

УДК 656.078

ДОЦЕНКО Ю.В., канд. техн. наук, доцент (Донецкий институт железнодорожного транспорта)

ШЕХОВЦОВ А.И., канд. техн. наук, доцент (Донецкий институт железнодорожного транспорта)

ШЕХОВЦОВА Ю.А., аспирант (Донецкий институт железнодорожного транспорта)

Разработка моделей взаимодействия станций примыкания и железнодорожных путей необщего пользования на основе сетей Петри

Dotsenko Y.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (DRTI)

Shekhovtsov A.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (DRTI)

Shekhovtsova Y.A., Post-graduate student (DRTI)

Development of models of interaction between junction stations and non-public railway tracks based on Petri net

Введение

В соответствии со статьей 2 [1] «железнодорожные пути необщего пользования – железнодорожные подъездные пути, примыкающие непосредственно или через другие железнодорожные подъездные пути к железнодорожным путям общего пользования и предназначенные для обслуживания определенных пользователей услугами железнодорожного транспорта на условиях договоров или выполнения работ для собственных нужд».

Система взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта сочетает решение задач нормативно-правового, технологического и информационно-управленческого характера. Причем непосредственно в пунктах взаимодействия – на станциях примыкания и железнодорожных путях необщего пользования (ПНП) возникают стохастические и неопределенные факторы, в связи с чем принятие эффективных управленческих

решений в режиме реального времени невозможно без применения современных информационных технологий.

Анализ последних исследований и публикаций

Работа железнодорожных путей необщего пользования оказывает значительное влияние на обеспечение бесперебойного функционирования всего железнодорожного комплекса, поэтому вопросам совершенствования взаимодействия с ПНП и повышения эффективности их работы уделяется значительное внимание при проведении научных исследований.

В работе [2] проведен анализ литературных источников и выполнена систематизация основных технических и технологических мероприятий, направленных на совершенствование взаимодействия с ПНП. Особое внимание уделено целесообразности внедрения систем поддержки принятия решений.

Статья [3] посвящена вопросам

обеспечения равномерной нагрузки на места погрузки, выгрузки ПНП морских портов для уменьшения простоев, вызванных ожиданием подачи на грузовой фронт при сгущенном прибытии вагонов. Отдельно отмечена важность современных информационных технологий для обеспечения сквозного сменного-суточного планирования продвижения вагонопотока.

Авторами [4] выполнено исследование функционирования транспортно-логистической системы промышленного предприятия, дана характеристика видов обеспечения системы. Авторы подчеркивают, что повышение эффективности функционирования систем отдельных предприятий невозможно без внедрения информационных технологий и объединения всех участников транспортной деятельности в единую транспортно-логистическую цифровую экосистему.

Таким образом, внедрение современных информационных технологий является одним из необходимых условий повышения эффективности взаимодействия станций примыкания и ПНП. Также значимым требованием является информатизация всех, а не отдельных участников перевозочного процесса.

Цель работы

Исследование существующей технологии и разработка моделей взаимодействия станций примыкания и железнодорожных путей необщего пользования с использованием сетей Петри, для последующего поиска возможных направлений повышения эффективности взаимодействия.

Основная часть

Целью функционирования железнодорожных путей необщего пользования (ПНП) является перемещение материального потока между магистральным транспортом и производством. Следовательно, при рассмотрении взаимодействия станций примыкания и ПНП с позиции подачи-уборки вагонов, в которых и происходит перемещение грузов на железнодорожном транспорте, можно выделить две возможные схемы взаимодействия: при обслуживании ПНП локомотивом владельца (пользователя) железнодорожного пути необщего пользования (рис. 1) и при обслуживании ПНП локомотивом перевозчика (рис. 2).

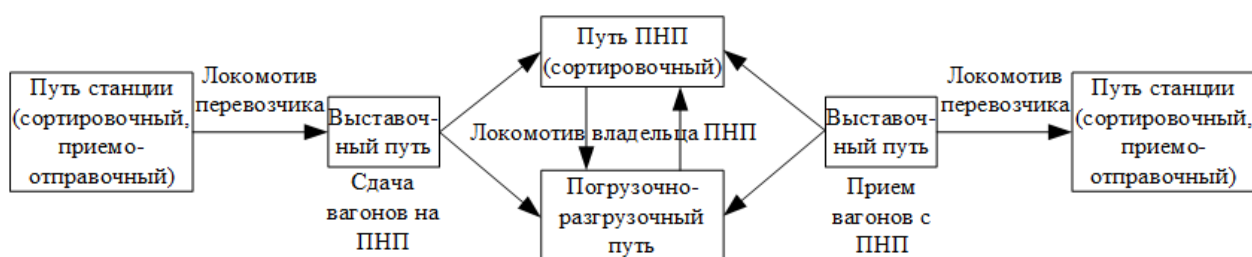


Рис. 1. Схема перемещения материального потока при обслуживании ПНП локомотивом владельца (пользователя) ПНП

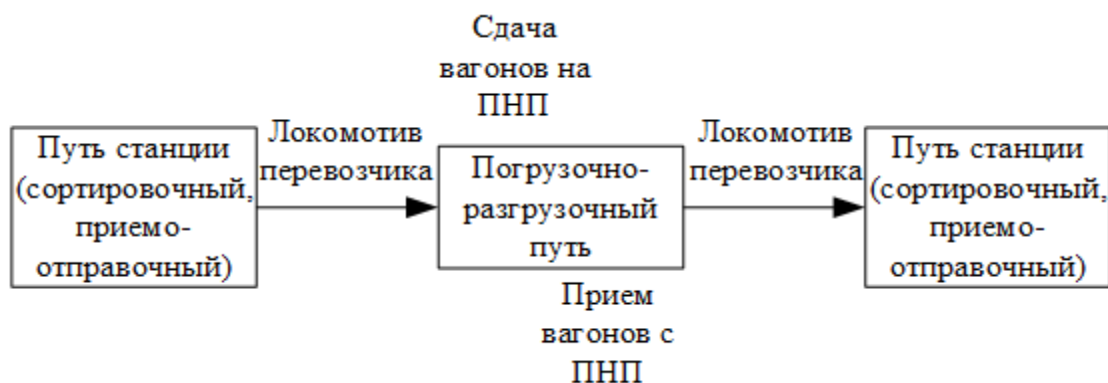


Рис. 2. Схема перемещения материального потока при обслуживании ПНП локомотивом перевозчика

Одним из хорошо зарекомендовавших себя методов исследования сложных систем является имитационное моделирование. При моделировании недетерминированных динамических систем с параллельными взаимодействующими компонентами, которыми являются станции примыкания и ПНП, рационально использовать сети Петри [5].

При обслуживании ПНП локомотивом владельца или пользователя этого пути, вагоны

подаются локомотивом перевозчика на выставочные пути, с которых вагоны далее подаются на грузовые фронты локомотивом владельца или пользователя ПНП [6]. Основываясь на алгоритме нахождения вагона на ПНП [7] и анализе нормативных правовых актов, разработана модель взаимодействия станций примыкания и путей необщего пользования, обслуживаемых локомотивом ветвевладельца, граф сети Петри представлен на рис. 3.

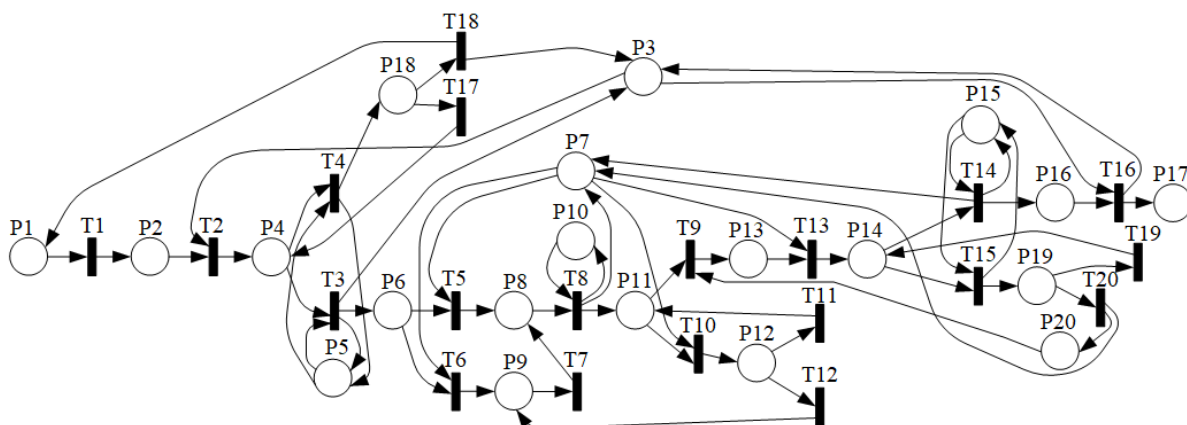


Рис. 3. Модель взаимодействия станций примыкания и путей необщего пользования, обслуживаемых локомотивом ветвевладельца

Целью функционирования ПНП является перемещение материального потока между магистральным

транспорт и производством, поэтому в качестве маркера, если иное не оговорено дополнительно, в модели

выступает группа вагонов, в которых грузы перемещаются на железнодорожном транспорте.

Пояснения к элементам модели (рис. 3) приведены в таблице 1.

При моделировании взаимодействия станций примыкания и ПНП учитывается их техническое

оснащение, в случае наличия на станции нескольких маневровых локомотивов, начальная маркировка позиции Р3 соответствует числу этих локомотивов, аналогично начальная маркировка позиции Р7 соответствует количеству локомотивов владельца или пользователя ПНП.

Таблица 1

Назначение элементов модели	
Функциональное назначение позиций сети	
Позиция	Назначение
P1	наличие группы вагонов для данного ПНП на путях станции
P2	уведомление принято
P3	свободность локомотива, принадлежащего перевозчику
P4	группа вагонов подана на выставочный путь
P5	свободность лиц, участвующих в передаче вагонов ПНП
P6	памятка приемосдатчика подписана
P7	локомотив владельца или пользователя ПНП свободен
P8	группа вагонов подана на грузовой путь
P9	отцепка от группы вагонов в количестве, превышающем вместимость грузового пути
P10	свободность погрузочно-разгрузочных машин (грузчиков, лиц, ответственных за грузовую работу на пути необщего пользования)
P11	с группой вагонов проведены грузовые операции, она готова к уборке
P12	группа вагонов подана на путь накопления
P13	уведомление принято
P14	группа вагонов подана на выставочный путь
P15	свободность лиц, участвующих в сдаче вагонов перевозчику
P16	памятка приемосдатчика подписана
P17	группа вагонов подана на пути станции
P18	памятка приемосдатчика не подписана
P19	памятка приемосдатчика не подписана
P20	выявленные неисправности устранены
Функциональное назначение переходов сети	
Переход	Назначение
T1	передача уведомление о времени подачи группы вагонов на ПНП
T2	подача вагонов на выставочный путь
T3	передача вагонов на ПНП, неисправностей не обнаружено
T4	передача вагонов на ПНП, обнаружены неисправности
T5	группа вагонов, не превышает полезной длины грузового пути
T6	группа вагонов, превышает полезную длину грузового пути
T7	подача на грузовой путь вагонов в количестве, равном полезной длине грузового пути

Продолжение таблицы 1

T8	проведение грузовых операций
T9	передача уведомления о времени завершения грузовой операции на ПНП
T10	подача группы вагонов на путь накопления
T11	со всеми поданными на ПНП вагонами проведены грузовые операции
T12	не со всеми поданными на ПНП вагонами были проведены грузовые операции
T13	подача группы вагонов на выставочный путь
T14	сдача вагонов перевозчику, неисправностей не обнаружено
T15	сдача вагонов перевозчику, обнаружены неисправности
T16	подача вагонов на пути станции
T17	устранение неисправностей на месте
T18	устранение неисправностей с возвращением вагонов на станцию примыкания
T19	устранение неисправностей на месте
T20	устранение неисправностей с возвратом на ПНП

В случае наличия нескольких погрузочно-разгрузочных машин (иных применяемых средств механизации), начальная маркировка позиции P10 будет соответствовать их количеству, а при наличии нескольких погрузочно-разгрузочных путей и возможности параллельного выполнения грузовых операций переход T8 представляется подсистемой. Также подсистемами представляются переходы T17, T18, T19 и T20 [8, 9], в зависимости от выявленных неисправностей. На малодейтельных станциях (ПНП) позиции P5 и P15 могут быть объединены.

При разработке модели взаимодействия станций примыкания и ПНП, обслуживаемых локомотивом, принадлежащим перевозчику, учтено, что в подавляющем большинстве случаев локомотив перевозчика не находится на ПНП во время проведения грузовых операций, а выполняет их подачу-уборку и, в случае необходимости, – перестановку. Модель взаимодействия станций примыкания и ПНП, обслуживаемых локомотивом перевозчика (рис. 4), разработана без дополнительной перестановки вагонов на местах выполнения погрузки, выгрузки.

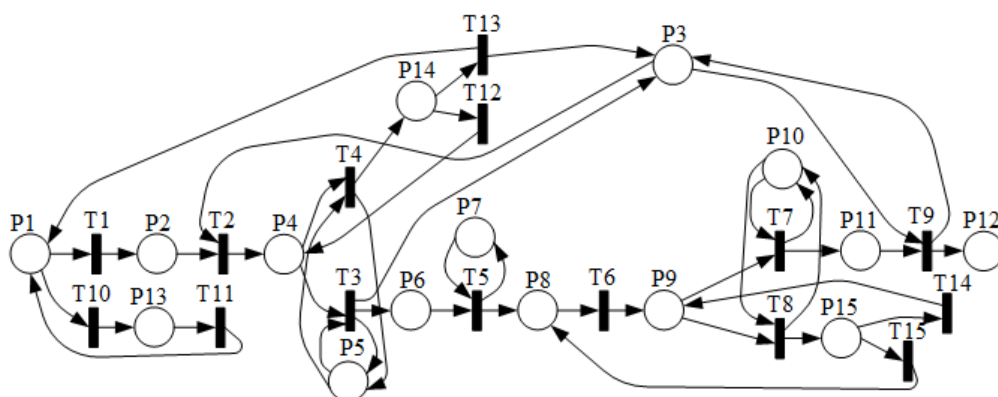


Рис. 4. Модель взаимодействия станций примыкания и путей необщего пользования, обслуживаемых локомотивом перевозчика

Назначение элементов модели	
Функциональное назначение позиций сети	
Позиция	Назначение
P1	наличие группы вагонов для данного ПНП на путях станции
P2	уведомление принято
P3	свободность локомотива, принадлежащего перевозчику
P4	группа вагонов подана на место погрузки, выгрузки
P5	свободность лиц, участвующих в передаче вагонов ПНП
P6	памятка приемосдатчика подписана
P7	свободность погрузочно-разгрузочных машин (грузчиков, лиц, ответственных за грузовую работу на пути необщего пользования)
P8	с группой вагонов проведены грузовые операции, она готова к уборке
P9	уведомление принято
P10	свободность лиц, участвующих в сдаче вагонов перевозчику
P11	памятка приемосдатчика подписана
P12	группа вагонов подана на пути станции
P13	подача на ПНП невозможна
P14	памятка приемосдатчика не подписана
P15	памятка приемосдатчика не подписана
Функциональное назначение переходов сети	
Переход	Назначение
T1	передача уведомление о времени подачи группы вагонов на ПНП, место погрузки, выгрузки свободно
T2	подача вагонов на место погрузки, выгрузки
T3	передача вагонов на ПНП, неисправностей не обнаружено
T4	передача вагонов на ПНП, обнаружены неисправности
T5	проведение грузовых операций
T6	передача уведомления о завершении грузовой операции на ПНП
T7	сдача вагонов перевозчику, неисправностей не обнаружено
T8	сдача вагонов перевозчику, обнаружены неисправности
T9	подача вагонов на пути станции
T10	передача уведомление о времени подачи группы вагонов на ПНП, место погрузки, выгрузки занято
T11	ожидание освобождения места погрузки, выгрузки
T12	устранение неисправностей на месте
T13	устранение неисправностей с возвращением вагонов на станцию примыкания
T14	устранение неисправностей на месте
T15	устранение неисправностей с проведением работ на ПНП

В модели (рис. 4) аналогичные с моделью (рис. 3) условия маркировки позиций P3 (соответствующая количеству маневровых локомотивов, принадлежащих перевозчику,

используемых на станции примыкания), P7 (соответствующая наличию погрузочно-разгрузочных машин или иных применяемых средств механизации), аналогичны условия для

устранения выявленных при передаче неисправностей. На малодеятельных станциях (ПНП) позиции Р5 и Р10 могут быть объединены.

Вывод

Разработанные модели направлены на формализацию взаимодействия станций примыкания и железнодорожных путей необщего пользования, дальнейшее моделирование позволит выявить направления повышения эффективности взаимодействия. В частности: рационализация использования наличных ресурсов, поиск лимитирующих факторов и последующее их исправление для сокращения времени нахождения вагонов на станциях примыкания и ПНП. Разработанные модели могут внедряться в системы поддержки принятия решений оперативного персонала.

Список литературы:

1. Федеральный закон «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» от 10.01.2003 N 18-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40444/.
2. Андреева И.А. Координация работ обслуживания железнодорожных путей / И.А. Андреева // Современные технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте: Материалы IX Международной научно-практической конференции студентов (23-24 марта 2022 г.) / Отв. ред.: У.М. Шереметьева. – Новосибирск: Новосибирский техникум железнодорожного транспорта, 2022. – С. 7-9.
3. Вакуленко С.П. Совершенствование взаимодействия грузоотправителя и перевозчика в морских портах / С.П. Вакуленко, Н.П. Журавлев, А.А. Сидраков // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. – 2020. – № 1(2). – С. 20-29.
4. Формирование и развитие транспортно-логистической системы промышленного предприятия / Н.Б. Куршакова, Г.Г. Левкин, А.Н. Ларин [и др.] // Основы экономики, управления и права. – 2023. – № 2(37). – С. 105-114.
5. Козлов В.Г. Моделирование транспортных потоков и эксплуатационной работы железнодорожных станций и узлов на основе сетей Петри / В.Г. Козлов // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2022. – № 2(45). – С. 114-116.
6. Приказ МПС РФ от 18.06.2003 N 26 (ред. от 04.05.2009, с изм. от 19.12.2017) «Об утверждении Правил эксплуатации и обслуживания железнодорожных путей необщего пользования» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4764) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43247/5747a5240b605d7a74d506308e7b80aa7adc9157/.
7. Шеховцов А.И. Алгоритм нахождения вагонов на путях необщего пользования как основа для повышения качества функционирования системы «железная дорога – клиенты» / А.И. Шеховцов // Известия Транссиба. – 2020. – № 3(43). – С. 119-128.
8. Шеховцов А.И. Разработка алгоритма устранения браков при подаче вагонов на железнодорожные

пути необщего пользования / А.И. Шеховцов // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы IV Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 28 апреля 2021 года. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 368-371.

9. Шеховцов А.И. Алгоритм устранения неисправностей при уборке вагонов с железнодорожного пути необщего пользования/ А.И. Шеховцов // Материалы VIII Международной Научно-практической конференции «Научно-технические аспекты комплексного развития железнодорожного транспорта» в рамках VIII Международного Научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие», 25-26 мая 2022 г. – Донецк: ДОНИЖТ, 2022. – С. 49-52.

Аннотации:

Статья посвящена разработке моделей взаимодействия станций примыкания и железнодорожных путей необщего пользования. На основе сетей Петри разработаны модели взаимодействия при обслуживании путей необщего пользования локомотивами владельца или пользователя пути необщего пользования, а также локомотивами, принадлежащими перевозчику. Определены основные направления применения разработанных моделей.

Ключевые слова: станция примыкания, железнодорожные пути необщего пользования, модель взаимодействия, принадлежность локомотива, информационные технологии.

The article is devoted to the development of models of interaction between junction stations and non-public railway tracks. Interaction models for maintenance of non-public tracks by locomotives of the owner or user of the non-public track, as well as locomotives owned by the carrier, were developed on the basis of Petri nets. The main directions of application of the developed models have been identified.

Keywords: junction station, non-public railway tracks, the interaction model, locomotive affiliation, information technology.