

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
В ЭКОНОМИКЕ**

УДК658.566

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ЗИМНЕГО
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Ю.А. Негомедзянов¹, Г.Ю. Негомедзянов²

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

Рассмотрены ориентированные на общесистемные интересы, принципы оптимизации технических и технологических параметров устройств зимнего производственно-транспортного комплекса. Предложена модель оптимизации. Приведены результаты выбора оптимальных (обеспечивающих минимум суммарных приведенных затрат) параметров устройств зимнего производственно-транспортного комплекса.

Ключевые слова: смерзаемость грузов, устройства зимнего производственно-транспортного комплекса, модель, оптимальные технические и технологические параметры.

Проблема взаимодействия транспорта и производства весьма важна и многоаспектна. Исследованию определенных ее вопросов в современной отечественной научной литературе уделяется большое внимание.

Так, разработаны методы оптимизации взаимодействия в производственно-транспортных системах [2, с. 18]. Исследованы вопросы управления интегрированными производственно-транспортными процессами [3, с. 40]. Определены подходы к оценке технических аспектов проблемы взаимодействия транспорта и производства [4, с. 188].

Вместе с тем необходимо констатировать, что целый ряд вопросов, отражающих многообразие реальных процессов взаимодействия транспорта и производства, остаются на сегодня не решенными. Так, практически не изучены, имеющие важное значение для нашей страны вопросы оптимизации параметров устройств производственно-транспортного комплекса, функционирующих в зимний период.

Недостаточная изученность рассматриваемых вопросов обуславливает необходимость их научного обоснования. В этой связи задача выявления новых подходов и методов оптимизации сложных динамических зимних производственно-транспортных комплексов становится важной и актуальной.

Смерзание перевозимых в зимнее время определенных материалов значительно осложняет разгрузку вагонов, увеличивает время их нахождения под грузовыми операциями, снижает производительность труда. Проблема борьбы со смерзаемостью предполагает решение задач предупреждения смерзаемости и восстановления сыпучести грузов. Для восстановления сыпучести массовых грузов на предприятиях с большими объемами их поступления (металлургические заводы) используют в основном специальные тепляки конвективного типа. Тепляки для разогрева смерзшегося сырья

необходимо в этой связи рассматривать в качестве составляющих технических средств производственно-транспортных комплексов. Задача расчета эксплуатационной пропускной способности гаражей размораживания весьма сложна: число размораживаемых в сутки вагонов с сырьем зависит не столько от объема их прибытия на подъездный путь, сколько от рода груза, его физико-механических свойств – W_i ; времени нахождения в пути следования – T_x ; степени промерзания – h_N ; конструктивных особенностей гаражей размораживания; температуры теплоносителей каждой секции – t_n ; времени воздействия окружающей среды – t^0 .

Время простоя группы вагонов под разогревом при заданном типе гаража для рассматриваемого рода груза (например, железного концентрата, железной руды, кусковой аглоруды и др.) зависит от очень многих факторов: $M[t_p] \rightarrow \varphi(W_i; t^0; T_x; h_N; t_n)$.

В рассматриваемых условиях пункты стыка транспорта и производства следует представлять как сложный производственно-транспортный комплекс, функционирующий на основе единого технологического процесса, взаимовязанного с магистральным транспортом и основным производством.

Весь этот комплекс весьма сложных и разнообразных работ необходимо оптимизировать. Другими словами, необходимо выбрать оптимальные параметры элементов комплекса и выявить условия его функционирования по единому совмещенному производственно-транспортному технологическому процессу.

Особенность функционирования в зимнее время производственно-транспортного комплекса, уровень ограничений и специфических «зимних» требований вызывают необходимость индивидуального математического описания работы. Но цель при этом одна – доведение перерабатывающей способности зимних технологических фронтов комплекса до уровня, при котором: отсутствуют нарушения ритма работ основных технологических агрегатов из-за некачественного обеспечения их необходимыми материалами; обеспечивается полное освоение расчетного объема транспортно-грузовой работы; достигается минимум суммарных затрат по простоям транспортных средств под размораживанием, в ожидании размораживания и техническому оснащению зимних фронтов комплекса.

С учетом изложенного рассмотрим ориентированные на общесистемные интересы принципы оптимизации технических и технологических параметров устройств зимнего производственно-транспортного комплекса предприятия.

Пусть известны среднесуточные за зимний период объемы поступления смерзающихся материалов на завод. Известно, что система снабжения функционирует в условиях всеобщей неравномерности определяющих её процессов: производства материалов, доставки, забора технологическими агрегатами. Будем варьировать перерабатывающую способность зимнего производственно-транспортного комплекса: количество гаражей размораживания (с учетом необходимого числа путей у гаражей); количество локомотивов, необходимых для своевременной подачи (уборки) вагонов к гаражам размораживания. Это приведет к изменению затрат,

связанных: со строительством и эксплуатацией гаражей размораживания (с учетом необходимого числа путей у гаражей) – R_1 ; с простым общесетевых вагонов на предприятиях в зимний период (имеется в виду дополнительный простой вагонов из-за неравномерности объемов их поступления, технологический простой – простой под разогревом, дополнительно-технологический простой: за время простоя вагонов из-за неравномерности поступления груз в них при прочих равных условиях смерзается еще больше, что требует, естественно, дополнительного времени на его разогрев) – R_2 ; с дополнительным в зимний период количеством локомотивов, необходимым для своевременной подачи (уборки) вагонов к гаражам размораживания – R_3 .

Требуется определить оптимальные (обеспечивающие минимум суммарных – транспорта и производства – затрат) параметры устройств производственно-транспортного комплекса, функционирующих в зимний период: оптимально-потребное количество гаражей размораживания; маневровых локомотивов; оптимальный уровень их загрузки.

Модель «зимнего» производственно-транспортного комплекса можно представить следующим образом:

$$R_{c,3}^k \{Y_{ijk}\}_3 = [R_1 + R_2 + R_3] \rightarrow \min \dots\dots\dots(1)$$

$$R_1 = \left\{ [Y_{c,3}]_{ijk} + K_{i,N_3^c} \right\} \frac{K_{(c)ijk}}{t_{ок}} + Y_{(c,3)ijk} \left\{ C_{ijk}^c \times T_3 [1 - 2\varphi(x)_3^c + \frac{M_{пз}^{c(c)}}{N_3^c} \varphi(x)_3^c] + C_{(c)ijk}^n \times T_3 [2\varphi(x)_3^c - \frac{M_{пз}^{c(c)}}{N_3^c} \times \varphi(x)_3^c] + C_{(c)ijk}^n \times T_л \right\} + \left\{ [Y_{c,3}]_{ijk} + K_{i,N_3^c} - Y_{(c,3)ijk} \right\} C_{(c)ijk}^n \times T_3 \quad (2)$$

$$R_2 = \left\{ 1,06\hat{\sigma}_{N,3}^c \Gamma(t) f(x)_1^* + \left[\left(N_3^c - \frac{f(x)_1^* \hat{\sigma}_{N,3}^c}{0,5 + \varphi(x)_3^c} \right) + 1,33\hat{\sigma}_{N,3}^c F(t) f(x)_1^{*c} \right] M[t_p] \right\} T_3 \times C_{в-ч} \quad (3)$$

$$R_3 = \left\{ [Y_{лз}] + K_{i,N_3^c} \right\} \frac{K_{л}}{t_{ок}} + Y_{лз} \left\{ C_{л} T_3 \left[(1 - 2\varphi(x)_3^c) - \frac{M_{пз}^{c(c)}}{N_3^c} \varphi(x)_3^c \right] + C_{л}^n T_3 \left[2\varphi(x)_3^c - \frac{M_{пз}^{c(c)}}{N_3^c} \varphi(x)_3^c \right] \right\} + \left\{ [Y_{лз}] + K_{i,N_3^c} - Y_{лз} \right\} C_{л}^n T_3 \quad (4)$$

где: $[Y_{c,3}]_{ijk}$ – суммарное целочисленное количество секций тепляков различных типов, необходимое для размораживания среднесуточного за зимний период количества смерзшегося сырья и определенной части груза в стоящих в очереди вагонах;

$K_{(c)ijk}$ – стоимость гаражей размораживания, отнесенная на 1 секцию рассматриваемого типа, с учетом затрат, приходящихся на 1 секцию по путевому развитию;

$$Y_{(c.з)ijk} = \frac{N_3^c \times M[t_{зан}]}{\{24 - t_{пл} - M[t_{зан}]\} m_{ijk}^c}; \quad (5)$$

N_3^c – варьируемый уровень пропускной способности «зимнего грузового фронта» производственно-транспортного комплекса (в случае, когда все сырье смерзается это параметр N , когда смерзается часть сырья – N_3^c);

$M[t_{зан}] = \{M[t_p] + M[t_{п.у}]\}$ – среднее время занятости одной секции тепляка, ч.;

$M[t_{п.у}]$ – оценка математического ожидания времени по подаче, уборке, оборудованию и разоборудованию вагонов, разогревающихся в гараже, ч.;

$t_{пл}, M[t_{экс}]$ – время на плановые мероприятия при эксплуатации секции тепляка и внеплановый ремонт, обусловленный эксплуатационной надежностью секции тепляка;

m_{ijk}^c – вместимость секции тепляков различных типов;

C_{ijk}^c – стоимость содержания секции тепляка различного типа в сутки в период эксплуатации T_3 ;

$C_{(c)ijk}^п$ – стоимость содержания секции тепляка различного типа в летний период – $T_л$;

$\varphi(x)_3^c = \varphi\left\{\frac{(N_3^c - \bar{N}_3^c)}{\hat{\sigma}_{N,3}^c}\right\}$ – для случая, когда не все сырье смерзается, в принципе же $\varphi(x)_3^c$ – различно – интегральная функция Лапласа;

$\hat{\sigma}_{N,3}^c$ – среднеквадратическое отклонение объемов поступления вагонов со смерзшимся сырьем на завод, ваг/сутки;

$M_{p,3}^{c(c)}$ – среднее количество подаваемых на размораживание вагонов на интервале $[0, N_3^c]$;

$\Gamma(t)$ – параметр оценки характера поступления вагонов со смерзшимся сырьем;

$f(x)_1^*$ – учитывает изменения дополнительного (из-за неравномерности объемов поступления) простоя вагонов со смерзшимся сырьем в зависимости от варьируемого уровня перерабатывающей способности «зимнего» производственно-транспортного комплекса;

$f(x)_3^c$ – первая функция нормированного отклонения распределения поступления вагонов со смерзшимся сырьем;

$F(t)$ – параметр оценки характера подачи вагонов на размораживание;

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

$[Y_{л.з}]$ – необходимое дополнительное количество локомотивов для подачи (уборки) вагонов к гаражам размораживания;

Кл – стоимость локомотива;

$C_{л, C_{л}^{п}}$ – стоимость содержания за сутки локомотива соответственно в рабочем и нерабочем состоянии, руб.

Оптимизация целевой функции (1) производилась по переменным $Y_{(ijk)з}$. При этом накладывались ограничения:

$$1. \forall_i \{ \bar{N}_3^c \leq N_3^c \leq [\bar{N}_3^c + 3\delta_{N_3^c}^c] \}, \quad (6)$$

(равным образом N, N_3)

2. Минимальный уровень перерабатывающей способности «зимнего грузового фронта» предопределяет минимально необходимое количество его технических средств – $y_{(ijk)з}^{min} = \varphi(\bar{N}_3^c)$, равно $\bar{N}; \bar{N}_3^c$. Например,

$$y_{(с.з)}^{min} = \frac{\bar{N}_3^c M[t_{зан}]}{m_{ijk}^c \{24 - t_{пл} - M[t_{зкк}]\}} \quad (7)$$

3. Верхние пределы использования значений K_{i, N_3^c} определяются:

$$\frac{N_3^c \times M[t_{зан}]}{\{24 - t_{пл} - M[t_{зкк}]\} m_{ijk}^c} = \bar{Y}_{(с.з)ijk} + K_{i, N_3^c}(1,2,3) \quad (8)$$

для $\bar{Y}_{(с.з)ijk}$ – целочисленного

$$\frac{N_3^c \times M[t_{зан}]}{\{24 - t_{пл} - M[t_{зкк}]\} m_{ijk}^c} = \bar{Y}_{(с.з)ijk} + K_{i, N_3^c}(0,1,2,3) \quad (9)$$

для $\bar{Y}_{(с.з)ijk}$ – нецелочисленного

Исходя из характера функции, принимаемых значений аргументов, и вида наложенных на величины переменных ограничений, вытекающих из физического смысла проблемы, задача (1) сведена к задаче вида:

$$\min \bar{R}(\bar{Y}) \quad (10)$$

$$\bar{Y} \in E^n$$

Для ее решения использовали алгоритмы класса методов прямого поиска, в частности, метод спирального координатного спуска [1 с. 82].

На основе системного решения целевой функции (1) определяются оптимальные (обеспечивающие минимум суммарных приведенных затрат) параметры устройств производственно-транспортного комплекса, функционирующих в зимний период – табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные параметры устройств производственно-транспортного комплекса, функционирующих в зимний период

Технические и технологические параметры	Среднесуточные за зимний период поступление на завод вагонов с смерзшимся сырьем						
	200	300	400	500	600	700	800
1. Оптимальное количество технических средств «зимнего грузового фронта»:							
а) секций тепляков	4	5	$\frac{7}{3}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{12^*}{6}$
б) локомотивов в районе гаражей размораживания	2	2	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{5}$

Технические и технологические параметры	Среднесуточные за зимний период поступление на завод вагонов с смерзшимся сырьем						
	200	300	400	500	600	700	800
2. Технологические параметры:							
а) оптимальный уровень пропускной способности «зимнего грузового фронта», ваг/сут.	253	366	513	586	690	806	880
3. Показатели взаимодействия: уровень загрузки «зимнего грузового фронта»	0,792	0,656	0,643	0,719	0,78	0,76	0,8
4. Оптимальный уровень эксплуатационной надежности работы «зимнего грузового фронта»	0,168	0,283	0,172	0,257	0,336	0,235	0,307

* – знаменатель, когда не все сырье смерзается

Анализ результатов расчетов показывает, что для выполнения своей основной работы – надежного и стабильного размораживания грузов – функционирующие на основе взаимоувязанного с магистральным транспортом и основным производством «зимние» производственно-транспортные комплексы должны иметь определенный (рассчитанный из условия минимизации суммарных затрат) резерв перерабатывающей способности. Этот резерв оптимален в пределах 25 %. (см. соотношение строки 2 а и среднесуточного поступления в табл. 1). В этом случае обеспечивается оптимальное количество технических средств производственно-транспортного комплекса, функционирующих в зимний период, оптимальный уровень эксплуатационной надежности работы «зимнего грузового фронта» (оценивается средним в единицу «времени числом превышений над расчетным уровнем перерабатывающей способности «зимнего грузового фронта»), устойчивое взаимодействие транспорта и производства.

Таким образом, выполненные исследования являются основой для оптимизации параметров устройств зимнего производственно-транспортного комплекса предприятий.

Список литературы

1. Карманов В.Г. Математическое программирование. М. : Наука, 1990. 256 с.
2. Козлов П.А., Владимирская И.П. Метод оптимизации взаимодействия в производственно-транспортных системах / Современные проблемы науки и образования, 2009. № 6. С. 17–19.
3. Негомедзянов Ю.А., Негомедзянов Г.Ю. Управление взаимодействием транспорта и производства в корпоративных структурах / Транспорт, наука, техника, управление, 2013. № 10. С. 37–41.
4. Негомедзянов Ю.А., Негомедзянов Г.Ю. Логистическая концепция управления интегрированными производственно-транспортными процессами в корпоративных структурах // Транспортное дело России, 2012. №5(102). С. 187–189.

OPTIMIZATION OF DEVICE PARAMETERS WINTER PRODUCTION-TRANSPORT COMPLEX ENTERPRISES

Yu.A. Negomedzyanov¹, G.Yu. Negomedzyanov²

^{1,2}Tver State University, Tver, Russia

The article focuses on the principles of optimizing the technical and technological parameters of the devices of the production and transport complex of the enterprise, which are oriented to system-wide interests and which function in the winter. An optimization model is proposed. The authors describe the results of the selection based on the system solution of the objective function of the optimal (providing a minimum of the total reduced costs) technical and technological parameters of the devices functioning in the winter under certain conditions.

Keywords: *load freezing, devices of production and transport complexes, functioning in winter, model, optimal technical and technological parameters*

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. Karmanov V.G. Matematicheskoe programmirovaniye. M. : Nauka, 1990. 256 s.
2. Kozlov P.A., Vladimirskaia I.P. Metod optimizacii vzaimodejstvija v proizvodstvenno-transportnyh sistemah / Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2009. № 6. S. 17–19.
3. Negomedzjanov Ju.A., Negomedzjanov G.Ju. Upravlenie vzaimodejstviem transporta i proizvodstva v korporativnyh strukturah / Transport, nauka, tehnika, upravlenie, 2013. № 10. S. 37–41.
4. Negomedzjanov Ju.A., Negomedzjanov G.Ju. Logisticheskaja koncepcija upravlenija integrirovannymi proizvodstvenno-transportnymi processami v korporativnyh strukturah // Transportnoe delo Rossii, 2012. №5(102). S. 187–189.