

## МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Доктор технических наук, профессор **Лецкий Э.К.**,  
(Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ))  
кандидат технических наук, доцент **Павлов А.Ю.**,  
аспирант, аналитик **Игнатов В.Е.**  
(ООО «НТЦТрансСистемоТехника»)

## MONITORING THE QUALITY OF DECISIONS IN THE MANAGEMENT OF TECHNICAL STATION ON THE RAILWAY TRANSPORT

Dr.Sci. (Tech.), Professor **Letskiy E.K.**,  
(Russian University of Transport (RUT (MIIT))  
PhD. (Tech.), Associate Professor **Pavlov A.Y.**,  
Post-graduate, Analyst **Ignatov V.E.**  
(LLC «STC Transssystemotekhnika»)

*Система управления, мониторинг качества решений, техническая станция железнодорожного транспорта, маневровый диспетчер, станционный диспетчер, график отправления поездов.*

*Control system, monitoring the quality of decisions, technical station of railway transport, shunting manager, station dispatcher, the train schedule.*

*Предложен подход к мониторингу качества решений, принимаемых на различных уровнях иерархической системы управления крупными объектами. Предлагаемый подход основан на методе, позволяющем оценивать качество каждого решения по общесистемным критериям. Процедура оценки включает поиск оптимальных решений с использованием математической модели объекта (аналитической или имитационной), осуществляемый после завершения интервала оценивания. Применение рассматриваемого подхода позволяет выявить источники «плохих» решений, обосновать переход к автоматическому (т.е. без участия человека) управлению объектом (или его элементами), выявить пути эффективного совершенствования системы управления.*

*The approach to monitoring of quality of decisions which are made at different levels of hierarchical control system of large objects is offered. This approach is based on a method that allows you to evaluate the quality of each decision on the criteria common in the system. The evaluation procedure involves finding optimal of decisions using a mathematical model of the object (analytical or simulation) after the completion of the evaluation interval. The application of this approach allows to identify the sources of "bad" decisions, to justify the transition to automatic (i.e. without human intervention) management of the object (or its elements), to identify ways to effectively improve the management system.*

### Введение

Системы управления крупными объектами (предприятием, отраслью и т.п.) имеют, как правило, иерархическую структуру, при которой управляющие органы вышестоящего уровня воздействуют различными способами на органы управления нижестоящего уровня, добиваясь принятия решений, обеспечивающих достижение общесистемных целей [1,2]. К подобным объектам можно отнести и технические станции железнодорожного транспорта, в состав которых входят парки приема, сортировочные парки и парки отправления поездов [3]. Управляющие решения, связанные с функционированием парков, принимают диспетчеры (дежурный по станции, маневровый диспетчер, станционный диспетчер) [4]. Эти решения связаны с работой отдельных парков, однако оказывают влияние на величины показателей работы всей станции. Дифференцированная оценка качества решений, принимаемых каждым диспетчером (или, в общем случае, каждым источником решений), является важным фактором повышения эффективности работы станции.

В статье предложен подход к получению дифференцированных оценок качества решений, принимаемых при управлении крупными объектами. Предлагаемый подход проиллюстрирован на примере системы управления технической станцией.

### 1. Методика оценки качества решений.

Пусть имеется последовательность решений  $x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \dots, x_N^{(n)}$ , принятых одним (или несколькими) источником решений при управлении объектом на интервале времени заданной длины (интервале оценивания). Полагаем, что задан показатель  $Q$ , характеризующий качество функционирования управляемого объекта, величина которого зависит, в общем случае, от всех решений, т.е.  $Q(x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \dots, x_N^{(n)})$ .

Показатель  $W_1$  качества решения  $x_1^{(n)}$  введем следующим образом:

$$W_1 = 1 - \frac{\Delta Q(x_1^{(n)})}{\max_{x_1 \dots x_N} Q(x_1, x_2, \dots, x_N)} \quad (1)$$

Величина  $\Delta Q(x_1^{(n)})$  в (1) определяет потери качества функционирования объекта, обусловленные решением  $x_2^{(n)}$ :

$$\Delta Q(x_1^{(n)}) = \max_{x_1 \dots x_N} Q(x_1 \dots x_N) - \max_{x_2 \dots x_N} Q(x_1^n, x_2, \dots x_N) \quad (2)$$

Вычисление показателя качества  $W_1$  (выражения (1) и (2)) осуществляется с использованием математической модели объекта (аналитической или имитационной) после завершения интервала оценивания (т.е. в режиме офф-лайн). При этом:

- в интервале оценивания проверяемое решение всегда является первым (т.е. для каждого проверяемого решения используется свой интервал оценивания);
- при поиске оптимальных решений используются фактические данные о состоянии объекта и внешних воздействиях (в отличие от ситуации, когда эти решения принимались).

## 2. Оценка качества решений при управлении технической станцией на железнодорожном транспорте

Показатели работы станции за определенный интервал времени (смену, сутки и пр.) будут зависеть от

всей совокупности решений, принятых на этом и, в общем случае, на предшествующих интервалах времени. Источники решений – диспетчерский персонал станции (дежурный по станции, станционный диспетчер, маневровый диспетчер). Проблема заключается в том, чтобы дифференцированно оценить качество каждого решения (каждого источника решений) с точки зрения близости к оптимальным решениям по заданному критерию.

Для технической станции в качестве критерия оптимальности может быть использован один или совокупность, например, следующих показателей [3]:

- отклонение от планового среднего времени простоя вагонов;
- отклонение от планового количества сформированных поездов;
- сумма отклонений от планового времени отправки поездов (соблюдение графика движения поездов);
- отклонение от планового количества отправленных поездов.

На рис.1 показана технология оценки качества решений, принимаемых при управлении технической станцией.



Рис. 1. Технология оценки качества решений при управлении технической станцией

Информацию, необходимую для принятия управляющих решений, источник решений получает от информационных систем, функционирующих на железнодорожном транспорте (АСУСТ, АСОУП, ГИД-Урал и др.[5]). Информация от тех же систем используется и при оценке качества решений. Поиск оптимальных решений осуществляется с использованием имитационной модели станции [6,7].

### 3. Пример оценки качества решений при управлении технической станцией.

В качестве примера рассмотрим техническую (сортировочную) станцию со следующими основными характеристиками:

- 1) станция состоит из трех парков – парка прибытия (ПП), сортировочного парка (СП) и парка отправления (ПО);
- 2) отправляемые поезда состоят из 17-20 вагонов;
- 3) на станции формируются поезда по 6-ти назначениям (Калуга, Рязань, Самара, Смоленск, Тверь, Тула);
- 4) на станции работает один маневровый локомотив, что означает последовательное выполнение операций по роспуску, перестановке вагонов между парками и т.д.;
- 5) на станции работают 2 диспетчера – станционный и маневровый, в зону ответственности которых входят прием и роспуск проходящих поездов, формирование и отправление поездов согласно заданному графику;

6) предполагается, что локомотивы предоставляются к моменту готовности составов к отправлению, но не ранее времени, указанном в графике отправления поездов;

7) на каждом пути сортировочного парка допускаются не более 30 вагонов;

8) нормы временных затрат на выполнение укрупненных операций следующие:

- прием и обработка в парке прибытия прибывшего поезда – 15 мин;

- роспуск поезда в сортировочном парке – 12 мин;

- выставка состава, сформированного в сортировочном парке, в парк отправления - 5 мин;

- обработка сформированного состава в парке отправления – 9 мин;

- отправление поезда из парка отправления – 5 мин.

На примере описанной станции рассмотрим процедуру оценки качества решения, принятого маневровым

диспетчером о роспуске состава, находящегося на 2-ом пути парка прибытия (ПП). Время начала реализации этого решения (20.28, см. таблицу 4) примем, согласно разделу 1, за начало интервала оценивания этого решения. Длительность интервала оценивания качества решений примем равной 2-ум часам.

На подходах к станции поезд № 15 состоит из 14 вагонов: 3 вагона назначением Смоленск, 11 вагонов назначением Тула. Ожидаемое время прибытия 20:49.

При расчете показателя W качества принятого решения в настоящем примере использован показатель Q качества функционирования станции, характеризующий отклонение времени отправки поездов от планового на интервале оценивания. Отклонение времени отправления поездов от заданного графика предлагается измерять в баллах в соответствии со шкалой, представленной в таблице 1.

Таблица 1.

### Шкала измерения отклонений от графика

Категория	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория	5 категория
Диапазоны отклонения от графика (чч:мм)	[00:00;00:05]	(00:05;00:10]	(00:10;00:30]	Задержка свыше 30 минут	Не отправлен (на интервале оценивания)
Баллы	5	3	2	1	0

Если поезд сформирован раньше времени отправления по графику, то его время отправления приравнивается ко времени отправления по графику, т.к. локомотив подается ко времени отправления по графику. Оценка показателя W качества решения при этом вычисляется по формулам (1) и (2).

Заданный график отправления поездов на интервале оценивания приведен в таблице 2.

Состояние парков станции в момент принятия оцениваемого решения маневрового диспетчера показано в таблице 3.

Таблица 2.

### График отправления поездов на интервале оценивания

Назначение	Кол-во вагонов	Время отправления
Рязань	20	21:00
Самара	20	21:20
Тула	18	22:15

Таблица 3.

### Состояние путей в парках станции

Парк прибытия (ПП)			Сортировочный парк (СП)		Парк отправления (ПО)		
№ пути	Количество вагонов	Назначение вагонов	№ пути – назначение	Количество вагонов	№ пути	Количество вагонов	Назначение вагонов
1	15	6 вагонов – Смоленск; 9 вагонов – Тула.	1 – Смоленск	8	1	20	20 вагонов – Смоленск
2	18	12 вагонов – Смоленск; 6 вагонов – Калуга.	2 – Тверь	6	2	0	
3	17	8 вагонов – Рязань; 9 вагонов – Самара.	3 – Тула	5	3	20	20 вагонов – Тверь
			4 – Калуга	10			
			5 – Рязань	15			
			6 – Самара	11			

**Оптимальная последовательность операций на интервале оценивания  
при реализации решения маневрового диспетчера**

№ п/п	Событие	Источник решений	Варианты решения	Принятое решение	Время начала операции	Время завершения операции
1	Начало интервала оценивания	Маневровый диспетчер	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП; 3)Роспуск состава с 3-ого пути ПП	<b>Роспуск состава со 2-ого пути ПП</b>	20:28	<b>20.39</b>
2	Завершение операции роспуска состава со 2-ого пути ПП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 3)Роспуск состава с 3-ого пути ПП	Роспуск состава с 3-го пути ПП	20:39	20:51
3	Прибытие поезда №15 на 2 путь ПП	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Прием и обработка поезда №15 на 2-ом пути ПП	20:49	21:04
4	Завершение операции роспуска состава с 3-ого пути ПП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП 3) Выставка с 5-го пути СП поезда на Рязань на 2-ой путь ПО	Выставка с 5-го пути СП поезда на Рязань на 2-ой путь ПО	20:51	20:56
5	Завершение выставки поезда на Рязань на 2-ой путь ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Обработка поезда на Рязань на 2-ом пути в ПО	20:56	21:05
6	Завершение обработки поезда на Рязань на 2-ом пути ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Отправление поезда на Рязань со 2-го пути ПО	21:05	<b>21:10</b>
7	Завершение операции отправления поезда на Рязань со 2-го пути ПО	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП 3) Выставка сформированного поезда на Самару с 6-го пути СП на 2-ой путь ПО	Выставка сформированного поезда на Самару с 6-го пути СП на 2-ой путь ПО	21:10	21:15
8	Завершение выставки поезда на Самару на 2-ой путь ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Обработка поезда на Самару на 2-ом пути в ПО	21:15	21:24
9	Завершение операции роспуска состава с 3-го пути ПП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП	Роспуск состава со 2-ого пути ПП	21:15	21:27
10	Завершение обработки поезда на Самару на 2-ом пути ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		<b>Отправление поезда на Самару со 2-го пути ПО</b>	21:24	<b>21:29</b>
11	Завершение роспуска состава со 2-ого пути ПП	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Роспуск состава с 1-ого пути ПП	21:27	21:39
12	Завершение роспуска состава с 1-ого пути ПП	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Выставка сформированного поезда на Тулу с 3-его пути СП на 2-ой путь ПО	21:39	21:44
13	Завершение выставки сформированного поезда на Тулу с 3-го пути СП на 2-ой путь ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Обработка поезда на Тулу на 2-ом пути в ПО	21:44	21:53
14	Завершение обработки поезда на Тулу на 2-ом пути в ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		<b>Отправление поезда на Тулу со 2-ого пути ПО</b>	21:53	<b>21:58 – время окончания операции (22:15 время отправления по графику)</b>

## Оптимальная последовательность операций на интервале оценивания решения маневрового диспетчера

№ п/п	Событие	ЛПР	Варианты решения	Принятое решение	Время начала операции	Время завершения операции
1	Начало интервала оценивания	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП; 3)Роспуск состава с 3-ого пути ПП	Роспуск состава с 3-го пути ПП	20:28	20:40
2	Завершение операции роспуска состава с 3-го пути ПП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1)Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП; 3) Выставка с 5-го пути СП поезда на Рязань на 2 путь ПО	Выставка с 5-го пути СП поезда на Рязань на 2 путь ПО	20:40	20:45
3	Завершение выставки поезда на Рязань на 2-ой путь ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Обработка поезда на Рязань на 2-ом пути в ПО	20:45	20:54
4	Прибытие поезда №15 на 3 путь ПП	АСУСТ (Станционный диспетчер)		Прием и обработка поезда №15 на 3-ем пути ПП	20:49	21:04
5	Завершение обработки поезда на Рязань на 2-ом пути ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		<b>Отправление поезда на Рязань со 2-го пути ПО</b>	20:54	<b>20:59 – время окончания операции (21:00 время отправления по графику)</b>
6	Завершение формирования поезда на Самару на 6-ом пути СП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1) Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП; 3) Роспуск состава с 3-го пути ПП; 4) Выставка с 5-го пути СП поезда на Рязань на 2 путь ПО	Выставка с 6-го пути СП поезда на Самару на 2 путь ПО	20:59	21:04
7	Завершение выставки поезда на Самару на 2-ой путь ПО	АСУСТ (Маневровый диспетчер)		Обработка поезда на Самару на 2-ом пути в ПО	21:04	21:13
8	Завершение операции приема и обработки поезда № 15	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1) Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП; 3) Роспуск состава с 3-го пути ПП	Роспуск состава с 3-ого пути ПП	21:04	21:16
9	Завершение обработки поезда на Самару на 2-ом пути ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		<b>Отправление поезда на Самару со 2-го пути ПО</b>	21:13	<b>21:18(21:20 время отправления по графику)</b>
10	Завершение операции роспуска состава с 3-ого пути ПП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)	1) Роспуск состава с 1-ого пути ПП; 2) Роспуск состава со 2-ого пути ПП	Роспуск состава с 1-ого пути ПП	21:16	21:28
11	Завершение формирования поезда на 3-ом пути СП	АСУСТ (Маневровый диспетчер)		Выставка на 2 путь ПО поезда на Тулу	21:28	21:33
12	Завершение выставки поезда на Тулу на 2-ой путь ПО	АСУСТ (Маневровый диспетчер)		Обработка поезда на Тулу на 2-ом пути в ПО	21:33	21:42
13	Завершение обработки поезда на 2-ом пути ПО	АСУСТ (Станционный диспетчер)		<b>Отправление поезда со 2-го пути ПО на Тулу</b>	21:42	<b>21:47 – время окончания операции состава с 3-го пути ПП (22:15 время отправления по графику)</b>

В приведенных таблицах 4 и 5 показаны решения и операции по обработке поездов на интервале оценивания качества решения маневрового диспетчера о роспуске состава со второго пути парка прибытия. В первой строке таблицы 4 показаны варианты решения и фактические времена начала и завершения этой операции. Проверяемое решение и фактическое время его реализации выделены полужирным шрифтом. Все последующие решения в таблице 4 и все решения таблицы 5 найдены с использованием имитационной модели станции по критерию близости времен отправления поездов к графику отправления (сумма балльных оценок времен отправления всех поездов на интервале оценивания) и при нормативных длительностях выполнения операций. Источник оптимальных решений в

таблицах обозначен как «АСУСТ» (при этом в скобках указан диспетчер, к сфере ответственности которого относится решение).

В таблице 6 показаны результаты расчета величин показателя Q качества функционирования станции для последовательности операций по обработке поездов таблиц 4 и 5. Используемые при расчетах времена завершения операций отправления поездов в таблицах 4 и 5 выделены полужирным шрифтом. Очевидно, что полученные величины позволяют рассчитать потери качества функционирования станции, вытекающие из-за не оптимальности оцениваемого решения маневрового диспетчера (2), где уменьшаемое рассчитывается по временам отправления поездов таблицы 5, а вычитаемое – по временам отправления таблицы 4.

Таблица 6.

### Расчет показателей качества функционирования станции для последовательностей операций таблиц 4 и 5

№ п/п	Отправление поездов по ПФ	Время окончания операции	Оценка отклонения поезда от графика	Время отправления по графику
<b>Оценка качества функционирования станции</b>				
1	Отправление поезда на Рязань по ПФ	<b>21:10</b>	Отклонение от графика в диапазоне 00:05;00:10 мин, <b>3 балла</b>	<b>21:00</b>
2	Отправление поезда на Самару по ПФ	<b>21:29</b>	Отклонение от графика в диапазоне 00:05;00:10 мин, <b>3 балла</b>	<b>21:20</b>
3	Отправление поезда на Тулу по ПФ	<b>21:58 – время окончания операции</b> (22:15 время отправления по графику)	Отправлен вовремя, <b>5 баллов</b>	<b>22:15</b>
<b>ИТОГО (баллов)</b>			<b>11 баллов</b>	
<b>Оценка качества оптимального решения</b>				
1	Отправление поезда на Рязань по ПФ	<b>20:59 – время окончания операции</b> (21:00 время отправления по графику)	Отправлен вовремя, <b>5 баллов</b>	<b>21:00</b>
2	Отправление поезда на Самару по ПФ	<b>21:18</b> (21:20 время отправления по графику)	Отправлен вовремя, <b>5 баллов</b>	<b>21:20</b>
3	Отправление поезда на Тулу по ПФ	<b>21:47 – время окончания операции</b> (22:15 время отправления по графику)	Отправлен вовремя, <b>5 баллов</b>	<b>22:15</b>
<b>ИТОГО (баллов)</b>			<b>15 баллов</b>	

Приведенные в таблице 6 значения показателей качества функционирования станции позволяют найти оценку W качества решения маневрового диспетчера:

$$W=1-(15-11)/15 = 11/15 = 0,73.$$

Отметим, что наибольшее значение показателя W равно единице и имеет место в случае, когда оцениваемое решение является оптимальным с точки зрения функционирования станции с использованным показателем качества.

#### Заключение

Отметим, что знание оценок качества решений позволит:

- вычислять рейтинг источников решений;
- принимать меры по совершенствованию функционирования источников решений (корректировка алгоритма или модели, с помощью которой находится

решение; совершенствование системы информационного обеспечения источника решений; мотивация или повышение квалификации источника решений (если источник решений – диспетчер) и пр.);

- обосновывать возможность перехода на автоматическое (т.е. без участия диспетчерского персонала) формирование решений.

#### Литература

1. Месарович М., Мако Д., Такаха И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.
2. Calbraith J.R. Designing organizations: an executive guide to strategy, structure and process. – Jossey-Bass, 2001.
3. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции ОАО "РЖД". – Распоряжение ОАО "РЖД" от 11.12.2014 г. N 2927р.

4. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – Приказ Минтранса России от 21.12.2010 N 286 (ред. от 25.12.2018).

5. Информационные технологии на магистральном транспорте: учебник/ В.Н.Морозов, Э.К.Лецкий, И.Н.Шапкин и др. — М.: ФГУП ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. — 405 с.

6. Никищенков А.С., Павлов А.Ю., Черемухин А.Н. Комплексная эмуляция работы железнодорожного полигона с совмещенными исполненными и прогнозными графиками движения поездов и работы станций//Информационные и математические технологии в науке и управлении: Тр. Байкальской Всероссийской конференции, Ч. 1. -Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. – С. 79-85.

7. Ерофеева Е.А. Решение задач оценки показателей работы железнодорожной сортировочной станции методом имитационного моделирования / Е.А. Ерофеева // Информационные технологии в промышленности: Материалы 6-ой Междунар. научно-технич. конф. – Минск, 2010. - С. 23-24.

## Сведения об авторах

**Лецкий Эдуард Константинович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированные системы управления», Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)).

127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

Тел. моб.: 8 (916) 621 86 38.

E-mail: letzky@miit.ru.

**Павлов Андрей Юрьевич**, к.т.н., доцент, ООО «НТЦТрансСистемоТехника» –

117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д.118 к.1(БЦ ВаршавкаSky).

Тел. моб.: 8 (916) 449 61 60.

E-mail: pavlov@transsys.ru.

**Игнатов Вячеслав Евгеньевич**, аспирант, аналитик, ООО «НТЦТрансСистемоТехника».

Тел. моб.: 8 (916) 028 59 04.

E-mail: ignatov-ve@mail.ru.