

УДК 658.566

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ТРАНСПОРТА И ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЙ НА РАБОТУ С ПОДГОТОВЛЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Ю.А. Негомедзянов¹, Г.Ю. Негомедзянов²

^{1,2}Тверской государственной университет, г. Тверь

Показано, что переход предприятий на работу с подготовленными материалами требует изменения условий отгрузки, доставки и потребления этих материалов, вызывает необходимость их потребления «с колес», непосредственного взаимодействия транспорта с производством. Определено базовое условие формирования логистической системы надежного и своевременного обеспечения металлургического производства подготовленными материалами. Научная новизна состоит в выявлении сущности и нового подхода к оптимизации параметров системы непосредственной подачи подготовленных материалов из производства на транспорт. Предложена математическая модель системы. Приведены результаты выбора оптимальных параметров системы. Сформулированы направления дальнейшего развития исследований.

Ключевые слова: система непосредственной подачи материалов из производства на транспорт, математическая модель оптимизации ее параметров.

Современные условия, характеризующиеся переходом предприятий металлургии к подготовленным материалам, не требующим технологической подготовки, а, следовательно, складирования перед подачей в производство, вызывают необходимость изменения условий их отгрузки, доставки, потребления, оценки транспорта с позиций непосредственного взаимодействия с производством. Оптимизация процесса обеспечения предприятий металлургии подготовленными материалами предопределяет необходимость внедрения отвечающих современным вызовам (высокая степень неопределенности и риска, стремительно возрастающая волатильность внешних факторов) новых принципов управления, особенно на базе логистики и информационных технологий.

Речь идет о необходимости использования в сложившихся условиях высокоорганизованной системы, базирующейся на интегральной парадигме, оцениваемой с учетом требований международного стандарта ИСО 9000.

Цель системы – обеспечение металлургического производства подготовленными материалами в оптимальном количестве и заданного качества как важнейшей гарантии его эффективного функционирования.

Формирование такой системы требует правильного учета противоречивых требований трех заинтересованных сторон – грузоотправителя, транспорта и потребителя.

К задачам системы относят обеспечение технической и технологической сопряженности участников производственно-транспортного процесса, согласование их экономических интересов, использование единых систем планирования для оптимальной доставки металлургическому производству подготовленных материалов.

Для выполнения своей базовой функции – сквозного управления материальными потоками с целью качественного и эффективного обеспечения предприятия подготовленными материалами, высокоорганизованная система должна быть ориентирована на общесистемные интересы. Это первоначальный этап процесса ее формирования.

Аспектам проблемы взаимодействия транспорта и производства в отечественной и зарубежной научной литературе уделялось большое внимание. В развитии научных исследований по проблеме можно выделить несколько этапов. Первый этап – это попытки решения ее острых задач с чисто транспортных позиций (концепция внутриотраслевого характера исследований), что предопределило необходимость развития научных исследований с общесистемным подходом к оценке деятельности транспорта [1, с. 147].

В современных исследованиях предложен следующий этап как метод оптимизации взаимодействия в производственно-транспортных системах [2, с. 18]. Рассмотрены методы развития сложных организационных систем [3, с. 100]. Исследованы определенные вопросы управления, интегрированными производственно-транспортными процессами [4, с. 40; 5, с. 41].

Однако целый ряд вопросов, отражающих многообразие и специфику реальных процессов взаимодействия транспорта и производства в современных условиях, особенно при переходе рассматриваемых предприятий на работу с подготовленными материалами, остается на сегодня не исследованным. Так практически не изучены имеющие особо важное значение в рассматриваемых условиях вопросы оптимизации параметров системы непосредственной подачи материалов из производства на транспорт – как показано выше, – «начало начал» технологической системы эффективного снабжения основного металлургического производства подготовленными материалами.

1. Содержательная постановка задачи

При прямой передаче подготовленных материалов из производства на транспорт стык производства и транспорта следует рассматривать как сложную производственно-транспортную систему, функционирующую на основе единого технологического процесса, взаимоувязанного с основным производством и магистральным транспортом.

Структура и функции активных элементов рассматриваемых систем взаимоувязаны; режим их работы определяется целым рядом производственных и транспортных релевантных факторов. Этот комплекс весьма сложных, динамичных, разнообразных, взаимоувязанных и

взаимозависимых устройств с целью повышения эффективности функционирования всей системы обеспечения металлургического производства подготовленными материалами (принцип формирования логистических систем) необходимо оптимизировать.

Цель работы – построение математической модели производственно-транспортного комплекса непосредственной подачи подготовленных материалов из производства на транспорт.

Пусть заданы среднесуточные за год объемы производства (отгрузки) шихтовых (подготовленные материалы) материалов – $\overline{N_{\Pi}}$. Известно, что производство шихтовых по суткам неравномерно; поступление порожних вагонов под погрузку (в статье рассматривается в качестве примера взаимодействие магистрального железнодорожного транспорта и производства) также неравномерно. Перерабатывающая способность производственно-транспортного комплекса – N_{Π} варьируется. При этом изменяется число точек погрузки – Y_{Π}^K ; маневровых локомотивов – Y_{Π}^M ; число частей, на которые делят порожний маршрут – Z ; производительность погрузочных конвейеров.

С увеличением погрузочной способности комплекса уменьшаются расходы, связанные с дополнительным (из-за неравномерности объемов поступления) простоем вагонов в ожидании погрузки – $E_{в-ч}$; простоем вагонов при погрузке – $E_{в-ч}^{\Pi}$; ожиданием вагонов из-за поступления их маршрутами, подачи под погрузку частями – $E_{в-ч}^{\Pi}$. Однако при этом растут затраты на погрузочные средства – E_{Π}^{Π} ; маневровые локомотивы – E_{Π}^{Π} ; устройство и содержание погрузочных путей – E_{Π}^{Π} .

Требуется определить оптимальные (обеспечивающие минимум суммарных приведенных затрат) параметры производственно-транспортного комплекса: количество погрузочных точек – Y_{Π}^{K*} ; уровень погрузочной способности комплекса – N_{Π}^* ; число частей, на которое целесообразно делить порожний маршрут – Z_{Π}^* ; количество маневровых локомотивов – Y_{Π}^* . На основе оптимальных значений действительно управляемых переменных требуется определить время погрузки состава; оптимальный уровень эксплуатационной надежности работы производственно-транспортного комплекса; потребную часовую производительность погрузочных конвейеров; степень загрузки комплекса в целом и отдельных его технологических средств; потребный оперативный запас порожних вагонов.

2. Модель системы непосредственной подачи подготовленных материалов из производства в вагоны.

$$R_{\Pi}^K \{N_{\Pi}; Y_{\Pi}^K; Y_{\Pi}; Y_{\Pi}^{\Pi}; Z_{\Pi}\} = \{E_K^{\Pi} + E_{B-\Pi} + E_{B-\Pi}^{\Pi} + E_{B-\Pi}^{\Pi, \Pi} + E_{\Pi}^{\Pi} + E_{\Pi}^{\Pi}\} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$E_{\Pi}^K = Y_{\Pi}^K \left\{ \sum_{j=1}^m K_{\Pi} \frac{1}{t_{ок}} + \sum_{j=1}^m \Theta_{зав} \times 365 \left[(1 - 2\varphi(z)) + \frac{M}{N_{\Pi}} \varphi(z) \right] + \sum_{j=1}^m \Theta_{\Pi} \right\} \quad (2)$$

$$E_{B-\Pi} = 364 \hat{\sigma}_{N(\Pi)} \times \Gamma_{(\Pi)}(t) \times f(z)_1^* \times C_{B-\Pi} \quad (3)$$

$$E_{B-\Pi}^{\Pi} = \frac{K_{\Pi}^{\Pi} \times 60 \hat{t}_p^{\Pi}}{N_{\Pi} Y_{\Pi}^K} \left\{ \left[\left(\bar{N}_{\Pi} - \frac{f(z)_1^* \hat{\sigma}_{N(\Pi)}}{0.5 + \varphi(z)} \right) + 0,665 \hat{\sigma}_{N(\Pi)} F_{\Pi}(t) f(z)_2 \right] 365 \right\} C_{B-\Pi} \quad (4)$$

$$E_{B-\Pi}^{\Pi, \Pi} = \left\{ \left[\left(\frac{1}{Y_{\Pi}^K} - \frac{1}{Z_{\Pi}} \right) + \Delta_{\Pi}^{\Pi} \right] M[m] \frac{K_{\Pi}^{\Pi} \times 60 \hat{t}_p^{\Pi}}{N_{\Pi}} \right\} \left\{ \left[\left(\bar{N}_{\Pi} - \frac{f(z)_1^* \hat{\sigma}_{N(\Pi)}}{0.5 + \varphi(z)} + 0,665 \hat{\sigma}_{N(\Pi)} F_{\Pi}(t) f(z)_2 \right) \right] \right\} \times 365 C_{B-\Pi} \quad (5)$$

$$E_{\Pi}^{\Pi} = \left(\frac{K'_{\Pi}}{t_{ок}} + C'_{\Pi} \right) \frac{M}{Z_{\Pi}} Y_{\Pi}^K \quad (6)$$

$$E_{\Pi}^{\Pi} = \left\{ \left[[\bar{Y}_{\Pi}] + K_{i, \Pi} \right] \frac{K_{\Pi}}{t_{ок}} + Y_{\Pi} \left\{ C_{\Pi} 365 \left[1 - 2\varphi(z) + \frac{M}{N_{\Pi}} \varphi(z) \right] + C_{\Pi}^{\Pi} 365 \left[2\varphi(z) - \frac{M}{N_{\Pi}} \varphi(z) \right] \right\} + \left\{ [\bar{Y}_{\Pi}] + K_{i, \Pi} - Y_{\Pi} \right\} C_{\Pi}^{\Pi} 365 \right\} \quad (7)$$

Здесь:

$\sum_{j=1}^m K_{\Pi}$ – стоимость конвейерных установок, тыс. руб.;

$\sum_{j=1}^m \Theta_{зав}$ – суточные, зависящие от объема и характера поступления грузов, времени работы конвейера, эксплуатационные затраты по конвейерным установкам, руб.;

$\sum_{j=1}^m \Theta_{\Pi}$ – годовые расходы, не зависящие от времени работы конвейеров, тыс. руб.;

$\varphi(z)$ – вторая функция нормированного отклонения распределения поступления порожных вагонов на предприятие;

M – среднее количество вагонов, подаваемых под погрузку на интервале $[0; N_{\Pi}]$;

N_{Π} – варьируемое значение погрузочной способности производственно-транспортного комплекса, ваг./сутки;

$\hat{\sigma}_{N(\Pi)}$ – среднее квадратичное отклонение объемов поступления вагонов под погрузку, ваг./сут.;

$\Gamma_{(\Pi)}(t)$ – параметр оценки характера поступления порожных вагонов под погрузку;

$f(z)_1^*$ – первая функция нормированного отклонения распределения поступления порожных вагонов на предприятие;

$$f(z)_1^* = e^{-\lambda^1 t_1^n}; t_1^n = \frac{N_{\Pi} - \overline{N_{\Pi}}}{\hat{\sigma}_{N(\Pi)}} - \text{нормированное отклонение варьируемого}$$

уровня погрузочной способности комплекса от среднесуточного его значения – $\overline{N_{\Pi}}$;

$C_{в-ч}$ – стоимость вагоно-часа, руб.;

$\frac{K_{\Pi}^r \times 60 \times \hat{t}_p}{N_{\Pi}}$ – учитывает эксплуатационное время погрузки 1 вагона в

минутах – учитывается технологическая схема взаимоувязки операций погрузки вагонов, передвижения в процессе погрузки, взвешивания; затраты времени на подготовку операции с вагонами (разравнивание шихтового материала и т.д.).

K_r – коэффициент надежности погрузочного конвейера;

\hat{t}_{Π}^p – время работы погрузочного комплекса в сутки, час;

$F_{\Pi}(t)$ – параметр оценки характера подачи порожних вагонов под погрузку; $f(z)_2 = e^{-\lambda^2 t_2^n}$;

Z_{Π} – варьируемое число частей деления порожнего маршрута;

Δ_{Π}^n – параметр, учитывающий особенности технологии работы производственно-транспортного комплекса при различных соотношениях числа частей маршрута и погрузочных линий;

$M[m]$ – оценка математического ожидания количества порожних вагонов в подаваемом составе;

K_{Π}^{\prime} – затраты на укладку одного метра погрузочного пути, тыс. руб.;

C_{Π}^{\prime} – годовые затраты, связанные с содержанием одного метра погрузочного пути, тыс. руб.;

l_M^n – длина состава порожнего маршрута, м.;

Y_{Π} – потребное количество локомотивов;

C_{Π} ; $СП$ – стоимость содержания за сутки локомотива соответственно в рабочем и нерабочем состоянии, руб.;

K_{Π} – стоимость локомотива, тыс. руб.

Оптимизация целевой функции (1) производилась по переменным $Y_{1,j,p}$; $Z_{2,3,\dots,\Pi}$; N_{Π} . На переменные накладывались ограничения вида:

$$\forall_j \{ \overline{N_{\Pi}} \leq N_{\Pi} \leq N_{\Pi}^+ \} j = \overline{1, \Pi} \quad (8)$$

Рассмотренная математическая модель (1) оптимального проектирования сформулирована в принципе, как задача нелинейного программирования:

$$\begin{aligned} \min R(y) \\ y \in D \end{aligned} \quad (9)$$

Однако, исходя из характера функции, принимаемых значений аргументов и вида, наложенных на величины переменных ограничений,

вытекающих из физического смысла проблемы, задача (9) сведена к задаче вида:

$$\min_{\hat{y} \in E^{\Pi}} \hat{R}(\hat{y}) \quad (10)$$

Для ее решения использовали алгоритмы класса методов прямого поиска, в частности, метод спирального координатного спуска [6].

3. Результаты

На основе системного решения целевой функции (1) определяются оптимальные (обеспечивающие минимум суммарных приведенных затрат) параметры производственно-транспортного комплекса непосредственной подачи подготовленных материалов из производства вагоны.

Результаты выбора оптимальных технических и технологических параметров погрузочных комплексов предприятий представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Оптимальные параметры погрузочных производственно-транспортных комплексов

Оптимальные технические и технологические параметры	Среднесуточное количество отгрузки вагонов					
	300	400	500	600	700	800
1. Оптимальные технические параметры - количество технических средств:						
а) локомотивов	2	3	3	4	5	5
б) путей погрузки	1	1	1	1	1	1
2. Оптимальные технологические параметры						
2.1 Число частей деления маршрута	1	1	1	1	1	1
2.2 Оптимальный уровень погрузочной способности технологического фронта, ваг./сутки	446	639	669	892	1115	1120
2.3 Число точек погрузки	1	1	1	1	1	1
2.4 Интервал обслуживания, час.	3,3	2,3	2,2	1,6	1,3	1,3
2.5 Часовая эксплуатационная производительность погрузочного конвейера, т.	1520	2173	2283	3043	3820	3900
2.6 Запас порожних вагонов (обменный парк вагонов)	81	105	127	152	182	213
2.7 Оптимальный уровень загрузки технологического фронта	0,673	0,626	0,747	0,673	0,628	0,717
2.8 Оптимальный уровень эксплуатационной надежности работы технологического фронта	0,307	0,221	0,245	0,300	0,275	0,301

[Источник: составлено авторами]

Анализ результатов расчетов показывает, что для выполнения основной работы – надежного и стабильного предъявления к перевозке

объемов подготовленных материалов при их погрузке из производства непосредственно в вагоны предприятия - поставщики должны иметь:

А. Определенный (рассчитанный из условия минимизации суммарных –на транспорт и производство – затрат) запас порожних вагонов. Размеры запаса порожних вагонов оптимальны в пределах 25–30 % суточной потребности в них.

Б. Определенный резерв погрузочной способности: в пределах 30 % (часовая эксплуатационная производительность погрузочных комплексов составит при этом 1500–4000 т.).

В этом случае обеспечивается оптимальное количество технических средств производственно-транспортного комплекса, оптимальный уровень эксплуатационной надежности работы технологического фронта (оценивается средним в единицу времени числом превышений над расчетным уровнем перерабатывающей способности производственно-транспортного комплекса) устойчивое взаимодействие транспорта и производства.

Таким образом, выполненные исследования – основа для выбора, исходя из принципов системного подхода оптимальных технических и технологических параметров пунктов стыка транспорта и производства при интенсивной (на потребление) технологии доставки подготовленных материалов, являются основой направления их дальнейшего развития. Это позволяет определить концептуальную схему формирования логистической системы надежного и своевременного обеспечения подготовленными материалами металлургического производства как важнейшей гарантии его эффективного функционирования.

Список литературы

1. Негомедзянов Ю.А. Транспорт и производство. Методологические аспекты проблемы взаимодействия // Вопросы экономики. 1988. № 3. С.147–148.
2. Козлов П.А., Владимировская И.П. Метод оптимизации взаимодействия в производственно-транспортных системах // Современные параметры науки и образования. 2009. № 6. С. 17–19.
3. Кондратьев Э., Гудз Н. Разумная производственная система(SPS): как ее спроектировать и построить? // Проблемы теории и практики управления. 2017. №10. С. 92–105.
4. Негомедзянов Ю.А., Негомедзянов Г.Ю. Управление взаимодействием транспорта и производства в корпоративных структурах // Транспорт, наука, техника, управление. 2013. № 10. С. 37–41.

ADMINISTRATION OF TRANSPORT AND PRODUCTION INTERACTION DURING THE BUSINESS TRANSITION TO THE WORK WITH PREPARED MATERIALS

Yu.A. Negomedzyanov¹, G.Yu. Negomedzyanov²

^{1,2}Tver State University, Tver

The article shows that the business transition to the work with prepared materials demands some changes in shipping and delivery conditions and close transport and production interaction. The author identifies the main

condition for creating logistic system for steady and well-timed provision of metallurgic production with prepared materials. The scientific novelty consists in revealing the essence and new approach to the optimization of the system of prepared materials delivery from production to transport. The authors describe the mathematical model of the system.

Keywords: *system of prepared materials delivery from production to transport, mathematical model of parameters optimization.*

Об авторах:

НЕГОМЕДЗЯНОВ Юрий Акимович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экономики и менеджмента, Институт экономики и управления, Тверской государственный университет, e-mail: akim638@mail.ru

НЕГОМЕДЗЯНОВ Герман Юрьевич – кандидат экономических наук, кафедра экономики предприятия и менеджмента, Институт экономики и управления, Тверской государственный университет, e-mail: akim638@mail.ru

About the authors:

NEGOMEDZJANOV Jurij Akimovich – doctor of technical Sciences, Professor, Professor, Department of Economics and management, Institute of Economics and management, Tver state University, e-mail-akim638@mail.ru

NEGOMEDZJANOV German Jur'evich – candidate of economic Sciences, Department of business Economics and management, Institute of Economics and management, Tver state University, e-mail-akim638@mail.ru

References

1. Negomedzjanov Ju.A. Transport i proizvodstvo. Metodologicheskie aspekty problemy vzaimodejstvija // *Voprosy jekonomiki*. 1988. № 3. S.147–148.
2. Kozlov P.A., Vladimirovskaja I.P. Metod optimizacii vzaimodejstvija v proizvodstvenno-transportnyh sistemah // *Sovremennye parametry nauki i obrazovanija*. 2009. № 6. S. 17–19.
3. Kondrat'ev Je., Gudz N. Razumnaja proizvodstvennaja sistema(SPS): kak ee sproektirovat' i postroit'? // *Problemy teorii i praktiki upravlenija*. 2017. №10. S. 92–105.
4. Negomedzjanov Ju.A., Negomedzjanov G.Ju. Upravlenie vzaimodejstviem transporta i proizvodstva v korporativnyh strukturah // *Transport, nauka, tehnika, upravlenie*. 2013. № 10. S. 37–41.