьем.

Список литературы

1 *Гринецкий М. А., Зайчик В. С.* Исследование влияния технологии работы станций передачи вагонов на конкурентоспособность Белорусской железной дороги при перевозке транзитных грузов // Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса: Труды Международ. науч.-практ. конф. / Под общ. ред. *Сенько В. И.* Гомель: БелГУТ, 2001. – С. 188-189.

2 *Циркунов Г. А., Еловой И. А., Зайчик В. С.* Расчет временных параметров технологического процесса пограничной перегрузочной станции. – Гомель: БелГУТ, 2000. – 38 с.

3 *Зайчик В. С.* Проблемы создания многовариантной технологии работы пограничных передаточных станций // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). Вып. 1/Под ред. *Гизатуллиной В. Г.* – Гомель:

БелГУТ, 2001. – С. 189-195.

4 *Зайчик В. С.* Решения по организации технологического процесса работы конторы передачи на станциях передачи вагонов // Актуальные вопросы организации грузовой и коммерческой работы, экономики и маркетинга на транспорте. Вып. 2/Под ред. *Елового И. А.* – Гомель: БелГУТ, 2001. – С. 89-96.

5 *Кореньков А. Н.* Взаимодействие железной дороги и таможенных органов // Железнодорожный транспорт. – № 1. – 2000. – С. 24-28.

6 *Буте К.* Грузовое сообщение: ускорение пересечения границы с переходом на другую ширину колеи // Бюллетень ОСЖД. – № 5. – 1998. – С. 14-18.

7 На стыке тысячелетий – на стыке дорог: Материалы междунар. конф. 22–24 мая 2001 г., г. Брест. – Мн.: Тэхналогія, 2001. – 148 с.

Получено 01.02.2002

V. S. Zaichyk. Research of technological modes of cars-transferring stations operations.

The basic rules on modeling work of cars-transferring station are given: task production of technological lines optimization, order of modeling, concept of criterion formation for variants selection, and also results of accounts by definition of the best technological variant of the cargoes passing through State border.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт, 2002. № 1(4)

УДК 69.035.4

И. А. КУДРЯВЦЕВ, доктор технических наук; А. А. ВАСИЛЬЕВ, аспирант; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Приводятся результаты наблюдений за состоянием подземных коммуникаций. Дана оценка отдельных факторов, влияющих на преждевременный выход конструкций из строя. Предложен подход по оценке долговечности труб из железобетона.

Проблемы обеспечения безопасной работы фекальных и ливневых канализаций привлекают особое внимание в связи с тем, что для них частота проявления серьезных поврежде-