

МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ПОРТОВОГО ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

И. В. Зуб, Ю. Е. Ежов (Санкт-Петербург)

Морской порт является пунктом перегрузки, хранения и отправки груза грузополучателю. Прибытие и убытие груза осуществляется транспортными средствами (водный, железнодорожный, автомобильный и трубопроводный транспорт). Взаимодействие в порту разнородных транспортных средств, приводит к тому, что в их обработке присутствуют как детерминированная, так и стохастическая составляющие.

Задачей порта является производство погрузочно-разгрузочных работ (*ПРР*), а одним из качественных показателей порта является скорость отработки транспортных средств (*ТС*). Как *ПРР*, так и обработка *ТС*, зависят от технического состояния перегрузочной техники (*ПТ*). Время обработки *ТС* ($T_{ТС}$) является функцией от нескольких переменных [1]:

$$T_{ПРР} = f(P_{ПТ}, R_{ПТ}, K_n, OTM), \quad (1)$$

где

$P_{ПТ}$ – парк перегрузочной техники *ПТ*;

$R_{ПТ}$ – производительность *ПТ*;

K_n – квалификация обслуживающего персонала;

ОТМ – организационно-технические мероприятия.

Организационно-технические мероприятия позволяют поддерживать *ПТ* в работоспособном состоянии при минимальных экономических затратах [2]. К таким мероприятиям относится планирование технического обслуживания (*ТО*). Здесь следует сделать уточнение, *ТО* в соответствии с ГОСТ 18300-2016 «Система технического обслуживания и ремонта. Термины и определение» можно разбить на несколько этапов, и увеличить наработку сверх установленного заводом-изготовителем на проведение *ТО*, а ремонт можно проводить как в плановые сроки, так и по техническому состоянию. В данной работе рассматриваются организационно-технические мероприятия по проведению *ТО*. В большинстве случаев прибытие *ТС* под обработку носит стохастический характер, и обусловлено определенным временным интервалом «окном». В образовавшиеся «окна» есть возможность произвести техническое обслуживание (*ТО*) отдельного механизма. В этом случае *ПТ* не выводится из эксплуатации для проведения регламентных работ, качество обработки *ТС* не снижается, но повышается коэффициент технического использования ($K_{ТИ}$).

Для проведения *ТО* в «окна» необходимо произвести декомпозицию *ПТ* на отдельные механизмы [3]. По имеющимся статистическим данным определяется среднее время проведения *ТО* по каждому механизму, что позволяет планировать работы на имеющийся временной промежуток времени или минимизировать простой *ТС*, прибывших под обработку. При появлении окна, служба эксплуатации сообщает ремонтной службе о временном промежутке, который есть в их распоряжении. Ремонтная служба, в соответствии с имеющимися статистическими данными планирует регламентные работы.

Для визуализации организационно-технических мероприятий разработана имитационная модель на основе сетей Петри (рис. 1). Предпосылками к использованию аппарата сетей Петри являются: наличие случайной и детерминированной и стохастической составляющих в прибытии под обработку *ТС*; возможность представления работ по *ТО* в виде совокупностей параллельных, процессов;

ситуационность управления, связанная со стохастичностью входного потока $ТС$ и с текущим наработком парка $ПТ$.

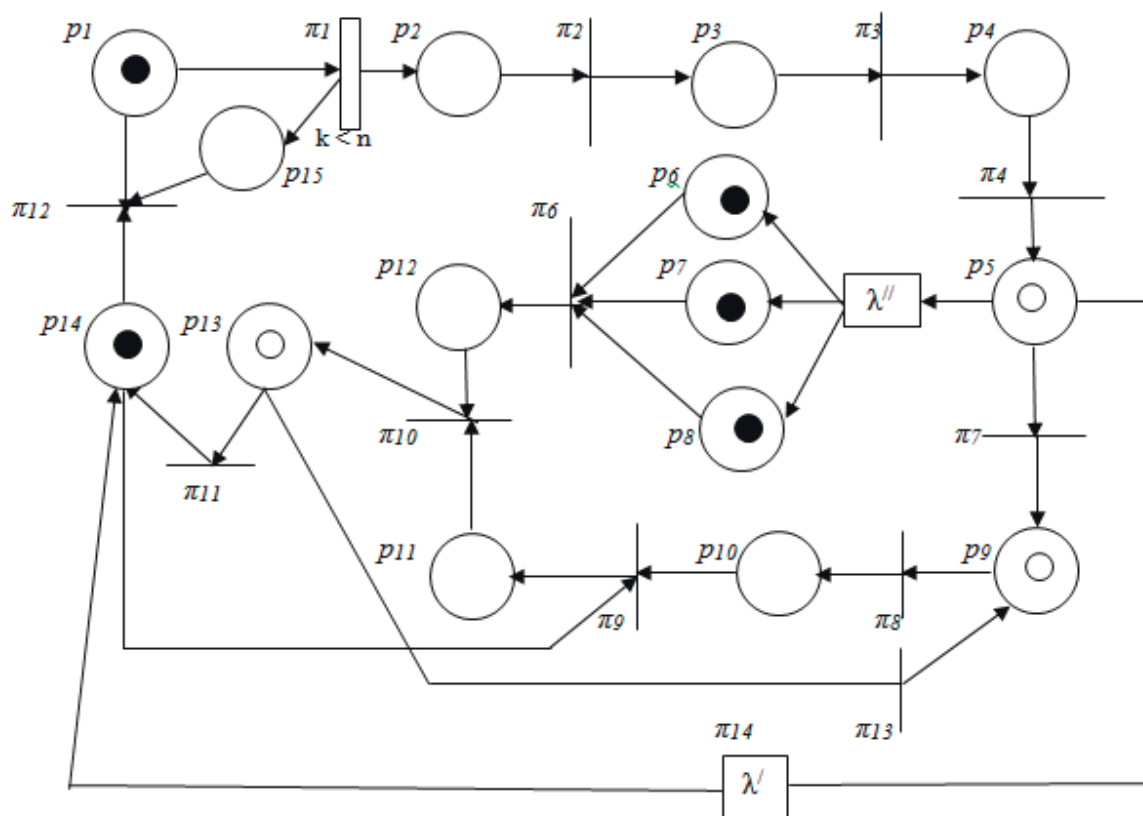


Рис. 1. Имитационная модель вывода $ПТ$ на $ТО$

p_1 – $ТС$; p_2 – информация об образовании «окна»; p_3 – время «окна»; p_4 – информация принята; p_5 – $ПТ$ определено; p_6 – людские ресурсы; p_7 – сменные запчасти; p_8 – горюче-смазочные материалы; p_9 – база данных по времени проведения $ТО$ для отдельных механизмов; p_{10} – механизм определен; p_{11} – $ПТ$ выведено на $ТО$; p_{12} – ресурсы определены; p_{13} – $ТО$ проведено; p_{14} – парк $ПТ$; p_{15} – место обработки; π_1 – прибытие $ТС$ в порт; π_2 – определение времени «окна»; π_3 – передача информации в ремонтную службу; π_4 – определение $ПТ$ с наработком для $ТО$; π_5 – подготовка к проведению $ТО$; π_6 – определение достаточности ресурсов; π_7 – поиск в базе данных механизма у которого время проведения $ТО$ соответствует времени «окна»; π_8 – выбор механизма; π_9 – вывод $ПТ$ на $ТО$; π_{10} – проведение $ТО$; π_{11} – ввод $ПТ$ в эксплуатацию; π_{12} – обработка $ТС$; π_{13} – внесение информации в базу данных; π_{14} – передача информации оператору о выводе $ПТ$.

Сеть Петри представляет собой ориентированный граф, вершины которого – позиции и переходы, – соединены между собой дугами. В позициях размещаются фишки, которые управляющие переходами и перемещаемые по сети. Переход запускается удалением фишки из его входных позиций и образованием новых фишек, помещённых в его входные позиции.

Имитационная модель вывода $ПТ$ на проведение $ТО$ в «окна» не является простой, в сети есть позиции, в которых возникают конфликтные ситуации. Под конфликтными ситуациями мы понимаем такое положение в сети Петри, когда позиция имеет выходы на два и более перехода. В зависимости от выбора может сработать только один переход, т.к. запуск перехода удалит фишку из позиции и другие переходы не смогут быть запущены.

В позиции p_1 фишка имеет размерность k , отражающая среднестатистическое количество $ТС$, прибывающих в порт в течение суток. Позиция p_1 является конфликтной. Конфликт решается посредством ситуационного управления, лицом, принимающим решения. В зависимости от создавшейся ситуации фишкой из позиции p_1 может быть запущен переход как π_1 , так и π_{12} . Переход π_1 переход с охраной (по терминологии [4]). Охрана имеет значение: $k < n$, где k – количество $ТС$, прибывающих в порт, n – количественный состав парка $ИТ$. При снижении потока $ТС$ в порт образуется вынужденный простой $ИТ$. В позиции p_5 имеется конфликтная ситуации. Позиция p_5 имеет встроенную сеть (рис. 2). Переход x_2 (рис. 2) имеет метку λ . Переход π_{14} имеет метку λ' , а переход π_5 имеет метку λ'' , что означает, что эти метки дополняют друг друга и все переходы помеченные таким образом могут сработать одновременно [4].

При определении времени простоя «окна», $ИТ$ выводится единица на $ТО$. Для проведения $ТО$ необходимо, чтобы в позициях p_6, p_7, p_8 , были фишки, которые обозначают ресурсы необходимые для проведения $ТО$, при отсутствии таковых $ИТ$ не будет введена на регламентные работы. Во втором случае входной поток $ТС$ будет обслуживаться, пока не будет достигнуто неравенство $k < n$, это произойдет в том случае, когда входной поток $ТС$ не пополняется вплоть до полного его исчерпания.

Позиция p_9 имеет встроенную сеть Петри (рис. 3), имитирующую формирование базы данных по времени проведения $ТО$ отдельных механизмов. В позиции p_{14} фишка имеет размерность n , показывающую количественный состав парка $ИТ$.

В позициях f_1 и f_2 (рис. 3) имеются фишки, которые показывают наличие ресурсов необходимых для выполнения работ. По окончании работ фиксируется время выполнения $ТО$ и пересчитывается в человеко-часах. Затем эта информация вносится в базу данных. База данных позволяет выбрать механизм $ИТ$, имеющего наработку на $ТО$, для проведения регламентных работ в определенный временной промежуток.

Позиция p_{13} является конфликтной, который решается встроенной сетью (рис. 4).

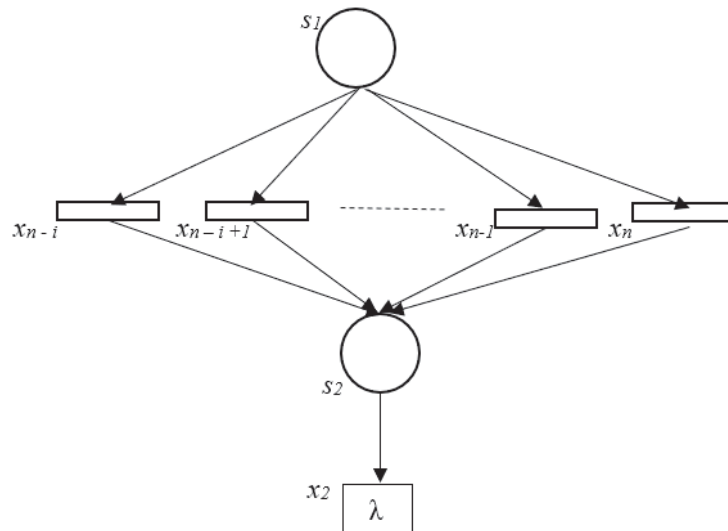


Рис. 2. Встроенная сеть позиции p_5

s_1 – счётчики моточасов $ИТ$; s_2 – соответствие наработку на ремонт; $x_{n-i}, x_{n-i+1}, \dots, x_{n-l}, x_n$ – считывание счётчиков моточасов с $ИТ$; x_l – определение номера $ТО$.

$ТО$ с декомпозицией $ИТ$ на отдельные механизмы и собранная информационная база данных позволяют увеличить как коэффициент технического использования, так и коэффициент технической готовности $ИТ$. В результате проведенных организационно-

технических мероприятий сокращаются простои ПТ для проведения плановых работ, снижается потребность в резерве ПТ, улучшается качество обработки ТС.

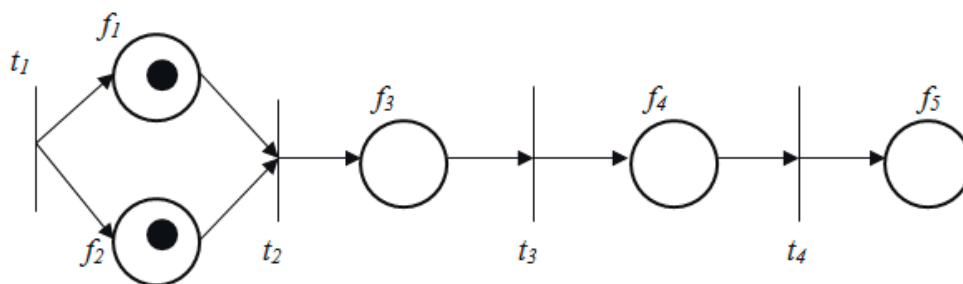


Рис. 3. Встроенная сеть позиции p_9

f_1 – ремонтный персонал; f_2 – механизм ПТ; f_3 – ТО проведено; f_4 – информация о времени проведения ТО в чел-часах; f_5 – база данных; t_1 – планирование ТО; t_2 – проведение ТО; t_3 – фиксация времени проведения ТО в чел-часах; t_4 – внесение информации в базу данных.

Анализируя сеть Петри (рис. 1) можно сделать следующие выводы: сеть не безопасна, т.к. в позициях p_1 и p_{14} фишки имеют размерность больше единицы, что говорит о том, что сеть может быть запущена до завершения предыдущего запуска. В нашем случае, это показывает, что если снижается поток ТС, а единица ПТ, ещё находится на регламентном обслуживании, то модель включается для вывода следующей единицы ПТ на ТО. Относительно безопасности можно ввести ограничения в позиции p_1 , другими словами, эта позиция не может содержать более k фишек, при несоблюдении этого условия ТС будут простаивать в очереди под обработку. Поскольку все переходы могут быть запущены при любой разметке, следовательно сеть называется живой.

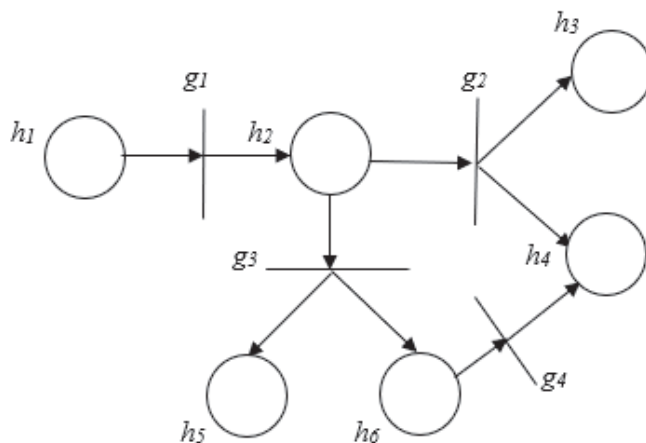


Рис. 4. Встроенная сеть позиции p_{13}

h_1 – работы по ТО завершены; h_2 – диагностика завершена; h_3 – служба эксплуатации; h_4 – база данных; h_5 – решение о выводе ПТ на ремонт; h_6 – дефектная ведомость; g_1 – диагностика ПТ; g_2 – передача информации об окончании ТО; g_3 – анализ данных диагностики; g_4 – планирование ремонта

Сети Петри, будучи асинхронным средством моделирования только причинно-следственных связей в объекте, отражает только логику функционирования модели. Для конкретизации асинхронную сеть Петри совмещают с временными характеристиками всех операций. Для этого в алгоритме имитационного моделирования каждому переходу π_j , который обозначает отдельную производственную операцию, приписывается время

его реализации τ_j . Значение τ_j может в ходе имитации задаваться двояко: либо как среднее выборочное по совокупности статистических данных, либо путем разыгрывания соответствующей эмпирической функции распределения.

При втором подходе счетчик реального времени встраивается в саму сеть в качестве совокупности сетевых фрагментов, относящихся к отдельным операциям. Это предполагает наличие в сети тактового механизма – «маятника», делающего целочисленными значения всех длительностей [5].

Литература

1. **Зуб И.В., Ежов Ю.Е.** Работоспособность перегрузочной техники, как средство обеспечения функционирования транспортной логистической цепи // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVI Международная науч.-практ. конф. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2017. С. 161-164.
2. **Зуб И.В., Ежов Ю.Е.** Организационно-технические мероприятия на терминале, обеспечивающие скорость обработки транспортных средств // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2018. С. 190-193.
3. **Соколов С.С., Ежов Ю.Е., Зуб И.В.** Имитационная модель на основе сетей Петри как средство диагностики перегрузочной техники // Речной транспорт (XXI век). № 4, 2016. С. 52-58.
4. **Ломазова И.А.** Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределённых систем с объективной структурой. М.: Научный мир, 2004. 208 с.
5. **Лескин А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М.** Сети Петри в моделировании и управлении. Л.: Наука, 1989. 133 с.