

## **Заключение**

Нечеткая логика позволяет улучшить качество управления светофорным объектом, однако решающую роль в оптимизации показателей эффективности играют эксперты, которые определяют количество входных и выходных переменных, число термов для каждой переменной, виды функций принадлежности, т.к. изменение этих параметров приводит к улучшению или ухудшению процесса управления объектом. Таким образом, организация режима работы светофорного объекта по алгоритмам нечеткой логики позволяет увеличить пропускную способность элементов улично-дорожной сети и тем самым снизить экологическую нагрузку и аварийность.

## **Библиографический список**

1. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов В.Ю. Нечёткая логика и нейронные сети, М.:, 2001. 224 с.
2. Marzuki Khalid, See Chin Liang, Robiyah Yusof «Control of complex traffic junction using fuzzy inference».

УДК 656.21

## **ТИПИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ<sup>1</sup>**

***П.Н. Мишуров (науч. рук. А.Н. Рахмангулов)***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (МГТУ), Россия, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38, кафедра «Промышленный транспорт», [wavemgk@gmail.com](mailto:wavemgk@gmail.com), [ran@logintra.ru](mailto:ran@logintra.ru)*

## **Аннотация**

В статье рассматривается типизация промышленных железнодорожных станций, разработанная на основе исследования динамики использования их пропускных, перерабатывающих способностей и вместимостей методом имитационного моделирования.

## **Актуальность работы**

В условиях усложнения структуры вагонопотоков на железнодорожных путях необщего пользования промышленных предприятий возрастает актуальность использования гибкой технологии управления перевозочным процессом. Однако практическая реализация такой технологии при недостатке оперативной информации о маневровых перемещениях

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта за научно-исследовательскую работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2012 г.

вагонов, что характерно для существующих информационных систем, требует разработки типовых управленческих решений. Такие решения предлагается разрабатывать на основе предлагаемой типизации промышленных железнодорожных станций.

### ***Основные проблемы***

В настоящее время вагонопотоки на путях необщего пользования промышленных предприятий характеризуются усложнением структуры, связанной с уменьшением размера транспортно-грузовых партий. Одновременно наблюдается высокая неравномерность вагонопотоков. Отклонения интенсивности вагонопотоков от средних значений доходят до 250 – 395 %. Это приводит к несоответствию фактических вагонопотоков расчетным, увеличению времени переработки вагонов в железнодорожных транспортных узлах и на путях необщего пользования, нерациональному использованию пропускной способности и вместимости железнодорожных станций. В течение последних пяти лет простой вагонов на путях необщего пользования крупных металлургических предприятий увеличился в среднем на 20%, что привело к потерям, достигающим 20-30 млн. рублей для предприятий со среднесуточным вагонооборотом свыше 2 тыс. вагонов.

Снижение неравномерности вагонопотоков достигается применением технологических способов выравнивания загрузки промышленных железнодорожных станций.

Для исследования динамики возникновения резервов и недостатков перерабатывающей и пропускной способности станции в железнодорожном транспортном узле была построена системно-динамическая имитационная модель путей необщего пользования. Такая модель позволяет на основании данных об интенсивности и неравномерности вагонопотоков, а также данных об интенсивности переработки потоков железнодорожными станциями выявить резервы и недостатки их пропускной и перерабатывающей способности.

Системно-динамический подход – это способ обобщенного представления динамических процессов в сложных системах, когда выделяются наиболее существенные взаимовлияния и взаимозависимости потоков в таких системах. Системно-динамический подход основан на предположении, что динамика функционирования сложных систем, в частности производственных и транспортных, существенно зависит от структуры связей между элементами системы и временных задержек в принятии и реализации решений. Парадигму компьютерного моделирования, при которой для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие параметры во времени, в настоящее время принято называть системной динамикой.

Существенное преимущество системной динамики заключается в использовании так называемых «графической нотации» для описания структуры связей в динамических системах в виде потоковых диаграмм (stock-and-flow диаграмм). Такая нотация реализована в нескольких пакетах компьютерного моделирования (Stella, Vensim, iThink, Powersim и AnyLogic), позволяющих графически разрабатывать и анализировать системно-динамические модели.

В потоковых диаграммах системной динамики используется четыре базовых объекта:

- накопители (уровни, переменные состояния) – в графической нотации обозначаются прямоугольниками. В разработанной модели накопителями обозначаются вместимости и пропускные способности железнодорожных станций;
- потоки (связи между накопителями) – определяют непрерывное перемещение грузо- и вагонопотоков между накопителями;
- вентили – регуляторы потоков, определяющие их интенсивность (суточную, месячную, годовую). Интенсивность потоков задается как постоянной величиной (в задачах предварительного анализа системы потоков), так и функциональными зависимостями, показывающих их случайный характер, изменение с течением времени или взаимовлияния потоков;
- переменные модели и обратные связи – определяют различные параметры моделируемой системы грузо- и вагонопотоков, влияющие на все остальные объекты модели. В разработанной модели грузо- и вагонопотоков при помощи переменных и обратных связей задаются, в основном, затраты времени на движение потоков между железнодорожными станциями и на нахождение (обработку) потока на станции. С использованием данных объектов была разработана имитационная системно-динамическая модель железнодорожного транспорта промышленного предприятия. Построение имитационной модели проводится в 4 этапа:

1. Описание общей структуры модели, т.е. представление станций накопителями, а грузо- и вагонопотоков – потоками и вентилями (рис. 1).

2. На втором этапе описывается структура и задается интенсивность каждой струи потока. Неравномерность потоков задается в модели функциями генерации случайных величин, подчиняющихся определенным законам распределения.

3. На третьем этапе в модели задается изменение интенсивности каждого потока при помощи циклических «событий» - инструмента планирования действий (изменения значений переменных) в модели.

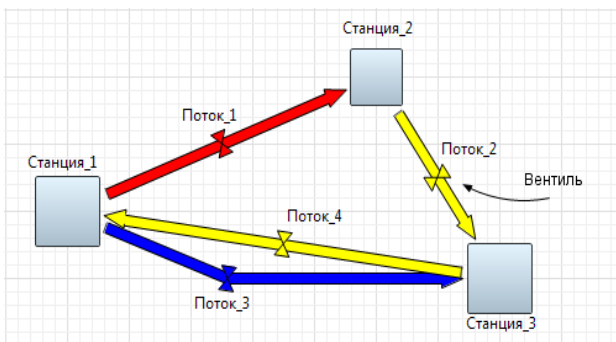


Рис. 1. Пример описания общей структуры системно-динамической модели

4. На четвертом этапе станции и перегоны описываются в виде совокупности двух накопителей (входного и выходного), связанных между собой внутренним потоком. Для станции входной накопитель используется для имитации задержки вагонов в ожидании обработки на станции, а выходной – простой вагонов на станции в ожидании свободности перегона. Тогда внутренний поток между входным и выходным накопителем моделирует интенсивность обработки вагонов на станции. Аналогичным образом в модели описываются перегоны (рис. 2). Динамика запасов в указанных двух накопителях позволяет оценить использование вместимости железнодорожной станции. Если запас в накопителях (количество вагонов) превышает максимальную вместимость станции, то входной поток задерживается, в результате чего увеличивается запас (количество вагонов) на предыдущей станции.

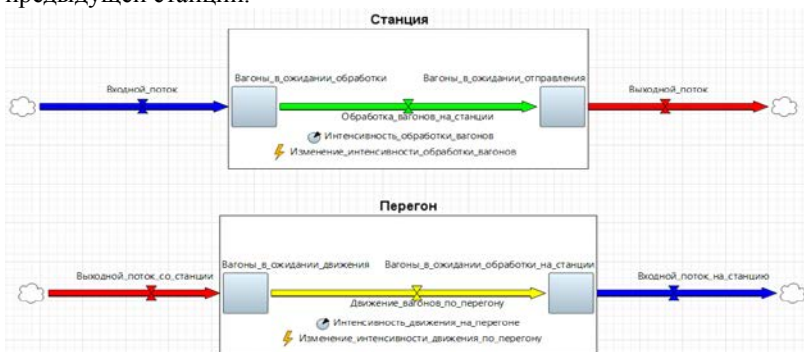


Рис. 2. Схема представления железнодорожной станции и перегона в системно-динамической имитационной модели

Построенная таким образом системно-динамическая имитационная модель (рис. 3) позволяет выявить недостатки и резервы перерабатывающей способности и вместимости каждой станции, а также недостатки и резервы пропускной способности перегонов.

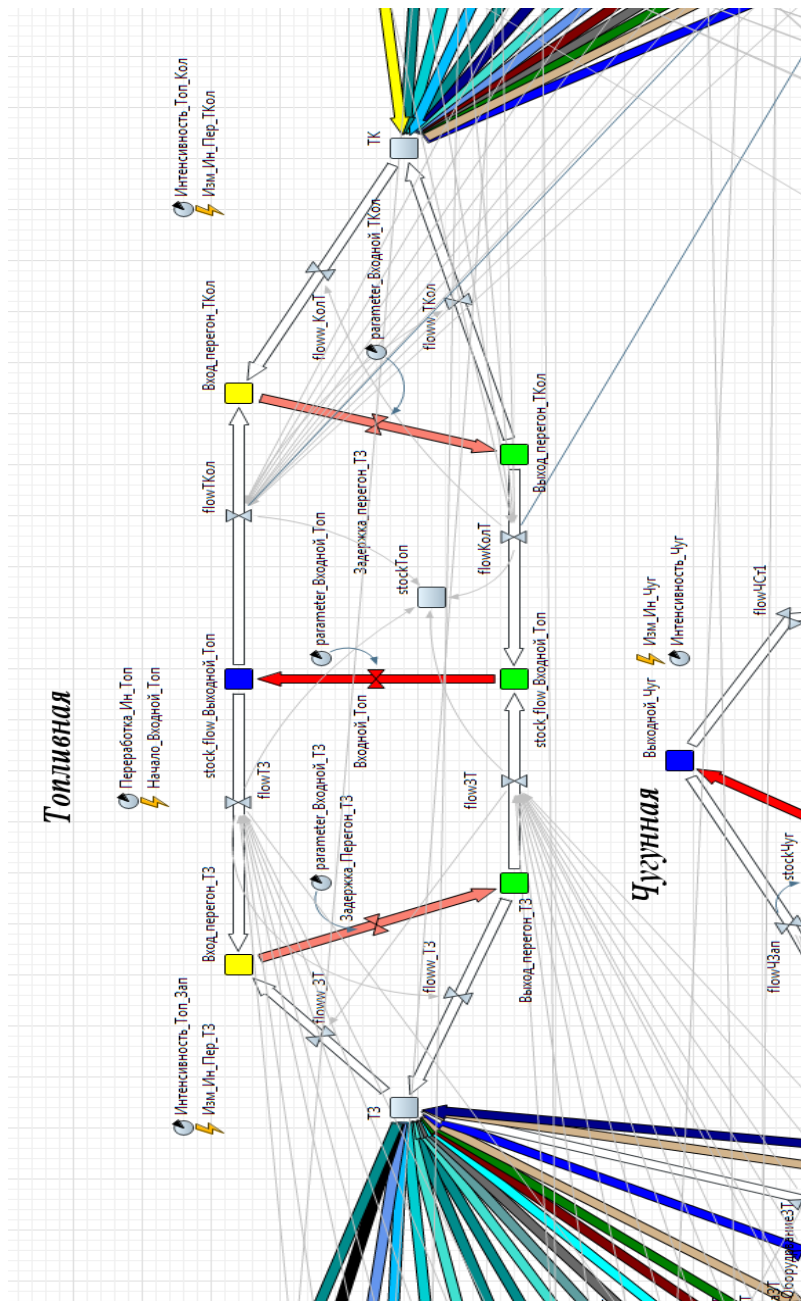
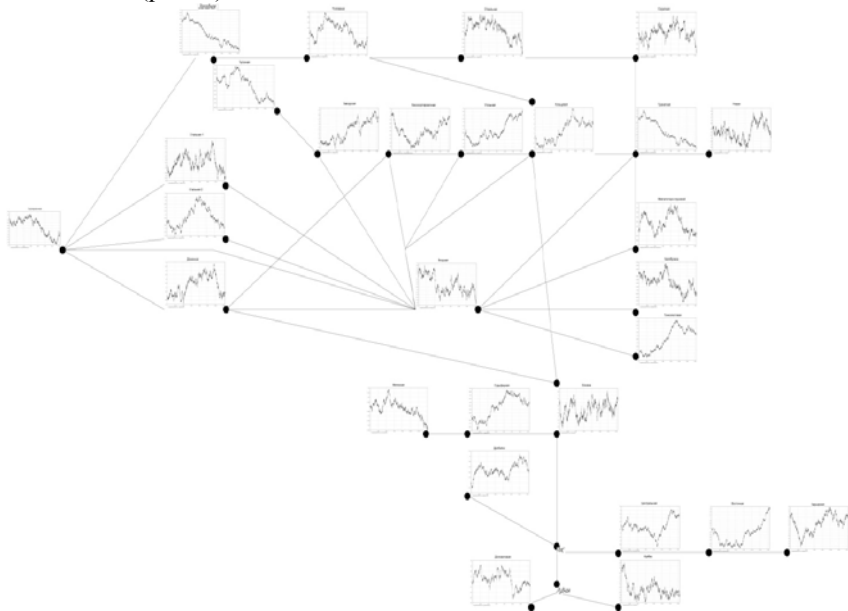


Рис. 3. Фрагмент системно-динамической (потоковой) модели железнодорожного пути необщего пользования

В результате экспериментов на построенной имитационной модели были получены графики динамики загрузки пропускной, перерабатывающей способности станций и перегонов, а также использования вместимости станций. Анализ полученных графиков (рис. 4) позволил выявить характерные и повторяющиеся изменения состояния накопитель модели (рис. 5).



*Рис. 4. Графики динамики запасов в накопителях системно-динамической модели путей необщего пользования промышленного предприятия*

Выделены четыре характерных вида динамики запасов вагонов в накопителях модели (рис. 5), различающиеся интенсивностью изменения уровня этих запасов.

Установлено, что данные характерные изменения связаны с основными параметрами промышленных железнодорожных станций, определяемыми интенсивностью, структурой перерабатываемых вагонопотоков, а также составом выполняемых на станции технологических операций.

Типизацию промышленных железнодорожных станций, обеспечивающих различную динамику переработки вагонов предлагается осуществлять по четырем параметрам: доля вагонов из общего вагонопотока, с которыми выполняются грузовые операции (коэффициент грузовой работы); доля транзитного вагонопотока (коэффициент транзитности); сложность структуры вагонопотока (коэффициент сложности структуры вагонопотока определяется, в соответствии с эмпирическим правилом

Парето, как отношение числа струй, суммарная интенсивность которых составляет 20% интенсивности всего потока к числу струй, чья суммарная интенсивность оставляет 80%.); неравномерность (изменчивость) потока (коэффициент неравномерности потока). Результаты типизации промышленных железнодорожных станций по выбранным параметрам представлены в табл. 1.

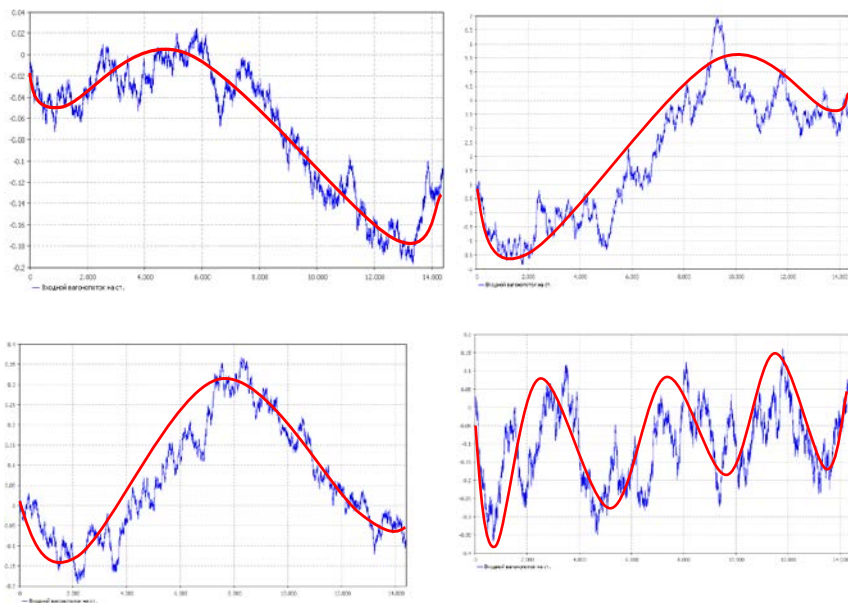


Рис. 5. Характерные изменения состояния накопителей в системно-динамической модели путей необщего пользования промышленного предприятия

Таблица 1  
Типизация промышленных железнодорожных станций по параметрам перерабатываемых вагонопотоков

Группа	Тип станций	Параметр	Значение
1	Грузовые станции	Коэффициент грузовой работы	0,7 - 1
2	Транзитные станции	Коэффициент транзитности	0,7 - 1
3	Станции со сложной структурой перерабатываемого вагонопотока	Коэффициент сложности структуры вагонопотока	свыше 8
4	Станции с равномерным вагонопотоком	Коэффициент неравномерности вагонопотока	1,0 – 1,3

В результате экспериментов с построенной имитационной моделью путей необщего пользования установлено, что в одни и те же моменты времени наблюдается различная загрузка станций, относящихся к разному типу. При высокой загрузке одних станций происходит снижение загрузки соседних, отличающихся по типу. Это хорошо видно на рис. 4 и 5. Причем, выявленная закономерность носит циклический характер, что связано с цикличностью технологических процессов обслуживаемого производства. Неравномерное использование пропускных и перерабатывающих способностей станций и перегонов, как известно, отрицательно сказывается на величине простоя вагонов на путях необщего пользования, а также на своевременности транспортного обслуживания производства.

В настоящее время известны технологические способы переброски пропускных способностей и вместимостей транспортных устройств (так называемая «структурная технология»), применение которых позволяет выровнять уровень загруженности железнодорожных станций и перегонов [1]. Для разработки стандартизации решений по управлению перевозочным процессом на промышленных железнодорожных станциях предлагается сгруппировать способы структурной технологии по предлагаемым типам станций и производить их выбор в зависимости от оперативной загруженности станции в сравнении с загруженностью соседних станций. Группировка стандартных технологических способов структурной технологии по типам промышленных железнодорожных станций представлена в табл. 2.

На основе представленной группировки технологических способов могут быть сформированы управленческие решения для каждой конкретной промышленной железнодорожной станции. При этом необходимо учитывать моменты возникновения разницы по величине загруженности соседних станций. Эти моменты можно выявить в результате построения и анализа имитационной модели путей необщего пользования предприятия, либо путем проведения статистических наблюдений за работой промышленных железнодорожных станций.

### ***Заключение***

В статье представлено решение актуальной научной и инженерной задачи сокращения простоя вагонов на железнодорожных путях необщего пользования на основе разработки стандартных управленческих решений по изменению технологии перевозочного процесса. Для выработки таких решений предлагается типизация промышленных железнодорожных станций. Типизация произведена по результатам экспериментов с построенной системно-динамической моделью железнодорожных путей необщего пользования промышленного предприятия, которая позволила установить закономерности изменения загруженности соседних станций.



Таблица 2

Технологические способы выравнивания загруженности транспортных элементов на путях необщего пользования промышленных предприятий

Тип станций	Интенсивность изменения загруженности станции	
	Низкая	Высокая
Грузовые станции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• изменение группности формируемых поездов</li> <li>• изменение порядка расположения вагонов в составе</li> <li>• технологическое совмещение парков путей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• переброска локомотива</li> <li>• переброска погрузо-разгрузочных механизмов</li> <li>• переброска персонала</li> <li>• расстановка групп вагонов по отдельным путям</li> </ul>
Транзитные станции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• взаимное изменение специализации парков приема и отправления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использование свободных станционных главных, ходовых и вытяжных путей</li> <li>• прием и обработка поездов на путях, закрепленных за другими операциями (грузами, вагонами, назначениями)</li> </ul>
Вагонопоток сложной структуры	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уменьшение группности поездов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• приоритетное выполнение трудоемких операций</li> <li>• постановка вагонов на пути, занятые вагонами в адрес другого грузового пункта</li> <li>• постановка групп вагонов одного из составов на свободные концы путей</li> </ul>
Равномерный вагонопоток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• отказ от выполнения отдельных операций перевозочного процесса</li> <li>• увеличение группности накапливаемых составов с повторной сортировкой</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• кратковременная интенсификация контроля соблюдения технологии перевозочного процесса</li> </ul>

### Библиографический список

1. Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н. Выбор оптимальных методов оперативного управления работой промышленных транспортных систем: Монография. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.Носова, 2000. 145 с.
2. Багинова В.В., Рахмангулов А.Н., Мишкурин П.Н. Методика оценки организационной структуры оперативного управления вагонопотоками на путях необщего пользования // Транспорт: наука, техника, управление, 2012. № 2. С. 19-22.