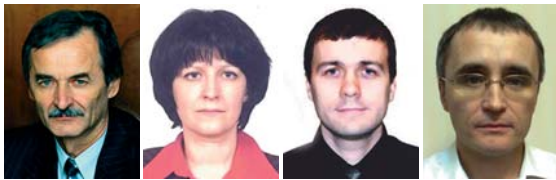


# Имитационная экспертиза проекта развития транспортного узла Усть-Луга

П. А. КОЗЛОВ, лауреат Государственной премии, докт. техн. наук, профессор, И. П. ВЛАДИМИРСКАЯ, канд. техн. наук,  
И. В. ИВАНОВ, инженер, О. В. ОСОКИН, канд. техн. наук



**Имитационная экспертиза — это всестороннее исследование будущего объекта на подробной имитационной модели.**

О необходимости такой экспертизы говорилось уже в методических указаниях по проектированию 1981 г.: «Проверку загрузки отдельных устройств и оценку других технико-эксплуатационных показателей по вариантам проекта для узлов, пассажирских, пассажирских технических, сортировочных, а также крупных реконструируемых участковых и грузовых станций следует выполнять методом моделирования работы станций на ЭВМ» [1].

межоперационные простои, возникающие при выполнении операций.

Имитационная экспертиза включает в себя следующие этапы:

- Адаптация технологии к структуре;
- Оценка структуры;
- Совершенствование структуры;
- Отработка узловой технологии;
- Проверка системы в заданном диапазоне внешних условий;
- Подготовка заключения экспертизы.

Вначале необходимо адаптировать технологию каждой станции к ее структуре (рис. 1). Задачей на этом этапе яв-

В настоящее время достигнута договоренность между ОАО «РЖД» и Минтранс России о введении имитационной экспертизы в качестве обязательного этапа проектирования и об утверждении типовых требований к ней.

Итак, имитационная экспертиза — системное исследование с помощью экспериментов на модели, позволяющее получить полную характеристику объекта как системы (данные о пропускной способности, времени нахождения транспортных средств в системе с расчленением по операциям, «узких местах» структуры и технологии), а также характеристику отдельных элементов и их взаимодействия (определить полную и полезную загрузку устройств терминалов, локомотивов, железнодорожных путей, грузовых и сортировочных устройств, взлетных полос, автомобильных трасс); спрогнозировать задержки из-за занятости устройств,

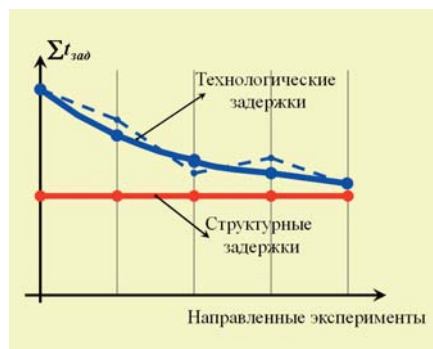


Рис. 1. Адаптация технологии к структуре

## Анализ результатов моделирования

### системой ИСТРА САПР

#### 1. Пропускная способность и простои вагонов

Станция *не может* переработать заданный входной поток.

#### По станции

прибыло поездов	159
убыло поездов	166
прибыло вагонов	9013
убыло вагонов	9033
средний простой вагона	3,13

#### Не принято

поездов	1
вагонов	32

#### 5. Рекомендации по совершенствованию работы станции

В первую очередь, необходимо уменьшить задержки из-за устройств

#### Устройство

2вс п. парка Парк отправления
1вс п. парка Парк отправления
Стр.417,418,419,420,421,423,426
Стр.226,252,254,256,258,260,262,264
3нс п. парка парк приема

Для этого нужно либо уменьшить число передвижений с их использованием, либо уменьшить время занятости этих устройств в операциях:

#### Операция

Следование резервом О 12
Перестановка состава О 11 путь 27
Расформирование (Заезд ГЛ + Надвиг + Роспуск)
Подача поездного электровоза Об
Следование резервом О 11

Рис. 2. Анализ результатов системой моделирования (вырезка)

Операция	Задержка		
	Графически	Суммарн. (чч:мм)	Средн. на операцию (чч:мм)
Следование резервом О 12		06:14	00:29
Перестановка состава О 11 путь 27		04:40	01:52
Расформирование (Заезд ГЛ + Надвиг + Роспуск) П7		04:37	00:34
Подача поездного электровазона О6		04:23	00:37
Следование резервом О 11		03:43	00:26
Окончание формирования О 14 путь 16		03:41	00:34
Следование резервом 2 О6		03:31	00:30
Окончание формирования О 15 путь 21		03:21	00:40
Уборка поездного локомотива П8		03:06	00:07
Расформирование (Заезд ГЛ + Надвиг + Роспуск) П8		03:02	00:07
Окончание формирования О 12 путь 13		02:42	00:14
Расформирование (Заезд ГЛ + Надвиг + Роспуск) П4		02:40	00:22
Следование резервом О 13		02:34	00:30
Подача поездного электровазона О2		02:34	00:19
Подача поездного тепловоза ТР9		02:30	00:10
Перестановка состава О 13		02:19	00:27
Окончание формирования О 11 - 3		02:18	00:55
Уборка поездного локомотива О2		02:17	00:17
Прием поезда П8		02:11	00:05
Перестановка состава О 11 путь 28		02:07	01:25
Перестановка состава О 11 путь 26		02:04	01:02
Расформирование (Заезд ГЛ + Надвиг + Роспуск) П2		02:01	00:13
Уборка поездного электровазона ТР9		01:52	00:08
Уборка поездного тепловоза П2		01:50	00:12
Подача поездного электровазона О 7		01:41	00:14
Уборка поездного локомотива П7		01:25	00:10
Следование резервом О14		01:24	00:08
Осмотр О 7		01:22	00:11
Окончание формирования О 14 путь 17		01:22	00:27
Осмотр О6-1		01:20	00:11
Следование резервом О 7		01:19	00:11

Рис. 3. Операции с наибольшими задержками

Элемент	Задержка		
	Графически	Суммарн. (чч:мм)	Средн. на операцию (чч:мм)
Расформирование с 4сп. п. парка парк приема	Лок.горючие локомотивы	01:05	00:00
	1всп. п. парка парк приема	00:22	00:00
	Стр.118,126	00:09	00:00
	Стр.103,111,117	00:04	00:00
	2мс. п. парка парк приема	00:02	00:00
Расформирование с 6сп. п. парка парк приема	Стр.104,110,116	00:02	00:00
	1всп. п. парка парк приема	01:11	00:00
	Стр.227,229,233,259,261,263,265,267,269,271	00:27	00:00
	Лок.горючие локомотивы	00:05	00:00
	3мс. п. парка парк приема	00:05	00:01
Выставка с 27 п. парка Сортировочный	Стр.103,111,117	00:03	00:00
	Стр.104,110,116	00:02	00:00
	2мс. п. парка парк приема	00:01	00:00
	1всп. п. парка Парк отправления	04:17	00:01
	Стр.226,252,254,256,258,260,262,264	02:53	00:01
Подача поезд. лок. на 9 п. парка Парк отправления	3 п. парка Парк отправления	00:29	00:11
	Стр.224,236,238,240,242,244,246,248	00:19	00:00
	2 п. парка Парк отправления	00:14	00:05
	Стр.315,319,327,351	00:12	00:01
Подача поезд. лок. на 9 п. парка Парк отправления	9 п. парка Парк отправления	01:37	00:21
	1дс. п. парка Депо	00:22	00:11
	Стр.359,369	00:05	00:02
	Стр.417,418,419,420,421,423,426	00:03	00:01
	Стр.58,60,64,321	00:02	00:01

Рис. 4. Разложение задержек в операциях по элементам структуры

Устройство	Величина загрузки			
	Графически	Занято по технологии (чч:мм)	Занят задержками (чч:мм)	Занят вагонами (чч:мм)
1всп. п. парка Парк отправления		18:36		
8 п. парка Парк отправления		09:24	06:02	00:30
10 п. парка Парк отправления		11:22	01:51	01:34
2всп. п. парка Парк отправления		14:27	00:12	
9 п. парка Парк отправления		11:07	02:30	00:51
4 п. парка Парк отправления		12:27	00:48	00:10
6 п. парка Парк отправления		10:17	02:22	
7 п. парка Парк отправления		10:45	01:10	00:34
3всп. п. парка Парк отправления		11:31	00:28	
12 п. парка Парк отправления		07:52	03:14	00:35
11 п. парка Парк отправления		08:01	02:38	00:57
2 п. парка Парк отправления		09:57	01:12	00:24
5 п. парка Парк отправления		09:41	01:40	00:05
3 п. парка Парк отправления		10:20	00:53	00:06
x12 п. парка Парк отправления		09:32		
13 п. парка Парк отправления		05:17	00:34	00:57
1 п. парка Парк отправления		05:50		
14 п. парка Парк отправления		02:15	00:31	
4всп. п. парка Парк отправления		02:23		
15 п. парка Парк отправления		02:06	00:04	00:05

Рис. 5. Загрузка путей в парке отправления (зеленым – технологическими операциями, красным – межоперационными задержками, желтым – вагонами без локомотива)

ляется устранение задержек, вызванных несовершенством технологического процесса, несоответствием технологии конкретной структуре. Образно говоря, необходимо выяснить, что может структура, если технология не будет ей мешать. Естественно, этот этап требует проведения целой серии экспериментов.

На втором этапе осуществляется оценка собственно структуры. Особое значение здесь имеют «узкие места», то есть элементы, вызывающие наибольшие задержки. Третий этап должен быть посвящен совершенствованию структуры. На этом этапе специалисты по моделированию ведут работу с проектировщиками. Здесь так же требуется проведение большого числа экспериментов.

После того как структура и технология отдельных станций отработана, наступает четвертый этап – отработка узловой технологии. Здесь необходимо увязать не только технологию станций в единую узловую технологию, но и согласовать управление работой станций по общему узловому критерию.

Как правило, станции должны иметь несколько режимов работы, на которые они переходят в зависимости от ситуации в узле. И последним этапом имитационной экспертизы должна быть проверка структуры и технологии узла в заданном диапазоне внешних условий. Здесь проверяются параметры узла в различных условиях, определяются его резервы, устойчивость работы, рассчитывается предельная вместимость, а также период восстановления устойчивого состояния после перегрузки.

Устройство	Величина загрузки		
	Графически	Занято по технологии (чч:мм)	Занят задержками (чч:мм)
Стр.224,236,238,240,242,244,246,248		15:21	
Стр.417,418,419,420,421,423,426		15:14	
Стр.228,252,254,256,258,260,262,264		12:58	
Стр.312,314,346		10:46	
Стр.427		10:37	
Стр.230,266,268,270,272,274,276,278		10:24	
Стр.318,322,324,326,328,330,344		09:47	
Стр.103,111,117		09:15	
Стр.119,121,131,133		09:15	
Стр.40,44,46,50		08:51	
Стр.227,229,233,259,261,263,265,267,269,271		08:30	
Стр.58,60,64,321		08:00	
Стр.315,319,327,351		07:43	
Стр.409,412,413,414,415,416		07:31	
Стр.410,411		07:31	
Стр.317,355		07:31	
Стр.371,377,379		07:11	
Стр.311,323,331		07:01	
Стр.225,231,237,273,275,277,279,281,283,285		06:42	
Стр.359,369		06:41	
Стр.59,63,65,69		06:36	
Стр.325,335,341,365,367,373,381		06:34	
Стр.235,245,247,249,251,253,255,257		06:30	
Стр.16,38,48,54		06:24	
Стр.80,82		06:16	
Стр.243,431		06:16	
Элм № 84		06:16	
Стр.118,126		06:12	
Стр.333,343,357		06:05	

Рис. 6. Занятость стрелок

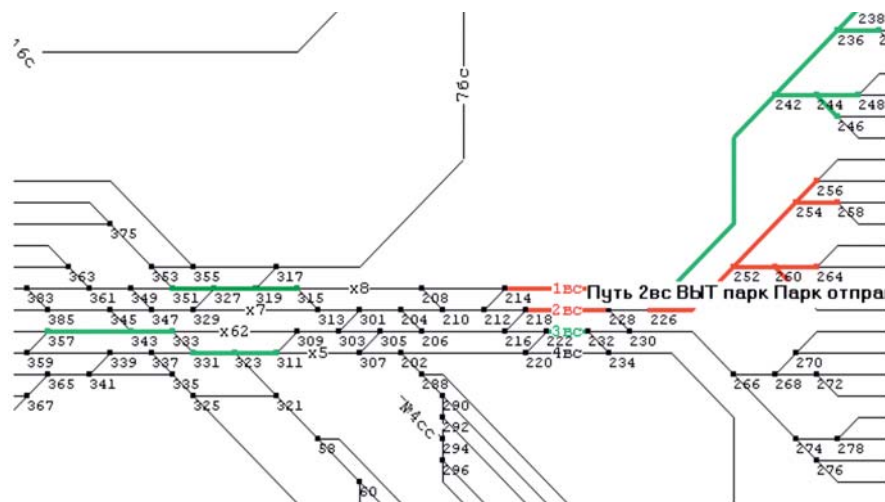


Рис. 7. «Узкое место» – пути окончания формирования

Элемент	Операция	Задержка		
		Графически	Суммарн. (чч:мм)	Средн. на операцию (чч:мм)
1вс п. парка Парк отправления	Окончание формирования О 14 путь 16		03:41	00:34
	Окончание формирования О 12 путь 13		02:42	00:14
	Выставка с 27 п. парка Сортировочный		02:10	00:52
	Окончание формирования О 14 путь 17		01:22	00:27
	Локомотив резервом с 5 п. парка Парк отправления		01:13	00:29
	Выставка с 26 п. парка Сортировочный		00:59	00:29
	Окончание формирования О 10		00:51	00:25
	Локомотив резервом с 6 п. парка Парк отправления		00:35	00:23
	Выставка с 13 п. парка Сортировочный		00:34	00:02
	Окончание формирования О 14 путь 18		00:23	00:23
	Локомотив резервом с 4 п. парка Парк отправления		00:14	00:14
	Выставка с 23 п. парка Сортировочный		00:12	00:02
	Выставка с 17 п. парка Сортировочный		00:01	00:00

Рис. 8. Разложение задержек из-за лимитирующего элемента по операциям

В 2009 г. в содружестве с Ленгипротрансом и ПГУПС выполнена первая часть работы – построены модели станций и выполнена первичная оценка проекта развития транспортного узла Усть-Луга.

В связи с предполагаемым широким внедрением имитационной экспертизы, рассмотрим методику реального опыта, взяв в качестве примера Лужскую-Сортировочную как наиболее сложную. Имитационная система «ИСТРА», рекомендуемая в качестве типовой, после каждого расчета выдает автоматический анализ. Допустим, технология еще не отлажена и анализ имеет вид (рис. 2). Далее исследователь анализирует «узкие места» технологии, то есть определяет, в каких операциях возникали наибольшие задержки (рис. 3).

«ИСТРА» дает возможность проследить, из-за занятости каких устройств возникали задержки в тех или иных операциях (рис. 4), и сопоставить задержки с занятостью путей, стрелок и др. (рис. 5, 6). Элементы структуры, вызывающие наибольшее торможение в работе, высвечиваются на схеме путевого развития разными цветами (при подводе курсора высвечивается дополнительная информация, рис. 7). Система дает также возможность проанализировать разложение по операциям технологического процесса задержек из-за лимитирующих элементов (рис. 8). Наглядно всю проделанную работу отображает график выполненной работы (рис. 9). Как и в остальных случаях,

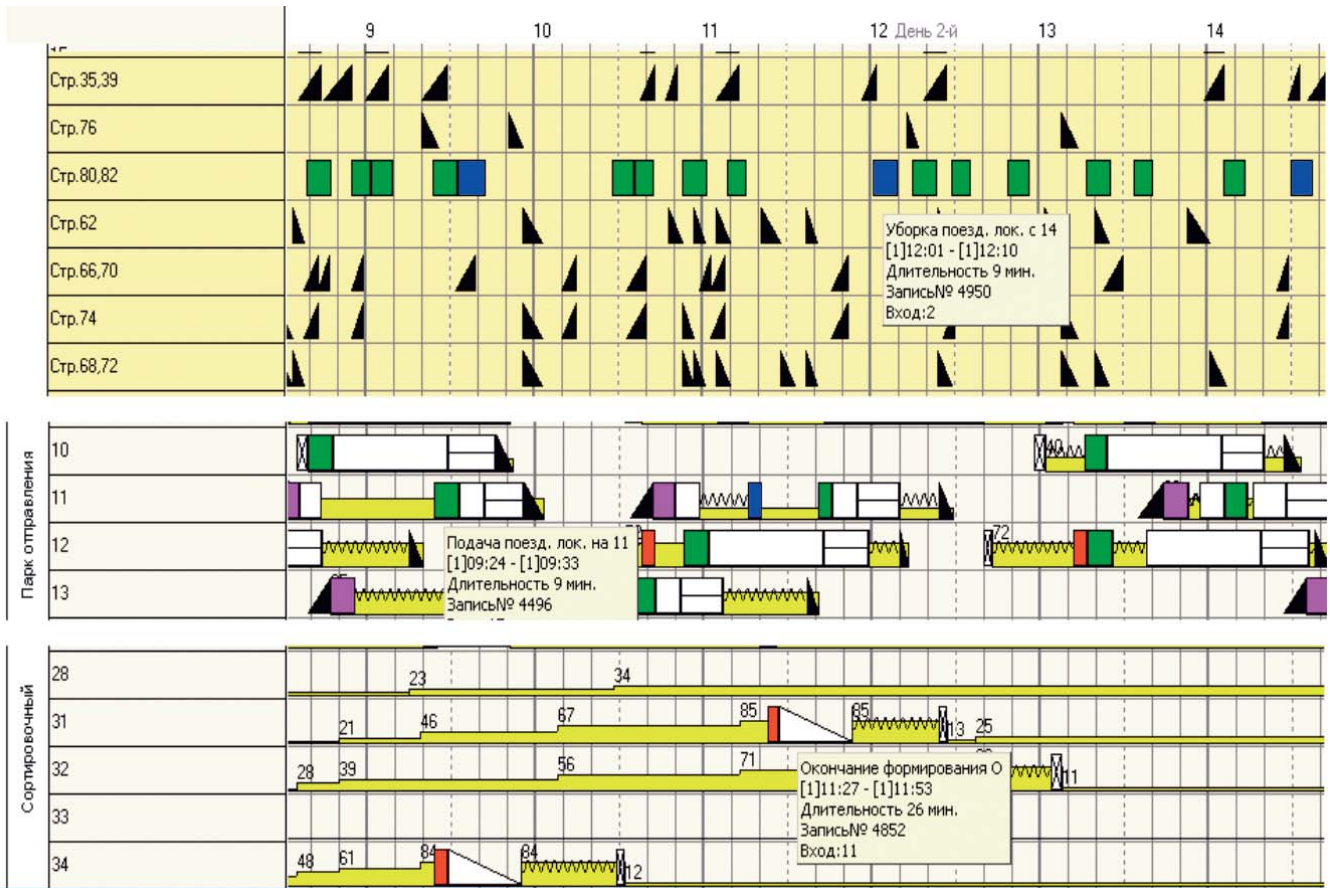


Рис. 9. График исполненной работы ст. Лужская-Сортировочная (вырезка)

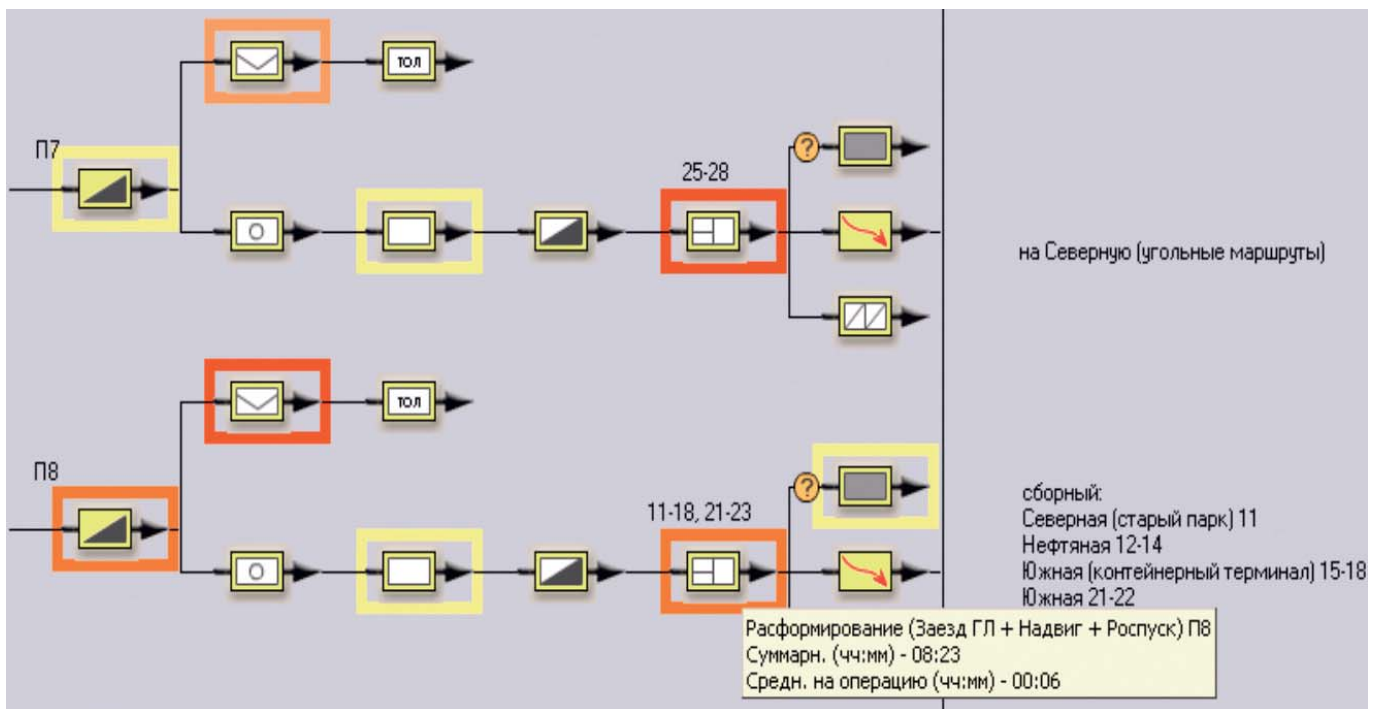


Рис. 10. Лимитирующие операции в схеме технологического процесса

при подведении курсора высвечивается поясняющая информация.

После анализа полученных данных наступает этап совершенствования технологического процесса. Его структура в виде последовательности операций с высвечиванием проблемных мест представлена на рис. 10.

Такая работа была проведена для всех станций узла. В 2010 г. планируется выполнить остальные этапы, тем самым завершив имитационную экспертизу проекта развития транспортного узла Усть-Луга, опыт которой, несомненно, должен быть востребован при широком внедрении этой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство (утверждено Министерством транспортного строительства СССР). — М.: Транспорт, 1981.
2. Козлов П. А., Козлова В. П. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов // Железнодорожный транспорт. — 2008. — № 7. — С. 36–38.