

Аунг Хейн Зо

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ
ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ
(для Республики Союз Мьянма)**

Специальность: 05.22.08 – Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» МГУПС (МИИТ) на кафедре «Логистические транспортные системы и технологии».

Научный руководитель

кандидат технических наук, доцент
Левин Дмитрий Юрьевич

Официальные оппоненты:

Резер Семён Моисеевич, доктор технических наук, профессор, Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН), заведующий отделом транспорта.

Кондрахина Надежда Викторовна, кандидат технических наук, открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ), заведующая отделением «Перспективное развитие сети железных дорог и целевые программы».

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС).

Защита состоится 20 декабря 2013 г., в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 218.005.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, ауд. 2505.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУПС (МИИТ).
Автореферат разослан « 19 » ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Горелик Александр
Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Большое строительство железных дорог в Республике Союз Мьянма по программе создания Трансазиатского железнодорожного коридора в ближайшее время приведет к значительному увеличению объема перевозок. Опыт Российских железных дорог показывает, что рост объема перевозок может привести к трудностям со своевременным пропуском поездов. Анализ планирования и управления перевозочным процессом на железных дорогах мира, в том числе и России показывает, что недостаточно разработать график движения, план формирования поездов и технологические процессы работы станций. Сами по себе они не гарантируют реализации заложенных в них возможностей. Еще необходимо создание условий для их выполнения.

В работе дана характеристика этих условий. Исследованы последствия невыполнения этих условий. Разработаны методики долгосрочного и оперативного создания и поддержания оптимальных условий работы железнодорожных участков. Приведены результаты поездной работы в оптимальных условиях.

Разработка методологических подходов, теоретических положений и методических рекомендаций, направленных на решение вопросов создания и поддержания условий для организации движения поездов на железнодорожном транспорте, и составляет содержание настоящего исследования.

Степень ее разработанности. Исследованиям проблем управления перевозочным процессом посвящены труды многих ученых в разных странах мира, которые внесли крупный вклад в разработку основополагающих документов эксплуатации железных дорог – графика движения поездов, плана формирования, технологических процессов работы станций, нормирования эксплуатационной работы, планирования поездной и грузовой работы.

Вместе с тем работа современного железнодорожного транспорта при высоком уровне использования пропускной способности участков и перерабатывающей способности станций свидетельствует, что для выполнения нормативно-технологических документов требуется создание и поддержание оптимальных условий работы участков и станций.

Для управления движением поездов используется диспетчерский аппарат. Во многих странах мира созданы оснащенные современной вычислительной техникой центры управления перевозками, позволившие сконцентрировать диспетчерское руководство. Широкое развитие получили информационные технологии, международные транспортные коридоры.

Дальнейшее развитие диспетчерских центров связано с переходом от информационно-справочного режима к управляющему, в котором одной из обязанностей диспетчеров более высоких уровней должно стать создание на нижерасположенных уровнях оптимальных условий эксплуатационной работы.

Цели и задачи. Целью работы является разработка теоретических положений и методических рекомендаций по повышению качества и устойчивости движения поездов на участках.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- изучить современные нормативно-технологические документы, регламентирующие движение поездов на железнодорожном транспорте и необходимые условия, обеспечивающие выполнение этих документов;
- установить закономерности поездной работы на участках при различной насыщенности поездами;
- разработать систему управления поездной работой, обеспечивающую создание и поддержание оптимальных условий работы участков;
- исследовать влияние различных факторов на оптимальные условия работы участков.

Научная новизна диссертации состоит в развитии системы планирования и управления поездной работой на участках. На основе проведенных исследований:

- определены условия работы участков, необходимые для достижения максимальных размеров движения поездов и выполнения графика движения;
- разработана технология создания и поддержания оптимальных условий поездной работы участков в долгосрочном и оперативном режимах;
- создана методика прогнозирования подхода поездов к участку;
- разработана система регулирования насыщения участков поездами;

- Разработана технология приведения в соответствие потребностей в перевозках грузов и наличной пропускной способности участков.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке новых теоретических и технологических решений и методических рекомендаций по планированию и управлению поездной работой на участках. Обосновано, что нормативно-технологические документы по организации поездной работы должны быть, не только разработаны, но для реализации их возможностей еще необходимо создавать и поддерживать оптимальные условия работы участков.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке технологии достижения максимальных размеров движения поездов на участках и создании условий для выполнения графика движения и его нормативов. Полученные в работе результаты приняты в ОАО «НИИАС» к применению при создании «Концепции развития и модернизации диспетчерских центров управления перевозками» и будут использованы при создании диспетчерских центров в Республике Союз Мьянма.

Методология и методы исследования. В процессе диссертационных исследований использованы комплексный и системный подход к решению задач. Применены методы теории вероятностей, математической статистики, линейного программирования, систем управления, теории графов и потоков в сетях.

Положения, выносимые на защиту:

- выполнение графика движения и достижение максимальных размеров движения поездов требуют создания оптимальных условий работы участков;
- важным условием нормальной поездной работы участков является не превышение максимального числа поездов, которое одновременно может находиться на участке;
- методы прогнозирования подхода поездов и регулирования насыщения участка поездами;
- системы долгосрочного и оперативного планирования и управления поездной работой.

Степень достоверности и апробации результатов. Результаты исследования и разработки обсуждались и получили одобрение на:

- XII научно-практической конференции « БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ » Москва, МИИТ, 2011 г.

- Научно-практической конференции Неделя науки-2012 « НАУКА МИИТа-ТРАНСПОРТУ » Москва, МИИТ, 2012 г.

- I научно-практической конференции « Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте » Москва, МИИТ, 2012 г.

- XIII научно-практической конференции « БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ » Москва, МИИТ, 2012 г.

- Научно-практическая конференция «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерений (УКИ-10)» ИПУ РАН, 2011 г.

Публикации. Опубликовано 8 печатных работ по материалам диссертации (из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 145 страницы, в том числе 130 страниц основного текста, 23 рисунков, 21 таблиц, 149 наименования источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы исследования; степень ее разработанности; цели и задачи; научная новизна; теоретическая и практическая значимость работы; методология и методы исследования; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробация результатов.

Первая глава посвящена анализу теоретических исследований и практического опыта развития системы организации перевозок на железных дорогах России и зарубежных железных дорог.

Приоритет разработки и организации движения поездов по графику принадлежит России. График движения поездов непрерывно совершенствовался, приобретал все большее значение, позволил не только четко организовать и обеспечить безопасность движения поездов, но и правильно планировать и распределять технические средства железных дорог.

Российские и советские ученые и специалисты Акулиничев В.М., Апатцев В.И., Батулин А.П., Бернгард К.А., Бестемьянов П.Ф., Без-

родный Б.Ф., Бородин А.Ф., Васильев И.И., Воробьев Н.А., Горелик А.В., Каретников А.Д., Кобзев В.А, Козлов П.А., Косилов Р.А., Кравцов Ю.А., Лисенков В.М., Лецкий Э.К., Осьминин А.Т., Пазойский Ю.О., Петров А.П., Повороженко В.В., Резер С.М., Сотников Е.А., Сотников И.Б., Тишкин Е.М., Шаров В.А., Шмулевич М.И. и другие внесли большой вклад в развитие теории графика движения и организации эксплуатационной работы железных дорог, что оказало влияние на техническую политику не только России, но и зарубежных стран. Предложения по уплотнению норм графика движения поездов позволили улучшить использование пропускной способности, повысить показатели использования подвижного состава.

Введение в СССР диспетчерского руководства повысило значение графика движения и уровень его выполнения. График движения поездов стал основным нормативно-технологическим документом в организации плановой эксплуатационной работы участков. Получили распространение график оборота локомотивов, унифицированные весовые нормы поездов, специализация поездов заменена планом формирования, прогрессивные нормативы графика, согласование графиков по стыковым пунктам, пачечная прокладка «ниток» пассажирских поездов, повышение весовых норм и вождение соединенных поездов.

Опыт работы зарубежных железных дорог показывает, что на большинстве из них (кроме дорог США) разработке и выполнению графика уделяется значительное внимание. Дороги ряда государств (Германия, Польша) работают по принципу «жестких расписаний»: для обеспечения выполнения графика стремятся особо тщательно определять устойчивые грузопотоки, для чего пользуются хорошо разработанной системой учета выполненных вагонопотоков; осуществляются периодические обследования, устанавливающие корреспонденции вагонопотоков. Для освоения возрастающих объемов перевозок на дорогах США широко используются диспетчерские расписания.

Вторая глава посвящена анализу современного состояния и перспективе развития железнодорожного транспорта Юго-восточной Азии и Республики Союз Мьянма.

Высокие темпы экономического развития стран Азиатского региона вызвали бурные темпы строительства железных дорог. Перспективы его раз-

вития связаны с созданием трансазиатских железнодорожных коридоров, призванных сократить время доставки грузов до глубоководных морских портов и различных регионов мира.

Динамично развивающийся Китай, кроме развития железных дорог на своей территории, участвует в проекте строительства трансазиатских коридоров, проходящих по многим странам Юго-восточной Азии. На 2015 г. намечено окончание строительства железнодорожного коридора Китай – Мьянма – Таиланд, после чего значительно возрастет объем перевозок.

В Республике Союз Мьянма принимаются меры по ликвидации международной изоляции национального железнодорожного транспорта. Ведутся работы по восстановлению и развитию связей с соседними странами региона. Во многом этому способствует проект создания западного направления трансазиатского коридора, который пройдет через Мьянму. Созданы предпосылки для значительного увеличения объема перевозок. Преобразование железнодорожного транспорта Мьянмы включает не только программу технического переоснащения, но и разработку мер по повышению эффективности эксплуатационной работы железных дорог.

Опыт Российских железных дорог показывает, что рост объема перевозок может привести к трудностям со своевременным пропуском поездов. Анализ планирования и управления перевозочным процессом на железных дорогах России показывает, что недостаточно разработать график движения, план формирования поездов и технологические процессы работы станций. Сами по себе они не гарантируют реализации заложенных в них возможностей. Еще необходимо создание условий для их выполнения.

Третья глава содержит постановку задачи и результаты исследования условий движения поездов.

Изучение опыта организации движения поездов во многих странах мира, в том числе и в России показывает, что основное внимание уделяется разработке графика движения поездов. Значительно меньше изучены вопросы выполнения графика движения поездов. Исследование грузонапряженных линий свидетельствует о том, что для выполнения графика движения поездов и его нормативов, необходимо создание оптимальных условий движения поездов на участках.

Разработке этих условий и посвящена диссертация. Разработка условий выполнения графика движения включает оценку насыщения участков поездами, прогнозирование подхода поездов, решение задачи по регулированию насыщения участка поездами, разработку мер по недопущению и ликвидации заторов в движении поездов, формулирование целей и задач диспетчерского аппарата по вертикали и горизонтали при создании оптимальных условий движения поездов.

Начинать регулировать насыщение участков поездами необходимо задолго до непосредственного управления движением поездов. Поэтому разработка оптимальных условий поездной работы участков предлагается на всех этапах планирования и управления эксплуатационной работы, в том числе при планировании перевозок грузов, нормировании эксплуатационной работы, сменно-суточном и текущем планировании поездной работы.

Для этого в диссертации предлагаются две системы создания условий для выполнения графика движения поездов: долгосрочная, включающая планирование перевозки грузов и нормирование эксплуатационной работы и оперативная, включающая сменно-суточное и текущее планирование поездной работы.

Система создания оптимальных условий движения поездов на железнодорожном транспорте включает заблаговременное сопоставление и приведение в соответствие потребного объема перевозок и перевозочных возможностей железных дорог на стадиях:

- 1) планирования перевозок (при приеме заявок на перевозки грузов - сопоставление и приведение в плане перевозок соответствия потребностей грузоотправителей с перевозочными возможностями железных дорог);
- 2) нормирования (сопоставление и приведение в соответствие размеров движения поездов и необходимых ресурсов);
- 3) сменно-суточного планирования (сопоставление и приведение в соответствие размеров движения поездов и пропускных способностей участков, локомотивов, локомотивных бригад и т.д.);
- 4) текущего планирования поездной работы (сопоставление и приведение в соответствие размеров движения поездов и пропускных способностей участков).

В оперативном режиме приведение в соответствие размеров движения поездов и пропускных способностей участков достигается решением задачи регулирования насыщения участков поездами.

Долгосрочная система предусматривает приведение в соответствии заявок грузоотправителей на перевозки грузов с пропускными способностями железных дорог.

Эффективность использования железнодорожных линий во многом зависит от насыщения их поездами. Изменение насыщенности участков поездами приводит к существенным изменениям использования пропускной способности и участковой скорости движения. При увеличении на участках числа поездов возрастает их взаимное влияние друг на друга. В этих условиях возникновение даже незначительных помех движению вызывает существенное снижение средней скорости следования всех поездов. Поэтому важной задачей является определение допустимого насыщения участков поездами и установление влияния перенасыщения на показатели эксплуатационной работы.

При увеличении насыщенности участка поездами машинисты снижают скорость для обеспечения безопасности движения (рисунок 1). Для выработки оптимальных условий движения поездов исследована связь между скоростью и плотностью потока поездов.

Пусть x – длина участка. Рассмотрим малый отрезок этого участка между точками x и $x + dx$. Изменение числа поездов на этом отрезке за время dt может быть найдено как разность между количеством поездов, прибывающих в точку x и убывающих из точки $x + dx$, т.е. как

$$n dt - \left(n + \frac{dn}{dx} dx \right) dt.$$

Это же самое число поездов может быть выражено через изменение плотности между моментами времени t и $t + dt$, т.е.

$$\left(\lambda + \frac{d\lambda}{dt} dt \right) dx - \lambda x$$

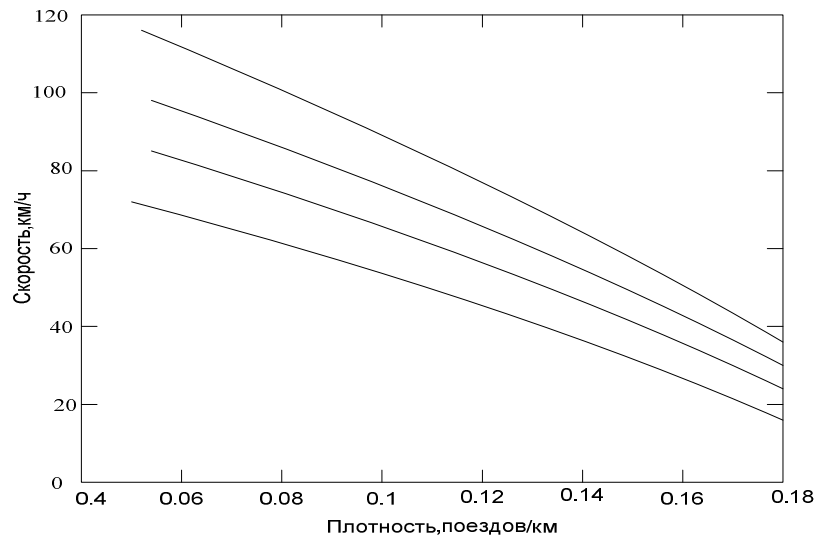


Рисунок 1. Влияние плотности потока поездов на скорость движения, средний интервал между поездами на входе и выходе с участка
Приравняв эти два выражения, получим

$$\frac{d\lambda}{dt} + \frac{dn}{dx} = 0 \quad (1)$$

Пусть скорость движения v в точке x определяется только плотностью λ в x : $v = v(\lambda(x), t)$. Пусть также $v' = \frac{dv}{d\lambda}$. Примем среднее ускорение $\frac{dv}{dt}$ таким, которое соответствует средней скорости потока v . Тогда имеем

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dt} + \frac{dv}{d\lambda} \frac{d\lambda}{dt}.$$

Разумеется, $\frac{dx}{dt} = v$, поэтому

$$\frac{dv}{dt} = v' \frac{d\lambda}{dt} + v' \left(\frac{d\lambda}{dx} \right) v \quad (2)$$

Из соотношения (1) и $n = \lambda v$ имеем:

$$\frac{d\lambda}{dt} = - \frac{dn}{dx} = - \lambda \frac{dv}{dx} - v \frac{d\lambda}{dx}.$$

Тогда уравнение (2) преобразуется к следующему виду:

$$\frac{dv}{dt} = -\lambda v' \frac{dv}{dx},$$

а так как $\frac{dv}{dx} = \frac{dv}{d\lambda} \frac{d\lambda}{dx}$, то $\frac{dv}{dt} = -\lambda(v')^2 \frac{d\lambda}{dx}$, где отрицательный коэффициент $-\lambda(v')^2 = m$ можно интерпретировать как коэффициент влияния поездов друг на друга. Если предположить, что $\lambda(v')^2 = C^2 \lambda^m$ или $v' = C^2 \lambda^{(m-1)/2}$, то

$$\frac{dv}{dt} = -C^2 \lambda^m \frac{d\lambda}{dx} \quad (3)$$

где C – неотрицательная константа с размерностью скорости.

Решение уравнения (3):

$$v = C \ln \frac{\lambda_c}{\lambda} \text{ при } m = -1 \quad (4)$$

и

$$v = \frac{C}{m+1} \left[\lambda_c^{(m+1)/2} - \lambda^{(m+1)/2} \right] \text{ при } m \neq -1,$$

где λ_c – максимальная плотность потока, при достижении которой все поезда на участке останавливаются, т.е. число поездов на участке равно количеству блок-участков.

Модель, выраженная уравнением (4), достаточно хорошо сходится с результатами наблюдения для плотностей потока, достаточно далеких от 0. Для модели $sm \geq 0$ обозначим через $v_{св}$ скорость при $\lambda = 0$, тогда

$$v = v_{св} \left\{ 1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^{(m+1)/2} \right\} \quad (5)$$

В уравнении (5) $v_{св}$ представляет собой скорость свободного движения поездов, но эта величина нереализуема даже при небольшой плотности поездов для участков, на которых имеет место ограничение скорости v_l . На таком участке можно приблизительно представить эффект ограничения скорости линейной функцией типа

$$v = v_l(1 - \lambda/\lambda'_c),$$

где λ_c – константа.

В этом случае модель (4) заменяется уравнением

$$v = \begin{cases} v_l \left(1 - \lambda/\lambda'_c\right); & 0 \leq \lambda \leq \lambda_1; \lambda_1 \leq \lambda_c \leq \lambda'; \\ C \ln(\lambda_c/\lambda); & \lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_c, \end{cases}$$

а модель (5) уравнением

$$v = \begin{cases} v_l \left(1 - \lambda/\lambda'_c\right); & 0 \leq \lambda \leq \lambda_2; \lambda_2 \leq \lambda_l; \\ v_{св} \left\{1 - \left(\lambda/\lambda_l\right)^{(m+1)/2}\right\}; & \lambda_2 \leq \lambda \leq \lambda_c, \end{cases}$$

где λ_1 и λ_2 – константы.

В этих уравнениях для избежания разрывов параметры λ_1 и λ_2 должны быть корнями соответственно уравнений:

$$v_l \left(1 - \frac{\lambda_1}{\lambda'_c}\right) = C \ln\left(\frac{\lambda_c}{\lambda_1}\right); v_l \left(1 - \frac{\lambda_2}{\lambda'_c}\right) = v_{св} \left\{1 - \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_l}\right)^{(m+1)/2}\right\}.$$

Таким образом, эти модели в действительности имеют только один дополнительный параметр – λ_1 или λ_2 .

Полученные результаты показывают, что увеличение плотности потока вызывает разницу величин интервалов между поездами на входе и выходе с участка.

Перенасыщение участка поездами приводит к тому, что увеличение поездов на входе участка вызывает уменьшение участковой скорости и невыполнение нормативов графика движения. Своевременное изменение плотности потока поездов на участках позволяет эффективно управлять поездной работой.

Достижение максимальных размеров движения поездов и выполнения нормативов графика при текущем планировании возможно только при создании оптимальных условий работы участков.

В четвертой главе представлена оперативная система создания оптимальных условий движения поездов с помощью регулирования насыщения участков поездами.

Оптимальные условия работы участков характеризуются максимальным числом поездов, которые одновременно могут находиться на участке, и определяются вертикальным разрезом максимального графика движения (рисунок 2).

Выведена формула для определения максимального числа поездов, которые одновременно могут находиться на участке при параллельном двухпутном графике

$$N = \left\lceil \frac{L}{\left(\frac{I}{60}\right) \cdot V_x} \right\rceil \quad (6)$$

где N - максимальное число поездов, которые одновременно могут находиться на участке; L - длина участка (вертикальный разрез); I - минимальный межпоездной интервал; V_x - ходовая скорость поездов.

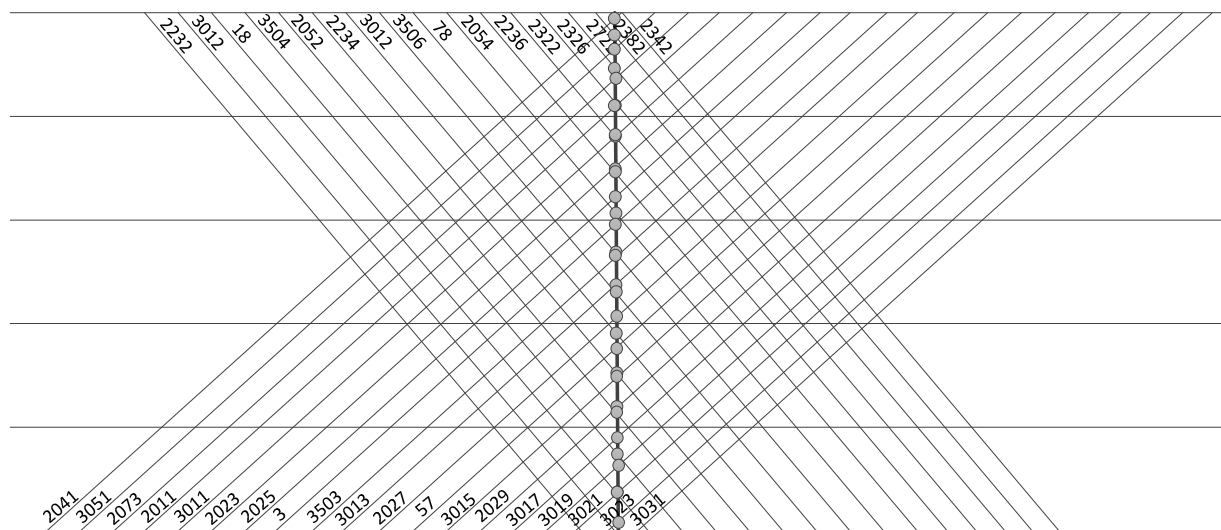


Рисунок 2. Фрагмент максимального параллельного графика движения поездов с вертикальным разрезом

Исследовано влияние различных факторов на максимальное число поездов, которые одновременно могут находиться на участках различной длины (рисунок 3).

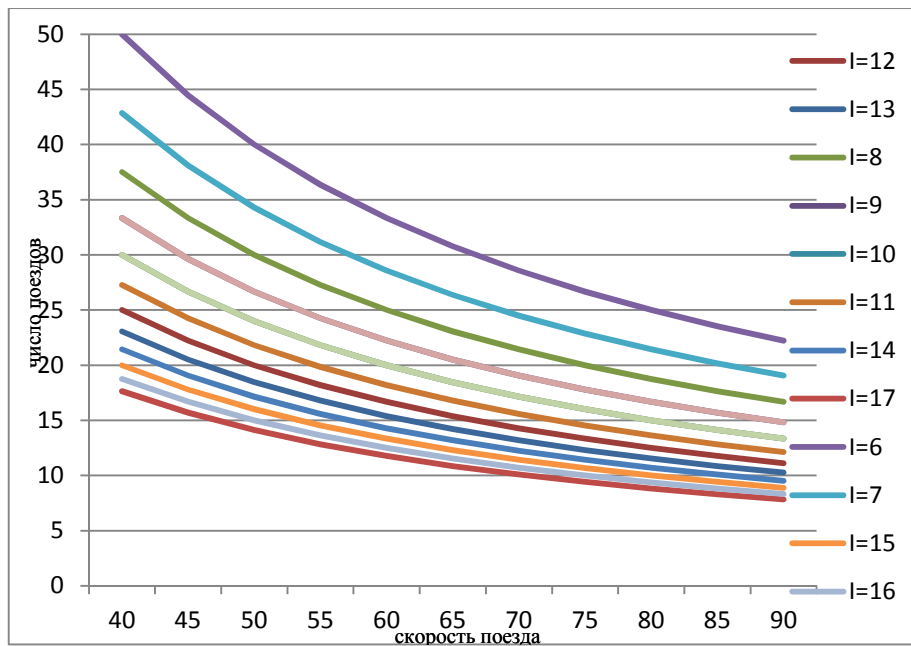


Рисунок 3. Зависимость максимального числа поездов, которые одновременно могут находиться на участке (N), от максимально допустимой скорости

При повышении скорости движения поездов и увеличении межпоездных интервалов, уменьшается максимально допустимое число поездов на участке. Максимальное число поездов, которые одновременно могут находиться на участке, возрастает прямо пропорционально длине участка (рисунок 4).

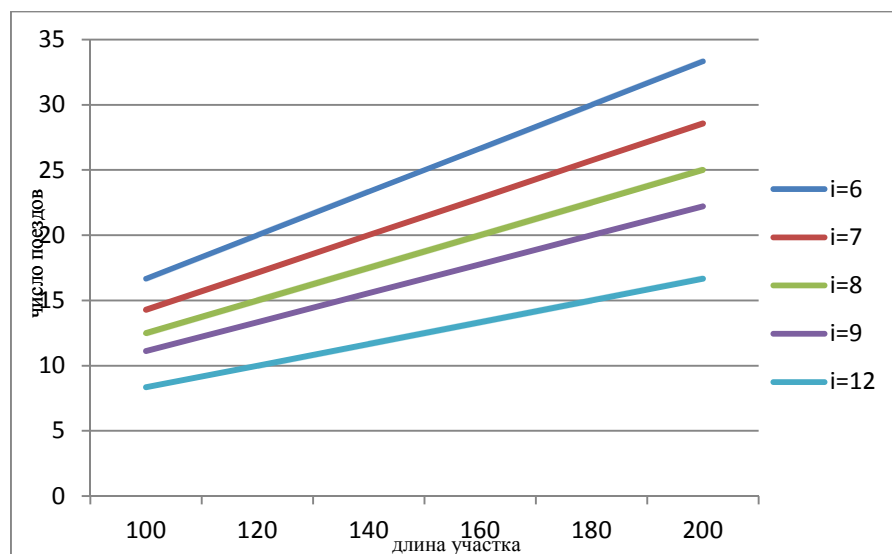


Рисунок 4. Зависимость максимального числа поездов, которые одновременно могут находиться на участке, (N) от длины участка (L)

Для недопущения перенасыщения участков поездами, т.е. превышения максимального числа поездов, которые одновременно могут находиться на участке, необходимо регулировать насыщение участков поездами. Эта задача

должна решаться на стадиях сменно-суточного и текущего планирования поездной работы. Для оперативного планирования подхода поездов к каждому участку целесообразно на прилегающих участках строить часовые пояса (рисунок 5),

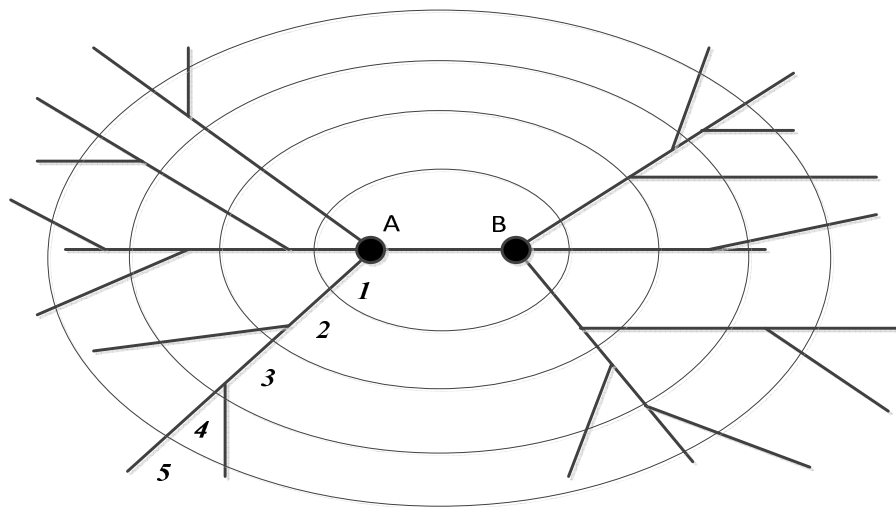


Рисунок 5. Часовые пояса на подходе к участку А-В

время хода поездов по которым составляет 1 час. Дислокация поездов в том или ином часовом поясе определяет время хода до рассматриваемого участка и прогноз поступления. Например, на рисунке 5 все поезда, находящиеся в четвертом часовом поясе, определяют прогноз подхода поездов к участку А-В через 4 часа. Такой прогноз позволяет дорожному диспетчеру предвидеть насыщение участков поездами, заблаговременно принимать регулировочные меры.

Пятая глава посвящена долгосрочной системе создания оптимальных условий поездной работы.

В автоматизированной системе согласования заявок на перевозку грузов и перемещение порожних вагонов с учетом перевозочных возможностей инфраструктуры предусмотрено:

- ведение банка данных технологических процессов работы станций и ЕТП работы железнодорожных подъездных путей необщего пользования и станций примыкания;
- ведение инфраструктурной модели сети железных дорог;
- рассмотрение и согласование заявок на перевозку грузов;
- согласование заявок на передислокацию порожних вагонов;

- контроль прогнозных затруднений при пропуске вагонопотоков по отдельным объектам инфраструктуры и регионам.

Ведение статистической инфраструктурной модели сети железных дорог производится с учетом максимально возможного числа факторов, влияющих на эксплуатационную работу.

Статистическая инфраструктурная модель сети железных дорог описывается графом:

$$G_k = \{V_k; R_k\}, \quad (7)$$

где V_k – все v_k –тые вершины графа – станции; R_k – все r_k –тые ребра графа – участки; k – порядковый номер или обозначение вершины или ребра на графе.

Все данные, определяемые как параметры инфраструктурной модели, при изменении обновляются.

Каждому ребру расчетного графа соответствует набор параметров:

$$R_k = \{L_R, v_R^\mu, D_R^\mu\}, \quad (8)$$

где L_R - длина участка, ограниченного станциями (вершинами) V_k , км; v_R^μ – участковая скорость следования грузовых поездов различных категорий μ по участку, км/ч; D_R^μ – технологическое время следования по участку R_k поездов категории μ , час ($D_R^\mu = L_R/v_R^\mu$).

Условные обозначения параметров модели

Обозначения	Объекты, понятия, сущности	Соответствие на графах
G	Граф железнодорожной сети	
V	Станции, открытые для выполнения грузовых операций	Вершины
l	Участок	Ребра
S	Упорядоченное множество заявок	
s	Заявка	
n	Наличная пропускная способность участка	
N	Поездопоток на участке	
L	Путь следования отправки	
t	Текущее число вагонов на участке	
m	Норма вагонов в составе для участка	
P	План перевозок	

На станции V_i поступает упорядоченное множество заявок. Алгоритм просматривает таблицы заявок и формирует множество S в виде таблицы заявок, упорядоченных по времени. В соответствии с Альбомом кратчайших расстояний заявки «накладываются» на граф сети железных дорог. На каждом участке, «проходящие» по нему заявки (вагоны) суммируются. Сумма вагонов делится на средний состав поездов. Получаемое число поездов сопоставляется с наличной пропускной способностью участка n_i . При $N_{r_j} > n_{r_j}$ грузоотправителю предлагается перевозка кружностью (в обход участка, исчерпавшего наличную пропускную способность). При отказе грузоотправителя реализовать заявку кружностью, заявка отклоняется.

При $N_{r_j} \leq n_{r_j}$ заявка включается в план перевозок грузов.

Долгосрочная система на стадии приема заявок на перевозки грузов состоит в максимальном использовании перевозочных возможностей сети железных дорог и решается по критериям:

- 1) приема максимального числа заявок (вагонов);
- 2) получения наибольшей провозной платы (прибыли);
- 3) выполнения максимального грузооборота (ткм);
- 4) перевозки наибольшего веса грузов (т).

Целевая функция задачи для ее первого варианта представляется следующим образом:

$$f_1 = \sum p_s = \max \quad (9)$$

При ограничении:

$$\forall l_j: \frac{t_j}{m_j} \leq n_j \quad (10)$$

Текущее число вагонов t_j для участка j , получающееся в результате суммирования числа вагонов заявок, принимаемых к обработке, должно быть соотнесено с нормой вагонов m_j для этого участка, в результате будет вычислен поездопоток N_j для этого участка. Он сравнивается с наличной пропускной способностью участка n_j . Таким образом, выражение (10) примет вид:

$$\frac{p_1 + p_2 + \dots + p_s}{m_j} \leq n_j \quad (11)$$

Для решения задачи, определяемой выражениями (9) и (11), выполняется рекуррентная двухшаговая процедура:

Шаг 1. Выразим $f_i(x_i)$ как функцию $f_{i+1}(x_{i+1})$ в виде:

$$f_i(x_i) = \max_{\substack{p=p_1, \dots, p_s \\ x=0, 1, \dots, P}} \{p_i + f_{i+1}(x_{i+1})\}, \quad i = 1, 2, \dots, s \quad (12)$$

Шаг 2. Выразим x_{i+1} как функцию для гарантии того, что левая часть уравнения (12) является функцией лишь x_i . По определению, $x_i - x_{i+1} = p_i$, или $x_{i+1} = x_i - p_i$. Следовательно, рекуррентное уравнение для каждого состояния приобретает следующий вид:

$$f_i(x_i) = \max_{\substack{p=p_1, \dots, p_s \\ x=0, 1, \dots, P}} \{p_i + f_{i+1}(x_i - p_i)\}, \quad i = 1, 2, \dots, s \quad (13)$$

Для каждого этапа при вычислении максимального числа вагонов на участках используется следующий алгоритм:

1. Упорядоченное множество S циклически просматривается с условием на наличие необработанных заявок (Блок 1)
2. Из упорядоченного множества S рассматривается очередная заявка s_i (Блок 2)
3. Для рассматриваемой заявки s_i определяется маршрут перевозки L (Блок 3) и проследуемые участки l_j по альбому кратчайших расстояний
4. Циклически просматриваются участки l_j рассматриваемой заявки s_i (Блок 4)
5. Последовательно просматриваются участки l_j по пути следования (Блок 5)
6. Определяется текущее число вагонов t_j для каждого участка l_j по пути следования (Блок 6)
7. В ходе рассмотрения каждой заявки s_i нарастающим итогом суммируется текущее число вагонов на участках (Блок 7), т.е. к текущему числу вагонов t_j на каждом участке l_j , входящем в маршрут перевозки L , добавляется число вагонов p из заявки s_i (Блок 7)

8. Полученное нарастающее текущее количество вагонов t делится на норму вагонов в составе m , и преобразуется в поездопоток N для каждого участка (Блок 8)

9. Полученный поездопоток N сопоставляется с наличной пропускной способностью участка n (Блок 9)

10. При $N > n$ находится обход участка кружностью (Блок 10)

11. При $N > n$ и наличии обхода этого участка грузоотправителю предлагается отправка вагонов кружностью (Блок 11)

12. При завершении цикла просмотра вариантов путей отправки проверяется, был ли путь успешно найден. (Блок 12)

13. При успешной обработке всех участков пути по условию $N < n$, а также необходимости и согласии грузоотправителя использовать кружность, заявка включается в план перевозок P (Блок 13)

14. При не согласии грузоотправителя использовать кружность или ее отсутствии, заявка не включается в план перевозок P (Блок 14) и переносится в упорядоченное множество S_1 следующего месяца (Блок 15).

В итоге принимается количество заявок, при котором число вагонов на участках будет максимальным и при этом пропускная способность участков не будет превышена, что и требовалось найти (рисунок 6).

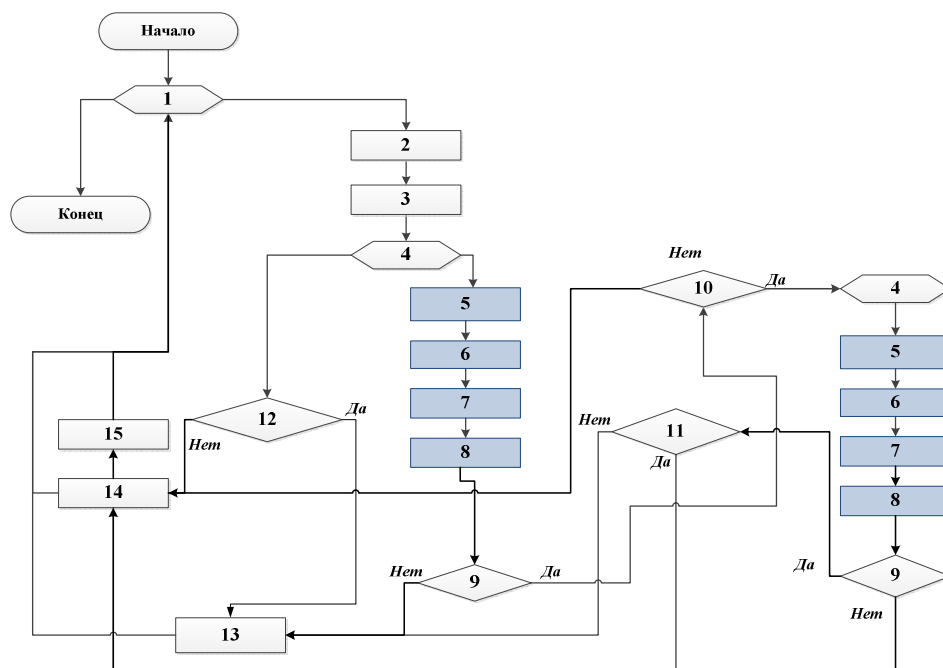


Рисунок 6. Блок-схема алгоритма разработки плана перевозок по критерию максимального числа вагонов на участках

Аналогично в диссертации решены задачи по всем предлагаемым критериям.

Нормирование поездной работы на грузонапряженных направлениях предлагается производить исходя из создания оптимальных условий на участках. Т.е. нормативный график движения должен определять размеры движения поездов, вертикальный разрез – максимальное число поездов, которое одновременно может находиться на участке. А последнее должно определять число поездов, которое можно подводить к участку и необходимые для этого ресурсы – локомотивы, локомотивные бригады и вагонный парк и, как следствие, расчетное право на конечные результаты эксплуатационные и финансовые показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В Мьянме принимаются меры по ликвидации международной изоляции национального железнодорожного транспорта. Ведутся работы по восстановлению и развитию связей с соседними странами региона. Созданы предпосылки для значительного увеличения объема перевозок. Преобразование железнодорожного транспорта Мьянмы включает не только программу технического переоснащения, но и разработку мер по повышению эффективности эксплуатационной работы железных дорог.

2. Для создания и поддержания оптимальных условий движения поездов на железной дороге разработаны долгосрочная и оперативная системы. Долгосрочная система создания оптимальных условий поездной работы предусматривает приведение в соответствие потребностей в перевозках и перевозочных возможностей железных дорог на стадии приема заявок грузоотправителей. Оперативная система призвана создавать оптимальные условия движения поездов на участках с помощью регулирования их насыщения поездами.

3. Оптимальные условия характеризуются максимальным числом поездов, одновременное нахождение которых допускается на участке. Это число поездов определяется вертикальным разрезом максимального графика движения. Количество пересечений вертикальным разрезом «ниток» графика

определяет максимальное число поездов, которые одновременно могут находиться на участке.

4. Исследовано различное насыщение участков поездами. Установлено влияние различных факторов на максимальное число поездов, которые одновременно могут находиться на участке: межпоездного интервала, максимально допустимой скорости движения поездов и длины участка. Уменьшение максимально допустимой скорости движения поездов и сокращение межпоездного интервала увеличивает максимальное число поездов, которое одновременно может находиться на участке. Это число поездов возрастает прямо пропорционально длине участка.

5. Создание и поддержание оптимальных условий работы участков должно стать одной из основных обязанностей дежурно-диспетчерского аппарата. Регулирование насыщения участка поездами предусматривает прогнозирование их подхода, для которого предлагается использовать часовые пояса вокруг участка. Границы часовых поясов определяются временем хода поездов за 1 час. Сумма поездов в каждом часовом поясе представляет прогноз.

6. Регулирование насыщения участка поездами должно начинаться на стадии разработки сменно-суточного плана поездной работы и планирования состава образования. Заблаговременным сопоставлением числа формируемых поездов и возможностей их своевременного отправления создаются оптимальные условия поездной работы на прилегающих направлениях. Для недопущения перенасыщения участков поездами целесообразно использовать оперативную корректировку плана формирования.

7. Предложено при приеме заявок от грузовладельцев и планировании перевозок грузов организовать учет пропускной и перерабатывающей способности инфраструктуры железных дорог. Тогда инфраструктурная модель сети железных дорог, представленная в виде графа, позволит при планировании перевозок грузов сопоставлять потребности в перевозках и перевозочные возможности железнодорожного транспорта.

8. Установлено, что сменно-суточное планирование поездной работы целесообразно использовать для создания оптимальных условий, в которых достигаются максимальные размеры движения поездов. Планирование

составообразования может стать инструментом, с помощью которого целесообразно регулировать насыщение участков поездами.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Аунг Хейн Зо. Перспективы развития организации движения поездов с учетом развития Ж.Д республики Мьянмы [Текст] / Аунг Хейн Зо, Пуо Маунг Маунг, Вун Тан Тун // Железнодорожный транспорт. – 2011. – №11. С. 75 – 77.
2. Левин, Д. Ю. Что необходимо для выполнения графика движения поездов [Текст] / Д. Ю. Левин, Аунг Хейн Зо, В. Н. Шмаль // Мир транспорта. – 2013. – Т.45 – № 1. С. 110–119.
3. Аунг Хейн Зо. Железнодорожный транспорт Мьянмы [Текст] / Аунг Хейн Зо, Пуо Маунг Маунг // Железнодорожный транспорт. – 2013. – №7. С. 76 – 77.

Публикации в других изданиях:

4. Аунг Хейн Зо. Организация движения поездов на Ж.Д Республики Союза Мьянмы [Текст] / Аунг Хейн Зо // XIII научно-практической конференции «БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ». – М.: МИИТ, 2011. – С. IX1- IX2.
5. Аунг Хейн Зо. Характеристика режимов поездной работы при различном насыщении участков поездами на графике движения [Текст] / Аунг Хейн Зо // XIII научно-практической конференции «БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ». – М.: МИИТ, 2012. – С.X21- X22.
6. Аунг Хейн Зо. Создание необходимых условий для организации движения поездов на железнодорожном транспорте Республики Мьянма [Текст] / Аунг Хейн Зо // Научно-практической конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерений (УКИ-10) » ИПУ РАН. – М.: МИИТ, 2011. – С.00523-00528.
7. Аунг Хейн Зо. Необходимое условие для выполнения графика движения поездов [Текст] / Аунг Хейн Зо // Научно-практической конференции Неделя науки-2012 «НАУКА МИИТа-ТРАНСПОРТУ». – М.: МИИТ, 2012. – С.IV-60.

8. Аунг Хейн Зо. Определение максимального числа поездов, которое одновременно может находиться на участке [Текст] / Аунг Хейн Зо // I научно-практическая конференция «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте». – М.: МИИТ, 2012. – С.127-128.

Аунг Хейн Зо

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ
ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ (для Республики Союз Мьянма)

05.22.08 – «Управление процессами перевозок»

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано к печати _____	Формат 60x80 1/16
Заказ № _____	Тираж 100 экз.
Объем 1,5 п.л.	

УПЦ ГИ МИИТ, Москва, 127994, ул. Образцова, д. 9, стр. 9