

Определение рационального задела при прохождении материального потока по логистической цепи

И.М. ЦАРЕНКОВА

Представлена классификация материалов, используемых при реконструкции автомобильных дорог, в зависимости от степени развития производственных мощностей в регионе. Предлагается для снижения затрат на материальные ресурсы и транспортных расходов при реконструкции автомобильных дорог обеспечение объекта материалами осуществлять путем формирования логистической системы, состоящей из звеньев осуществляющих логистические операции по продвижению не отдельно взятых групп материалов, а совокупного материального потока на объект реконструкции. Приводится разработанная методика расчета параметров рационального текущего задела по материальному потоку в условиях ритмичной работы на реконструируемом объекте.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожно-строительные материалы, логистическая система, материальный поток, реконструкция.

The article presents the classification of materials used in reconstruction of roads depending on the degree of development of production capacities in the region. It is proposed to reduce the cost of material resources and transport costs for reconstruction of roads provision of object materials to be implemented through the formation of a logistics system consisting of units engaged in logistics operations promote not individual groups of materials and total material flow for object reconstruction. The method of calculation of rational parameters of the current backlog of material flow in a smooth process on the reconstructed object is proposed.

Keywords: road, road construction materials, logistic system, material flow, reconstruction.

Введение. В дорожном строительстве потребляется большое количество материальных ресурсов. Часть из них производится для конкретного объекта, например, для отсыпки насыпей земляного полотна разрабатывается в карьерах, резервах или выемках грунт с заданными физическими свойствами, приготавливаются асфальтобетонные и другие смеси на стационарных и мобильных предприятиях. Основная же часть используемых при реконструкции автомобильных дорог материалов производится отечественными организациями-изготовителями и поступает на объекты в соответствии с графиком поставок (щебень, цемент, битум, железобетонные конструкции и изделия, металлические трубы и др.).

С целью их использования при расчете сметной стоимости строительства автомобильных дорог сформирована республиканская нормативная база текущих цен на строительные материалы, представляющая собой систему, структура и методы которой позволяют создавать укрупненные группы строительных материалов, перечень и номенклатура которых увязана с нормативами расхода ресурсов в натуральном выражении, объединенных по наименованию, технической характеристике и единице измерения. Основные технические характеристики строительных материалов определяются техническими условиями или другими нормативными техническими документами на их применение [1, с. 6].

В зависимости от степени развития производственных мощностей по конкретному укрупненному перечню материалов разделим их на следующие группы:

– дорожно-строительные материалы, по которым на территории региона (республики) отсутствуют организации-изготовители (например, некоторые виды стабилизирующих и полимерных добавок для асфальтобетона и активации минеральных материалов);

– дорожно-строительные материалы, имеющие небольшой удельный вес объемов производства на территории региона (республики) по сравнению с размерами потребления (например, отдельные элементы временных дорожных ограждений);

– индивидуальные материалы, применение которых носит ограниченный характер (например, высокий уровень цен, наличие у подрядной организации прогрессивной технической базы, специальный уровень требований к квалификации специалистов, инновационные технологии, проходящие апробацию на производстве);

- дорожно-строительные материалы, имеющие единственную организацию-изготовителя на территории региона (республики) (например, гранулированное резинобитумное вяжущее);
- дорожно-строительные материалы, имеющие несколько организаций-изготовителей на территории региона (республики).

В составе проектов организации строительства автомобильных дорог, по решению заказчика, разрабатываются оптимальные транспортные схемы поставок всех материалов, используемых при производстве работ, с учетом рационально сложившихся условий и расстояний их перевозки от предприятий-изготовителей до строительной площадки без учета необоснованных перевалочных баз (складов) [2, с. 1]. Традиционно с учетом вышеприведенной классификации дорожно-строительные материалы, транспортные схемы либо разрабатываются проектной организацией только под конкретный объект, либо организацией-изготовителем для сбыта своей продукции, либо организацией-поставщиком по тем материалам, с которыми она работает. Критерием, определяющим тот или иной вариант транспортировки материалов, является минимальная стоимость перевозки для организации-плательщика услуг. В таком случае материально-техническое обеспечение технологических процессов строительства автомобильной дороги осуществляется исключительно под воздействием производственных требований и не учитывает принципы экономической эффективности.

Выполнению строительно-монтажных работ на объектах дорожного строительства с использованием привозных и местных материалов предшествует значительная работа по заключению договоров поставки, транспортировки, хранения материалов, согласованию условий и объемов перевозок, разработке графиков поставки с целью бесперебойного обеспечения строительства и сдачи объекта в установленные сроки. В процессе задействовано много организаций: заказчик, подрядные организации, управление производственно-технической комплектации, поставщики, посредники, железная дорога, автотранспортные организации и др. Так как реконструкция автомобильной дороги занимает длительный период времени, в течение которого осуществляется огромное количество процессов, связанных с поставкой и потреблением материальных ресурсов, на каждом их этапе возникают затраты, снижающие эффективность проекта.

Для снижения удельного веса затрат на материальные ресурсы в составе сметной стоимости строительства автомобильных дорог, требуется учет критериев, определяемых отраслевой особенностью организации выполняемых видов работ. Система усложняется, если подрядная организация работает на нескольких объектах, расположенных в одном или разных регионах, либо, наоборот, на объекте значительной линейной протяженности занято несколько дорожно-строительных управлений.

Оценка необходимости создания заделов при продвижении материального потока по логистической цепи. В настоящее время во всех отраслях экономики страны и особенно в транспортной, активно развивается относительно новое научное и практическое направление деятельности, по интеграции управления процессами движения совокупности материальных, информационных и других потоков в экономических системах.

Повышение требований, предъявляемых к состоянию автомобильных дорог республики в соответствии с процессами глобальной интеграции в международную транспортную сеть, усложнение финансовых механизмов реализации дорожных проектов, изменение структуры видов работ, в сторону увеличения объемов по реконструкции, как следствие, увеличение количества потребляемых дорожно-строительных материалов, необходимость совершенствования их сортировки, комплектации, укрупнения и хранения, приводят к необходимости рассмотрения деятельности организаций прямо или косвенно связанных с дорожным строительством в составе логистической системы.

Известно, что логистическая система представляет собой сложную иерархическую структуру, охватывающую производителей, поставщиков, потребителей и транспортные организации различных ведомств по управлению материальными потоками [3, с. 29].

Представим логистическую систему, формируемую при реконструкции дороги, как упорядоченную совокупность взаимосвязанных элементов, в которой осуществляется плани-

рование, организация, управление и изменение материального и сопутствующих ему потоков, начиная от добычи сырья до сдачи объекта в эксплуатацию. Ее целью является поставка материальных ресурсов для строительно-монтажных работ по реконструкции в заданное место, в нужном количестве, необходимого качества при заданном уровне издержек.

Интегрирующая функция логистики в процессе управления материальным потоком при реконструкции автомобильной дороги выражается через:

- интеграцию функции определения потребности в материальных ресурсах с учетом темпа производства работ на объекте с функциями формирования хозяйственных связей по их поставке;
- координацию оперативного управления поставками, процессом транспортировки материальных ресурсов на объект и производственным потреблением материальных ресурсов по всей длине реконструируемого участка;
- кооперацию в управлении сквозным материальным и сопутствующим ему информационным потоками через создание единого органа с целью их оптимизации;
- оптимизацию совокупных транспортных расходов на поставку дорожно-строительных материалов путем экономической заинтересованности организаций в повышении эффективности движения материального потока, за счет разработки логистических схем;
- развитие специфических функций управления движением материального потока в увязке с традиционными функциями организации технологических процессов, рациональное распределение их между организациями и концентрация в созданной структуре.

Инфраструктура логистической системы используется для формирования эффективных логистических схем доставки разных видов отправок дорожно-строительных материалов различными видами сообщения. Участникам логистического процесса важно обеспечить непрерывность отправок материалов с целью своевременного удовлетворения спроса в процессе производства работ. Когда материальный поток в логистической цепи перемещается по звеньям с различной производительностью от источника к потребителю, на последовательно расположенных участках такого движения скорость потока и объем разные. Для постоянного потока, скорость на всех участках движения цепи одинакова, но при нестационарном движении показатели меняются, что приводит к уменьшению скорости в звеньях с малой пропускной способностью и создается дополнительный риск остановки цепи, но в то же время требуется меньше затрат на содержание данного участка. При этом в движении материальных и информационных потоков могут возникать не только доходы, но и расходы, а величина дохода ограничивается пропускной способностью цепи в самом узком месте. Поэтому важно оперативно создавать условия для оптимизации логистических процессов на таких участках.

Для реконструкции автомобильной дороги требуется обработка R укрупненных групп материалов, в процессе которой необходимо выполнить M логистических операций. Под логистической операцией понимается любое действие, направленное на преобразование материального и (или) информационного потоков, не подлежащее дальнейшей декомпозиции. Самой распространенной является транспортировка материалов, конструкций и изделий, затем следует складской провайдинг (складское хранение товарно-материальных ценностей клиента плюс дополнительные услуги по комплектации партий, упаковке, маркировке и т. д.). В последнее время наблюдаются тенденции по развитию объединенной услуги склада и доставки товара до потребителя: объединение услуг в пакет дает значительное снижение затрат. Важными операциями являются: таможенное оформление грузов, осуществление всех функций по взаимодействию с таможенной службой.

Если обозначить через t_i фактическое время выполнения i -ой операции, то фактическое время ее выполнения будет находиться в пределах $[t_i - \delta_i, t_i + \delta_i]$, δ_i – погрешность выполнения операций.

В соответствии с принятой технологией обработки партии поставляемых материалов введем матрицу $B \dots$, элементы которой

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если выполняется } i\text{-я операция для } j\text{-ой партии материала;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Среднее время обработки всех необходимых для реконструкции объекта материалов

$$T = \max_{1 \leq j \leq R} \sum_{i=1}^M t_i b_{ij}.$$

Фактическое время в таком случае

$$T + Y = \max_{1 \leq j \leq R} \sum_{i=1}^M (t_i + Y_i) b_{ij},$$

где Y – отклонение времени обработки материалов от средней величины, Y_i – отклонение времени выполнения i -ой логистической операции от средней величины.

Отклонение времени выполнения логистических операций от средней величины

$$Y = \max_{1 \leq j \leq R} \sum_{i=1}^M (t_i + Y_i) b_{ij} - \max_{1 \leq j \leq R} \sum_{i=1}^M t_i b_{ij}.$$

Положив, что реализация максимума происходит на одной и той же партии материалов с номером j_0 , получим предыдущее выражение в виде $Y = \sum_{i=1}^M b_{ij_0} \bar{Y}_i$.

Если принимается крупная партия материалов с увеличенным количеством логистических операций (например, дорожно-строительные материалы, по которым на территории региона отсутствуют организации-изготовители или индивидуальные материалы), предыдущая формула примет вид

$$Y_q = \sum_{i=1}^{M_q} b_{iq} Y_{qi}, \quad q = \overline{1, n},$$

где M_q – число элементарных операций для q -ой группы материалов, b_{iq} – строка пути максимальной продолжительности графика логистического процесса обработки партии материалов.

$$\tilde{Y}_q = \begin{cases} \delta, & \text{если } Y_q > \delta; \\ \sum_{i=1}^{M_q} b_{iq} Y_{qi}, & \text{если } Y_q \leq \delta. \end{cases}$$

Если погрешности выполнения логистических операций превышают допустимый предел, т. е. $Y = \sum_{i=1}^M b_{ij_0} \bar{Y}_i$ необходимо использовать текущий задел по материальному потоку с учетом

выполняемых на пути его продвижения логистических операций в узловых точках логистической системы для обеспечения бесперебойного снабжения установленных объектов реконструкции.

Под заделом понимается партия дорожно-строительных материалов, над которой выполнены соответствующие логистические операции и подготовлены условия для выполнения последующих. На величину задела влияет время выполнения комплекса логистических операций, организационных и технических требований к ним. Текущий задел создается для обеспечения непрерывности продвижения материального потока через участников логистического процесса, несмотря на возможные организационные сбои.

Параметры задела могут рассчитываться как для совокупности последовательно взаимосвязанных участников, обеспечивающих продвижение материального потока на объект реконструкции, так и для отдельной структуры, выполняющей весь комплекс логистических операций с материальным потоком.

Методика расчета параметров рационального текущего задела по материальному потоку в условиях ритмичной работы на реконструируемом объекте. Сбой при продвижении материального потока на участок реконструируемой дороги происходит, когда конкретный вид материала не поступает хотя бы под одну логистическую операцию в соответствии с установленным ритмом работы на объекте.

Пусть t_j – превышение нормативного времени обработки j -ой единицы материала. Если текущего задела нет, то $t_j > 0$ будет условием сбоя потока из-за j -й единицы материала. При наличии текущего задела в объеме n_j условие сбоя $n_j T < t_j$, T – регламентированный ритм поставки материала.

Постановка задачи может рассматриваться в двух вариантах:

– определение объемов текущих заделов на каждой логистической операции, обеспечивающих минимальные затраты на их создание и максимальную надежность работы логистической системы;

– определение объемов текущих заделов по каждому виду материала, формирующего совокупный материальный поток, обеспечивающих минимальные затраты на их создание и максимальную надежность работы логистической системы.

Требование максимальной надежности работы логистической системы эквивалентно требованию максимальной производительности при прочих равных условиях осуществления логистических операций.

Рассмотрим решение задачи для второго варианта. В силу неопределенности величин t_j опишем их непрерывными случайными величинами ξ_j , $j = \overline{1, q}$. При предположении, что $\xi_j(i)$, $i = 1, n_j + 1$ – независимые случайные величины, вероятность сбоя потока из-за j -й единицы материала

$$P\{\xi_j(1) \geq (n_j + 1)T; \xi_j(2) \geq n_j T; \dots; \xi_j(n_j + 1) \geq T\} = \prod_{i=1}^{n_j+1} \left(1 - \int_0^T f_j(t) dt\right),$$

где n_j – величина текущего задела j -й единицы материала, $\xi_j(1), \xi_j(2), \dots, \xi_j(n_j + 1)$ – превышение норматива для $n_j + 1$ подряд идущих единиц j -го груза, $f_j(t)$ – плотность функции распределения случайной величины ξ_j .

Обозначим данную вероятность для кратности записи через $F_j(n_j)$. Тогда вероятность бесперебойной работы логистической системы в течение одного ритма поставки

$$P = \prod_{j=1}^q (1 - F_j(n_j)),$$

где q – совокупность укрупненных групп материалов в составе материального потока.

Среднее число бессбойных тактов $\langle r \rangle = \sum_{r=1}^{\infty} (r-1)P^{r-1}(1-P) = P/(1-P)$.

Среднее число сбойных тактов $\langle l \rangle = (1-P)/P$.

Надежность логистической системы в установленном режиме работы $P_n = \langle r \rangle / (\langle r \rangle + \langle l \rangle)$.

После преобразований получим $P_n = 1 / (1 + ((1-P)/P)^2)$.

Обозначив через C_j стоимость j -й единицы материала, получим затраты на создание заделов

$$I_1 = \sum_{j=1}^q C_j n_j. \quad (1)$$

Положив $I_2 = \dots$ приходим к определению таких текущих заделов n_j , $j = \overline{1, q}$, когда I_1, I_2 будут минимальными, а n_j удовлетворяют условия

$$0 \leq n_j \leq \overline{n_j}, j = \overline{1, q}, \quad (2)$$

где $\overline{n_j}$ – максимально возможный текущий задел для j -й единицы материала.

Минимизация I_1, I_2 при вышеприведенных условиях представляет собой многокритериальную задачу, решением которой будет множество Парето, формируемое из несравнимых вариантов [4, с. 26].

Пусть $n = (n_1, n_2, \dots, n_q)$ – один вариант текущих заделов, а $\tilde{n}' = (\tilde{n}'_1, \tilde{n}'_2, \dots, \tilde{n}'_q)$ – второй. Если значения I_1 и I_2 , вычисленные для \tilde{n} и \tilde{n}' , удовлетворяют условию

$$I_1(\tilde{n}) \leq I_1(\tilde{n}'); I_2(\tilde{n}) \leq I_2(\tilde{n}'),$$

то варианты \tilde{n} и \tilde{n}' сравнимы и вариант \tilde{n} лучше.

Если имеет место $I_1(\tilde{n}) \leq I_1(\tilde{n}')$; $I_2(\tilde{n}) \geq I_2(\tilde{n}')$ или $I_1(\tilde{n}) \geq I_1(\tilde{n}')$; $I_2(\tilde{n}) \leq I_2(\tilde{n}')$, то варианты несравнимы. Поиск несравнимых вариантов из всей совокупности представляет содержание решения многокритериальной задачи по Парето.

В поставленной формулами (1)–(2) задаче существенным является задание плотностей $f_j(t)$ для времени t_j . В большинстве случаев информация о величине t_j представляет утверждение, что $c_j \leq t_j \leq d_j$, $j = \overline{1, q}$ и соответствующая случайная величина ξ_j распределена по равномерному закону на отрезке $[c_j, d_j]$.

Это предположение можно принять еще и по другой причине. Если в системе некоторые параметры распределены по равномерному закону, то в ней энтропия максимальна. Тогда, предложив какой-либо вариант, обеспечивающий рациональную работу системы, можно утверждать, что этот же вариант «еще лучше» обеспечит работу системы для любого другого закона распределения.

С учетом изложенного имеем

$$\int_0^{\partial T} f_j(t) dt = \begin{cases} 0, & \partial T < c_j; \\ \frac{\partial T - c_j}{d_j - c_j}, & c_j \leq \partial T \leq d_j; \\ 1, & \partial T > d_j. \end{cases}$$

Поэтому рабочая формула $F_j(n_j) = \prod_{\partial=1}^{n_j+1} \left(1 - \frac{\partial T - c_j}{d_j - c_j} \right)$, а для $P = P(n_1, n_2, \dots, n_q)$ получим

$$P = \prod_{j=1}^q \left(1 - \frac{1}{(d_j - c_j)^{n_j+1}} \prod_{\partial=1}^{n_j+1} (d_j - (\partial - 1)T) \right)^{\sigma}, \text{ где } \sigma(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0; \\ 1, & x > 0. \end{cases}$$

Производительность логистической системы при продвижении материального потока $W = DP_{\text{д}} / T$, где D – фонд рабочего времени работы с материальным потоком.

Заключение. Предлагаемый логистический подход к организации материально-технического обеспечения реконструкции автомобильной дороги состоит в управлении всеми операциями, которые необходимо выполнять при доставке материалов на объект производства работ от мест производства или поставщиков. Кроме управления операциями, оказывающими физическое действие на материалы, такой подход включает анализ рынка производителей и согласование интересов всех участников логистической цепи при продвижении материального потока. Новизна подхода заключается в том, что при организации реконструкции автомобильной дороги обеспечение объекта дорожно-строительными материалами осуществляется путем формирования логистической системы, состоящей из звеньев (производителей, поставщиков, складов, подрядчиков и т. д.), осуществляющих логистические операции по продвижению не отдельно взятых групп материалов, а совокупного материального потока на объект реконструкции.

Предлагаемая методика расчета параметров рационального текущего задела по материальному потоку в условиях ритмичной работы на реконструируемом объекте состоит в определении уровня погрешности, за пределом которого целесообразно создание задела по материальному потоку с учетом выполняемых на пути его продвижения логистических операций в узловых точках логистической системы и решении многокритериальной задачи определения его рационального уровня в зависимости от требуемого ритма поставки материалов. В отличие от существующих предлагаемая методика учитывает весь комплекс логистических операций, приложенных к материальному потоку, начиная от его формирования в местах производства до потребления на объекте, определяя рациональный задел по всей длине логистической цепи, а не на работающих обособленно складах. Управление движением материального потока по звеньям логистической цепи осуществляется с учетом специфических особенностей технологии производства работ по реконструкции автомобильной дороги и согласовывается с принятым темпом вы-

полнения работ, что обеспечивает соблюдение графика поставки материалов на объект с целью обеспечения ритмичного выполнения технологических процессов, своевременный ввод объекта в эксплуатацию и достижение экономического эффекта от реконструкции.

Литература

1. Методические рекомендации о порядке расчета текущих цен на ресурсы, используемые для определения сметной стоимости строительства и составления сметной документации на основании нормативов расхода ресурсов в натуральном выражении : введ. 01.01.12. – Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2012. – 28 с.

2. Методические указания о порядке расчета текущих цен на ресурсы, используемые при строительстве автомобильных дорог, мостов и тоннелей: введ. 01.07.14. – Минск : Белорус. дор. инж.-техн. центр, 2014. – 47 с.

3. Еловой, И.А. Логистика : учеб.-метод. пособие / И.А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 165 с.

4. Ногин, В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В.Д. Ногин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с.

Белорусский государственный
университет транспорта

Поступила в редакцию 22.02.2016

РЕПОЗИТОРИЙ ГТУ ИМЕНИ Ф.СКОРНИН