**Виталий Сергеевич
Колокольников**
Vitaliy S. Kolokolnikov

**Игорь Александрович
Ковалев**
Igor A. Kovalyov

Применение структурно-технологического исследования при планировании развития транспортных систем промышленных предприятий

The use of structural and technological research in the planning of industrial transportation systems

Аннотация

В статье показан пример расчета железнодорожной промышленной транспортной системы предприятия. Проведено детальное структурно-технологическое исследование и оценены возможности по освоению грузопотоков.

Ключевые слова: транспортная система, перерабатывающая способность, структурно-технологическое исследование, имитационное моделирование.

DOI: 10.20291/2311-164X-2015-4-62-66

Summary

The article is an example of calculation of industrial railway transport system on an enterprise. A detailed structural and technological research is carried out and possible cargo traffic flows that could be processed are evaluated.

Keywords: transport system, processing capacity, structural and technological research, simulation.

DOI: 10.20291/2311-164X-2015-4-62-66

Авторы Authors

Виталий Сергеевич Колокольников, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: kolokvital@gmail.ru | **Игорь Александрович Ковалев**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: igor@controlling.su

Vitaliy Sergeevich Kolokolnikov, PhD in Engineering, Senior Lecturer, "Operations Management" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: kolokvital@gmail.com | **Igor Aleksandrovich Kovalyov**, PhD in Engineering, Associate Professor "Operations Management" Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: igor@controlling.su

Эффективность работы основного производства на металлургических заводах во многом зависит от надежности работы транспорта, обеспечивающего технологическую взаимосвязь цехов. Известно, что производственные агрегаты работают неравномерно, при этом ритмы взаимодействующих производственных подразделений зачастую не совпадают. Прибытие с сети «РЖД» вагонов с сырьем, порожних вагонов под погрузку готовой продукции также имеет неравномерный характер. Анализ показывает, что на большинстве металлургических предприятий транспорт отстает в своем развитии от основного производства. Традиционно к промышленному транспорту относятся как к чему-то второстепенному на предприятии. В то же время даже опытным производственникам трудно оценить уровень загрузки элементов промышленной транспортной системы по внешним признакам: степени загрузки путей, занятости локомотивов и т. д. Исследования показывают, что об уровне использования железнодорожной транспортной системы, например станции, нельзя судить по использованию пропускной способности ее элементов. Известны случаи, когда при загрузке локомотивов и путей на 60–70 % степень использования пропускной способности станции приближалась к 100 %. В условиях неравномерности работы транспортной и производственной подсистем взаимное влияние элементов структуры транспортной системы и ее технологии приводит к высокому уровню межоперационных простоев. В настоящее время единственным инструментом для определения истинной загрузки элементов транспорта служит имитационное моделирование [1]. Проводимые проектными организациями аналитические расчеты не являются достоверными [2].

В проведенном исследовании использовалась подробная имитационная модель и решены следующие задачи:

- 1) проверено соответствие существующей технической структуры и технологии работы промышленно-транспортной системы;
- 2) рассчитаны предельные возможности промышленной транспортной системы (ПТС) по транспортному обслуживанию производства;
- 3) определены «узкие места» технологического процесса транспортного обслуживания, схемы путевого развития и технического оснащения ПТС;
- 4) оценена возможность устранения «узких мест» за счет технических и технологических мероприятий.

Технология работы промышленно-транспортной системы предусматривает обслуживание нескольких технологически независимых производств, а также погрузку отходов и обслуживание контрагентов.

Вагоны прибывают с внешней сети в груженом состоянии, полувагоны с сырьевыми грузами, а в порожнем состоянии — цистерны. При расчетах на имитационной модели рассматривается зимний режим работы

транспортной системы (как наиболее тяжелый), который предусматривает размораживание сырьевых грузов в тепляке. После выгрузки полувагоны могут быть использованы под сдвоенные операции под погрузку.

Исходными данными для построения имитационной модели послужили:

- схема существующего путевого развития;
- технология работы транспортной системы;
- хронометражные наблюдения маневровых передвижений;
- данные анализа натурных листов прибывающих поездов;
- информация о частоте прибытия поездов;
- информация о временах выполнения грузовых операций.

Все поезда, прибывающие на станцию, разделены на следующие группы:

1. Полносоставные поезда длиной, максимально приближенной к нормативной. В состав таких поездов входят вагоны с различными грузами. Количество вагонов с металлургическим сырьем, подлежащих размораживанию, как правило, соответствует средней перерабатывающей способности тепляка. Таким образом, все прибывшие вагоны с металлургическим сырьем перерабатываются без накопления на путях предприятия.

2. Поезда средней длины и короткие поезда. Могут включать как вагоны с разными грузами, так и вагоны преимущественно с металлургическим сырьем. В этом случае, если вагонов, требующих размораживания, было свыше суточной перерабатывающей способности тепляка, возможно их накопление на путях предприятия.

3. Поезда с большим количеством вагонов, загруженных металлургическим сырьем, и длиной, максимально приближенной к нормативной. Количество вагонов, подлежащих размораживанию, в этом случае превосходит перерабатывающую способность тепляка, вследствие чего происходит накопление вагонов на путях предприятия.

Примеры натурных листов перечисленных групп поездов приведены на рис. 1.

На станции наблюдается неравномерность прибытия, которая заключается в количестве прибывающих поездов за одни сутки. Кроме того, как сказано выше, существует неравномерность распределения грузов в составе одного поезда. Эти неравномерности, накладываясь друг на друга, определяют режим поступления вагонов на предприятие. Неравномерность прибытия наглядно представлена на рис. 2. Из рисунка видно, что не всегда прибытие двух поездов в течение суток приводит к образованию очереди вагонов в тепляк (желтая область).

В настоящее время парк предприятия составляют 83 собственных и арендованных цистерны. Оборот одной цистерны составляет в среднем 40 суток, из них 13 суток вагон находится в пути, а 27 — простаивает на предприятии (рис. 3).

Управление процессами перевозок

Дата	Время прибытия	Медный концентрат	Кварцит	Кварцит А	Кварцит Б	Кварцит Ю	З/с концентрат	Остальные грузы	ЦС под кислоту	В/ч	Аб	ВСЕГО
01.ноя	14:38	24	4				2	2			3	35
02.ноя	14:30	34						1			3	38
03.ноя	0:02	35										35
03.ноя	14:30	9	1	2	6			7				25
04.ноя	16:25	7	5	9					2			23
05.ноя	14:08	20						1	5		3	29
06.ноя	12:41		2			13			5			20
07.ноя	15:38	11	2					1	10		12	36
07.ноя	17:33	38										38
08.ноя	4:33	36									2	38
09.ноя	9:35	16	13					2			7	38
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
21.дек	15:30	10	1					5	1	1	1	19
22.дек	14:29	1				4		3	5			13
22.дек	17:20	27								3		30
23.дек	1:52			6			6			4		16
25.дек	16:35	18	7					4	2			31
27.дек	14:35	4	2			4		13	6			29
28.дек	14:15	28								5		33
29.дек	15:50	10	8			10		1	2			31
31.дек	16:32			5	1			6	1			13
вер. нахожд. в	90	38	26	12	26	16	41	59	16	29	100	
минимум	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	
максимум	38	15	9	6	14	7	12	17	12	12	45	
среднее	19	5	3	3	6	3	2	4	4	3	27	

Рис. 1. Составы прибывающих поездов:

- — поезда с большим количеством грузов для тепляка;
- — поезда средней длины (от 20 до 30 вагонов);
- — полноразмерные поезда с разными грузами;
- — короткие поезда (меньше 20 вагонов)

Рис. 2. Неравномерность прибытия груза на станцию

Таким образом, можно сделать вывод, что для существующих объемов погрузки парк вагонов для перевозки завышен вдвое. Негативная ситуация складывается и с полувагонами, прибывающими под выгрузку. Оборот этих вагонов на предприятии колеблется от 2 до 11 суток, в среднем 5–6 суток (рис. 4).

Время нахождения полувагонов на путях предприятия мало зависит от времени года. Объясняется это тем, что после выполнения грузовых операций собственники подвижного состава несвоевременно предоставляют информацию о станциях назначения порожних вагонов. Такая дезорганизация перевозочного процесса способствует чрезмерному простоя полувагонов, которые занимают пути станции, затрудняя работу железнодорожного транспорта предприятия и требуя дополнительных ресурсов. Если в будущем ситуация сохранится, то при увеличении объемов перевозок путей станции будет недостаточно для обслуживания производства и отстоя полувагонов. Для работы в таких условиях потребуются дополнительные пути.

В существующей ситуации к проблеме недостатка полезной длины путей, связанной с отстоем полувагонов, добавляется проблема завышенного парка цистерн, который вынужденно отстаивается на путях предприятия. Число вагонов зависит от востребованности продукции (рис. 5).

Рис. 3. Количество собственных и арендованных цистерн, находящихся на путях предприятия

Рис. 4. Время нахождения полувагонов на путях предприятия

Рис. 5. Количество вагонов, находящихся на путях предприятия в отстое:
— вагоны в очереди на разморозку;
— порожние цистерны; — всего в отстое

Большое количество цистерн не позволяет эффективно использовать в работе пути станции. Поэтому, чтобы разгрузить станционные пути, возникает необходимость располагать цистерны, нуждающиеся в более длительном отстое, на путях, удаленных от станции и имеющих большие уклоны. Такая расстановка цистерн нарушает требования безопасности, но позволяет использовать станционные пути для выполнения маневровых

операций и отстоя вагонов с металлургическим сырьем, ожидающих очереди на подачу в тепляк. Для обеспечения работы по правилам технической эксплуатации с соблюдением требований безопасности при существующей технологии и техническом оснащении транспортная система предприятия испытывает недостаток в полезной длине путей не менее 100 условных вагонов.

Таким образом, для исследования функционирования промышленно-транспортной системы предприятия можно выделить три основных ритма поступления грузов на предприятие:

1. Равномерное поступление грузов, требующих размораживания.
2. Увеличенное количество грузов, требующих размораживания.
3. Уменьшенное количество грузов, требующих размораживания.

Поскольку эти ритмы по-разному влияют на работу транспортной системы, необходимо исследовать влияние каждого из них в отдельности. Для этого при проведении экспериментов будут созданы конкретные расчетные ситуации.

Всего на имитационной модели [3] проведено пять экспериментов с различными входными параметрами (рис. 6). Рис. 7 показывает, как изменяется очередь вагонов на размораживание по каждому из вариантов.

В результате расчетов с учетом существующих объемов производств были получены следующие основные выводы:

1. Узким местом железнодорожной системы предприятия является тепляк. Вследствие длительного процесса размораживания и наличия только двух путей тепляк не позволяет размораживать более 22 вагонов в сутки (в среднем). Среднее время размораживания одной партии вагонов составляет 16–18 часов.
2. При равномерном прибытии поездов с разными грузами тепляк справляется с размораживанием без значительного накопления вагонов.
3. При увеличении прибытия вагонов, требующих размораживания (в составе одного поезда либо при увеличении количества прибывающих поездов), тепляк не справляется с работой, и вагоны накапливаются.
4. При уменьшении прибытия вагонов, требующих размораживания, тепляк работает с накопленными ранее вагонами, уменьшая их число.
5. При накоплении более 110 вагонов в отстой возникает необходимость закреплять их на путях с большими уклонами, что нарушает требования безопасности.
6. Для обеспечения работы по ПТЭ с соблюдением требований безопасности при существующих технологии и техническом оснащении транспортная система предприятия испытывает недостаток в полезной длине путей не менее 100 условных вагонов. Для сокращения этой потребности необходимо увеличить перерабатывающую способность тепляка.

Управление процессами перевозок

Рис. 6. Основные результаты расчетов

7. Увеличение количества локомотивов сокращает задержки, однако не позволяет увеличить объемы переработки.

8. Для освоения перспективных объемов перевозок в первую очередь требуется увеличение емкости тепляка.

9. Уровень дезорганизации перевозочного процесса носит случайный труднопрогнозируемый характер, зависящий от внешних факторов и оказывающий влияние на результаты экспериментов.

Таким образом, проведенное с помощью имитационной модели исследование доказывает, что при развитии производства необходимо уделять значительное внимание и развитию транспортных систем, обслуживающих его, поскольку только такой подход позволит исключить впоследствии ошибки при проектировании производства и транспорта. **ИТ**

Рис. 7. Вагоны, находящиеся в очереди на размораживание:

— базовая ситуация; — 1-й вариант; — 2-й вариант; — 3-й вариант; — 4-й вариант

Список литературы

1. Козлов П. А., Осокин О. В., Колокольников В. С. Структура современной имитационной системы // Труды ОАО «НИИАС» : сборник научных трудов. — 2014. — Вып. 10. — С. 102–111.
2. Колокольников В. С., Ковалев И. А. Сравнение современных методов расчета железнодорожных станций // Инновационный транспорт. — 2015. — № 1 (15). — С. 80–82. — ISSN 2311–164X.
3. Козлов П. А., Пермикин В. Ю., Колокольников В. С. Автоматизированное построение имитационных моделей крупных транспортных объектов // Транспорт Урала. — 2013. — № 2 (37). — С. 3–5. — ISSN 1815–9400.