

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Ф. П. ПИЩИК

ИНФРАСТРУКТУРА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы

Гомель 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Ф. П. ПИЩИК

ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы

Гомель 2011

УДК 656.2 (075.8)

ББК 39.23

ПЗ6

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой «Управление грузовой и коммерческой работой» д-р экон. наук, профессор *И. А. Еловой* (УО „БелГУТ“)

Пищик, Ф. П.

ПЗ6

Инфраструктура железнодорожного транспорта: учеб.-метод. пособие для выполнения контрольной работы // Ф. П. Пищик ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 37 с.

ISBN 978-985-468-856-5

Приведены основные понятия и определения инфраструктуры, ее объектов и элементов, провозной способности, как одного из основных факторов, определяющих мощность объектов инфраструктуры. По задачам контрольной работы (обоснование усиления провозной способности, влияние надежности технических устройств на потребность элементов инфраструктуры) приведены примеры их решения.

Предназначено для студентов безотрывной формы обучения специальности «Экономика и организация производства (железнодорожный транспорт)».

УДК 656.2 (075.8)

ББК 39.23

ISBN 978-985-468-856-5

© Пищик Ф. П., 2011

© Оформление. УО «БелГУТ», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта, их назначение и характеристика.....	6
1.1 Понятия и определения инфраструктуры.....	6
1.2 Состав объектов и элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта, их функциональное назначение.....	11
1.3 Современные требования к перевозочному процессу.....	12
1.4 Провозная способность железнодорожной линии. Определение и формализация.....	12
1.5 Анализ влияния «мощностей» элементов инфраструктуры на провозную способность железнодорожной линии.....	14
2 Выбор системы мер увеличения провозной способности железнодорожных линий.....	18
2.1 Расчет наличной провозной способности.....	18
2.2 Разработка вариантов системы мер усиления провозной способности железнодорожной линии.....	21
2.3 Определение срока действия меры усиления провозной способности на первом этапе за счет удлинения полезной длины станционных путей.....	22
3 Основы технической эксплуатации элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта.....	25
3.1 Понятия и определения технической эксплуатации	25
3.2 Общий порядок определения сроков между техническими обслуживаниями и ремонтами элементов инфраструктуры и факторы, влияющие на эти сроки.....	28
3.3 Понятия и определения надежности технических устройств.....	28
4 Определение параметров надежности технических средств.....	31
Список литературы.....	35
Приложение А Нормы (условные, временные) продолжительности работы локомотивов между техническими обслуживаниями и ремонтами.....	36
.....	36
Приложение Б Сроки нахождения локомотивов в обслуживании и ремонтах (условные).....	37
Приложение В Нормы (условные, временные) продолжительности	38

работы грузовых вагонов между ремонтами и сроки нахождения в ремонте.....

ВВЕДЕНИЕ

В конце XX века в мировой экономике происходят радикальные преобразования общественно-экономических систем; возникают новые экономические отношения хозяйствующих субъектов различных форм собственности, которые вызывают необходимость новых методологических подходов к формированию национальных инфраструктур.

Место страны, занимаемое в мирохозяйственной системе в настоящее время, определяется наличием развитой инфраструктуры.

Развитие инфраструктурных отраслей экономики таких, как транспортная инфраструктура, инфраструктура связи, путей сообщения, оказывают решающее влияние на национальные экономики. Они способствуют ускорению индустриализации и урбанизации национальных государств. Как следствие этого, в свою очередь, развивается инфраструктура образования, культуры, здравоохранения, науки, спорта, коммунальных служб (водопровод, канализация, очистные сооружения и др.), создавая комфорт и новое качество жизни. С ростом экономического развития большое значение имеет транспортная инфраструктура.

Транспортная инфраструктура создает необходимые условия и материальную основу территориального разделения труда, оказывает огромное влияние на экономический рост и устойчивое развитие страны.

Железная дорога остается одной из главных инфраструктур

экономики, принципиальная задача железнодорожной инфраструктуры – обеспечить перевозки грузов и пассажиров в установленные сроки с обеспечением безопасности.

1 ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Понятия и определения инфраструктуры

Термин инфраструктура произошел от лат. *infra* – ниже, под и *structura* – строение, расположение (нижнее строение, фундамент). Термин заимствован из военного лексикона, где появился в начале XX в. и со временем стал обозначать комплекс тыловых сооружений, обеспечивающих развертывание, комплектование и поддержку боеготовности и действия вооруженных сил (склады боеприпасов и других военных материалов, аэродромы, ракетные базы, полигоны, площадки для запуска ракет и т.п.).

Инфраструктура – комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур, составляющих и (или) обеспечивающих основу для решения проблемы (задачи).

В экономической литературе термин стал использоваться в конце 40-х гг. XX в. Он стал обозначать комплекс отраслей хозяйства, обслуживающих промышленное и сельскохозяйственное производство.

Инфраструктура – тыловые или вспомогательные службы основных отраслей или видов хозяйственной деятельности.

В дальнейшем объем понятия расширился и охватил обслуживающие системы не только производственной, но и социальной сферы. К отраслям инфраструктуры стали относить: строительство дорог, мостов, каналов, терминалов, складов, энергетическое хозяйство, транспорт, связь, водоснабжение и канализация, общее и профессиональное образование, расходы на науку, здравоохранение, жилищно-коммунальное и другое хозяйство и т.п. Под инфраструктурой стали понимать совокупность зданий, сооружений, коммуникаций, систем и служб, необходимых для производства и обеспечения жизнедеятельности общества. Их вспомогательная роль совсем не свидетельствует о малой значимости. Напротив, их плохое состояние, неразвитость или отсутствие негативно сказывается на эффективности всей хозяйственной деятельности.

Основоположник концепции постиндустриального общества Даниел Белл наряду с выделением трех глобальных стадий

экономического развития ввел также понятие «трех инфраструктур». Первая – транспорт для передвижения людей и товаров. Вторая – средства доставки энергии: нефте- и газопроводы, линии электропередачи. Третьей стали средства телекоммуникации. С резким увеличением числа компьютеров и информационных терминалов проблема соединения воедино различных средств и путей передачи информации в обществе выходит на первое место в экономической и социальной политике, и в техническом смысле главная проблема постиндустриального общества – создание «третьей инфраструктуры».

На макроэкономическом уровне инфраструктура представляет собой совокупность экономических и социальных условий, обеспечивающих развитие материального производства, удовлетворения потребностей населения в целом, и вызвана необходимостью в комплексном развитии коммуникаций транспорта, связи, электроэнергетики, материально-технического снабжения, а также науки, здравоохранения, образования и т.д.

На микроэкономическом уровне проблема инфраструктуры исследуется во внутреннем функциональном значении: раскрываются отношения между отдельным объектом (отрасль, город, район, территориальный комплекс) и комплексом элементов, необходимых для его создания и последующего развития.

С развитием товарных рынков, появлением новых рыночных функций, углублением специализации в сфере обращения возникает потребность в оказании широкого спектра как общерыночных, так и специфических услуг (торгово-посреднических, финансово-кредитных, внешнеэкономических, информационных, экономико-правовых), что вызывает объективную необходимость в создании специализированных предприятий и организаций рыночной инфраструктуры, обслуживающих субъекты хозяйствования, функционирующих в рамках различных типов рынков. Современная экономика требует наличия мощных торгово-складских комплексов, информационно-коммерческих сетей, высокоэффективных средств денежных расчетов и др.

Причины, побудившие рассматривать инфраструктуру как самостоятельный элемент в экономической системе, были обусловлены: с одной стороны, процессами углубления общественного разделения труда; с другой стороны, невозможностью

полноценного развития инфраструктуры только через рыночный механизм. В результате были сформированы два основных подхода к исследованию проблем инфраструктуры. Первый подход предполагает анализ инфраструктуры с точки зрения углубления общественного разделения труда, а второй – с точки зрения хозяйственной практики и необходимости увеличения роли государства в регулировании развития инфраструктуры.

Изучение вопросов организации экономических систем способствовало появлению множества направлений, в основе разнообразия которых лежат различные определения понятия инфраструктуры. Один из распространенных подходов заключается в рассмотрении инфраструктуры как накладных издержек общества, которые не дают непосредственного результата в форме товаров, готовых к реализации, и не приносят непосредственно прибыли производителю. Другая точка зрения заключается в представлении данной категории как комплекса условий (дорожная сеть, транспортные средства, землеустройство и т.д.), которые сокращают накладные расходы предприятий, облегчая процесс обращения капитала, и помогая достижению не только первичной цели – увеличению глобального спроса и занятости, но и повышая норму прибыли в частном секторе. Макконэл К. Р. и Брю С. Л. определяют инфраструктуру для всей экономики как «капитальные сооружения, использование которых гражданами и фирмами обычно обеспечивается государством (автомагистрали, мосты, городские транспортные системы, водоочистные сооружения, муниципальные системы водоснабжения, аэропорты), для фирмы это службы и сооружения, необходимые для производства продукции, создание которых собственными силами обошлось бы ей слишком дорого, и поэтому обеспечивается государством или другими фирмами (водоснабжение, электроэнергия, вывоз производственных отходов, перевозки грузов, научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы, финансовое и банковское обслуживание)».

Инфраструктура – это совокупность вспомогательных отраслей (подотраслей) производственной и непроизводственной (социальной) сферы.

Существует понятие инфраструктура отрасли: транспорта, связи, электроэнергетики (инфраструктура общественного производства), рынка (рыночная инфраструктура), а также науки, образования,

здравоохранения, спорта, туризма, культуры (социальная инфраструктура).

Инфраструктура – часть материально-технической базы, выделение которой в структуре национальной экономики позволяет более точно судить о таких элементах, которые обеспечивают общие условия для развития экономических и социальных процессов с точки зрения создания объективных материальных возможностей для эффективного функционирования и общественного труда.

Инфраструктура представляет собой систему общих условий общественного производства, без которых процесс производства и нормальная жизнедеятельность людей невозможна.

Учитывая разный уровень экономического анализа правомерно рассматривать инфраструктуру в других аспектах: инфраструктура региона, комплекса, города, деревни, а также отрасли. В этом случае под инфраструктурой следует понимать совокупность инженерно-технических сооружений, обеспечивающих материально-вещественные условия для функционирования данного объекта. Этот тип инфраструктуры классифицируется в зависимости от объекта действия и масштаба системы производственного обслуживания: международная, национальная, региональная, городская, локальная инфраструктура, отраслевая инфраструктура.

Иногда инфраструктура рассматривается как вспомогательный вид деятельности, направленный на обслуживание главного объекта. В других случаях инфраструктура представляется как система отраслей и служб, удовлетворяющих нужды производства и населения (дороги, склады, транспорт, коммунальное, бытовое обслуживание и т.д.). В рыночной экономике инфраструктура представляет собой специфическую подсистему взаимосвязанных институтов, целевой функцией которой является создание общих условий для функционирования экономических субъектов на различных рынках, что позволяет рассматривать ее как комплекс производственной, кредитно-финансовой, институциональной, коммерческой, социальной, экологической и информационной инфраструктур.

По мере развития науки установились закономерности зависимости эффективности производства от уровня развития инфраструктуры; влияние инфраструктуры на социальную обстановку в стране и в регионе; влияние инфраструктуры на

политику государства и сообществ. Чем выше уровень развития инфраструктуры, тем более активны инвесторы, прибывает рабочая сила, ускоряется экономическое развитие, улучшается жизнь и самочувствие людей. Чем ниже уровень развития инфраструктуры, тем медленнее или с большими издержками развивается производство, хуже условия жизни людей. В то же время, создание инфраструктуры само по себе не приносит прибыли. Инфраструктура является средством политики, в т.ч. социальной.

Инфраструктура – совокупность материально-технических систем (объектов), обеспечивающих выполнение основных функций в различных сферах и отраслях деятельности.

Из определения следуют две важнейшие особенности инфраструктуры. Во-первых, инфраструктура предназначена для обеспечения выполнения функций в нескольких отраслях, т.е. она носит межотраслевой характер (транспорт, энергетические системы, связь, информационные сети и др.). Во-вторых, инфраструктура не создает материальных благ, она выполняет обеспечивающую функцию. В связи с этим требуются часто не рыночные механизмы ее развития, долевое участие в этом процессе различных заинтересованных отраслей.

Поскольку инфраструктура охватывает все сферы деятельности людей, то принято выделять производственную инфраструктуру и социальную инфраструктуру (по непроизводственной сфере деятельности).

Производственная инфраструктура – это совокупность материально-технических систем, обеспечивающих движение ресурсов и товаров в ходе промышленного и сельскохозяйственного производства.

Производственная инфраструктура сама не производит продукты в материально-вещественной форме, а лишь создает необходимые условия для их производства и увеличивает в стоимостном выражении совокупный общественный продукт (национальный доход). Обеспечение непрерывности расширенного воспроизводства становится специфической общественной функцией сферы обращения, которая получила свое организационное и правовое оформление в планово-организационной деятельности ряда отраслей и звеньев производственной инфраструктуры.

Производственная инфраструктура обеспечивает единство

разобренных в пространстве и во времени процессов производства материальных компонентов общественного продукта в национальном или международном масштабе.

Производственную инфраструктуру классифицируют по различным принципам, наиболее весомыми из которых являются производственный и отраслевой принципы. По выполняемым функциям производственная инфраструктура классифицируется:

- транспорт (транспортные коммуникации);
- энергохозяйство (энергетические коммуникации);
- связь (информационные коммуникации);
- водоснабжение и канализация;
- оптовая торговля;
- материально-техническое снабжение;
- финансовая.

1.2 Состав объектов и элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта, их функциональное назначение

Функциональным назначением железнодорожного транспорта, как известно, является перевозка грузов и пассажиров, для чего он должен иметь соответствующие обустройства.

Инфраструктура железнодорожного транспорта – это комплекс взаимосвязанных структур, обеспечивающих выполнение основной его функции – перевозочного процесса. Инфраструктура железнодорожного транспорта – отраслевая инфраструктура, которая в свою очередь имеет свою инфраструктуру, состоящую из ряда объектов инфраструктуры.

Объект – предмет, имя предмета, на который направлено действие; в данном случае – имя предмета, который входит в состав инфраструктуры железнодорожного транспорта. Объект инфраструктуры – носитель совокупности главных и второстепенных функций, удовлетворяющих конкретную потребность и их оптимизацию.

Сам объект, как правило состоит из ряда элементов. **Элемент** – составная часть сложного целого, элемент инфраструктуры – составная часть объекта инфраструктуры.

Главным условием взаимосвязи, взаимодействия и

взаимозависимости объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта является гармонизированный баланс между элементами инфраструктуры.

Состав объектов и укрупненных элементов инфраструктуры приведен на рисунке 1.1.

В соответствии с рисунком 1.1 инфраструктура железнодорожного транспорта – это технологический комплекс, включающий в себя железнодорожный путь, тяговые средства, вагоны, железнодорожные станции, системы управления и регулирования, информационные комплексы, устройства электроснабжения, средства выполнения погрузочно-разгрузочных работ, кадровое обеспечение, а также устройства и комплексы по технической эксплуатации элементов инфраструктуры.

1.3 Современные требования к перевозочному процессу

Требования к перевозочному процессу, как и к любой продукции, определяет потребитель: грузовладельцы и пассажиры, для которых продукцией транспорта является услуга по доставке груза (пассажира) от места отправления до места назначения.

Пользователь железнодорожного транспорта должен быть уверен, что услуга будет выполнена своевременно и без потерь. Девиз современной транспортной услуги: **должный товар должно качества в должном количестве должен быть доставлен в нужное место, в нужное время с минимальными издержками.** Удовлетворение потребностей потребителей возможно только при надежной и безопасной работе элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

1.4 Провозная способность железнодорожной линии.

Определение и формализация

Провозной способностью железнодорожной линии называется её действительная мощность, которая может быть реализована на данной линии в течение года или суток (в млн тонн груза).

Различают **потребную** и **наличную** провозные способности. **Потребная** провозная способность (\tilde{A}) определяется (устанавливается) прогнозированием, планированием, маркетинговыми исследованиями и т.п.

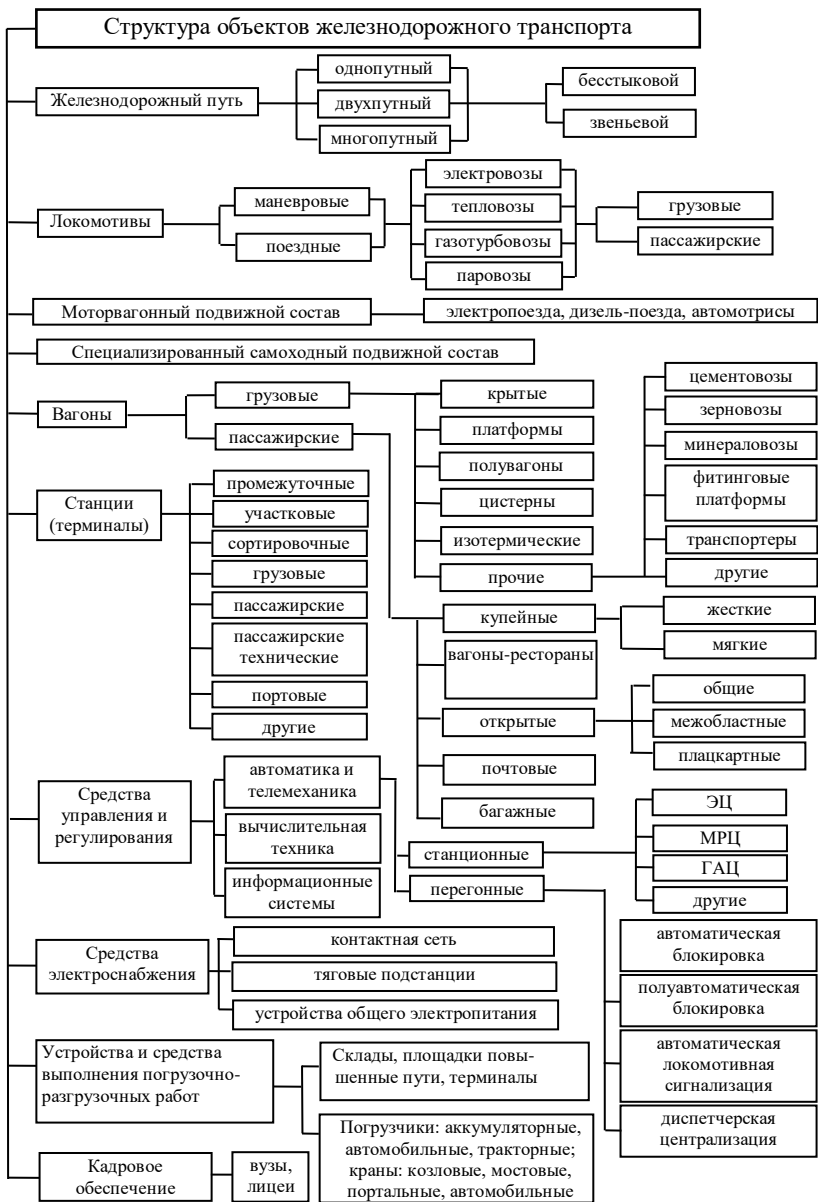


Рисунок 1.1 – Структура объектов железнодорожного транспорта

Наличная провозная способность (\tilde{A}_i) определяется по формуле

$$\tilde{A}_i = 365 N_{\text{ао}} Q_{\text{ао}} \varphi_i / k_i \cdot 10^6, \quad (1.1)$$

где $N_{\text{ао}}$ – число грузовых поездов в исследуемом (грузовом) направлении в сутки;

$Q_{\text{ао}}$ – масса поезда брутто, т;

φ_i – коэффициент отношения массы поезда нетто (Q_i) к массе поезда брутто ($Q_{\text{ао}}$), $\varphi_i = Q_i / Q_{\text{ао}}$, величина φ_i определяет массу поезда нетто (Q_i);

k_i – коэффициент неравномерности перевозок, принимается $k_i = 1,2$.

Для овладения перевозками на железнодорожной линии важно, чтобы наличная провозная способность опережала потребную провозную способность, т.е. $\tilde{A}_i > \tilde{A}_i$.

1.5 Анализ влияния «мощностей» элементов инфраструктуры на провозную способность железнодорожной линии

Влияние мощностей элементов инфраструктуры можно установить анализом параметров, входящих в формулу (1.1).

Число грузовых поездов

$$N_{\text{ао}} = (N_i - \sum N_i \varepsilon_i) / (1 + \alpha_{\text{оао}}), \quad (1.2)$$

где N_i – наличная пропускная способность линии в исследуемом направлении, поездов/сут;

$$\sum N_i \varepsilon_i - N_{\text{нён}} \varepsilon_{\text{нён}} + N_{\text{нё}} \varepsilon_{\text{нё}} + N_{\text{тан}} \varepsilon_{\text{тан}} + N_{\text{онё}} \varepsilon_{\text{онё}} \dots, \quad (1.3)$$

где $N_{\text{нён}}$, $N_{\text{нё}}$, $N_{\text{тан}}$, $N_{\text{онё}}$ – соответственно число скоростных, скорых, пассажирских, ускоренных и других поездов, отличающихся скоростями движения от скорости движения грузовых поездов;

ε_i – коэффициент съема грузовых поездов,

$$\varepsilon_i = v_i / v_{\text{ад}}, \quad (1.4)$$

где v_i – ходовая скорость i -й категории поездов (скорых, скоростных, пассажирских, ускоренных и других), км/ч;

$v_{\text{ад}}$ – ходовая скорость грузовых поездов, км/ч;

$\alpha_{\text{д\acute{a}ц}}$ – коэффициент резерва пропускной способности линии, необходимый для непредвиденных обстоятельств, обычно принимается $\alpha_{\text{д\acute{a}ц}} = 0,1 \dots 0,2$.

Наличная пропускная способность

$$N_i = (1440 - t_{\text{д\acute{a}о\acute{f}}}) \alpha_{\text{f\acute{a}\acute{a}}} / \dot{O}_{\text{f\acute{a}\acute{a}}}, \quad (1.5)$$

где 1440 – суточный бюджет времени, мин ($24 \div 60 \cdot 60 = 1440$);

$t_{\text{д\acute{a}о\acute{f}}}$ – продолжительность технологического окна, необходимого для текущего содержания технических устройств линии на перегонах (пути, устройств автоматики и телемеханики, контактной сети электрифицированных линий, искусственных сооружений и др.); для однопутных перегонов $t_{\text{д\acute{a}о\acute{f}}} = 60$ мин;

$\alpha_{\text{f\acute{a}\acute{a}}}$ – коэффициент надежности технических устройств, в соответствии с инструкцией по расчету наличной пропускной способности его значение принимается $\alpha_{\text{f\acute{a}\acute{a}}} = 0,86 \dots 0,96$;

$\dot{O}_{\text{f\acute{a}\acute{a}}}$ – период графика, мин.

В общем виде период графика можно представить как

$$\dot{O}_{\text{f\acute{a}\acute{a}}} = (t' + t'') + \tau_{\delta} + \tau_{\zeta} + \tau_i + \tau_{\text{н\acute{e}}}, \quad (1.6)$$

где $(t' + t'')$ – суммарное время хода поездов в четном и нечетном направлениях, мин;

$\tau_{\delta}, \tau_{\zeta}, \tau_i, \tau_{\text{н\acute{e}}}$ – продолжительность времени станционных интервалов соответственно разгона, замедления, неодновременного прибытия и скрещения поездов, мин.

В свою очередь,

$$t' + t'' = (2l / v_{\delta}) \cdot 60, \quad (1.7)$$

где l – длина ограничивающего перегона, км;

v_{δ} – средняя ходовая скорость поездов по перегону, км/ч.

Масса поезда брутто ($Q_{\delta\delta}^{(F_{\varepsilon})}$) по силе тяги локомотива

$$Q_{\delta\delta}^{(F_{\varepsilon})} = [F_{\varepsilon} - D \cdot (w'_{\delta} + i_{\delta})] / (i_{\delta} + w''_{\delta}), \quad (1.8)$$

где F_{ε} – расчетная сила тяги локомотива, кгс;

D – масса локомотива, т;

i_{δ} – расчетный подъем пути, ‰;

$w'_{\delta}, w''_{\delta}$ – удельное сопротивление движению соответственно локомотива и вагона, кгс/т:

$$w'_{\delta} = 1,9 + 0,01v + 0,0003v^2, \quad (1.9)$$

$$w''_{\delta} = 0,7 + (3 + 0,01v + 0,0025v^2) / q_i, \quad (1.10)$$

где v – средняя ходовая скорость, км/ч;

q_i – осевая нагрузка от вагона на путь, т/ось.

Масса поезда брутто по полезной длине станционных путей ($Q_{\delta\delta}^{(l_i)}$)

$$Q_{\delta\delta}^{(l_i)} = D_{ii} \cdot [l_i - (l_{\varepsilon} + 10)], \quad (1.11)$$

где D_{ii} – погонная нагрузка вагонов на путь, т/м;

l_i – полезная длина станционного пути, м;

l_{ε} – длина локомотива, м;

10 м – неточность остановки поезда в пределах полезной длины станционного пути;

$(l_{\varepsilon} + 10)$ принимается равной 50 м.

Реализуемая масса поезда

$$Q_{\delta\delta} = m q_{\delta\delta}, \quad (1.12)$$

где m – состав поезда, вагонов;

$q_{\delta\delta}$ – средняя масса брутто одного вагона, т,

$$q_{\delta\delta} = q_i + q_{\delta}, \quad (1.13)$$

где q_i, q_{δ} – соответственно масса груза нетто в вагоне и масса тары вагона, т.

Масса груза нетто, загруженного в вагон, зависит от грузоподъемности и грузоместимости вагона.

Из анализа выражений (1.1) – (1.13) следует, что для реализации максимальной величины наличной провозной способности необходимо, чтобы надежность технических устройств, скорости движения поездов, сила тяги локомотива, длина станционных путей, пропускная способность, грузоподъемность и грузоместимость вагонов были максимальными; расчетные подъемы линии, станционные интервалы, удельные сопротивления локомотивов и вагонов, тара вагонов были минимальными.

Из выражений (1.8) – (1.10) следует, что чем меньше сопротивления (w'_o, w''_o), тем больше масса поезда ($Q_{ад}$), но вместе с тем, чем выше скорость – тем больше сопротивление движению поезда и это (формула (1.8)) уменьшает массу поезда. Следовательно, с увеличением массы поезда при прочих равных условиях снижается ходовая скорость и уменьшается связанная с ней пропускная способность линии и наоборот. Максимум провозной способности обеспечивается при рациональном соотношении массы и скорости грузовых поездов, т.е. повсеместное стремление к максимально большим нормам массы грузовых поездов может привести к снижению провозной способности.

На основании изложенного выше следует, что потребная провозная способность определяет «мощность» инфраструктурных объектов железнодорожной линии.

2 ВЫБОР СИСТЕМЫ МЕР УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

2.1 Расчет наличной провозной способности

Наличная провозная способность железнодорожной линии в одном из направлений (грузовом)

$$\tilde{A}_1 = 365 Q_{\text{ао}} \varphi_i N_{\text{ао}} / k_i \cdot 10^6, \quad (2.1)$$

где $Q_{\text{бр}}$ – масса поезда брутто, т;

φ_i – отношение массы поезда нетто к массе поезда брутто $Q_{\text{бр}}$,

$$\varphi_i = Q_i / Q_{\text{ао}};$$

$N_{\text{гр}}$ – число грузовых поездов в сутки;

k_n – коэффициент неравномерности грузовых перевозок.

Так как по условию задания масса поезда не ограничена по силе тяги локомотива, то её можно определить по условию использования полезной длины станционных путей ($l_{\text{п}} = 850$ м)

$$Q_{\text{бр}} = (l_{\text{п}} - l_{\text{л}} - 10) P_{\text{пн}}, \quad (2.2)$$

где $l_{\text{л}}$ – длина локомотива, м (для дальнейших расчетов применяем 40 м);

10 – неточность установки поезда в пределах полезной длины станционного пути, м;

$P_{\text{пн}}$ – погонная нагрузка от массы поезда на путь, т/м.

Число грузовых поездов

$$N_{\text{ао}} = (N_i - \sum N_i \varepsilon_i) / (1 + \alpha_{\text{дв}}), \quad (2.3)$$

где N_n – наличная пропускная способность в одном (грузовом) направлении, поездов/сут;

$\sum N_i \varepsilon_i$ – съем наличной пропускной способности другими (не грузовыми: пассажирскими, скорыми, сборными и т.п.) поездами, поездов/сут;

$\alpha_{\text{д\`а\`с}}$ – резерв пропускной способности.

Наличная пропускная способность

$$N_i = (1440 - t_{\text{д\`а\`д}}) \alpha_i / \tilde{O}_{\text{д\`а\`д}}, \quad (2.4)$$

где $t_{\text{техн}}$ – продолжительность технологического окна для текущего содержания технических устройств на перегоне, в соответствии с инструкцией по расчету пропускной способности для однопутных перегонов $t_{\text{техн}} = 60$ мин;

α_i – надежность технических устройств железнодорожной линии;

$T_{\text{пер}}$ – период параллельного парного графика, мин.

Пример 2.1. Параметры однопутной линии: $T_{\text{пер}} = 45$ мин;

$P_{\text{шт}} = 4,0$ т/м; $\alpha_{\text{д\`а\`д}} = 0,92$; $\alpha_{\text{д\`а\`с}} = 0,15$; $\varphi_i = 0,7$; $k_n = 1,2$.

Параметр	Годы эксплуатации от исходного				
	0	5	10	15	20
$\tilde{A}_{\text{д\`а\`д}}$, млн т/год	–	10	12	14	18
$\sum N_i \varepsilon_i$, поездов/сут	6	7	9	12	15

По формуле (2.4)

$$N_n = (1440 - 60) \cdot 0,92 / 45 = 28 \text{ поездов/сут.}$$

Для дальнейших расчетов принимается $N_i = 28$ пар поездов/сут для грузового направления.

По формуле (2.3) число грузовых поездов по срокам эксплуатации:

на $T = 0$; $N_{\text{гр}} = (28 - 6) / (1 + 0,15) = 22 / 1,15 = 19$ поездов/сут;

на $T = 5$; $N_{\text{гр}} = (28 - 7) / (1 + 0,15) = 21 / 1,15 = 18$ поездов/сут;

на $T = 10$; $N_{\text{гр}} = (28 - 9) / (1 + 0,15) = 19 / 1,15 = 16$ поездов/сут;

на $T = 15$; $N_{\text{гр}} = (28 - 12) / (1 + 0,15) = 16 / 1,15 = 14$ поездов/сут;

на $T = 20$; $N_{гр} = (28 - 15)/(1 + 0,15) = 13/1,15 = 11$ поездов/сут.

По формуле (2.2)

$$Q_{ао} = (850 - 40 - 10) \cdot 4 = 3200 \text{ т.}$$

Так как по прогнозируемым срокам $N_{гр}$ будет изменяться, а $Q_{бр}$ остается постоянным, то формулу (2.1) можно привести к виду

$$\tilde{A}_T = 365 \cdot 3200 \cdot 0,7 N_{ао} / 1,2 \cdot 10^6 = 0,681 N_{ао}.$$

Наличная провозная способность при существующей полезной длине путей равной 850 м по срокам:

на $\dot{O} = 0$; $\tilde{A}_T = 0,681 \cdot 19 = 12,9$ млн т/год;

на $\dot{O} = 5$; $\tilde{A}_T = 0,681 \cdot 18 = 12,3$ млн т/год;

на $\dot{O} = 10$; $\tilde{A}_T = 0,681 \cdot 16 = 10,9$ млн т/год;

на $\dot{O} = 15$; $\tilde{A}_T = 0,681 \cdot 14 = 9,5$ млн т/год;

на $\dot{O} = 20$; $\tilde{A}_T = 0,681 \cdot 11 = 7,5$ млн т/год.

Изменения наличной (\tilde{A}_T) и потребной ($\tilde{A}_{тв}$) провозных способностей представлены на графике (рисунок 2.1, график желательно выполнить в масштабе на миллиметровой бумаге).

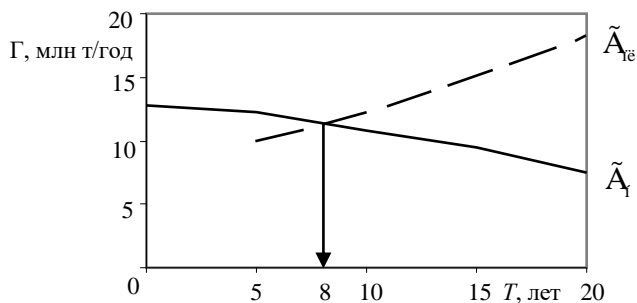


Рисунок 2.1 – График потребной и наличной провозных способностей (при $l = 850$ м)

Из рисунка 2.1 следует, что масса поезда, реализуемая при полезной длине станционных путей 850 м и равная $Q_{бр} = 3200$ т при неизменной пропускной способности 28 поездов/сут, позволяет осваивать

грузоперевозки от исходного срока ($T = 0$) в течение 8 лет. Для освоения потребных грузоперевозок к 8-му году эксплуатации с опережающим сроком необходимо провести усиление провозной способности заданной железнодорожной линии.

2.2 Разработка вариантов системы мер усиления провозной способности железнодорожной линии

Из формулы (2.1) следует, что мерами усиления провозной способности могут быть меры на увеличение массы поездов (за счет удлинения полезной длины станционных путей и использования более мощных локомотивов) и увеличения пропускной способности (за счет повышения скоростей движения и уменьшения $T_{\text{пер}}$, организации безостановочного скрещения поездов как на отдельных пунктах при существенном удлинении путей на них, так и на двухпутных вставках и при строительстве сплошного второго пути и превращения однопутной линии в двухпутную). Известно, что наибольшую пропускную способность обеспечивает двухпутная линия, но она может давать значительный запас неиспользованной пропускной способности, в то время как затраты на ее строительство велики. Поэтому на практике к двухпутным линиям осуществляется поэтапный переход.

В качестве примера рассмотрены меры усиления провозной способности:

– удлинение полезной длины станционных путей (\hat{O} : $\hat{O}_1(l_1 = 1050 \text{ м})$; $\hat{O}_2(l_1 = 1250 \text{ м})$; $\hat{O}_3(l_1 = 1500 \text{ м})$);

– строительство на определенной части двухпутных вставок (\hat{A});

– электрификация линии (\hat{Y});

– сплошные вторые пути (\hat{A}).

Варианты поэтапного усиления однопутной линии (\hat{O}) до двухпутной представлены на рисунке 2.2, на котором на вертикальных осях представлены этапы усиления \hat{A}_1 . Так, по верхней дуге $\hat{O} - \hat{Y} - \hat{B} - \hat{E} - \hat{D}$ предусматривается четырехэтапное усиление провозной способности, по дуге $\hat{O} - \hat{Y} - \hat{E} - \hat{D}$ – трехэтапное и т. д.

Выбор той или иной системы мер усиления провозной

способности линии осуществляется технико-экономическим сравнением по известным методикам. Одним из технических параметров принятия к рассмотрению (реализации) меры на определенном этапе является срок, в течение которого предлагаемая мера позволит осваивать потребную провозную способность. Обычно, если мера не обеспечивает освоения перевозок в течение 10 лет, то она к рассмотрению не принимается.

2.3 Определение срока действия меры усиления провозной способности на первом этапе за счет удлинения полезной длины станционных путей

Удлинение полезной длины станционных путей (на рисунке 2.2 часть дуги $O - Y$) до 1050 м по формуле (2.2) позволит реализовать массу поезда

$$Q_{\text{ао}} = (1050 - 40 - 10) \cdot 4 = 4000 \text{ т.}$$

Расчет реализуемой провозной способности по формуле (2.1) можно привести к виду

$$\tilde{A}_1 = 365 \cdot 4000 \cdot 0,7 N_{\text{ао}} / 1,2 \cdot 10^6 = 0,852 N_{\text{ао}}.$$

Как следует из рисунка 2.1, существующая полезная длина станционных путей 850 м обеспечивает освоение перевозок до 8-го года эксплуатации, съём же пропускной способности другими поездами к этому сроку (исходные параметры примера 2.1)

$$\sum N_i \varepsilon_i = 8 \text{ поездов/сут,} \quad \text{а}$$

$$N_{\text{ао } \partial=8} = (28 - 8) / (1 + 0,15) = 17 \text{ поездов/сут.}$$

В дальнейших сроках эксплуатации ($\partial = 10, 15, 20$ лет) $N_{\text{ао}}$ будет таким же, как и в примере 2.1, т.е. $N_{\text{ао } \partial=10} = 16$, $N_{\text{ао } \partial=15} = 14$, $N_{\text{ао } \partial=20} = 11$ поездов/сут.

Тогда

$$\tilde{A}_1 \partial=8 = 0,852 \cdot 17 = 14,5 \text{ млн т/год;}$$

$$\tilde{A}_1 \partial=10 = 0,852 \cdot 16 = 13,6 \text{ млн т/год;}$$

$$\tilde{A}_1 \partial=15 = 0,852 \cdot 14 = 11,9 \text{ млн т/год;}$$

$$\tilde{A}_1 \partial=20 = 0,852 \cdot 11 = 9,4 \text{ млн т/год.}$$

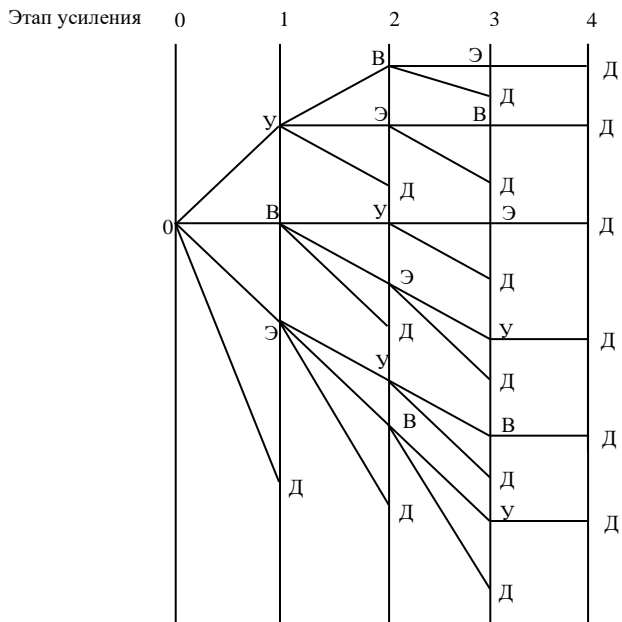


Рисунок 2.2 – Варианты поэтапного усиления провозной способности железнодорожной линии

Как следует из рисунка 2.3, удлинение станционных путей до 1050 м обеспечивает освоение перевозок в течение 3,5 лет и его реализовывать не стоит. Необходимо удлинение путей до большей величины, например, до $l_{\text{п}} = 1500$ м.

При удлинении станционных путей до $l_{\text{п}} = 1500$ м (V_3) можно будет реализовать массу поезда (по формуле (2.2))

$$Q_{\text{ад}} = (1500 - 40 - 10) \cdot 4 = 5800 \text{ т.}$$

Наличную пропускную способность $\tilde{A}_{\text{п}}$ можно будет определить по выражению (преобразованная формула (2.1)).

$$\tilde{A}_{\text{п}} = 365 \cdot 5800 \cdot 0,7 \cdot N_{\text{ад}} / 1,2 \cdot 10^6 = 1,23 N_{\text{ад}}.$$

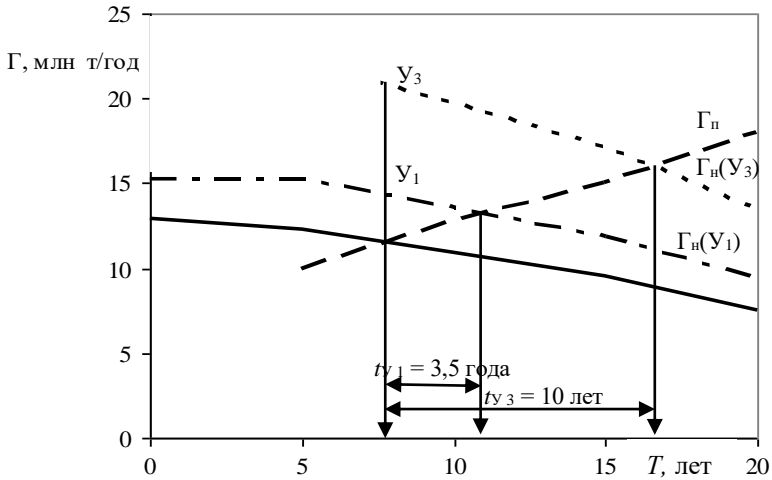


Рисунок 2.3 – График освоения провозной способности мерами $\dot{O}_1(l_{\dot{Y}} = 1050 \dot{\text{т}})$ и $\dot{O}_3(l_{\dot{Y}} = 1500 \dot{\text{т}})$

Отсюда

$$\tilde{\dot{A}}_{\dot{Y}} \dot{\rho}=8 = 1,23 \cdot 17 = 20,9 \text{ млн т/год};$$

$$\tilde{\dot{A}}_{\dot{Y}} \dot{\rho}=10 = 1,23 \cdot 16 = 19,7 \text{ млн т/год};$$

$$\tilde{\dot{A}}_{\dot{Y}} \dot{\rho}=15 = 1,23 \cdot 14 = 17,2 \text{ млн т/год};$$

$$\tilde{\dot{A}}_{\dot{Y}} \dot{\rho}=20 = 1,23 \cdot 11 = 13,5 \text{ млн т/год}.$$

Как следует из рисунка 2.3, мера \dot{O}_3 при $l_{\text{п}} = 1500 \text{ м}$ позволит освоить провозную способность до 18-го года эксплуатации или $(18 - 8 = 10)$ сроком на 10 лет и она (мера \dot{O}_3 иде $l_{\dot{Y}} = 1500 \dot{\text{т}}$) может быть принята к рассмотрению и дальнейшему технико-экономическому сравнению.

3 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

3.1 Понятия и определения технической эксплуатации

Техническая эксплуатация (ТЭ) – это полный комплекс работ, осуществляемый для содержания технических устройств (ТУ) в постоянной готовности их выполнять свои функциональные назначения от постройки в течение всего срока эксплуатации (до утилизации) или до реконструкции.

Техническое обслуживание (ТО) – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Система технического обслуживания и ремонта техники – совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания, ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему.

Периодичность технического обслуживания (ремонта) – интервал времени или наработка между данным видом технического обслуживания (ремонта) и последующим таким же видом или другим большей сложности. Под **видом технического обслуживания (ремонта)** понимают техническое обслуживание (ремонт), выделяемое (выделяемый) по одному из признаков:

- этапу существования;
- периодичности;
- объему работ;
- условиям эксплуатации;

– регламентации и т. д.

Капитальный ремонт – ремонт, выполняемый для восстановления исправности полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых частей, включая базовые. Значение, близкое к полному ресурсу, устанавливается в нормативно-технической документации.

Текущий ремонт – ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.

Плановый ремонт – ремонт, постановка на который осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Неплановый ремонт – ремонт, постановка изделий на который осуществляется без предварительного назначения.

Регламентированный ремонт – плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объеме, установленными в эксплуатационной документации, независимо от технического состояния изделия в момент начала ремонта.

Ремонт по техническому состоянию – ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, установленными в нормативно-технической документации, а объем и момент начала ремонта определяется техническим состоянием изделия.

Техническое состояние (ТС) – это совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта, обуславливающих его пригодность к безопасному и эффективному использованию по назначению в заданных условиях.

В результате воздействия на технические средства и конструкции различных внешних и внутренних эксплуатационных факторов (режимы работы, условия эксплуатации, воздействия обслуживающего персонала) происходит изменение их ТС. Широкий диапазон условий и режимов эксплуатации, а также вариация начальных значений показателей качества объекта обуславливают значительную дисперсию в скоростях изменения технического состояния, и это приводит к тому, что при одной и той же наработке или продолжительности эксплуатации однотипные объекты имеют различное ТС.

Состояние объекта постоянно изменяется, в связи с этим любой

объект можно характеризовать множеством состояний. Однако для управления технической эксплуатацией важно различать определенные группы состояний, при которых процессы технического использования, ТО и ремонта назначались бы в соответствии с возникающими у объектов техническими состояниями. С этой целью все множество возможных состояний, присущих данному объекту, в зависимости от соответствия или несоответствия свойств объекта определенным техническим требованиям делят на следующие подмножества, которые образуют виды технических состояний:

- исправное $\Omega_{и}$ и неисправное $\Omega_{ни}$;
- работоспособное $\Omega_{р}$ и неработоспособное $\Omega_{нр}$;
- правильного функционирования $\Omega_{ф}$ и неправильного функционирования $\Omega_{нф}$.

Исправное состояние $\Omega_{и}$ – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической документации.

Неисправное состояние $\Omega_{ни}$ – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической документации.

Работоспособное состояние $\Omega_{р}$ – состояние объекта, при котором значение всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической документации. Если объект исправен, то он всегда работоспособен и функционирует правильно, но работоспособный объект может быть неисправен. При этом группа параметров объекта, определяющих его работоспособность, находится в установленных пределах, а некоторые характеристики объекта, непосредственно не влияющие на его работоспособность, не соответствуют требованиям. Например, нарушение окраски, ржавчина, внешние царапины и т. д. являются неисправностями, но до определенных пределов не влияют на работоспособность.

Неработоспособное состояние $\Omega_{нр}$ – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической документации. **Правильно функционирующий $\Omega_{ф}$** в данном режиме объект может быть неисправен и с учетом всех режимов – неработоспособным.

Неправильно функционирующий $\Omega_{\text{нф}}$ объект всегда неисправен и неработоспособен.

Есть понятие **предельное состояние** объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно из-за неустранимого нарушения требований безопасности, снижения эффективности эксплуатации, морального старения и других факторов. При достижении объектом предельного состояния он подлежит либо капитальному ремонту, либо списыванию.

3.2 Общий порядок определения сроков между техническими обслуживаниями и ремонтами элементов инфраструктуры и факторы, влияющие на эти сроки

Общий порядок сроков проведения технических обслуживаний и ремонтов зависит от возможностей того или иного технического комплекса. Наиболее современным является обслуживание по состоянию технического устройства определенного непрерывным неразрушающим аппаратурным диагностированием. При отсутствии такой возможности очередное обслуживание (ремонт) осуществляется в срок после выполненной работы (для локомотива – пробега определенного числа локомотиво-км; вагона – после пробега вагоно-км; железнодорожного пути – после выполненной грузонапряженности тонн груза) или через определенный промежуток времени.

Промежуток времени при любом способе его определения зависит от надежности технического устройства, заложенного при постройке, соблюдения условий эксплуатации и качества выполнения технических обслуживаний и ремонтов.

3.3 Понятия и определения надежности технических устройств

Надежность – свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта. Признаки отказов для конкретного объекта установлены в нормативно-технической документации.

Понятие отказа является главным в теории надежности; отсутствие отказов объектов в эксплуатации является признаком их высокой надежности.

Схема основных состояний объекта и событий показана на рисунке 3.1.

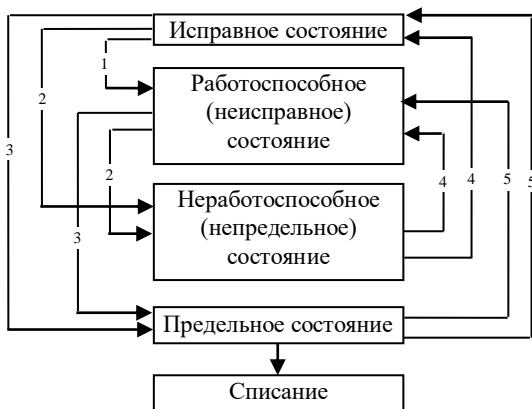


Рисунок 3.1 – Схема основных состояний объекта и событий:
1 – повреждение; 2 – отказ; 3 – переход объекта в предельное состояние;
4 – восстановление (устранение отказа); 5 – ремонт

Отказ – выход из строя устройств и неспособность выполнять свои функциональные назначения частично или полностью. Различают отказы:

- *полный*, после возникновения которого использование объекта по назначению невозможно до восстановления его работоспособности (крупные поломки локомотивов, вагонов, пути, автоматики и телемеханики);

- *частичный*, после возникновения которого использование возможно, но значение одного или нескольких параметров выходят за допустимые пределы;

- *внезапный*, характеризуется скачкообразным изменением одного или нескольких параметров объекта.

Для оценки надежности существует много числовых характеристик. Это упомянутая выше *вероятность безотказной работы*, *коэффициент готовности* (вероятность того, что объект окажется работоспособным в заданные или случайные моменты), *коэффициент использования времени* (время, в течение которого объект работоспособен, отнесенное ко времени его функционирования).

Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что объект, находясь в режиме ожидания, окажется работоспособным в случайный момент времени:

$$R(t_0) = 1 - \frac{T_{\bar{a}}}{\dot{O}_{\bar{a}} + \dot{O}_a}, \quad (3.1)$$

где $T_{\bar{a}}$ – среднее значение времени восстановления работоспособности объекта;

$\dot{O}_{\bar{a}}$ – время безотказной работы объекта в течение заданного периода времени t_0 .

Существенное влияние на организацию эксплуатационной работы на станциях, участках и направлениях имеет параметрическая надежность путевого комплекса, которая определяется по степени снижения скорости движения поездов. Этот показатель, в конечном счете, определяет уровень и качество работ по обеспечению беспрепятственного пропуска поездов и определяется на основе анализа отказов (предупреждений о снижении скорости). Предупреждения о снижении скорости – наиболее часто повторяемый вид отказов устройств пути.

Параметрическая надежность пути (коэффициент оперативной готовности) по скорости за период значительной продолжительности рассчитывается с учетом длительности предупреждений по формуле

$$R_{\bar{v}}(t, v, l) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (v_{\bar{a}di} - v_{i\bar{d}i}) l_i t_i}{L v_{\bar{a}d} \dot{O}}, \quad (3.2)$$

где m – число действующих предупреждений;

$v_{\bar{a}di}$ – средняя установленная ходовая скорость движения поездов на участке, км/ч;

$v_{i\bar{d}i}$ – скорость по предупреждению на i -м отрезке пути

протяженностью l_i километров, км/ч;
 t_i – срок действия i -го предупреждения на l_i -м участке пути, ч;
 L – длина железнодорожного участка, км;
 T – период, в течение которого производится анализ
параметрической надежности пути, ч.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Параметрами надежности технических средств являются работоспособность, безотказность, сохраняемость, ремонтоспособность. Качество, частота технических обслуживаний и ремонтов устройств существенно влияют на надежность.

Время, затраченное на технические обслуживания и ремонты, исключается из полезного времени эксплуатационной работы устройства и является непроизводительным. На время нахождения технического устройства в обслуживании и ремонтах вводятся (содержатся) дополнительные технические средства. Эффективность организации системы технических обслуживаний и ремонтов оценивается **коэффициентом оперативной готовности** – вероятностью того, что техническое устройство (объект), находясь в режиме ожидания, окажется работоспособным в случайный момент времени. Коэффициент оперативной готовности определяется по формуле (3.1).

Инвентарный парк подвижных технических единиц

$$M_{\text{инв}} = M_{\text{эсп}} / R(t_0), \quad (4.1)$$

где $M_{\text{эсп}}$ – эксплуатационный парк подвижных единиц (локомотивов, вагонов и др.);

$R(t_0)$ – коэффициент оперативной готовности.

Технические обслуживания и ремонты железнодорожного пути, как правило, осуществляются при снижении скорости движения поездов. Коэффициент оперативной готовности железнодорожного пути из-за ограничений скорости движения за период значительной продолжительности определяется по формуле (3.2).

Работоспособность и надежность многих технических систем повышается за счет резервирования. Под **резервированием** понимается метод повышения надежности введением избыточности. Избыточность – это дополнительные средства, сверх максимально

необходимых, для выполнения системой заданных функций.

Пример 4.1. Определить инвентарный парк локомотивов серии 2ТЭ-10 для обслуживания $N = 40$ пар грузовых поездов в сутки, если потребность составляет $K_{л} = 1,25$ локомотива на одну пару поездов. Статистическим учетом установлено, что помимо плановых обслуживаний и ремонтов локомотивы заходят в процессе эксплуатации в среднем 10 раз в месяц на внеплановые ремонты с продолжительностью каждого такого ремонта 8 ч.

Решение. Для определения инвентарного парка локомотивов по формуле (4.1) надо определить эксплуатационный парк локомотивов:

$$M_3 = NK_{л}, \quad (4.2)$$

$$M_3 = 40 \cdot 1,25 = 50 \text{ локомотивов.}$$

Чтобы определить значения общего времени эксплуатации и времени в ремонтах и обслуживаниях T_p и T_b , для расчета коэффициента оперативной готовности, строится циклограмма технических обслуживаний и ремонтов локомотива 2ТЭ-10 по образцу, приведенному на рисунке 5.4 [7] с использованием приложения А. По данным циклограммы и данным приложения Б расчет общего времени нахождения локомотива в обслуживании и ремонтах сводится в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет времени нахождения локомотива 2ТЭ-10 в плановых обслуживаниях и ремонтах (образец)

Ремонт, обслуживание	Число ремонтов, обслуживаний n_i	Время нахождения в одном обслуживании t_i	Всего в i -х обслуживаниях, ремонтах $n_i \cdot t_i$
КР-2			
КР-1			
ТР-3			
ТР-2			
ТР-1			
ТО-3			
ТО-2			
			$\sum n_i t_i = 600 \text{ сут}^*$
* $\sum n_i t_i = 600 \text{ сут}$ приняты условно			

Кроме плановых обслуживаний и ремонтов эксплуатационный парк локомотивов находился ежемесячно $8 \cdot 10 = 80$ ч во внеплановых и в среднем один локомотив находится во внеплановых ремонтах $80/50 = 1,6$ в месяц.

За общий срок службы ($T_0 = 15 \text{ лет} = 15 \cdot 12 = 180$ месяцев) прогнозируется, что локомотив будет находиться во внеплановых ремонтах

$$\sum t_{\text{внепл}} = 1,6 \cdot 180 = 288 \text{ ч} / 24 = 12 \text{ сут.}$$

Суммарное время нахождения локомотива за общий срок службы во всех видах обслуживания и ремонтах

$$T_{\text{в}} = 600 + 12 = 612 \text{ сут.},$$

а общий срок службы от постройки до утилизации

$$T_0 = 15 \cdot 365 = 5475 \text{ сут.}$$

Кoeffициент оперативной готовности локомотива 2ТЭ-10 по формуле (3.1)

$$R_{(t=15 \text{ лет})} = 1 - 612 / 5475 = 0,89.$$

По формуле (4.1)

$$M_{\text{инв}} = 50 / 0,89 = 56 \text{ локомотивов.}$$

Таким образом, для надежного обеспечения 40 пар поездов в сутки в инвентарном парке должно быть 56 локомотивов, 6 из которых ($56 - 50 = 6$) будут находиться в технических обслуживаниях и ремонтах.

Пример 4.2. Определить инвентарный парк крытых вагонов отделения дороги, если работа $U = 2000$ вагонов/сут, оборот вагона $\Theta = 2$ сут, а в общем рабочем парке используется 20 % крытых вагонов. Помимо плановых обслуживаний и ремонтов ежемесячно 20 крытых вагонов поступали на внеплановые ремонты, с продолжительностью 7 ч каждый.

Решение. Общий эксплуатационный рабочий парк вагонов

$$P_{\text{г}}^{\text{г}} = U\Theta, \quad (4.3)$$

$$P_{\text{г}}^{\text{г}} = 2000 \cdot 2 = 4000 \text{ вагонов.}$$

Парк крытых

$$P_{\text{г}}^{\text{г}} = 4000 \cdot 0,2 = 800 \text{ вагонов.}$$

Время нахождения во внеплановых ремонтах, приходящееся на 1 вагон в месяц,

$$t_{\text{дв}}^{\text{дв}} = (7 \cdot 20) / 800 = 0,175 \text{ ч/месяц.}$$

Для определения времени нахождения крытого вагона в плановых видах ремонта составляется циклограмма по образцу, приведенному на рисунке 5.6 [7], и, руководствуясь приложением В, составляется таблица 4.2.

Если принять, что срок службы крытого вагона $T_0 = 30$ лет, то во

внеплановых ремонтах каждый вагон будет находится

$$\sum t_{\text{вн}} = 0,175 \text{ ч} \cdot 30 \cdot 12 = 63 \text{ ч} / 24 = 2,6 \text{ сут.}$$

Таблица 4.2 – Расчет времени нахождения крытого вагона в плановых видах ремонта (образец)

Ремонт	Число ремонтов n_i	Время нахождения в i -м ремонте t_i	Всего в ремонтах, $n_i t_i$
КР			
ДР			
			$\sum n_i t_i = 20 \text{ сут.}$

Общее время нахождения во всех видах ремонтов за 30 лет

$$T_{\text{в}} = 20 + 2,6 = 22,6 \text{ сут.}$$

Коэффициент оперативной готовности крытого вагона определяется по формуле (3.1)

$$R_{\text{ааа}}(t=30 \text{ лет}) = 1 - 22,6 / 30 \cdot 365 = 0,99.$$

Инвентарный парк крытых вагонов определяется по формуле (4.2)

$$R_{\text{ааа}}^{\text{еіа}} = 800 / 0,99 = 808 \text{ вагонов.}$$

Коэффициент оперативной готовности железнодорожного пути определяется по формуле (3.2) и надежность нерезервируемых и резервируемых систем автоматики и телемеханики выполняется в соответствии с п. 4 [7].

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

**Нормы (условные, временные) продолжительности работы локомотивов
между техническими обслуживаниями и ремонтами**

Серия локомотива	Нормативные межремонтные периоды (временные)						
	Техническое обслуживание		Текущий ремонт, мес.			Капитальный ремонт, лет	
	ТО-2, ч	ТО-3, сут	ТР-1	ТР-2	ТР-3	КР-1	КР-2
2ТЭ10	48	20	2,75	11	22	5	10
2ТЭ116	48	20	3,00	12	30	5	10
2М62	48	18	2,50	10	20	5	10
ВЛ80	48	-	1,00	15	30	6	18

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Сроки нахождения локомотивов в обслуживании и ремонтах (условные)

Серия локомотива	Нормативные межремонтные периоды (временные)						
	Техническое обслуживание,ч		Текущий ремонт			Капитальный ремонт, сут	
	ТО-2	ТО-3	ТР-1, ч	ТР-2,сут	ТР-3, сут	КР-1	КР-2
2ТЭ10	1,2	10	40	9	10	22	30
2ТЭ116	1,5	12	50	10	11	24	36
2М62	1,2	8	36	10	15	20	30
ВЛ80	1,0	-	15	2	7	30	34

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

**Нормы (условные, временные) продолжительности работы грузовых вагонов
между ремонтами и сроки нахождения в ремонте**

Род вагона	Капитальный ремонт после постройки и предыдущего капитального ремонта, лет	Деповской ремонт, год		Время нахождения в ремонте	
		после постройки	после капитального и деповского ремонта	деповском, ч	капитальном, сут
Крытый	10	3	2	36	7
Платформа	12	3	2	30	6
Полувагон	9	3	2	38	8
Цистерна	10	3	2	42	10
Хоппер	8	3	2	40	9

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 О железнодорожном транспорте: закон Республики Беларусь от 06.01.1999 г., № 237-3 // Народная газета. – 1999. – № 159. – С. 2–4.

2 О защите прав потребителей: закон Республики Беларусь от 09.01.2002 г. № 90-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 170.

3 О техническом нормировании и стандартизации: закон Республики Беларусь от 05.01.2004 г. № 262-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2004. – № 4.

4 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги: утв. приказом начальника Белорусской железной дороги от 04.12.2002 г. № 292 Н. – Минск : Бел. ж. д., 2002. – 152 с.

5 Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге: утв. приказом начальника Белорусской дороги от 04.12.2002 г. № 293 Н. – Минск : Белорусская ж. д., 2002. – 128 с.

6 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П.С. Грунтов [и др.]. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.

7 **Пищик, Ф. П.** Техническая эксплуатация железнодорожного транспорта / Ф. П. Пищик – Гомель: БелГУТ, 2006. – 170 с.

8 **Сенько, В. И.** Совершенствование организации технического обслуживания и текущего ремонта грузовых вагонов / В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 178 с.

9 **Бугаев, В. П.** Совершенствование организации ремонта вагонов (системный подход) / В. П. Бугаев. – М.: Транспорт, 1982. – 152 с.

10 Техническая эксплуатация железных дорог: пособие для изучения ПТЭ / под ред. К. В. Кулаева. – М.: Транспорт, 1982. – 343 с.

11 Техническая эксплуатация устройств и системы железнодорожной автоматики и телемеханики: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп./ под ред. В. В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 336 с.

Учебное издание

ПИЩИК Федор Платонович

ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы

Редактор *Т. М. Ризевская*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Компьютерный набор и верстка – *Ю. О. Леинова*

Подписано в печать 16.05.2011 г. Формат бумаги 60 x 84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,67. Тираж 250 экз.

Зак. № 3697. Изд. № 17.

Издатель и полиграфическое исполнение

Белорусский государственный университет транспорта:

ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.

ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34