

УДК 656.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА ПОЛИГОНЕ ОПОРНОГО ЦЕНТРА СЕТЯМИ ПЕТРИ

А.И. Филоненков, В.Н. Зубков, Ю.В. Николенко

При создании опорного центра (ОЦ) основное внимание уделяется разработке системы планирования и организации местной работы на обслуживаемом полигоне линейного района. Для рациональной системы управления местной работой необходимо создать модель.

Нами использован способ моделирования сетями Петри. Цель представления системы в виде сети Петри и последующего анализа этой сети состоит в получении важной информации о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация может использоваться для оценки моделируемой системы и выработки предложений по её усовершенствованию*.

Важная особенность сетей Петри состоит в их асинхронной природе. Считается, что протяжённость во времени отдельного события менее важна, чем частичное упорядочение событий.

Наиболее ценным в использовании сетей Петри является возможность их графического представления в виде двудольного ориентированного мультиграфа.

При моделировании последовательности операций, происходящих в процессе управления местной работой, было создано 4 мультиграфа:

- граф оценки и прогнозирования положения на полигоне линейного района ОЦ (рис. 1);
- граф планирования местной работы на полигоне ОЦ (рис. 2);
- граф планирования грузовой работы на полигоне ОЦ (рис. 3);
- граф организации местной работы на полигоне ОЦ (рис. 4).

Граф сети Петри обладает двумя типами вершин: позициями (на рис. 1–4 представлены кружками и обозначены буквами P) и переходами (планки, T). Все обозначения позиций и переходов, изображённые на этих рисунках, раскрыты в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Обозначение и значение позиций на графах сети Петри (рис. 1–4)

Обозначение	Значение
$P_{пр.в}$	Имеются вагоны с просрочкой?
P_u	Имеется избыток?
P_n	Имеется недостаток?
$P_{н.в}$	Имеются неподанные вагоны (при оценке и прогнозе)?
P_o	Перевозка груза оплачена?
$P_{в.о}$	Имеются вагоны к отправлению?
$P_{в.г.о}$	Имеются вагоны под грузовыми операциями?
$P_{г.ок}$	Грузовые операции окончены?
$P_{ок.ц.}$	Окончание цикла
$P_{ок}$	Окончание процесса моделирования
$P_{им.}$	На станции имеется маневровый локомотив?
$P_{им.1}$	Имеются заявки по выделенным грузам?
$P_{в.б}$	Вагонов для выделенных грузов больше, чем в заявках?
$P_{и.н.в}$	Имеются неподанные вагоны (при планировании грузовой работы)?
$P_{и.в.п}$	Имеются вагоны на подходах?
$P_{о.н.в}$	Осуществляется погрузка вагонов «на себя»?
$P_{совп}$	План работы станции совпадает с намеченным?
$P_{совп.пл}$	Расчётное время на маневровую работу совпадает с планом?

* Информационные технологии на железнодорожном транспорте. М.: УМК МПС России, 2000.

Таблица 2

Обозначение и значение переходов на графах сети Петри (рис. 1–4)

Обозначение	Значение
$T_{л.и}$	Получение информации о положении на каждой станции, прикрепленной к опорной станции
T_i	Получение информации о положении на путях i -й станции и подходах к ней. Анализ полученной информации
$T_{ф12}$	Фиксация на графике исполненной работы номеров (ГИР) вагонов с просрочкой в доставке груза
$T_{ф1}$	Фиксация на ГИР количества имеющихся порожних вагонов
$T_{ф2}$	Фиксация на ГИР количества недостающих порожних вагонов для погрузки
$T_{ф3}$	Фиксация в памяти информации о необходимости подачи на грузовые пункты станции
$T_{ф3}$	Фиксация в памяти информации о необходимости подачи на грузовые пункты станции
$T_{ф5}$	Фиксация на графике исполненной работы количества готовых к отправлению вагонов
$T_{ср.ф}$	Получение информации о состоянии грузовых фронтов, наличии на них местных вагонов
$T_{п.и.}$	Получение информации о ходе погр./выгр. на i -й станции
$T_{ф6}$	Фиксация на графике исполненной работы числа погруженных / выгруженных вагонов
$T_{ф7}$	Фиксация на графике исполненной работы времени готовности к уборке вагонов
$T_{ф.п.и}$	Фиксация полученной информации
$T_{оз}$	Ознакомление с приказами, указаниями, специальными заданиями, распоряжениями ДС
$T_{п.з.}$	Получение задания от ДС на обеспечение погрузки и выгрузки на станциях, прикреплённых к опорной
$T_{прогн}$	Прогноз подвода порожних вагонов от ДНЦ (ДНЦВ)
$T_{ан}$	Общий анализ состояния и положения на прикреплённых станциях
$T_{и.пл.м.р.}$	Извлечение из памяти ДСЦоп и ГИР исходной информации для планирования местной работы
$T_{и.подх.и.}$	Считывание информации о подходе поездов с местным грузом
$T_{и.гот.у.в}$	Считывание информации с ГИР о готовности к уборке вагонов
$T_{в.пр.ср.}$	Считывание с ГИР номеров вагонов с просрочкой в доставке грузов
$T_{оч.об.з.пункт.}$	Определение очередности обслуживания грузовых пунктов
$T_{пл.м.л.}$	Планирование подсылки маневрового локомотива для производства манёвров на линейной станции
$T_{пл.м.р.}$	Планирование очередности выполнения маневровой работы
$T_{пор.вып.м.р.}$	Передача указаний исполнителям о порядке выполнения местной работы
$T_{пл.м.р.}$	Общее планирование местной работы в районе управления опорной станции
$T_{исх.и.}$	Извлечение из памяти ДСЦоп и ГИР исходной информации для планирования грузовой работы
$T_{пл.погр.}$	Планирование погрузки на каждой станции, прикреплённой к опорной
$T_{з.п.в}$	Вагонов больше, чем в заявках

Окончание табл. 2

Обозначение	Значение
$T_{\text{пост.пор.в}}$	Получение информации о порядке поступления порожних вагонов для погрузки
$T_{\text{к.пост}}$	Контроль поступления недостающих порожних вагонов для погрузки
$T_{\text{им.изб}}$	Передача информации ДНЦВ о имеющемся избытке порожних вагонов и отставлении части из них в резерв
$T_{\text{от.пор.в}}$	Получение приказа на отставление порожних вагонов в технологический резерв
$T_{\text{ф8}}$	Фиксация на графике исполненной работы выделенных грузов
$T_{\text{з.п.в}}$	Запрос вагонораспреда о посылке необходимого рода вагонов для обеспечения установленных размеров погрузки
$T_{\text{пор.пост}}$	Получение информации о порядке поступления необходимого рода порожних вагонов для погрузки
$T_{\text{к.пост.в}}$	Контроль поступления недостающих порожних вагонов для погрузки
$T_{\text{пл.общ.погр}}$	Планирование общей погрузки на прикреплённых станциях
$T_{\text{п.выгр}}$	Планирование выгрузки на каждой станции, прикреплённой к опорной
$T_{\text{ф9}}$	Фиксация числа вагонов на местах выгрузки
$T_{\text{ф10}}$	Фиксация на графике исполненной работы числа вагонов с полным сроком выгрузки
$T_{\text{ф11}}$	Фиксация на графике исполненной работы числа вагонов, погруженных «на себя»
$T_{\text{п.о.выгр}}$	Планирование общей выгрузки в районе управления опорной станции
$T_{\text{распр.п.в}}$	Распределение порожних вагонов по станциям района управления
$T_{\text{пор.разв.п.в}}$	Согласование с ДНЦ порядка развоза порожних вагонов
$T_{\text{подг.п.в}}$	Передача указания исполнителям на подготовку порожних вагонов для обеспечения погрузки
$T_{\text{об.погр.п.в}}$	Контроль за обеспечением погрузки порожними вагонами
$T_{\text{и.огр.м.р}}$	Извлечение из памяти ДСЦоп и ГИР исходной информации для организации местной работы
$T_{\text{пл.р.м.п}}$	Согласование с ДНЦ, ДСП плана работы местного поезда на участке района управления опорной станции
$T_{\text{ут.пл}}$	Переговоры с ДСП (ДСЦ) о положении на станции к моменту прибытия местного поезда. Уточнение плана
$T_{\text{маневр.р}}$	Передача плана маневровой работы исполнителям
$T_{\text{пл.р}}$	Корректировка плана работы станции
$T_{\text{к.вып.пл}}$	Контроль за ходом выполнения плана работы на станции
$T_{\text{возм.пр}}$	Определение возможных затруднений и мер по их предотвращению
$T_{\text{вр.ок.р}}$	Определение времени окончания маневровой работы на станции
$T_{\text{к.вып.оп}}$	Контроль выполнения технологических операций
$T_{\text{корр.пл}}$	Корректировка плана маневровой работы и отправления местного поезда
$T_{\text{ф13}}$	Фиксация полученных данных на ГИР
$T_{\text{контр.м.р}}$	Контроль выполнения местной работы в районе управления опорной станции

Система в процессе функционирования может войти в тупиковое состояние, в котором входной поток данных полностью не обрабатывается, и система не сможет продолжить работу из-за невыполнимости условий перехода из состояния ожидания в состояние выполнения для всех процессов. В связи с этим особый интерес вызывают методы анализа свойств сети Петри, которые обеспечивают автоматический анализ моделируемых систем. Один из методов анализа основан на использовании дерева достижимости.

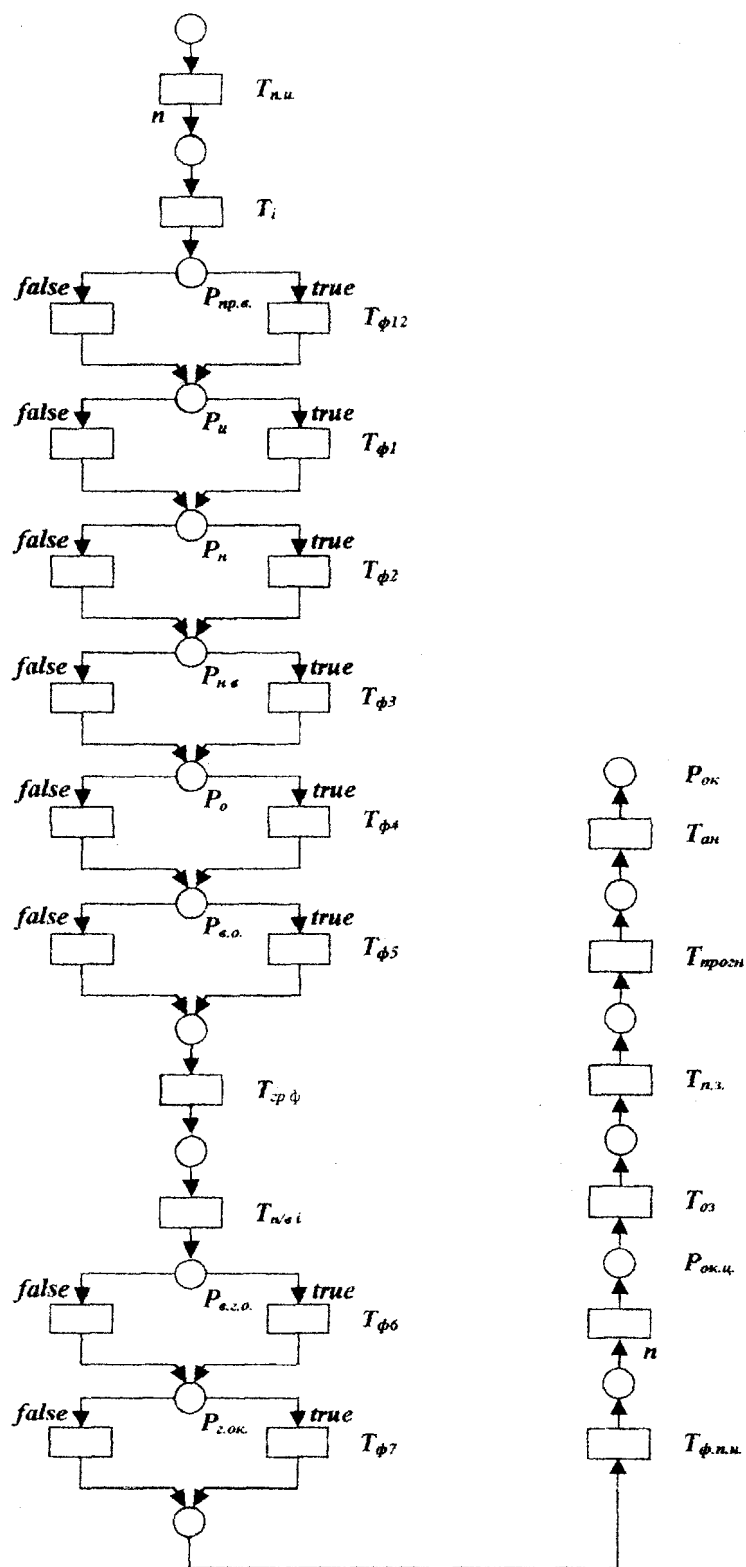


Рис. 1. Моделирование сетью Петри оценки и прогнозирования положения на полигоне ОЦ

Шаг построения дерева достижимости состоит в добавлении каждой граничной вершине — маркировки веера, образованного множеством всех непосредственно достижимых маркировок из данного массива.

На первом шаге граничной является начальная маркировка. Каждая дуга помечена переходом, запускаемым при переходе из одной маркировки в другую. Всякий путь, выходящий из корня дерева, определяет допустимую последовательность запусков переходов.

Каждая вершина дерева достижимости классифицируется алгоритмом как граничная вершина, терминальная вершина или внутренняя вершина. Обработка граничных вершин алгоритмом продолжается до тех пор, пока они все не станут внутренними, терминальными или дублирующими.

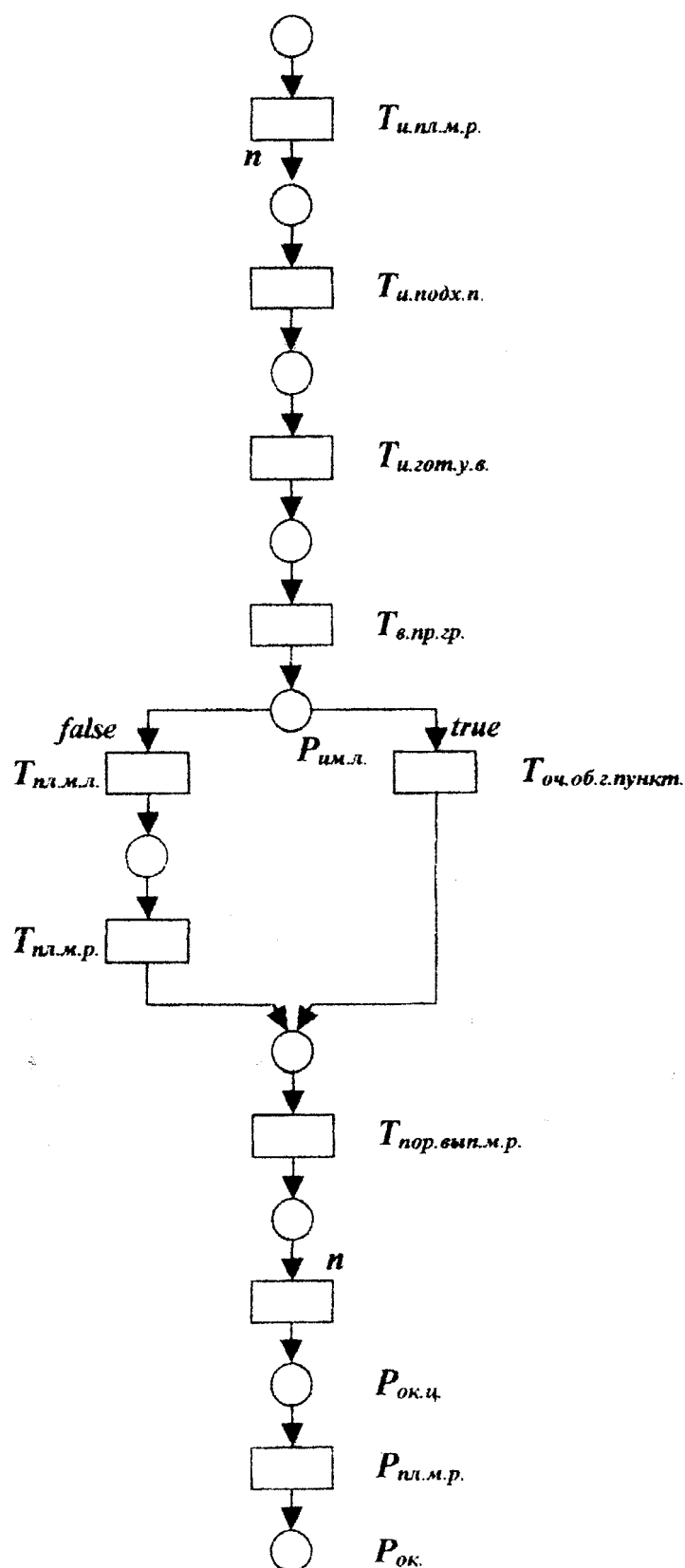


Рис. 2. Модель планирования местной работы на полигоне ОЦ

Для работы с моделированием сети Петри использовалась программа *Sds_vc.exe*. В составе выполняемых ею операций имеется и построение дерева достижимости.

Для смоделированной потоковой системы сетью Петри в данной работе программа *Sds_vc.exe* строит бесконечное дерево без терминальной вершины. Но при запуске модели сети Петри в режиме анимации процесс её работы является конечным.

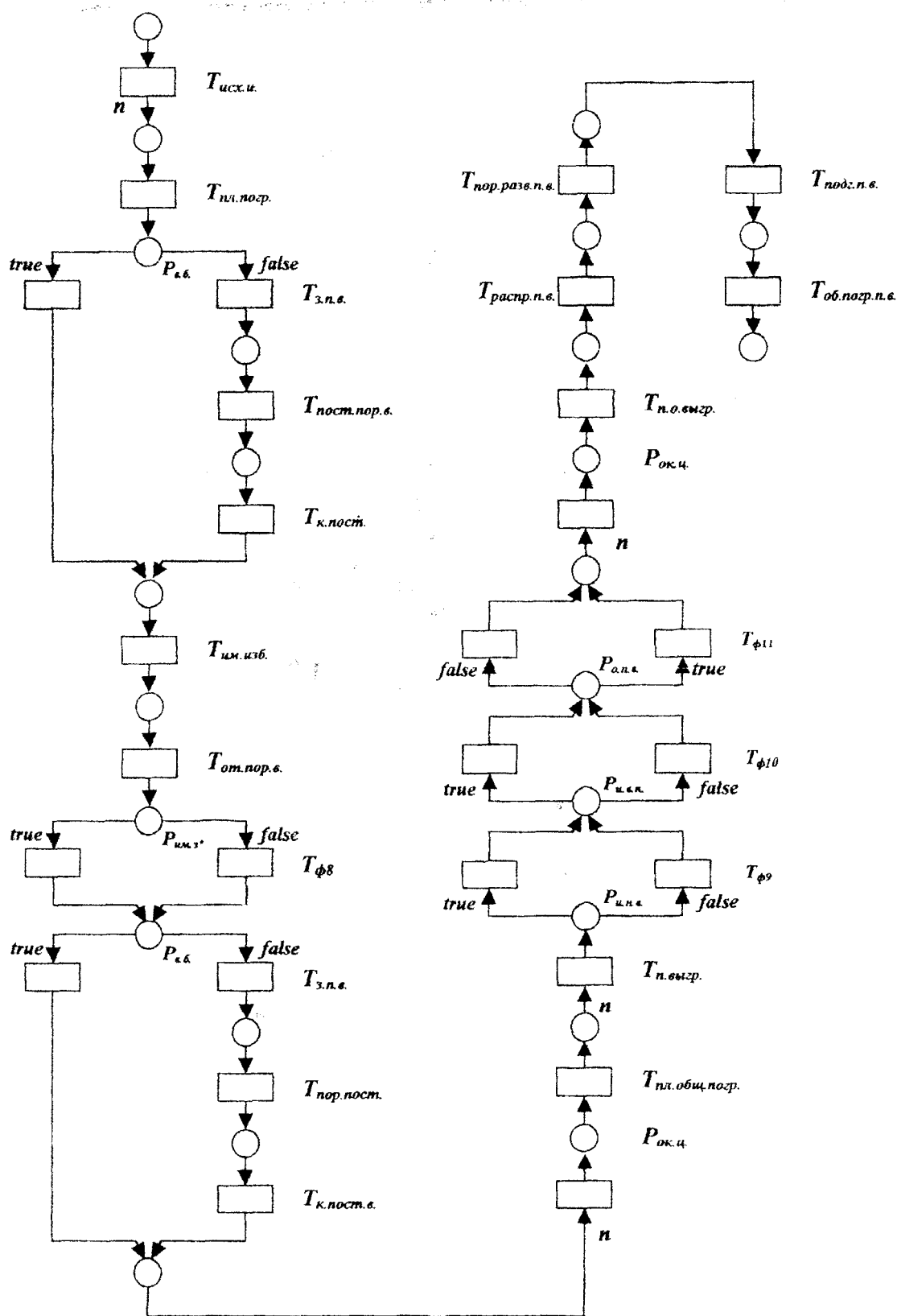


Рис. 3. Модель планирования грузовой работы на полигоне ОЦ

Тупиковых состояний в модели нет, есть одна терминальная вершина. Была построена модель системы планирования и организации местной работы на обслуживаемом полигоне линейного района. Для того чтобы определить наличие возможных тупиковых состояний, был исследован один из методов анализа свойств сети Петри – дерево достижимости.

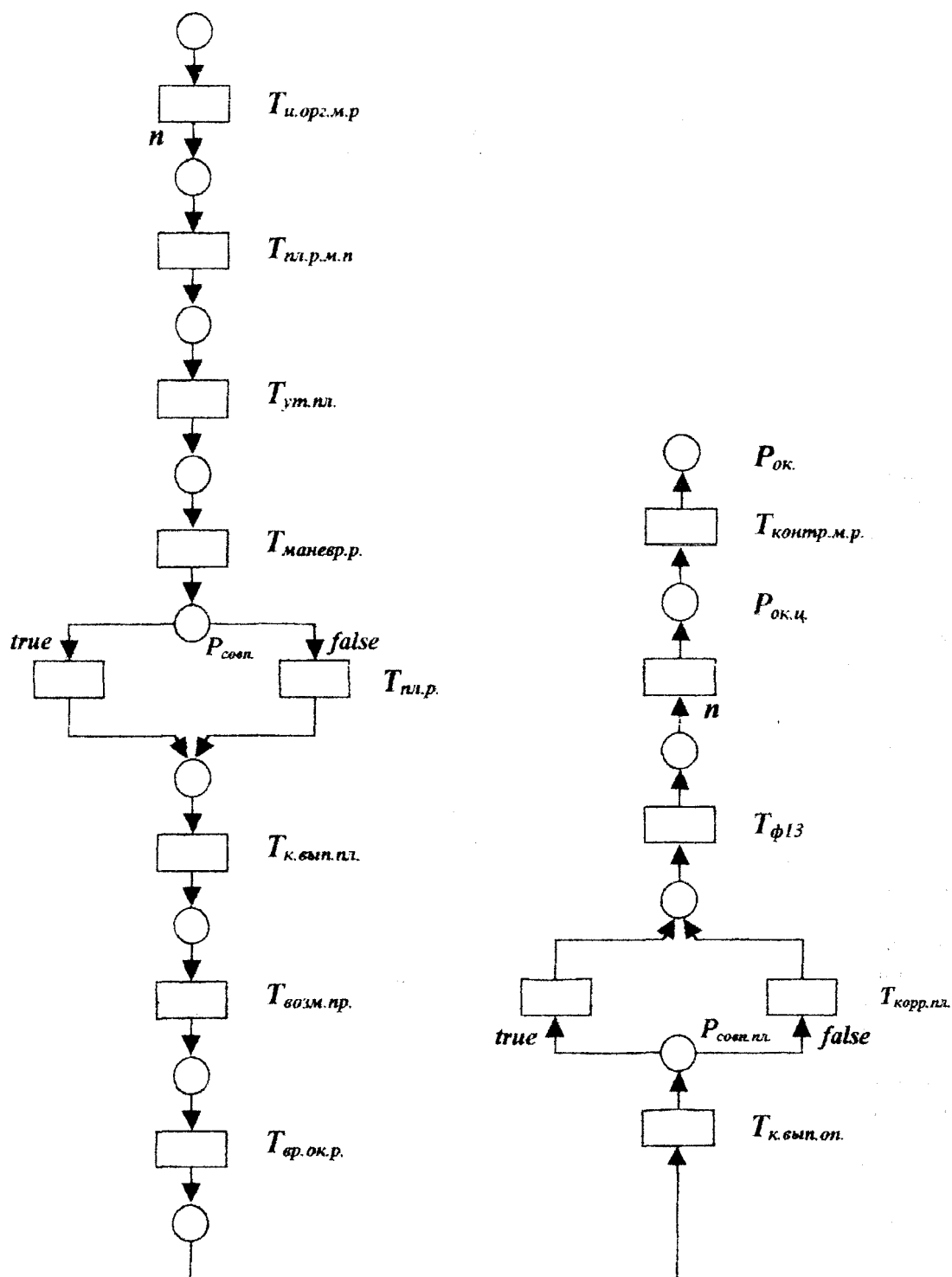


Рис. 4. Модель организации местной работы на полигоне ОЦ

На основании выполненного моделирования можно определить рациональное число промежуточных станций, входящих в линейный район ОЦ, потребное число маневровых локомотивов и соответственно их зоны обслуживания, оптимальную последовательность выполнения операций, график движения местных поездов, размеры грузовой работы. Всё это позволяет улучшить качество планирования и организации развоза местного груза и как следствие приведёт к сокращению числа маневренных локомотивов, составительских и локомотивных бригад, простоев местных вагонов.