

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»
Агрономический факультет**

Кафедра «Землеустройство и кадастры»

**ВКР допущена к защите,
зав. кафедрой, профессор
Сафиоллин Ф.Н.
«___» _____ 2019 г.**

**«ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ОТ
С.КИНДЕРИ ДО С.ВЫСОКАЯ ГОРА С РАЗРАБОТКОЙ
ИСПОЛНИТЕЛЬНО-СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»**

Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки
21.03.02 – Землеустройство и кадастры
Профиль – Землеустройство

Выполнил(а) – студент(ка) Багавиев Айнур Дамирович
заочного обучения
«___» _____ 2019 г.

Научный руководитель -
профессор _____ Сафиоллин Ф.Н.
«___» _____ 2019 г.

Казань – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	6
2.1 Район проектирования реконструкции участка железной дороги	6
2.2 Характеристика существующего состояния железной дороги	9
2.3 Раздельные пункты	10
2.4 Верхнее строение пути и искусственные сооружения	11
3 ПЛАНИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ.....	19
3.1 Определение унифицированной массы подвижного состава для локомотива	20
3.2 Варианты технических состояний после реконструкции	31
3.3 Формирование оптимальной схемы этапного наращивания мощности железной дороги	34
4. РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНО-СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	38
4.1 Стоимость увеличения длины приёмо-отправочных путей	38
4.2 Стоимость замены устройств связи и СЦБ	38
4.3 Стоимость введения частично-пакетного графика движения поездов.....	39
4.4 Стоимость реконструкции двухпутных вставок и вторых путей	40
5. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	56
5.1 Формирование оптимальной схемы	60
5.2 Обоснования основных параметров проектирования реконструкции.....	64
5.3 Проектирование реконструкции плана	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	69

Введение.

В системе перевозок Российской Федерации железная дорога занимает одно из ведущих мест в данной отрасли. Железнодорожный транспорт вместе с другими видами транспорта обеспечивает быструю и качественную потребность народа Российской Федерации и своевременно выполняет заказы иных государств и тем самым усиливает и обогащает материальными средствами экономику нашего государства, а также развивает отрасли большого и малого бизнеса страны. В открытом акционерном обществе «Российские железные дороги» трудятся более 700 тысяч жителей нашей страны, тем самым обеспечивая высокую трудовую занятость населения Российской Федерации. По эксплуатационной длине компания «РЖД» занимает второе место по всему миру (75 тысяч км.), а по длине электрофицированных дистанций компания занимает одно из ведущих мест (около 80 тысяч км.). Основным видом транспорта Российской Федерации до сих пор является железная дорога, но в последние годы намечается не большой спад грузоперевозок, это связано с быстрым развитием автомобильного транспорта.

Эксплуатационная длина российских железных дорог 75 тысяч км. Из них более 35 тысяч км двухпутных и многопутных, 59 тысяч км оборудованы автоблокировкой и диспетчерской централизацией, электрофицировано 42,3 тыс.км. В основной деятельности отрасли занято около 700 тысяч человек – этот показатель является одним из самых высоких в нашей стране.

В компании ОАО «РЖД» происходит постоянная модернизация инфраструктурной деятельности и это очень благоприятно сказывается на устойчивой работе железнодорожного транспорта. Для поддержания более быстрых пропускных функций железнодорожного транспорта от Дальнего Востока до Европейской части нашей страны, были завершены работы по электрофикации большей части железных дорог Дальневосточного Федерального округа. Начато строительство 54-х километрового участка прикаспийской части международного транспортного коридора Север – Юг. Железная дорога подведена к новым угольным и минеральным месторождениям зауральской части Российской

Федерации. За последние годы развития железнодорожной отрасли сданы большие количества тоннелей и других искусственных сооружений.

ОАО «РЖД» в настоящее время заинтересована в конструировании новых специализированных вагонов, которые в свою очередь должны повысить объемы грузовых перевозок более чем в два раза.

Развитие транспорта позволит реализовать значительное количество крупных инфраструктурных проектов, обеспечить обновление инфраструктуры, применение современных и перспективных перевозочных технологий, расширение доступа к рынкам транспортных услуг, а также сократить транспортную составляющую в конечной цене продукции, что будет способствовать развитию позитивных тенденций в национальной экономике страны.

При правильном использовании ресурсов для строительства новой железной дороги и реконструкции старой сети железных дорог позволит очень эффективно использовать инвестиционные вклады, которые выделены на существенное развитие железнодорожного транспорта Российской Федерации.

При реконструкции существующих железных дорог решаются такие задачи, как доведение параметров линии до проектных, улучшение их эксплуатационных показателей, в частности повышение скоростей движения поездов и при необходимости увеличения мощности железной дороги при росте грузонапряженности – строительство дополнительных главных путей, удлинение приемоотправочных путей, развитие станций, усиление существующих устройств и т. д. При реконструкции железнодорожного участка необходимо собрать базовую документацию для проведения работ по обновлению существующих продольных профилей, схем, технических паспортов и т. д. Решением этих задач занимаются все проектные институты.

Задачи выпускной квалификационной работы:

1. Расчет пропускных объемов железнодорожного транспорта;
2. Проектирование плана, профиля пути;
3. Расчёт выправки сбитых кривых;

4. Разработка исполнительно-сметной документации.

Таким образом, разработка проекта реконструкции, связана с необходимостью получения обработки и представления в цифровом, текстовом, графическом и прочих видах информации о местности, сооружении, их различных характеристиках, нормативных требованиях и экономических показателях.

При этом самым трудоемким разделом информационного обеспечения при проектировании является сбор инженерно – геодезической, инженерно – геологической и другой геоинформации. Существующие методы получения геоинформации, применяемые в настоящее время, несмотря на внедрение в проектно – изыскательских организациях компьютерных технологий и применение современных приборов и оборудования, характеризуются высокой трудоемкостью и практической сложностью, а порой и невозможностью получения информации требуемого качества.

Наличие усовершенствованного механизма организации инженерно – геодезических съемок, хранения и обработки информации о железнодорожных объектах в процессе их эксплуатации могло бы значительно сократить объемы полевых изысканий при проектировании реконструктивных мероприятий. Практическая реализация данного предложения сводится к созданию единого информационного пространства на базе вычислительной техники в виде универсальных банков данных, предназначенных для целей проектирования и дальнейшей эксплуатации железной дороги.

1 Общие положения

По заданной тематике на выпускную квалификационную работу, необходимо составить проект участка железной дороги протяженность которой составляет 17,55 км.

Для этого необходимо осуществить:

- выбор мероприятий, направленных на повышение пропускной способности участка дороги;
- назначение путей увеличения пропускной и провозной способности, обоснование оптимальной схемы овладения перевозками;
- ознакомится и расчитать профиль пути данного участка железной дороги
- расчитать работы по выправке кривых участков;
- решение задач реконструкции плана линии;
- спроектировать работы по поперечным профилям;

Важнейшим показателем эффективной работы каждого участка железной дороги является ее пропускная способность, чем больше железнодорожного транспорта проходит по данному участку пути, тем более отображается ее эффективное проектирование во время строительства и реконструкции. Для увеличения мощности участка пути необходимо укладка наибольшего количества главных путей на станциях – это позволяет осуществлять обгон более медленных подвижных составов более скоростными. Участок железной дороги от станции Кендери до станции Высокая Гора полностью электрифицирована, что в свою очередь более благоприятно сказывается на ее пропускной способности. Проектируемый в данной дипломной работе участок железной дороги является двухпутным, что позволяет уменьшить риск задержки высокоскоростных подвижных составов в период реконструкции дороги. Это положительно отвечает требованиям руководящего состава компании ОАО «РЖД»

2. Исходные данные.

2.1 Район проектирования реконструкции участка железной дороги.

Участок железнодорожного пути от станции Кендери до станции Высокая Гора, расположена в северо-западной части Республики Татарстан, к северо-

востоку от города Казань. Местность данного участка имеет уклон размером 0,0005. Данный участок пути является неотъемлемой частью главной сети железных дорог Российской Федерации Транссибирской магистрали.

Демографическая ситуация характеризуется быстрым естественным и механическим ростом населения. Демографическая ситуация имеет очень хорошие положительные тенденции к улучшению, численность населения в последние годы увеличивается – это связано с тем что в правительстве Республики Татарстан имеются планы по расширению территории города Казани в северо-восточном направлении и при возможности включении села Высокая Гора в состав города.

Республика Татарстан располагает хорошей рабочей рабочей силой, разнообразным промышленным потенциалом, развитым сельским хозяйством. Экономика республики отличается высоким уровнем жизни населения. В недавний период времени столица республики город Казань была признана третьей столицей Российской Федерации. По развитию научно-исследовательской деятельности Республика Татарстан занимает третье место по регионам Российской Федерации, уступая лишь Московской и Ленинградской области. На территории республики расположен «Иннополис» - комплекс научно-исследовательских институтов экспериментальной физики и физики атмосферы. Также территория Республики богата нефтяными месторождениями что хорошо сказывается на занятости и трудоустройстве населения в производствах нефтеперерабатывающей отрасли.

На сегодняшний день Республика Татарстан является одним из успешно развивающихся регионов Приволжского федерального округа. По плотности железных и автомобильных дорог общего пользования Республика Татарстан входит в десятку лучших регионов страны. Республика прочно занимает место в первой десятке регионов России с наиболее развитой системой телекоммуникаций.

Республика Татарстан богата нефтяными месторождениями, а также в недрах республики имеются промышленные запасы известняка, доломитов, строительного песка, глины для производства кирпича, строительного камня, гипса, песчано-гравийной смеси, торфа, бурого и каменного угля, горючих сланцев, цеолитов, меди, бокситов.

Продукция тяжелой промышленности (топливной, нефтехимии, электроэнергетики, металлургии) также составляет значительную долю в общем объеме производства. Эта особенность, с одной стороны, ускоряет адаптацию хозяйства республики к требованиям рынка, а с другой стороны, при существующей конъюнктуре рынка и низкой конкурентоспособности обрабатывающей промышленности позволяет накопить средства для обогащения государственного бюджета республики следовательно и повышением уровня жизни населения.

Республика Татарстан является промышленно-ориентированным регионом (более 25% ВРП). Экономика республики занимает высокие статистические показатели по сравнению с другими субъектами Российской Федерации. Довольно - таки многие сферы экономики республики развиты очень хорошо. В настоящее время правительством республики уделено особое внимание на создании большего количества благотворительных фондов. Также республика заинтересована в строительстве множества памятников и открытии исторических музеев в том числе и железнодорожной отрасли. В связи с объявлением в 1991 году суверенитета Республики Татарстан наметился резкий подъем экономических показателей республики. То есть экономика республики не направлена на отправление значительной части материальных средств в Москву в отличие от многих других субъектов Российской Федерации. Основное направление специализации сельского хозяйства области - молочно-мясное производство, это связано с тем что на территории республики хорошо заинтересованы в производстве многих видов корма для крупно рогатого скота, в основе кормов лежат выращивание многолетней травы. Наряду с основными отраслями хозяйства дополнительно занимаются выращиванием зерновых, картофеля, овощей, льна-долгунца. Значительную часть в товарной продукции занимает птицеводство.

Основными промышленными отраслями республики являются: машиностроение (ремонт авиационной техники, производство оптико-механических деталей, катеров, насосов, гипсовых изделий, электротехнического оборудования); деревообрабатывающая отрасль развита довольно – таки слабо, в

основном производятся закупки дерева с соседней республики Марий-Эл и Кировской области; легкая (производство трикотажных, швейных, шерстяных, кожаных, строчевышитых и художественных изделий); производство стройматериалов.

2.2. Характеристика существующего состояния железной дороги.

В дипломном проекте рассматривается существующий участок железнодорожной линии протяженностью 17,55 км, эксплуатируемый при электрической и тепловозной тяге.

Данный участок дороги является двухпутной, ширина колеи железной дороги составляет 1520 мм, весь участок железной дороги оборудована системой СЦБ и автоматической блокировкой(автоблокировка).

Размеры грузового и других видов движения приведены в таблице 1

Таблица 1

Вид груза	В % от общего объёма	Год эксплуатации			
		2-ой		5-ый	10-ый
Нефть ин/п	16/27	9/9	11/11	35/35	60/60
Уголь, руда	38/16				
Металл и м/и	19/22				
Прочие	27/35				

Всего	90/100				
--------------	---------------	--	--	--	--

После реконструкции примерно на 2-ой год эксплуатации реконструированного участка железной дороги количество поездов незначительно и составляет для грузовых поездов — 4 пара поездов в сутки, для пассажирских — 5 пары поездов в сутки;

Далее со временем количество подвижных составов наращивается и примерно на 3-й год эксплуатации количество грузовых подвижных составов составляет — 6 пар в сутки, а пассажирских — 7 пар в сутки;

Уже на 4-й год эксплуатации количество грузовых поездов будет ограничиваться в цифрах — 8 пар в сутки, количество пассажирских будут составлять — 9 пар в сутки;

Далее с истечением 5 лет после реконструкции пропускная способность данного участка железной дороги составит от 10 до 13 пар в сутки, а пассажирских — до 15 пар в сутки.

2.3. Раздельные пункты.

На участке железной дороги от станции Кендери до станции Высокая Гора имеются четыре разъезда, и одна участковая станция, которые делят участок на 6 перегонов. Также на данной дистанции кроме главных путей имеются соответственно: один и три приемоотправочных путей, при их полезной длине 770 м.

Схема размещения раздельных пунктов приведена на рис.1



В таблице 2 приведены данные по длине перегонов и длине приёмо-отправочных путей.

Таблица 2

Длина перегона, км.	2,35	3,74	3,56	2,85	3,15	1,9
Длина приёмоотправочных путей, м.	770	770	770	770	770	770

2.4 Верхнее строение пути и искусственные сооружения.

Участок железнодорожного пути от станции Кендери до станции Высокая Гора при данной грузонапряжённости 35 млн.ткм/км на 10 год эксплуатации, относится к линиям I категории. Верхнее строение пути составляют следующие детали: рельсы-Р65, балласт щебень, шпалы железобетонные. На прямых участках пути ширина земляного полотна должна быть размером 7,6м, ширина балластной призмы 3,85м (таблица №13). Также земляное полотно должно находиться в хорошем состоянии, если полотно находится в не удовлетворительном состоянии тогда его следует заменить.

На перегоне также имеются искусственные сооружения и они должны соответствовать своим габаритам, которые в свою очередь должны соответствовать нормам по эксплуатации железных дорог.

Сила тяжести подвижного состава зависит от нескольких условий: тяговой мощности локомотива, сопротивления по направлению движения подвижного состава, а также от профиля и плана реконструируемого участка пути.

Для увеличения тяжести подвижного состава существует два вида работ – это организационно-технические и реконструктивные. К организационно-техническим работам относятся такие работы, при которых можно использовать внутренние запасы, повысить полезность работы существующей техники, а также использовать новые приёмы и методы работы.

Реконструктивные работы также не обходимо как и организационно-технические, после использования такого вида работ увеличение массы подвижного состава будет больше, но они требуют вложений инвестиционных средств, также изначально требует составление проекта работ.

Установление унифицированной нормы массы производится с помощью диаграммы поперегонных масс состава. На эту диаграмму наносятся массы состава Q_j , которые могут быть реализованы на перегонах с учетом использования кинетической энергии поезда, и выявляется перегон, ограничивающий величину Q_j до минимальной $\overline{Q}_i$. На диаграмму по перегонным масс состава наносятся ограничение массы состава по существующей длине приемоотправочных путей $Q_{l_{по}} (l_{по}=770 \text{ м})$, а также возможные ограничения массы по полезной длине приемоотправочных путей на перспективу, которые находятся по формуле:

$$Q_{l_{по}} = q_{пс} (l_{по} - 50), \quad (1)$$

где $q_{пс}$ - максимальная погонная масса вагонного состава, из задания к дипломному проекту, $q_{пс} = 6,25 \text{ /п.м.}$;

$l_{по}$ - полезная длина существующих приемоотправочных путей, из задания к дипломному проекту, $l_{по}=770 \text{ м}$

Что бы определить величину Q_j , на компьютере используя программу «Speed.exe» нужно ввести некоторые данные, а именно:

- профиль железнодорожного участка
- максимально допустимую скорость
- вид вагонов
- вид локомотива

Затем требуется вывести на печать (или на дисплей) результаты построения кривой $V(S)$. Далее эта программа выведет минимальную скорость проследования подвижного состава на нашем участке пути. Однако это скорость должна быть не ниже расчетной для данного локомотива, чтобы он смог проехать по рассматриваемому пути.

После этого для каждого перегона производится свой расчет. При разработке кривых участков пути $V(S)$, мы будем выбирать грузовой подвижной состав с наибольшей массой, которому необходимо проехать по пути так, что при прохождении самых крутых подъёмов расчётная скорость локомотива должна превышать минимальную скорость на участке. По этому на перегонах получается абсолютно разные по массе подвижные составы. Для облегчения анализа данных необходимо построить диаграммы по перегонным массам состава.

Затем выполняется сравнение значений минимальной перегонной массы подвижного состава $\overline{Q}_j$ с ограничением, Q_{lpo} в результате которого устанавливается унифицированная норма тяжести подвижного состава, как меньшая из величин $\overline{Q}_j$.

а) производим расчет для локомотива 2ТЭ10Л.

$$Q_{lpo} = 6,25(770 - 50) = 4500 \text{ т}$$

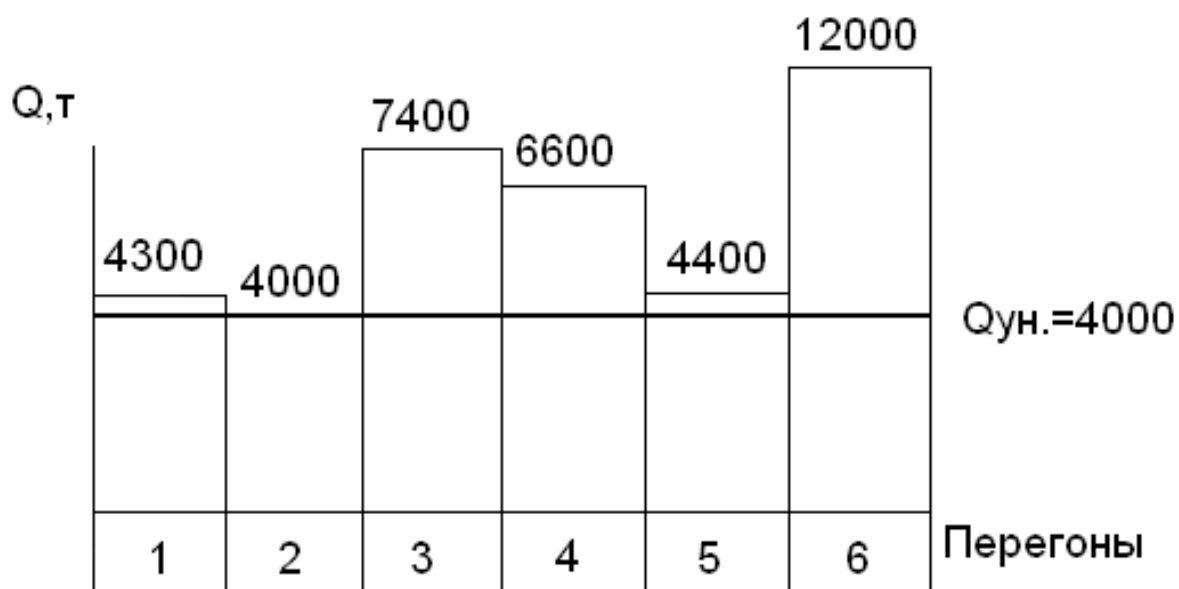


Рис. 2 Установленная унифицированная масса поезда для 2ТЭ10л

На рис.2 приведен схематически выбор унифицированной массы поезда для локомотива 2ТЭ10л.

Если судить по данной диаграмме по перегонных масс подвижного состава видно что длина которую имеет наш приёмо-отправочный путь 770 метров вполне достаточно для тепловозов серии 2ТЭ10Л. Минимальная перегонная масса $Q_j = 4000$ т на втором перегоне. Принимаем $Q_{ун} = Q_j = 4000$ т. 2ТЭ10, $L_{по}=770$ м, полуавтоматическая блокировка, непакетный график движения.

Таблица 3

Результаты расчетов унифицированной массы поезда для локомотива 2ТЭ10.

N перегона	Локомотив	Туда	Обратно			
		R _л	R _с	t _л	R _л	R _с
1	2ТЭ10	3575	2464	19,5	2415	3526
2		3613	1884	19,0	1965	3694

3		3000	1839	16,1	2151	3313
4		2829	2303	16,1	2441	2967
5		4190	1717	21,5	1687	4160
6		2110	3046	13,5	2940	2005
сумма		19317	13253	105,7	16599	19665

Расчёт существующей наличной провозной способности:

Техническое оснащение и способ организации движения определяют наличную провозную способность – в одном направлении (Гн ;млн.т / год).

$$Гн = \frac{365 Q_{н(ср)} n_{гр}}{\gamma} 10^{-6} \quad (2)$$

где $Q_{н(ср)}$ – средняя масса поезда нетто, т;

$n_{гр}$ – наличная пропускная способность в грузовом движении подвижных составов, поездов/сутки;

γ - коэффициент внутри годичной неравномерности перевозок.

Средняя масса состава $Q_{н(ср)}$ принимается неизменной:

$$Q_{н(ср)} = \alpha Q_{вн} \eta \quad (3)$$

где α - коэффициент перехода от нормы массы $Q_{вн}$ к средней массе состава брутто, $\alpha=0,7$;

η - коэффициент перехода от массы состава брутто к массе нетто, $\eta=0.7$.

Число грузовых поездов $n_{гр}$ определяется по формуле:

$$n_{гр} = n_{max} - (\varepsilon_{пс} n_{пс} + \varepsilon_{пр} n_{пр}) \quad (4)$$

где n_{max} - максимальная пропускная способность, зависящая от типа графика, п.п. / сут;

$n_{пс}; n_{пр}$ - число пар пассажирских и пригородных поездов в сутки;

$\varepsilon_{пс}; \varepsilon_{пр}$ - коэффициент съема, соответственно пассажирскими и пригородными поездами;

p – резерв заполнения пропускной способности для вторых путей, $p=0.9$

Максимальная пропускная способность n_{max} определяется по формуле:

$$n_{max} = \frac{(1440 - t_{техн}) k \alpha_n}{T_{пер}} \quad (5)$$

где $t_{техн}$ - продолжительность технологических окон для двухпутной линии, $t_{техн} = 60$ мин.;

α_n - коэффициент надежности работы технических устройств, $\alpha_n = 0,96$;

k – число поездов одного направления в расчетной группе графика;

$T_{пер}$ - период графика движения поездов, мин.

Отсюда следует, что составление наличной провозной и пропускной возможности пути нудно начинать с составления периода графика $T_{пер}$ при этом организация движения разные. Период парного непакетного графика составляется по формуле

$$T_{пер} = t_{xI} + t_{xII} + 2t + t_{рз}, \quad (6)$$

Где t_{xI}, t_{xII} – время хода “туда” и “обратно”, мин.;

$2t$ – станционные интервалы, величина которых в среднем составляет 5 мин;

$t_{рз}$ – время на разгон и замедление, мин.

Период парного непакетного графика движения подвижных составов:

$$T_{\text{пер}} = 19,5 + 16,2 + 5 = 40,7, \text{ мин};$$

Максимальная пропускная способность:

$$n_{\text{мак}} = \frac{(1440 - 60) * 0,96}{40,7} = 33, \text{ пар поездов / сут};$$

Наличная пропускная способность:

$$n_{\text{гр}} = 33 * 0,85 - (2 * 1,7 + 1 * 1,8) = 23, \text{ пар поездов / сут};$$

$$n_{\text{гр}} = 33 * 0,85 - (5 * 1,7 + 3 * 1,8) = 15, \text{ пар поездов / сут};$$

$$n_{\text{гр}} = 33 * 0,85 - (8 * 1,7 + 4 * 1,8) = 8, \text{ пар поездов / сут};$$

$$n_{\text{гр}} = 33 * 0,85 - (10 * 1,7 + 5 * 1,8) = 3, \text{ пар поездов / сут};$$

Наличная провозная способность железной дороги:

$$G = \frac{365 * 4000 * 0,7 * 23}{1,2} = 18588330 \text{ млн. т. / год};$$

$$G = \frac{365 * 4000 * 0,7 * 15}{1,2} = 11775000 \text{ млн. т. / год};$$

$$G = \frac{365 * 4000 * 0,7 * 8}{1,2} = 5813333 \text{ млн. т. / год};$$

$$G = \frac{365 * 4000 * 0,7 * 3}{1,2} = 1055000 \text{ млн. т. / год};$$

3. Планирование возможных мероприятий по увеличению наличной провозной способности.

Чем больше пропускная и провозная эффективность железной дороги, тем считается больше её мощность.

Наличная провозная способность – это наибольшее число проследовавших пассажиров и грузов, которое можно пропустить по участку за год.

Потребная пропускная способность – это наибольшее количество подвижных составов проследовавших за сутки.

Провозная способность зависит от пропускной способности и отсюда следует что она является обобщающим показателем мощности ж.д. Что бы увеличить провозную работу участка железной дороги от станции Кендери до станции Высокая Гора нужно увеличить её пропускную работу нгр но при этом не изменяя массу подвижного состава; повышая тяжесть поезда Q_n при неизменной пропускной работе; а также в одно время повышая и пропускную работу, и массу поезда.

Повышение массы и количества подвижных составов нужно производить при большем использовании уже существующей технической комплектации данного участка железной дороги, то есть с использованием организационно-технических мероприятий с реконструктивными мероприятиями.

Организационно-технические мероприятия – увеличение массы поездов благодаря более полному использованию кинетической энергии поезда; увеличение скорости движения поезда на перегонах, лимитирующих пропускную способность; внедрение кратной тяги на отдельных перегонах; уплотнение графика движения поездов, введение соединенных поездов, а также формирование поездов повышенной массы с локомотивами, рассредоточенными в составе.

Реконструктивные мероприятия – использование новейших устройств в СЦБ; увеличение длины приёмо-отправочных путей и увеличение числа путей на отдельных пунктах; максимально снизить число локомотивов на тепловозной тяге и при этом заменить их локомотивами на более мощной электрической тяге ; изменение существующего профиля пути, хотя бы на отдельных её участках; укладка дополнительных главных путей на станциях.

3.1 Определение унифицированной массы подвижного состава для локомотивов.

Производим расчет для локомотива 3ТЭ10.

Длина приёмо-отправочных путей участка железной дороги от станции Кендери до станции Высокая Гора 770 метров, допустим этой длины не достаточно и при реконструкции увеличиваем её длину до 1050 метров, тогда:

$$Q_{\text{по}} = 6,25(1050 - 50) = 6250 \text{ т}$$

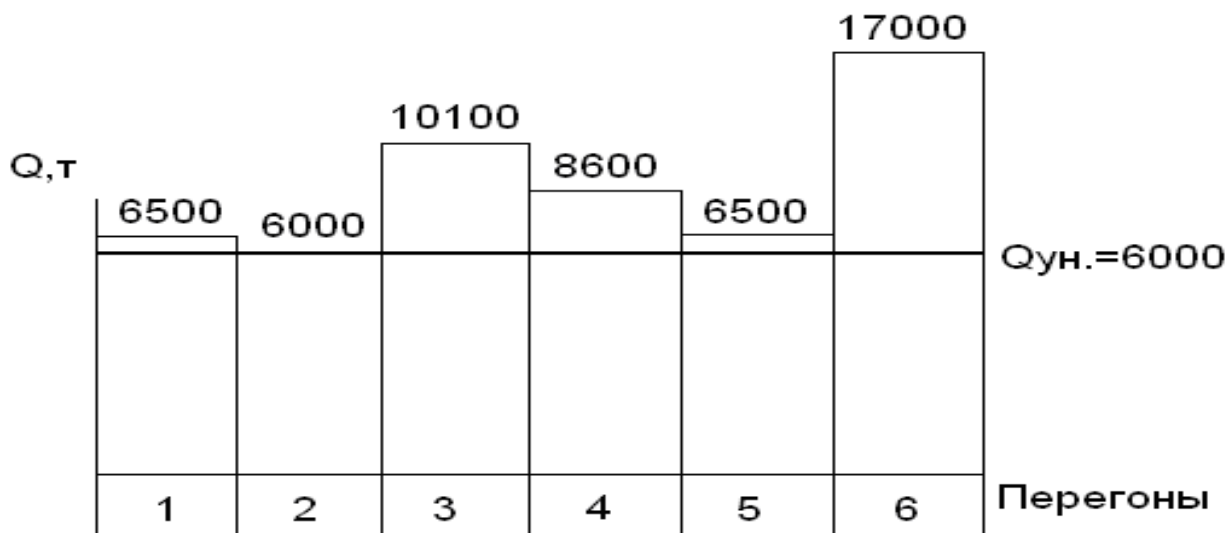


рис. 3 Установление унифицированной массы поезда для 3ТЭ10.

На рис.3 схематически приведен выбор унифицированной массы поезда для локомотива 3ТЭ10.

На этой диаграмме хорошо отображена минимальная перегонная масса $Q_j = 6000$ т на втором перегоне. Принимаем $Q_{\text{ун}} = Q_j = 6000$ т.

в) производим расчет для локомотива 4ТЭ10

Не будет изменена длина приёмо – отправочных путей, она составит 1050м

$$Q_{\text{по}} = 6,25(1050 - 50) = 6250 \text{ т}$$

N перегона	Локомотив	Туда	Обратно	tI+tII			
		R _л	R _с	tI	R _л	R _с	tII

1	3ТЭ10	5337	3704	20,1	3640	5273	16,4
2		5420	2878	19,0	2954	5495	14,0
3		4552	2845	16,5	3237	4944	14,3
4		4297	3523	16,5	3717	4490	15,6
5		6285	2650	21,5	2497	6131	14,6
6		3183	4558	13,7	4455	3080	16,2
сумма		29074	20158	107,3	20500	29413	91,1
1	4ТЭ10	5893	4195	17,4	4196	5895	15,4
2		6163	3520	16,5	3554	6197	13,6
3		5298	3523	15,0	3828	5603	13,5
4		5043	4239	15,2	4448	5253	14,9
5		7015	3235	18,5	2981	6761	14,0
6		3874	5304	13,4	5324	3894	14,9
сумма		33286	24016	96	24331	33603	86,3

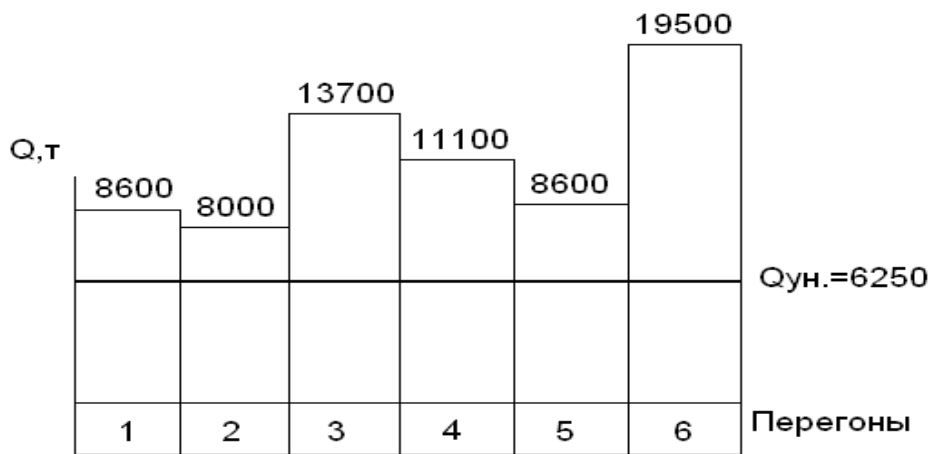


рис. 5 Установление унифицированной массы поезда для 4ТЭ10.

На рис.5 схематически приведен выбор унифицированной массы поезда для локомотива 4ТЭ10.

На данной диаграмме по перегонных масс состава хорошо отображена, минимальная перегонная масса $Q_j = 8000$ т на втором перегоне, однако нам хватит массы установленной длиной приемо—отправочных путей $Q_{\text{по}} = 6250$ т.

Возьмём $Q_{\text{ун}} = Q_{\text{по}} = 6250$ т.

Итак, для локомотива 3ТЭ10 $Q_{\text{ун}} = 6000$ т

для локомотива 4ТЭ10 $Q_{\text{ун}} = 6250$ т

Для выполнения дальнейшего расчёта провозной и пропускной работы и расходов при эксплуатации будем использовать программу «PROPERAS» и в компьютер введём следующие данные: механическая работа локомотива $R_{\text{л}}$ (туда и обратно), отношения сил сопротивления $R_{\text{с}}$ которые действуют на подвижной состав (туда и обратно), время за которое проедет поезд (туда и обратно). Эти исходные данные мы возьмём по результатам расчётов унифицированной массы подвижного состава которые мы ранее занесли в программу «SPEED.exe»

3. Аналитические расчеты пропускной и провозной способности.

Ранее мы привели формулы для расчёта пропускной и провозной работы участка железной дороги от станции Кендери до станции Высокая Гора.

Также нам необходимо рассчитать период частично – пакетного графика движения поездов он определяется по следующей формуле (при $k=2$).

$$T_{пер} = (2 - \alpha_n) T_{пер} + 2 \alpha_n I, \quad (7)$$

Где I – интервал между подвижными составами, I – 8-10 мин.;

α_n – коэффициент пакетности, α_n – 0.5 или 0.7

При частично – безостановочном скрещении поездов на двухпутных вставках по осям отдельных пунктов и посередине перегона период графика равен

$$T_{пер}(ч-бо) = \alpha_{бо}(t_{xI} + t_{xII})/2 + T_{пер}(ост)(1 - \alpha_{бо}), \quad (8)$$

Где $\alpha_{бо}$ – коэффициент безостановочного скрещения, который можно принять равным 0.7;

$T_{пер}(ост)$ – период графика при остановках на двухпутных вставках

На двухпутной линии, оборудованной автоблокировкой, период графика равен расчетному межпоездному интервалу $T_{пер} = I$.

Расчёт пропускной и провозной способности:

3ТЭ10, $L_{по}=1050$ м, полуавтоматическая блокировка, непакетный график движения.

Период парного не пакетного графика движения подвижных составов:

$$T_{пер} = 20,1 + 16,6 + 5 = 41,7, \text{ мин};$$

Наибольшая пропускная работа участка:

$$n_{max} = \frac{(1440 - 60) * 0,96}{41,7} = 32, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная пропускная способность участка жнлезной дороги:

$$n_{гр} = 32 * 0,85 - (2 * 1,7 + 1 * 1,8) = 22, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 32 * 0,85 - (10 * 1,7 + 5 * 1,8) = 2, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная провозная работа железной дороги:

$$Г = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 22}{1,2} = 28105000 \text{ млн.т. / год};$$

$$Г = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 14}{1,2} = 16990750 \text{ млн.т. / год};$$

$$Г = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 7}{1,2} = 8176000 \text{ млн.т. / год};$$

$$Г = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 2}{1,2} = 1533000 \text{ млн.т. / год};$$

**2. 3ТЭ10, Lпо=1050м, автоматическая блокировка,
частично-пакетный график движения.**

Период частично-пакетного графика:

$$T_{пер,чпг} = (2 - 0,7) * 41,7 + 2 * 0,7 * 10 = 68,6, \text{ мин};$$

Наибольшая пропускная работа участка железной дороги:

$$n_{max} = \frac{(1440 - 60) * 0,96 * 2}{68,6} = 39, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная пропускная способность участка железной дороги:

$$n_{гр} = 39 * 0,85 - (2 * 1,3 + 1 * 1,2) = 30, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 39 * 0,85 - (5 * 1,3 + 3 * 1,2) = 24, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 39 * 0,85 - (8 * 1,3 + 4 * 1,2) = 18, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 39 * 0,85 - (10 * 1,3 + 5 * 1,2) = 15, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная провозная работа участка железной дороги:

$$Г = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 30}{1,2} = 37494625 \text{ млн.т. / год};$$

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 24}{1,2} = 29446375 \text{ млн.т. / год}$$

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 18}{1,2} = 22931125 \text{ млн.т. / год}$$

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 15}{1,2} = 18076625 \text{ млн.т. / год}$$

3. ЗТЭ10, Lпо=1050м, автоматическая блокировка,

двухпутные вставки.

Наибольшая пропускная работа участка железной дороги:

$$n_{\text{max}} = 60, \text{ парпоезд/сут.}$$

Наличная пропускная способность участка железной дороги:

$$n_{\text{гр}} = 60 \cdot 0,87 - (2 \cdot 1,4 + 1 \cdot 1,6) = 48, \text{ парпоезд/сут.}$$

$$n_{\text{гр}} = 60 \cdot 0,87 - (5 \cdot 1,4 + 3 \cdot 1,6) = 41, \text{ парпоезд/сут.}$$

$$n_{\text{гр}} = 60 \cdot 0,87 - (10 \cdot 1,4 + 5 \cdot 1,6) = 31, \text{ парпоезд/сут.}$$

Наличная провозная работа участка железной дороги:

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 48}{1,2} = 61064500 \text{ млн.т. / год}$$

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 41}{1,2} = 51611000 \text{ млн.т. / год}$$

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 35}{1,2} = 44201500 \text{ млн.т. / год}$$

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 6000 \cdot 0,7 \cdot 431}{1,2} = 38580500 \text{ млн.т. / год}$$

4. ЗТЭ10, Lпо=1050м, автоматическая блокировка,

Двухпутный участок железной дороги.

Период пакетного графика движения на двухпутной части дороги:

Наибольшая пропускная способность участка железной дороги:

$$n_{\max} = \frac{(1440-120) * 0.96}{10} = 127, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная пропускная работа участка железной дороги:

$$n_{\Gamma P} = 127 * 0,91 - (2 * 1,7 + 1 * 2,2) = 110, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{\Gamma P} = 127 * 0,91 - (5 * 1,7 + 3 * 2,2) = 102, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{\Gamma P} = 127 * 0,91 - (8 * 1,7 + 4 * 2,2) = 95, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{\Gamma P} = 127 * 0,91 - (10 * 1,7 + 5 * 2,2) = 90, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная провозная способность железной дороги:

$$\Gamma = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 110}{1,2} = 140154525 \text{ млн.т. / год};$$

$$\Gamma = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 102}{1,2} = 129551275 \text{ млн.т. / год};$$

$$\Gamma = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 95}{1,2} = 120736525 \text{ млн.т. / год};$$

$$\Gamma = \frac{365 * 6000 * 0,7 * 90}{1,2} = 114093525 \text{ млн.т. / год};$$

5. 4ТЭ10, L_{по}=1050м, полуавтоматическая блокировка, непакетный график движения.

Период парного не пакетного графика движения поездов:

$$T_{\text{пер}} = 17,4 + 15,4 + 5 = 37,8, \text{ мин};$$

Максимальная пропускная способность:

$$n_{\max} = \frac{(1440-60) * 0.96}{37,8} = 35, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная пропускная способность:

$$n_{гр} = 35 * 0,85 - (2 * 1,7 + 1 * 1,8) = 25, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 35 * 0,85 - (5 * 1,7 + 3 * 1,8) = 16, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 35 * 0,85 - (8 * 1,7 + 4 * 1,8) = 9, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 35 * 0,85 - (10 * 1,7 + 5 * 1,8) = 4, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная провозная способность железной дороги:

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 25}{1,2} = 32669401 \text{ млн.т. / год};$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 16}{1,2} = 21092057 \text{ млн.т. / год};$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 9}{1,2} = 11910026 \text{ млн.т. / год};$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 2}{1,2} = 4990234 \text{ млн.т. / год};$$

6. 4ТЭ10, Lпо=1050м, автоматическая блокировка,

частично-пакетный график движения.

Период частично-пакетного графика:

$$T_{пер(чп)} = (2 - 0,7) * 37,8 + 2 * 0,7 * 10 = 64,7, \text{ мин};$$

Максимальная пропускная способность:

$$n_{ма} = \frac{(1440 - 60) * 0,96 * 2}{64,7} = 41, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная пропускная способность:

$$n_{гр} = 41 * 0,85 - (2 * 1,3 + 1 * 1,2) = 32, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 41 * 0,85 - (5 * 1,3 + 3 * 1,2) = 25, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 41 * 0,85 - (8 * 1,3 + 4 * 1,2) = 20, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 41 * 0,85 - (10 * 1,3 + 5 * 1,2) = 16, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная провозная способность железной дороги:

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 32}{1,2} = 41319140 \text{ млн.т / год}$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 25}{1,2} = 32935546 \text{ млн.т. / год}$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 20}{1,2} = 26148828 \text{ млн.т / год}$$

**7. 4ТЭ10, Lпо=1050м, автоматическая блокировка,
двухпутные вставки.**

Максимальная пропускная способность:

$$n_{max} = 60, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная пропускная способность:

$$n_{гр} = 60 * 0,87 - (2 * 1,4 + 1 * 1,6) = 48, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 60 * 0,87 - (5 * 1,4 + 3 * 1,6) = 41, \text{ парпоезд/сут};$$

$$n_{гр} = 60 * 0,87 - (10 * 1,4 + 5 * 1,6) = 31, \text{ парпоезд/сут};$$

Наличная провозная способность железной дороги:

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 48}{1,2} = 63608854 \text{ млн.т / год}$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 41}{1,2} = 53761458 \text{ млн.т. / год}$$

$$Г = \frac{365 * 6250 * 0,7 * 31}{1,2} = 40188020 \text{ млн.т / год}$$

8. 4ТЭ10, Lпо=1050м, автоматическая блокировка,

двухпутная линия.

Период пакетного графика движения на двухпутной линии:

Максимальная пропускная способность:

$$n_{\max} = \frac{(1440 - 120) * 0.96}{10} = 127, \text{ пар поездов/сут};$$

Наличная пропускная способность:

$$n_{\text{ГР}} = 127 * 0.91 - (2 * 1.7 + 1 * 2.2) = 110, \text{ пар поездов/сут};$$

$$n_{\text{ГР}} = 127 * 0.91 - (5 * 1.7 + 3 * 2.2) = 102, \text{ пар поездов/сут};$$

$$n_{\text{ГР}} = 127 * 0.91 - (8 * 1.7 + 4 * 2.2) = 95, \text{ пар поездов/сут};$$

$$n_{\text{ГР}} = 127 * 0.91 - (10 * 1.7 + 5 * 2.2) = 90, \text{ пар поездов/сут};$$

Наличная провозная способность железной дороги:

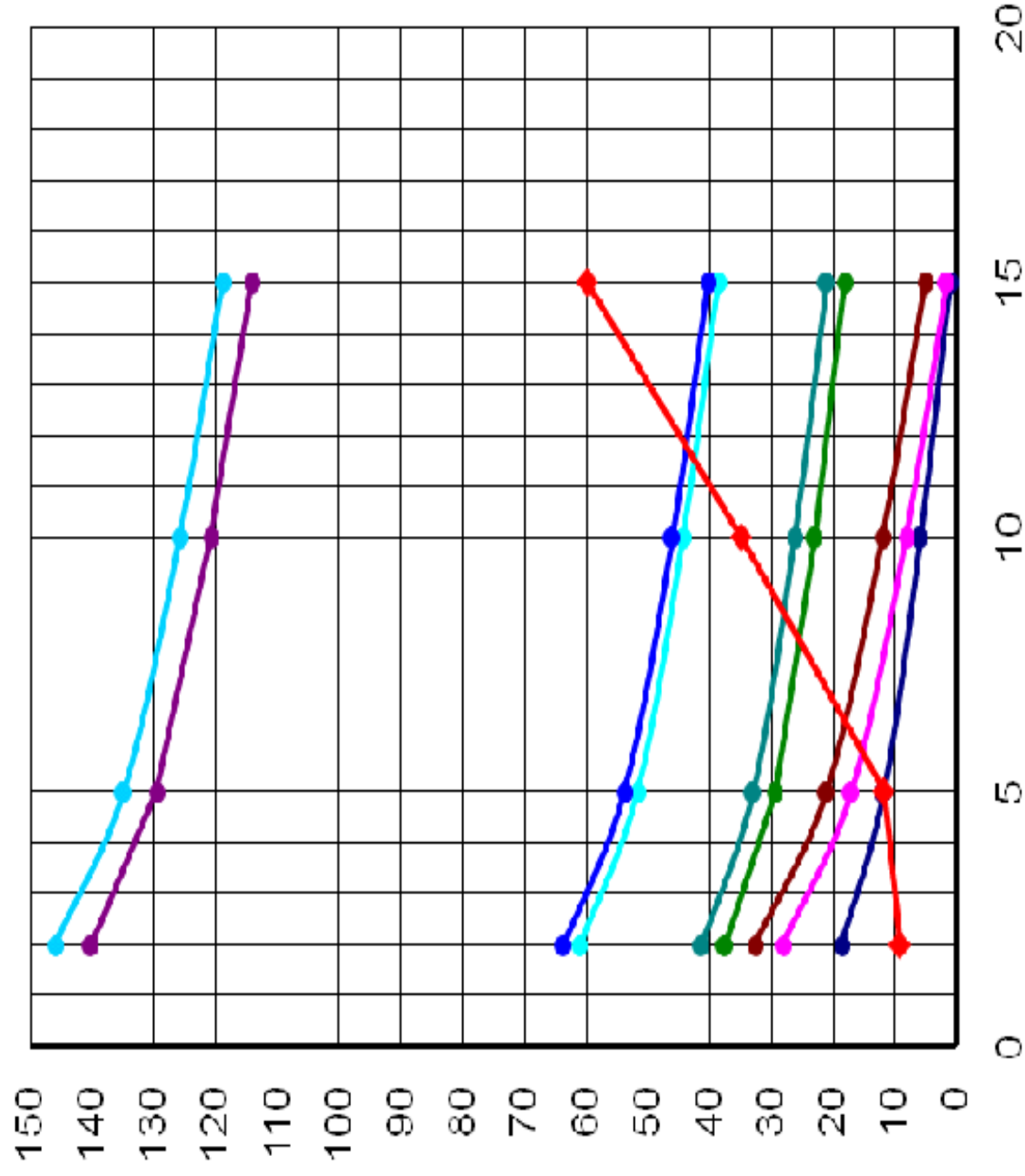
$$G = \frac{365 * 6250 * 0.7 * 102}{1.2} = 134949244 \text{ млн.т. / год};$$

$$G = \frac{365 * 6250 * 0.7 * 95}{1.2} = 125767213 \text{ млн.т. / год};$$

$$G = \frac{365 * 6250 * 0.7 * 90}{1.2} = 118847421 \text{ млн.т. / год};$$

Провозная способность

рис.1.5



3.2 Варианты технических состояний линии после реконструкции.

Подход к реконструкции точнее его выбор, любого участка железной дороги и анализа овладения пропускной работы во многих значимых моментах зависит от начального состояния железной дороги: выполнение незначительных ремонтных работ, записи о смене каких – либо деталей железнодорожного полотна в журнал ТУ-152, максимального значения скорости на данном участке, принятии мер по замене изношенных деталей железной дороги современного технического оснащения железнодорожного транспорта и само состояния колёсных пар эксплуатируемого подвижного состава.

Для начала проектирования и реконструкции существующей железной дороги следует выявить конечное состояние путей, и уже смотря на эти состояния сопоставить их с начальным состоянием, выявлять промежуточные состояния, и уже по этим данным обозначить инвестиционные вложения, и начинать подготовку участка железной дороги к минимальной потере мощности, тем самым сохранить её хороший эксплуатационный потенциал.

При реконструкции существующего участка железной дороги необходимо полностью все имеющиеся резервы, а также а также при возникновении задержек движения поездов в кратчайшие сроки ликвидировать причину возникновения. Например если в достаточном количестве имеются резервы мощности локомотива, но длина путей недостаточна, тогда необходимо увеличить длину путей до стандартных.

Если посмотреть с обратной стороны - длина железнодорожных путей соответствует стандарту, а мощность локомотива не достаточна, тогда следует добавить на локомотив дополнительные секции (тяговые двигатели) или же повысить тягу существующих на локомотиве двигателей.

Если достигнуто соответствие между мощностью локомотива и длиной путей, то дальнейшее увеличение провозной способности может быть осуществлено за счет введения частично — пакетного графика или безостановочного скрещения.

Наиболее успешными мерами к повышению провозной и пропускной способности участка железной дороги и улучшения её эксплуатационно – экономических показателей является использование локомотивов на электрической тяге нежели тепловозной.

Следовательно в дипломной работе помимо тепловозной тяги, наметим и возможные изменения на электрической тяге

В связи с вышеизложенным, приведём следующие варианты технических состояний:

Изначальное состояние — не пакетный график движения, тепловоз 2ТЭ10, весовая норма 4000 т, полезная длина приёмоотправочных путей 770 м; тип СЦБ п/аб.

2. Локомотив 3ТЭ10м, непакетный график движения поездов, $l_{по}=1050м$, $Q=6000т$; тип СЦБ – п/аб.

3. Локомотив 4ТЭ10м, непакетный график движения поездов, $l_{по}=1050м.$, $Q=6250т$; тип СЦБ – п/аб.

4. Локомотив 3ТЭ10м, частично-пакетный график движения поездов, $l_{по}=1050м.$, $Q=6000т$; тип СЦБ а/б.

5. Локомотив 4ТЭ10м, частично-пакетный график движения поездов, $l_{по}=1050м.$, $Q=6250т$; тип СЦБ - а/б.

6. Локомотив 3ТЭ10м ,двухпутные вставки; $l_{по}=1050м$; $Q=6000т$; тип СЦБ а/б.

7. Локомотив 4ТЭ10м ,двухпутные вставки; $l_{по}=1050м$; $Q=6250т$; тип СЦБ а/б.

8. Локомотив 3ТЭ10м ,вторые пути.; $l_{по}=1050м$; $Q=6000т$; тип СЦБ - ДЦ.

9. Локомотив 4ТЭ10м ,вторые пути.; $l_{по}=1050м$; $Q=6250т$; тип СЦБ - ДЦ.

Для формирования оптимальной схемы поэтапного увеличения мощности дороги следует назначить и сравнить конкурентные схемы переходов.

При конкуренции тепловозной и электрической тяги необходимо иметь в виду, что не должно иметь место слишком частые переходы из одного вида тяги в другой, потому что при не продолжительном сроке эксплуатации затруднено как

освоение нового технического оснащения, так и производство работ для перехода в более мощное.

Не нужно вкладывать огромные материальные вложения на создание больших резервов провозной способности.

Так же необходимо не допускать переходы которые негативно сказываются на эффективности участка железнодорожного пути: например с электрической на тепловозную – это уменьшит провозные свойства нашей дистанции железнодорожного пути.

Следует решительно избегать «бросовых» или избыточных дополнительных работ: введение безостановочного скрещения с последующим отказом от него, сооружения дополнительных путей для введения частично-пакетного графика по поперечной схеме раздельных пунктов при условии последующего строительства двухпутных вставок и т.п.

Характеристики технических состояний представлены в таблице 2.

Характеристика технических состояний

таблица 5

№ Состояния	Характеристика состояния	Технический срок исчерпания мощности, лет
1	Локомотив 2ТЭ10л, Не пакетный график движения поездов; $l_{по}=770м$; $Q=4000т$; тип СЦБ п/аб	5
2	Локомотив 3ТЭ10м, Не пакетный график движения поездов; $l_{по}=1050м$; $Q=6000т$; тип СЦБ п/аб	6

3	Локомотив 4ТЭ10, Не пакетный график движения поездов; $l_{по}=1050м$; $Q=6250т$; тип СЦБ п/аб	7
4	Локомотив 3ТЭ10м, частично-пакетный график движения поездов; $l_{по}=1050м$; $Q=6000т$; тип СЦБ а/б	8
5	Локомотив 4ТЭ10, частично-пакетный график движения поездов; $l_{по}=1050м$; $Q=6250т$; тип СЦБ а/б	9
6	Локомотив 3ТЭ10м, двухпутные вставки $l_{по}=1050м$; $Q=6000т$; тип СЦБ а/б.	12
7	Локомотив 4ТЭ10, двухпутные вставки $l_{по}=1050м$; $Q=6250т$; тип СЦБ а/б.	13
8	Локомотив 3ТЭ10м, вторые пути $l_{по}=1050м$; $Q=6000т$; тип СЦБ ДЦ.	—
9	Локомотив 4ТЭ10м, вторые пути $l_{по}=1050м$; $Q=6250т$; тип СЦБ ДЦ.	—

3.3 Формирование оптимальной схемы этапного наращивания мощности существующей железной дороги.

При поиске наиболее эффективных схем увеличения мощности, нужно использовать очень распространённый в железнодорожной отрасли принцип варирования. Нужно определить варианты поэтапного увеличения эффективности линии и выбрать из них, тот, который при всей необходимой технической оснащённости будет наиболее выгодным в экономическом смысле. При этом методе нужно добиться меньшее количество вариантных схем, но если таких схем очень большое количество, тогда данный принцип решения может не обеспечить решения задачи. Проблема заключается в том что, что при большом количестве схем, возникает не определённость и можно пропустить самый лучший и подходящий вариант по увеличению мощности.

Работа по планированию эффективной схемы этапного развития мощности состоит из двух этапов: подготовительный и расчётный.

Подготовительный этап включает:

- расчеты пропускной и провозной способности для каждого из состояний, включенных в исходный набор;
- ранжирование состояний в порядке увеличения их мощности и определение технических границ (периода исчерпания мощности) работы каждого из них;
- определение стоимости переходов от одного состояния к другому.

Составление эффективной схемы делается на чертеже которая в свою очередь состоит из сеток «техническое состояние - годы». На данном чертеже горизонтальные линии представляют собой состояния, расположенные в порядке возрастания мощности. После этого на сетку наносятся переходы по плану с таблицей переходов.

На первом этапе формирования эффективной схемы - это отыскание наиболее лучших вариантов к каждому узлу.

Для узлов с одним подходом оценка выполняется как сумма эксплуатационных расходов каждого года, умноженных на коэффициент приведения для этого года, и материальные расходы перехода, также умноженной на коэффициент приведения для этого года. Так для узла 1-2:

$$S_{1,2} = \sum C_t(1) \eta t + K_{1,2} \eta t m(1), \quad (9)$$

где $t m(1)$ - срок исчерпывания мощности первого состояния;

$C_t(1)$ - эксплуатационные расходы для первого состояния в год t ;

$K_{1,2}$ - капиталовложения, необходимые для перехода из первого состояния во второе состояние;

$\eta t = 1/(1 + E)^t$ - коэффициент приведения затрат к начальному году.

Аналогично рассчитываются подобные узлы.

Узлы с двумя походами выполняются немного по другому. Там находится наиболее лучшая из двух оценок и определяется наиболее эффективный путь подхода к узлу. При этом оценки S вычитываются, начиная от ближних слева узлов, который уже имеют лучшие для себя оценки (если они не единственные). Так для узла 2-3:

$$S_{2,3I} = S_{1,2} + \sum C_t(2) \cdot \eta t + K_{2,3} \cdot \eta t m(2) \quad (10)$$

$$S_{2,3II} = S_{1,3} + \sum C_t(3) \eta t \quad (11)$$

Из двух критерий нужно выбрать самый меньший.

Аналогично рассчитываются подобные узлы.

Определив наилучшие подходы ко всем узлам, и отбросив худшие, можно восстановить эффективную схему этапного увеличения мощности железной дороги, продвигаясь от последнего узла в направлении, обратном оси времени. Так как в данном дипломном проекте конечных состояний несколько, то эффективная схема должна начинаться от того конечного состояния, для которого в последний год рассматриваемого периода получена наименьшая суммарная оценка.

4. Разработка исполнительно-сметной документации

4.1 Стоимость увеличения длины приёмо-отправочных путей

Когда рассчитываются материальные затраты предназначенные для увеличения длины станционных путей нужно брать к сведению и те затраты которые будут направлены не только на реконструкцию промежуточных станций и разъездов, которые находятся на рассматриваемой станции, но и затраты для комплекса мероприятий на сортировочных и участковых станциях.

Формула для расчёта стоимости увеличения длины приёмо-отправочных путей:

$$K_y = k_p n_p + k_{np} n_{np} + k_{уч} n_{уч} + k_c n_c, \text{ тыс. р.} \quad (12)$$

где k_p , k_{np} , $k_{уч}$, k_c - стоимость увеличения длины приёмоотправочных путей соответственно на разъезде, промежуточной, участковой и сортировочной станциях, тысяч рублей;

n_p , n_{np} - соответственно число разъездов и промежуточных станций, которые находятся на территории участка предназначенного для реконструкции;

$n_{уч}$, n_c - соответственно число участковых и сортировочных станций, которые находятся на территории участка предназначенного для реконструкции.

Стоимость увеличения длины приёмоотправочных путей на отдельном пункте данного типа:

$$K_i = K_0(i) \cdot m_i, \text{ тыс.р.} \quad (13)$$

где $K_0(i)$ - средняя стоимость увеличения длины одного приемоотправочного пути в принятом диапазоне **ЛПО** на отдельном пункте данного типа, тыс.р.,

m_i - число удлиняемых приёмоотправочных путей на отдельном пункте данного типа.

4.2. Стоимость замены устройств связи и СЦБ

Необходимо проложить на участке кабельную связь и выполнить работы по переходу на автоблокировку или диспетчерскую централизацию:

$$K_{св} = k_{св} L, \text{ тыс.р.} \quad (14)$$

где $k_{св}$ – цена для внедрения более новых устройств связи и СЦБ, приходящаяся на один км длины линии, тысяч рублей.

4.3. Стоимость введения частично-пакетного графика движения поездов.

Если на нашем рассматриваемом участке установлены автоматические блокировки или же при диспетчерской централизации движения подвижных составов нужно внедрить частично-пакетный график. В связи с этим нужно, проложить ещё по одному приёмо-отправочному пути на отдельных пунктах. Общее количество отдельных пунктов, на которых нужно проложить дополнительный станционный путь, можно установить в зависимости от принятого коэффициента пакетности:

Коэффициент пакетности	0,5	0,7
Раздельные пункты, на которых следует проложить дополнительный приемоотправочный путь	Через два на третьем	Через один

Следовательно, цена для прокладки дополнительных приёмоотправочных путей:

$$K_{дп} = пр.п. [(ЛПО + 0,2) кд.п + 2 кстр], тыс.р. (15)$$

где **пр.п.** - число отдельных пунктов, на которых строятся дополнительные приёмоотправочные пути;

ЛПО - полезная длина приёмоотправочных путей, км;

кд.п - средняя цена пристройки одного км дополнительного приемоотправочного пути: в легких условиях - 170 - 200 тыс.р., в трудных условиях - 250 - 300 тыс.р.;

Кстр - стоимость сооружения одного стрелочного перевода и его централизация, принимается 20 тыс.р.

Если ранее железнодорожный участок эксплуатировался при полуавтоматической блокировке, тогда вместе со строительством вспомогательных станционных путей нужно учитывать материальные затраты для внедрения автоматической блокировки и устройств связи и СЦБ.

4.4. Стоимость реконструкции двухпутных вставок и вторых путей

Цена строительства двухпутных вставок

$$K_v = k_v \cdot LB, \text{ тыс.р.} \quad (16)$$

где k_v - средняя цена конструкции 1 км двухпутных вставок при тепловозной тяге, тыс.р.; в момент составления схемы овладения перевозками во время проектировании новой железнодорожной линии этот показатель нужно связывать с ценой строительства одного км новой однопутной и двухпутной железной дороги;

LB - суммарная протяженность двухпутных вставок на рассматриваемом участке, км.

Цена строительства вторых путей:

$$K_{в.п.} = k_{в.п.} \cdot L_{в.п.}, \text{ тыс.р.} \quad (17)$$

где $k_{в.п.}$ - средняя цена конструкций одного км второго главного пути, тыс.р.; если пристройки второго главного пути в один этап (минуя двухпутные вставки) в качестве значения $k_{в.п.}$ принимается величина $k'_{в.п.}$, если второй главный путь строится после конструкции на однопутной линии (на предыдущем этапе) двухпутных вставок, то в качестве $k_{в.п.}$ принимается значение $k''_{в.п.}$;

$L_{в.п.}$ - суммарная длина второго главного пути на рассматриваемом участке, км; в случае строительства второго главного пути происходит в один этап (минуя двухпутные вставки), то

$L_{в.п.} = L$; если сплошной второй путь строится после конструкции (на предыдущем этапе) двухпутных вставок, то $L_{в.п.} = L - LB$.

Расчёт строительной стоимости:

1. Удлинение приёмоправочных путей

- цена удлинения на промежуточной станции:

$$K_{\text{пр}} = K_o(\text{пр}) * m_{\text{пр}};$$

$K_o(\text{пр})$ - средняя стоимость 1 приёмоправочного пути (160 тыс.р)

$m_{\text{пр}}$ - число удлиняемых путей (4)

$$K_{\text{пр}} = 160 * 4 = 640 \text{ тыс.р}$$

- цена удлинения на отдельном пункте:

$$K_p = K_o(p) * m_p;$$

$K_o(p)$ - средняя стоимость 1 приёмоправочного пути (140 тыс.р)

m_p - число удлиняемых путей (2)

$$K_p = 140 * 2 = 280 \text{ тыс.р}$$

- стоимость удлинения на участковой станции:

- средняя стоимость 1 приёмоправочного пути (280 тыс.р)

- число удлиняемых путей (8)

$$280 * 8 = 2240 \text{ тыс.р}$$

- общая цена удлинения

$$= K_{\text{пр}} * n_{\text{пр}} + K_p * n_p + K_{\text{уч}} + n_{\text{уч}}$$

$n_{\text{пр}}$ - количество промежуточных станций (2)

n_p - количество отдельных пунктов (4)

$n_{\text{уч}}$ - количество участковых станции (1)

$$K_{\text{уд}} = 640 * 2 + 280 * 4 + 2240 * 1 = 4640 \text{ тыс.р}$$

2. Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}} = k_{\text{сцб}} * L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - цена смены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{\text{сцб}} = 72,6 * 17,55 = 1,270 \text{ тыс.р}$$

3. Строительство дополнительного пути

$$K_{\text{дп}} = n_{\text{рп}} * [(l_{\text{по}} + 0,2) * k_{\text{дп}} + 2 * k_{\text{стр}}];$$

$n_{\text{рп}}$ - число раздельных пунктов

$l_{\text{по}}$ - полезная длина приёмоотправочных путей, км

$k_{\text{дп}}$ - средняя цена пристройки 1 км пути (170-200 тыс.р)

$k_{\text{стр}}$ - цена сооружения одного стрелочного перевода (20 тыс.р)

$$K_{\text{дп}} = 3 * [(1,050 + 0,2) * 200 + 2 * 20] = 870 \text{ тыс.р}$$

$$K_{1-4} = 4640 + 6501,33 + 870 = 12011,33 \text{ тыс.р.}$$

1-5. $K_{1-5} =$

Удлинение приёмоотправочных путей

- цена удлинения на промежуточной станции:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{о(пр)}} * m_{\text{пр}};$$

$K_{\text{о(пр)}}$ - средняя цена 1 приёмоотправочного железнодорожного пути (160 тыс.р)

$m_{\text{пр}}$ - число увеличения протяжённости путей (4)

$$K_{\text{пр}} = 160 * 4 = 640 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения протяжённости на раздельном пункте:

$$K_{\text{р}} = K_{\text{о(р)}} * m_{\text{р}};$$

$K_o(p)$ - средняя цена 1 приёмоотправочного пути (140 тыс.р)

m_p - число путей предназначенных для увеличения протяжённости (2)

$$K_p = 140 * 2 = 280 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения протяжённости на участковой станции:

- средняя цена 1 приёмоотправочного пути (280 тыс.р)

- число путей предназначенных для увеличения длины (8)

$$280 * 8 = 2240 \text{ тыс.р}$$

- общая цена увеличения протяжённости

$$= K_{pp} * n_{pp} + K_p * n_p + K_{уч} + n_{уч}$$

n_{pp} - количество промежуточных станций (2)

n_p - количество раздельных пунктов (4)

$n_{уч}$ - количество участковых станции (1)

$$K_{уд} = 640 * 2 + 280 * 4 + 2240 * 1 = 4640 \text{ тыс.р}$$

2. Устройство автоблокировки

$$K_{сцб} = k_{сцб} * L;$$

$k_{сцб}$ - цена смены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{сцб} = 72,6 * 17,55 = 1,270 \text{ тыс.р}$$

3. Строительство дополнительного пути

$$K_{дп} = n_{рп} * [(l_{по} + 0,2) * k_{дп} + 2 * k_{стр}];$$

$n_{рп}$ - число раздельных пунктов

$l_{по}$ - полезная длина приёмоотправочных путей, км

кдп- средняя цена укладки 1 км пути (170-200 тыс.р)

кстр- цена конструкции одного стрелочного перевода (20 тыс.р)

$$K_{дп}=3*[(1,050+0,2)*200+2*20]=870 \text{ тыс.р}$$

$$K1-5=4640+6501,33+870=12011,33 \text{ тыс.р.}$$

$$1-6. K1-6=K_{уд}+K_{сцб}+K_{дв.вст.}$$

1. Удлинение приёмоправочных путей

- цена увеличения длины пути на промежуточной станции:

$$K_{пр}=K_{о(пр)}*m_{пр};$$

$K_{о(пр)}$ - средняя цена 1 приёмоправочного пути (160 тыс.р)

$m_{пр}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины (4)

$$K_{пр}=160*4=640 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины пути на раздельном пункте:

$$K_{р}=K_{о(р)}*m_{р};$$

$K_{о(р)}$ - средняя цена 1 приёмоправочного пути (140 тыс.р)

$m_{р}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины (2)

$$K_{р}=140*2=280 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины на участковой станции:

- средняя цена 1 приёмоправочного пути (280 тыс.р)

- количество путей предназначенных для увеличения длины (8)

$$280*8=2240 \text{ тыс.р}$$

- общая цена увеличения длины

$$= K_{пр}*n_{пр}+ K_{р}*n_{р}+K_{уч}+n_{уч}$$

ппр- число промежуточных станций (2)

пр - число отдельных пунктов (4)

пуч- число участковых станции (1)

$$K_{уд}=640*2+280*4+2240*1=4640 \text{ тыс.р}$$

2. Устройство автоблокировки

$$K_{сцб}=k_{сцб}*L;$$

$k_{сцб}$ - цена смены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{сцб}=72,6*17,55=1,274 \text{ тыс.р}$$

3. Строительство двухпутных вставок

$$K_{в}=k_{в}*L;$$

$k_{в}$ - средняя цена конструкции 1 км двухпутных вставок (460тыс.р)

$$L_{в}=0,5*L \text{ линии}$$

$$L_{в}=0,5*17,55=8,775 \text{ км}$$

$$K_{в}=460*8,775=4027,3 \text{ тысяч рублей}$$

$$K1-6=4640+6501,33+4027,3=15168,63 \text{ тысяч рублей}$$

$$1-7. K1-7=K_{уд}+K_{сцб}+K_{дв.вст}$$

Увеличение длины приёмотправочных путей

- цена увеличения длины железнодорожного пути на промежуточной станции:

$$K_{пр}=K_o(пр)*m_{пр};$$

$K_o(пр)$ - средняя цена 1 приёмотправочного пути (160 тыс.р)

$m_{пр}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины (4)

$$K_{\text{пр}}=160*4=640 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины на раздельном пункте:

$$K_{\text{р}}= K_{\text{о(р)}}* m_{\text{р}};$$

$K_{\text{о(р)}}$ - средняя цена 1 приёмоотправочного пути (140 тыс.р)

$m_{\text{р}}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины(2)

$$K_{\text{р}}=140*2=280 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины на участковой станции:

- средняя цена 1 приёмоотправочного пути (280 тыс.р)

- количество путей предназначенных для увеличения длины(8)

$$280*8=2240 \text{ тысяч рублей}$$

- общая цена увеличения длины железнодорожного пути

$$= K_{\text{пр}}*n_{\text{пр}}+ K_{\text{р}}*n_{\text{р}}+K_{\text{уч}}+n_{\text{уч}}$$

$n_{\text{пр}}$ - число промежуточных станций (2)

$n_{\text{р}}$ - число раздельных пунктов (4)

$n_{\text{уч}}$ - число участковых станции (1)

$$K_{\text{уд}}=640*2+280*4+2240*1=4640 \text{ тыс.р}$$

2. Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}}=k_{\text{сцб}}*L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - стоимость замены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{\text{сцб}}=72,6*17,55=1,270 \text{ тыс.р}$$

3. Строительство двухпутных вставок

$$K_B = k_B * L;$$

k_B - средняя цена конструкции 1 км двухпутных вставок (460 тыс.р)

$$L_B = 0,5 * L \text{ линии}$$

$$L_B = 0,5 * 17,55 = 8,75 \text{ км}$$

$$K_B = 460 * 8,75 = 4,025 \text{ тыс.р.}$$

$$K_{1-7} = 4640 + 6501,33 + 4,025 = 15,166 \text{ тыс.р.}$$

$$1-8. K_{1-8} = K_{уд} + K_{сцб} + K_{вп}$$

1. Удлинение приёмootправочных путей

- цена увеличения длины на промежуточной станции:

$$K_{пр} = K_o(пр) * m_{пр};$$

$K_o(пр)$ - средняя цена 1 приёмootправочного железнодорожного пути (160 тыс.р)

$m_{пр}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины (4)

$$K_{пр} = 160 * 4 = 640 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины на отдельном пункте:

$$K_p = K_o(p) * m_p;$$

$K_o(p)$ - средняя цена 1 приёмootправочного железнодорожного пути (140 тыс.р)

m_p - число удлиняемых путей (2)

$$K_p = 140 * 2 = 280 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины на участковой станции:

- средняя цена 1 приёмootправочного пути (280 тыс.р)

- количество путей предназначенных для увеличения длины (8)

$$280 \cdot 8 = 2240 \text{ тысяч рублей}$$

- общая цена увеличения длины пути

$$= K_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} + K_{\text{р}} \cdot n_{\text{р}} + K_{\text{уч}} \cdot n_{\text{уч}}$$

$n_{\text{пр}}$ - число промежуточных станций (2)

$n_{\text{р}}$ - число раздельных пунктов (4)

$n_{\text{уч}}$ - число участковых станции (1)

$$K_{\text{уд}} = 640 \cdot 2 + 280 \cdot 4 + 2240 \cdot 1 = 4640 \text{ тыс.р}$$

2. Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}} = k_{\text{сцб}} \cdot L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - стоимость замены устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{\text{сцб}} = 79,1 \cdot 17,55 = 1,388 \text{ тыс.р}$$

3. Цена строительства второго пути

$$K_{\text{вп}} = k_{\text{вп}} \cdot L_{\text{вп}};$$

$k_{\text{вп}}$ - средняя цена конструкции 1 км второго пути берётся (500 тыс.р), если второй главный путь строится после конструкции на однопутной линии двухпутных вставок.

$L_{\text{вп}}$ - протяженность второго пути ($L_{\text{вп}} = L$)

$$K_{\text{вп}} = 500 \cdot 17,55 = 8775 \text{ тыс.р}$$

$$K_{1-8} = 4640 + 7083,4 + 8775 = 20,498 \text{ тыс.р.}$$

$$K_{1-9} = K_{\text{уд}} + K_{\text{сцб}} + K_{\text{вп}}$$

1. Увеличение длины приёмоправочных путей

- цена увеличения длины на промежуточной станции:

$$K_{\text{пр}} = K_o(\text{пр}) * m_{\text{пр}};$$

$K_o(\text{пр})$ - средняя цена 1 приёмоотправочного пути (160 тыс.р)

$m_{\text{пр}}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины (4)

$$K_{\text{пр}} = 160 * 4 = 640 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины пути на раздельном пункте:

$$K_{\text{р}} = K_o(\text{р}) * m_{\text{р}};$$

$K_o(\text{р})$ - средняя цена 1 приёмоотправочного пути (140 тыс.р)

$m_{\text{р}}$ - количество путей предназначенных для увеличения длины (2)

$$K_{\text{р}} = 140 * 2 = 280 \text{ тыс.р}$$

- цена увеличения длины на участковой станции:

- средняя цена 1 приёмоотправочного железнодорожного пути (280 тыс.р)

- количество путей предназначенных для увеличения длины (8)

$$280 * 8 = 2240 \text{ тыс.р}$$

- общая цена увеличения длины

$$= K_{\text{пр}} * n_{\text{пр}} + K_{\text{р}} * n_{\text{р}} + K_{\text{уч}} + n_{\text{уч}}$$

$n_{\text{пр}}$ - число промежуточных станций (2)

$n_{\text{р}}$ - число раздельных пунктов (4)

$n_{\text{уч}}$ - число участковых станции (1)

$$K_{\text{уд}} = 640 * 2 + 280 * 4 + 2240 * 1 = 4640 \text{ тыс.р}$$

2. Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}} = k_{\text{сцб}} * L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - стоимость замены устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L- длина линии (17,55 км)

$$K_{\text{сцб}}=79,1*17,55=1,388 \text{ тыс.р}$$

3. Стоимость строительства второго пути

$$K_{\text{вп}}=k_{\text{вп}}*L_{\text{вп}};$$

$k_{\text{вп}}$ - средняя цена конструкции 1 км второго пути принимается (500 тыс.р), если второй главный железнодорожный путь прокладывается после конструкций на однопутной линии двухпутных вставок.

$L_{\text{вп}}$ - длина второго пути ($L_{\text{вп}}=L$)

$$K_{\text{вп}}=500*89,55=44775 \text{ тыс.р}$$

$$K1-9=4640+7083,4+44775=56498 \text{ тыс.р.}$$

$$4-6. K4-6=K_{\text{сцб}}+K_{\text{дв.вст.}}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}}=k_{\text{сцб}}*L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - стоимость замены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L- длина линии (89,55 км)

$$K_{\text{сцб}}=72,6*89,55=6501,33 \text{ тыс.р}$$

2. Строительство двухпутных вставок

$$K_{\text{дв.вст.}}=k_{\text{в}}*L;$$

$k_{\text{в}}$ - средняя стоимость сооружения 1 км двухпутных вставок (460тыс.р)

$$L_{\text{в}}=0,5*L_{\text{линии}}$$

$$L_{\text{в}}=0,5*89,55=44,775 \text{ км}$$

$$K_{\text{дв.вст.}}=460*44,775=20596,5 \text{ тыс.р.}$$

$$K4-6=6501,33+20596,5=27097,83 \text{ тыс.р.}$$

$$4-7. K_{4-7} = K_{\text{сцб}} + K_{\text{дв.вст.}}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}} = k_{\text{сцб}} * L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - цена смены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{\text{сцб}} = 72,6 * 89,55 = 1,274 \text{ тыс.р}$$

2. Строительство двухпутных вставок

$$K_{\text{дв.вст.}} = k_{\text{в}} * L;$$

$k_{\text{в}}$ - средняя цена конструкции 1 км двухпутных вставок (460 тыс.р)

$$L_{\text{в}} = 0,5 * L_{\text{линии}}$$

$$L_{\text{в}} = 0,5 * 89,55 = 44,775 \text{ км}$$

$$K_{\text{дв.вст.}} = 460 * 44,775 = 20596,5 \text{ тыс.р.}$$

$$K_{4-7} = 6501,33 + 20596,5 = 27097,83 \text{ тыс.р.}$$

$$4-8. K_{4-8} = K_{\text{сцб}} + K_{\text{вп}}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{\text{сцб}} = k_{\text{сцб}} * L;$$

$k_{\text{сцб}}$ - цена смены устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L - длина линии (17,55 км)

$$K_{\text{сцб}} = 79,1 * 17,55 = 1,388 \text{ тыс.р}$$

2. Стоимость строительства второго пути

$$K_{\text{вп}} = k_{\text{вп}} * L_{\text{вп}};$$

квп- средняя цена конструкции 1 км второго пути принимается (500 тыс.р), если второй главный железнодорожный путь прокладывается после консьрукции на однопутной линии двухпутных вставок.

Лвп- длина второго пути ($L_{вп}=L$)

$K_{вп}=500*17,55=8775$ тыс.р

$K4-8=7083,4+8775=15858,4$ тыс.р.

4-9. $K4-9=K_{сцб}+K_{вп}$

Устройство автоблокировки

$K_{сцб}=k_{сцб}*L;$

ксцб- стоимость замены устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L- длина пути (17,55 км)

$K_{сцб}=79,1*17,55=1388,2$ тыс.р

2. Цена прокладки второго пути

$K_{вп}=квп*L_{вп};$

квп- средняя цена конструкции 1 км второго железнодорожного пути принимается (500 тыс.р), если второй главный железнодорожный путь прокладывается после конструкции на однопутной линии двухпутных вставок.

Лвп- длина второго пути ($L_{вп}=L$)

$K_{вп}=500*17,55=8775$ тыс.р

$K4-9=7083,4+8775=15858,4$ тыс.р.

5-7. $K5-7=K_{сцб}+K_{в}$

Устройство автоблокировки

$K_{сцб}=k_{сцб}*L;$

к_{сцб}- цена смены устройств связи и СЦБ (72,6 тыс.р)

L- протяжённость линии (17,55 км)

$$K_{сцб}=72,6*17,55=1274,1 \text{ тыс.р}$$

2. Строительство двухпутных вставок

$$K_{дв.вст.}=k_v*L;$$

k_в- средняя цена конструкции 1 км двухпутных вставок (460тыс.р)

$$L_v=0,5*L_{линии}$$

$$L_v=0,5*17,55=8,775 \text{ км}$$

$$K_{дв.вст.}=460*8,775=4036,5 \text{ тыс.р.}$$

$$K_{5-7}=6501,33+4036,5=10537,8 \text{ тыс.р.}$$

$$5-9. K_{5-9}=K_{сцб}+K_{вп}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{сцб}=k_{сцб}*L;$$

к_{сцб}- стоимость замены устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L- протяжённость линии (17,55 км)

$$K_{сцб}=79,1*17,55=1388,2 \text{ тыс.р}$$

2. Цена прокладки второго пути

$$K_{вп}=k_{вп}*L_{вп};$$

k_{вп}- средняя цена конструкции 1 км второго железнодорожного пути принимается (500 тыс.р), если второй главный путь прокладывается после конструкции на однопутной линии двухпутных вставок.

L_{вп}- протяженность второго пути (L_{вп}=L)

$$K_{\text{ВП}}=500*17,55=8775 \text{ тыс.р}$$

$$K_{5-9}=7083,4+8775=15858,4 \text{ тыс.р.}$$

$$6-8. K_{6-8}=K_{\text{СЦБ}}+K_{\text{ВП}}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{\text{СЦБ}}=k_{\text{СЦБ}}*L;$$

$k_{\text{СЦБ}}$ - цена смены устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L - протяжённость железнодорожного пути линии (17,55 км)

$$K_{\text{СЦБ}}=79,1*17,55=1388,2 \text{ тыс.р}$$

2. Стоимость строительства второго пути

$$K_{\text{ВП}}=k_{\text{ВП}}*L_{\text{ВП}}*0,5;$$

$k_{\text{ВП}}$ - средняя цена конструкции 1 км второго железнодорожного пути принимается (500 тыс.р), если второй главный путь прокладывается после конструкции на однопутной линии двухпутных вставок.

$L_{\text{ВП}}$ - длина второго пути ($L_{\text{ВП}}=L*0,5$)

$$K_{\text{ВП}}=500*17,55*0,5=4387,5 \text{ тыс.р}$$

$$K_{6-8}=7083,4+4387,5=11470,9 \text{ тыс.р.}$$

$$6-9. K_{6-9}=K_{\text{СЦБ}}+K_{\text{ВП}}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{\text{СЦБ}}=k_{\text{СЦБ}}*L;$$

$k_{\text{СЦБ}}$ - цена за смену устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L - протяжённость железнодорожного пути (17,55 км)

$$K_{\text{СЦБ}}=79,1*17,55=1388,2 \text{ тыс.р}$$

2. Стоимость строительства второго пути

$$K_{вп} = k_{вп} * L_{вп} * 0,5;$$

$k_{вп}$ - средняя цена конструкции 1 км второго пути принимается (500 тыс.р), если второй главный железнодорожный путь прокладывается после конструкции на однопутной линии двухпутных вставок.

$$L_{вп} - \text{длина второго пути } (L_{вп} = L * 0,5)$$

$$K_{вп} = 500 * 17,55 * 0,5 = 4387,5 \text{ тыс.р}$$

$$K_{6-9} = 7083,4 + 4387,5 = 11470,9 \text{ тыс.р.}$$

$$7-9. K_{7-9} = K_{сцб} + K_{вп}$$

Устройство автоблокировки

$$K_{сцб} = k_{сцб} * L;$$

$k_{сцб}$ - цена за смену устройств связи и СЦБ (79,1 тыс.р)

L - протяжённость железнодорожного пути (17,55 км)

$$K_{сцб} = 79,1 * 17,55 = 1388,2 \text{ тыс.р}$$

2. Стоимость строительства второго пути

$$K_{вп} = k_{вп} * L_{вп} * 0,5;$$

$k_{вп}$ - средняя цена конструкции 1 км второго пути принимается (500 тыс.р), если второй главный железнодорожный путь прокладывается после конструкции на однопутной линии двухпутных вставок.

$$L_{вп} - \text{протяженность второго пути } (L_{вп} = L * 0,5)$$

$$K_{вп} = 500 * 17,55 * 0,5 = 4387,5 \text{ тыс.р}$$

$$K_{7-9} = 7083,4 + 4387,5 = 29470,9 \text{ тыс.р.}$$

5. Эксплуатационные расходы при различных состояниях железной дороги.

При эксплуатации железных дорог, по которым определяют выбор вариантов проекта состоит из двух составляющих:

- 1) расходы, пропорциональные объему работы (размерам движения) СДВ;
- 2) расходы по содержанию постоянных устройств Спу.

К первой составляющей входят расходы на электроэнергию и горюче-смазочные материалы и их комплектовании, на ремонт подвижных составов, ремонтные работы проводимые по содержанию верхнего строения пути, содержание локомотивных бригад. Вторая группа включает остальную часть расходов станционных путей, расходы по текущему содержанию и амортизации земляного полотна, искусственных сооружений, переездов, по снего-, водо- и пескоборьбе, по содержанию устройств электроснабжения, связи и СЦБ, локомотивных и вагонных депо и других устройств локомотивного, вагонного хозяйств и служб пассажирской, грузовой, движения.

Деление эксплуатационных расходов на указанные две группы в значительной мере условно, поскольку часть расходов второй группы (например, содержание линейных устройств СЦБ, контактной сети и т.п.) также зависит от размеров движения, хотя и не прямо пропорционально.

Для того чтобы рассчитать затраты при эксплуатации применяется метод расходных ставок, который в свою очередь состоит из установлении измерителей, которым соответствуют экономические расходы

$$C_{\text{дв}} = \sum e_i \cdot X_i; C_{\text{пу}} = \sum k_i \cdot Y_i, (18)$$

где X_i и Y_i - измерители эксплуатационных расходов;

e_i и k_i - нормы расходов на единицу измерителя.

ОАО «РЖД» как правило применяет две системы расходов и заносит их к тем или иным измерителям: калькуляционная система предназначена для анализа эксплуатационной деятельности железных дорог и оперативного планирования, при этом используются измерители расходов, которые могут быть непосредственно установлены по отчету об эксплуатационной работе. Проектная система определения эксплуатационных расходов предназначена для технико-экономических расчетов по сравнению вариантов проектных решений, а также для

перспективного планирования. Далее рассматривается методика определения эксплуатационных расходов по проектной системе.

Например в то время, когда сравнивают варианты трассы не нужно брать к сведению одинаковые расходы по грузовому хозяйству и по некоторым устройствам пассажирского хозяйства и части движения поездов. Но нужно уметь выявлять эксплуатационные расходы по отношению к профилю пути, так как на подъём участков железнодорожного пути требуется большее количество мощности локомотива, следовательно больше энергетических и топливных ресурсов.

В зависимости от характера сравниваемых вариантов и стадии проектирования для определения эксплуатационных расходов используются три системы норм и измерителей: единичные, групповые и укрупненные.

В системе единичных норм расходы рассчитываются в зависимости от большего количества измерителей. Это увеличивает трудоемкость расчетов, но разрешает наиболее полно принять к сведению особенности вариантов, что необходимо на стадии разработки рабочей документации.

Система групповых норм характеризуется объединением в группы взаимосвязанных расходов, что разрешает рассчитать их по меньшему, чем в групповой системе, количеству измерителей. Групповая система расчетов используется в основном для сравнения вариантов, кроме местных, на стадии разработки проекта реконструкции.

Система укрупненных норм определяется соединением всяких других расходов. По объёму труда она является самой меньшей и применяется в основном для сравнения вариантов во время составления предпроектных работ (при составлении ТЭО).

Чтобы рассчитать эксплуатационные расходы, которые пропорциональны размерам движения используется следующая формула:

$$C_{дв} = (cm \cdot Nnp(T) + co \cdot Nnp(o)) \cdot 10^{-3}, \text{ тыс.р/год} \quad (19)$$

где **см** и **со** - расходы на один подвижной состав соответствующей категории (грузовой участковый, сборный, ускоренный, пассажирский и т.п.) в прямом и обратном направлениях, руб./поезд;

Nnp(T) и **Nnp(o)** - число приведенных подвижных составов в прямом и обратном направлениях, в котором учтено и грузовое, и пассажирское движение, поездов/год.

$$Nnp(T) = Nzp(T) + 365 \cdot nnc; \quad (20)$$

$$Nnp(o) = Nzp(o) + 365 \cdot nnc, \quad (21)$$

где **nnc** - количество пар пассажирских подвижных составов в сутки для расчетного года;

Nzp(T) - количество грузовых подвижных составов в грузовом направлении;

Nzp(o) - количество грузовых подвижных составов в обратном направлении.

$$Nzp(T) = (ГТ \cdot 106) / (\eta \cdot Q); \quad (22)$$

$$Nzp(o) = 106 (Го + Гт (1/ -1)) / Q, \quad (23)$$

где **Гт** - грузонапряжённость расчетного года для грузового направления, млн.ткм/км в год;

Го – грузонапряжённость для обратного направления, млн.ткм/км в год;

η - коэффициент перехода от веса состава брутто к весу нетто

(0,6 - 0,7).

Экономические потребности на один подвижной состав как правило разделяют на три группы: пропорциональные затратам энергии сэн, времени свр и пробегу поезда спроб.

Расходы на электроэнергию и топливо пропорциональны количеству электроэнергии, потребляемой электровозом, отнесенному к вводам высокого

напряжения тяговых подстанций, и количеству дизельного топлива, потребляемого тепловозом.

Эксплуатационные измерители, по которым определяются расходы, пропорциональные затратам энергии, называют энергетическими.

Эксплуатационные расходы, пропорциональные времени, определяются по временным измерителям: бригадо-часам локомотивных бригад, локомотиво-часам и вагоно-часам.

Эксплуатационные расходы, пропорциональные пробегу, определяются по пробегным измерителям: локомотиво-километрам, вагоно-километрам и тонно-километрам брутто.

Одновременно с эксплуатационными затратами по движению подвижных составов, в ежегодные затраты, определены затраты, по причинам остановок подвижных составов.

При определении расходов по содержанию постоянных устройств (Спу) дороги измерителями являются: эффективная длина линии, длина путей на станциях, развернутая длина путей, развернутая длина железнодорожных участков, в зимнее время заносимых снегом, количество объектов.

Следовательно эксплуатационные затраты с учетом приведенных расходов на подвижной состав и цена грузовой тяжести рассчитываются по формуле

$$C_t = C_{\delta v} + C_{OCT} + C_{ny} + E_n \cdot (K_l + K_v + K_z), \quad (24)$$

где E_n - нормативный коэффициент эффективности;

K_l, K_v, K_z - расходы по закупке локомотивов и вагонов и цена грузовой тяжести.

Для расчёта всех вышеуказанных формул и правил особую роль занимает программа «PROPERAS», с помощью которой в дипломной работе и были определены материальные затраты для реконструкции тех или иных участков железнодорожного пути.

5.1 Процедура формирования оптимальной схемы

Переходы с первого состояния:

$$S_{4,5} = K_{14} * \eta_5;$$

$$S_{4,5} = 12011,33 * 0,621 = 7459,03 \text{ млн.р.};$$

$$S_{5,5} = K_{15} * \eta_5;$$

$$S_{5,5} = 12011,33 * 0,621 = 7459,03 \text{ млн.р.};$$

$$S_{6,5} = K_{16} * \eta_5;$$

$$S_{6,5} = 31737,83 * 0,621 = 19709,19 \text{ млн.р.}$$

$$S_{7,5} = K_{17} * \eta_5;$$

$$S_{7,5} = 31737,83 * 0,621 = 19709,19 \text{ млн.р.};$$

$$S_{8,5} = K_{18} * \eta_5;$$

$$S_{8,5} = 56498,4 * 0,621 = 35085,5 \text{ млн.р.};$$

$$S_{9,5} = K_{19} * \eta_5;$$

$$S_{9,5} = 56498,4 * 0,621 = 35085,5 \text{ млн.р.};$$

Переходы с четвёртого состояния:

$$S_{4,8} = S_{4,5} + \sum_{t=1}^I C_4(t) * \eta;$$

$$S_{4,8} = 7459,03 + (7950 * 0,564 + 9750 * 0,513 + 11550 * 0,467) = \\ = 22338,43 \text{ млн.р.};$$

$$1. \quad S_{6,8} = S_{4,8} + K_{46} * \eta_8;$$

$$S_{6,8} = 22338,43 + 27097,83 * 0,467 = 34993,11 \text{ млн.р.};$$

$$2. \quad S_{6,8} = S_{6,5} + \sum_{t=1}^I C_6(t) * \eta;$$

$$S_{6,8} = 19709,19 + (7050 * 0,564 + 8600 * 0,513 + 10150 * 0,467) = \\ = 32837,24 \text{ млн.р.};$$

$$(1) S_{7,8} = S_{4,8} + K_{47} \cdot \eta_8;$$

$$S_{7,8} = 22338,43 + 27097,83 \cdot 0,467 = 34993,11 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S_{7,8} = S_{7,5} + \sum_{t=1}^I C_{7(t)} \cdot \eta;$$

$$S_{7,8} = 19709,19 + (7600 \cdot 0,564 + 9300 \cdot 0,513 + 11000 \cdot 0,467) = \\ = 33903,49 \text{ млн.р.};$$

$$(1) S_{8,8} = S_{4,8} + K_{48} \cdot \eta_8;$$

$$S_{8,8} = 22338,43 + 51858,4 \cdot 0,467 = 46556,3 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S_{8,8} = S_{8,5} + \sum_{t=1}^I C_{8(t)} \cdot \eta;$$

$$S_{8,8} = 35085,5 + (6750 \cdot 0,564 + 8100 \cdot 0,513 + 9450 \cdot 0,467) = \\ = 47460,95 \text{ млн.р.};$$

$$(1) S_{9,8} = S_{4,8} + K_{49} \cdot \eta_8;$$

$$S_{9,8} = 22338,43 + 51858,4 \cdot 0,467 = 46556,3 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S_{9,8} = S_{9,5} + \sum_{t=1}^I C_{9(t)} \cdot \eta;$$

$$S_{9,8} = 35085,5 + (7250 \cdot 0,564 + 8700 \cdot 0,513 + 10200 \cdot 0,467) = \\ = 48401 \text{ млн.р.};$$

Переходы с пятого состояния:

$$S_{5,9} = S_{5,5} + C_{5(t)} \cdot \eta$$

$$S_{5,9} = 7459,03 + (8550 \cdot 0,564 + 10450 \cdot 0,513 + 12350 \cdot 0,467 + 14250 \cdot 0,424) = \\ = 29451,53 \text{ млн.р.};$$

$$(1) S_{7,9} = S_{5,9} + K_{57} \cdot \eta_9;$$

$$S7,9=29451,53+27070,83*0,424=40929,56 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S7,9= S7,8+ C7(t)*\eta_9;$$

$$S7,9=33903,49+12750*0,424=39309,49 \text{ млн.р.};$$

$$(1) S9,9= S5,9+K59*\eta_9;$$

$$S9,9=29451,53+51858,4*0,424=51439,49 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S9,9= S9,8+ C9(t)*\eta_9;$$

$$S9,9=46556,3+11650*0,424=51495,9 \text{ млн.р.};$$

Переходы с шестого состояния:

$$S6,12=S6,8+\sum_{t=1}^{12} C6(t)*\eta_6;$$

$$S6,12=32837,24+(11700*0,424+13300*0,386+15000*0,350+ \\ +16750*0,318)=53508,34 \text{ млн.р.};$$

$$(1) S8,12= S6,12+K68*12;$$

$$S8,12=53508,34+29470,9*0,318=62880,08 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S8,12= S8,8+\sum_{t=1}^{12} C8(t)*\eta_8;$$

$$S8,12=46556,3+(10800*0,424+12175*0,386+13550*0,350+14950*0,318)=65331,65 \\ \text{млн.р.};$$

$$(1) S9,12= S6,12+K69*12;$$

$$S9,12=53508,34+29470,9*0,318=62880,08 \text{ млн.р.};$$

$$(2) S9,12= S9,9+\sum_{t=1}^{12} C9(t)*\eta_9;$$

$$S9,12=51439,49+(11650*0,424+13100*0,386+14625*0,350+ \\ +16150*0,318)=71690,14 \text{ млн.р.};$$

Переходы с седьмого состояния

$$S_{7,13} = S_{7,9} + \sum_{t=1}^{13} C_7(t) * \tau; \quad S_{7,13} = 39309,49 + (14625 * 0,386 + 16250 * 0,350 + 18125 * 0,318 + \\ + 20000 * 0,290) = 62205,99 \text{ млн.р.};$$

$$(1) \quad S_{9,13} = S_{7,13} + K_{79} * 13;$$

$$S_{9,13} = 62205,99 + 29470,9 * 0,290 = 70752,55 \text{ млн.р.};$$

$$(2) \quad S_{9,13} = S_{9,12} + C_9(t) * 13;$$

$$S_{9,13} = 62880,08 + 16900 * 0,290 = 67781,08 \text{ млн.р.};$$

$$S_{8,15} = S_{8,12} + \sum_{t=1}^{15} C_8(t) * \tau;$$

$$S_{8,15} = 62880,08 + (16350 * 0,290 + 17750 * 0,263 + 19125 * 0,239) = \\ = 76860,7 \text{ млн.р.};$$

$$S_{9,15} = S_{9,13} + C_9(t) * \tau;$$

$$S_{9,15} = 67781,08 + 19200 * 0,263 + 20650 * 0,239 = \\ = 77766,03 \text{ млн.р.};$$

Определение наилучших подходов и оптимальная схема этапного наращивания мощности железной дороги показаны на рис. 4

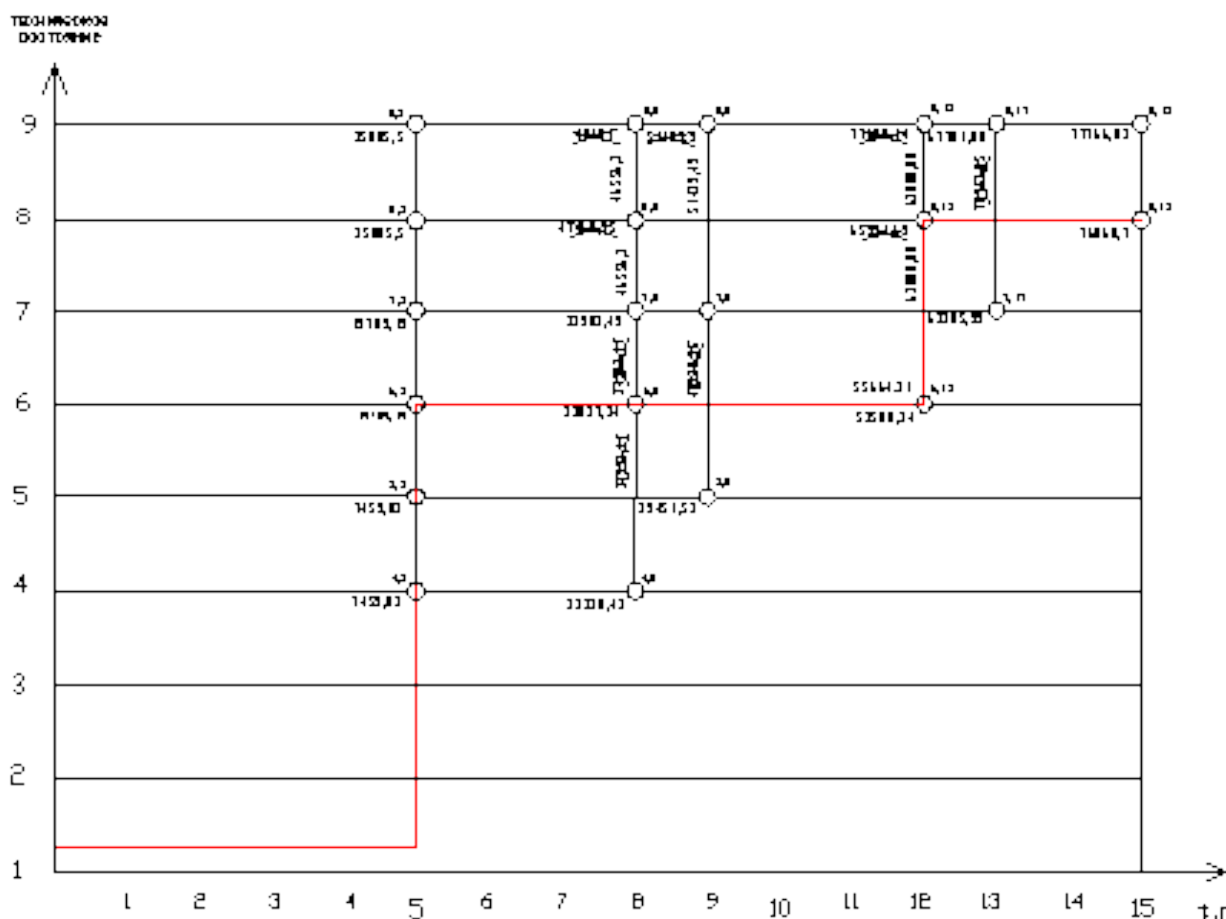


Рис.4

5.2 Обоснование основных параметров проектирования реконструкции.

В результате формирования схемы освоения изменяемых во времени размеров перевозок получены результаты: путь эксплуатируется при существующем состоянии до 5 года (однопутная линия, локомотив 2ТЭ10, длина приёмо-отправочных путей $L_{по}=770$ м., непакетный график движения поездов, полуавтоматическая блокировка), далее нужно выполнить переход на двухпутные вставки, локомотив 3ТЭ10, $L_{по}=1050$ м., автоматическую блокировку, которые эксплуатируются до 12 года, после этого года сооружаются сплошные вторые пути при сохранении всех выше перечисленных параметров .

Реконструируемые железные дороги прокладывались по действовавшим ранее нормативам, в то время некоторые нормативы и правила эксплуатации путей имели несколько отличий от новых. В процессе реконструкции, как правило,

приходится увеличивать длину элементов продольного профиля и уменьшать разницу уклонов в точках сопряжения элементов.

При проектировании реконструкции используют те же нормы как и при прокладке новых железнодорожных путей. При этом, однако, могут возникать серьёзные трудности при проектировании. На пример при реконструкции участка пути, невозможно оставить без изменения построенные недавно капитальные сооружения железной дороги. Для этого СНиП разрешают использовать во время реконструкции более льготные нормы, но всего – лишь в тех случаях когда это приносит очень ощутимый эффект в экономическом плане, и при этом безопасно для движения подвижных составов. Обычно эти льготные нормы разрешают уменьшить длину элемента продольного профиля до 200 м., разрешать совпадение сопрягающих кривых в вертикальной плоскости и переходных кривых. Но такие льготы не распространяются на алгебраическую разницу уклонов профиля, потому что от этого во многом зависит безопасность движения подвижных составов.

Всякое отклонение от норм проектирования, регламентированных СНиП для новых линий, должно быть обосновано.

5.3 Проектирование реконструкции плана.

Основными причинами, обуславливающими необходимость реконструкции плана участка железной дороги, являются:

1. Нарушение геометрически правильного очертания пути в плане под воздействием подвижного состава.
2. Несоответствие параметров плана (величин радиусов кривых, длин прямых вставок и переходных кривых) действующим нормам проектирования.
3. Необходимость изменения параметров плана для снятия ограничений скорости движения поездов.
4. Необходимость смещения оси пути в плане, вызываемая реконструкцией продольного и поперечного профилей.

План оси существующего пути – геометрическое положение оси трассы эксплуатируемой линии в плане с отклонениями от правильного геометрического очертания, вызванными боковыми воздействиями на путь подвижного состава. Определяется информацией о состоянии плана оси существующего пути, полученной в момент его съемки (наземной или аэрофотосъемки).

План оси выправленного пути получают расчетом правильного геометрического положения плана оси существующего пути. Параметры плана оси выправленного пути могут не соответствовать действующим нормам проектирования (недостаточные величины радиусов, длин переходных кривых и прямых вставок).

План оси проектного пути получают в результате приведения параметров плана оси выправленного пути в соответствие требованиям действующих норм.

План оси второго пути – положение оси трассы второго пути на расстоянии междупутья от плана оси первого пути.

Сдвиг Δ - расстояние между осями планов существующего и выправленного путей, измеряемое по нормали к плану оси существующего пути.

Смещение N – расстояние между осями выправленного и проектного путей, измеряемое по нормали к оси проектного пути.

Междупутье M – расстояние между осями первого и второго путей.

Технология проектирования реконструкции плана железнодорожного участка включает 4 последовательных этапов:

1 – й этап. Определение положения плана существующего участка пути на основе обработки исходных данных, полученных в результате наземной съемки или аэрофотосъемки.

2 – й этап. Определение параметров плана выправленного пути и сдвигов Δ из условий обеспечения минимальных и заданных сдвигов в фиксированных точках.

3 – й этап. Определение параметров плана проектного пути и смещений N , обеспечивающих соответствие параметров плана действующим нормам и заданным смещениям в фиксированных точках.

4 – й этап. Определение параметров второго пути и междупутей M из условий обеспечения заданных междупутей в фиксированных точках.

Для расчета выправки железнодорожных кривых на участке ПК 6227–6268 (приведённых в бланке задания), в нашем проекте была использована программа ЭВМ «кривая», основанная на методе эвольвенты. Эвольвентой- называется кривая, которую описывает конец а гибкой не растяжимой натянутой нити Oa , закрепленной в точке O , она занимает ряд последовательных положений нити: $O-a_0$; $O-a_1$; $O-a_2$; $O-a_3$; $O-a$ (см. рис.8). Линия $a_0-a_1-a_2-a_3-a$ и является эвольвентой. Длина эвольвенты э кривой **b-c** в точке **a** определяется как расстояние по эвольвенте между начальным положением конца нити **a**, когда она становится касательной, т.е. как длина дуги $\varepsilon=a_0...a_1...a_2...a_3...a$. Длина эвольвенты определяется как двойной интеграл от кривизны K кривой по длине кривой k .

$$\varepsilon = \int_a^b \int_0^K K(k) dk dk$$

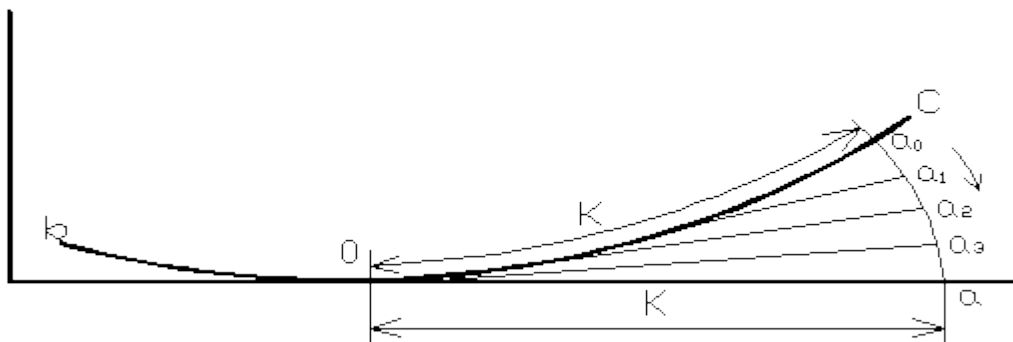


рис 8 К определению понятия эвольвенты.

Заключение

Железнодорожный транспорт является неотъемлемой частью перевозок грузов и пассажиров Российской Федерации. В данной дипломной работе мы разработали проект реконструкции железной дороги от станции Кендери до станции Высокая Гора. Как видно из дипломной работы проектирование даже любого участка железной дороги состоит из нескольких этапов. Составление проекта реконструкции является не лёгким трудом железнодорожных инженеров. Перед началом работ по реконструкции железнодорожного пути нужно учесть все детали вплоть до мелочей. Одним из важнейших требований предъявляемые к реконструируемому участку железной дороги - это самые минимальные потери мощности участка железнодорожного пути. В основном именно составление проекта занимает самую продолжительную часть по времени работу. Как правило уже при реконструкции пути, при смене железнодорожного пути всё продумано а проекте и всё проходит быстро и не занимает столь огромного времени как при планировании или составлении проекта реконструкции.

Главным требованием при проектировании поперечного профиля является сохранение непрерывного движения поездов по линии в период её реконструкции при сохранении всех условий безопасности. Это требование одинаково важно как для случая реконструкции однопутной линии, так и для случая реконструкции второго пути.

Очень значимым фактором по потери мощности железнодорожного пути от станции Кендери до станции Высокая Гора является наличие на этом участке второго пути. При смене рельсовых конструкций одного пути подвижные составы в этом время могут осуществлять провозы грузов и пассажиров по другому пути. Основные железнодорожные пути Республики Татарстан благодаря географическому расположению являются неотъемлемой части главной железнодорожной магистрали Транссибирской магистрали. Исходя из этого железнодорожные пути в нашей республике обслуживаются вовремя. Подвижные составы проходят практически без особых потерь во временном смысле.

Список использованной литературы.

1. Железнодорожный транспорт. Энциклопедия. 2012 год.
2. Зензинов Н.А. «От Казани до Москвы» М.: Транспорт, 2014 год.
3. Зензинов Н.А. «Инженеры путей сообщения» М.: ООО «Пультпресс», 2013 год.
4. Шишкина Л.Н. «Транспортная система России» - М.: Желдор-издат, 2013 год.
5. Хацкелевич М.Н. «Общий курс и правила технической эксплуатации железных дорог» - М.: Транспорт, 2012 год.
6. Сидоров Н.И. Сидорова Н.Н. «Как устроен и работает электровоз» - М.: Транспорт, 2015.
7. Пастухов П.Ф. «План реконструкции железной дороги» -М.: Желдориздат 2014 год.
8. Дубровский З.М., Попов В. И., Тушканов Б.А. «Грузовые электровозы переменного тока» - М.: Транспорт 2015 год.
9. Крейнис З.Л., Фёдоров И.В. «Железнодорожный путь» - ИГ «Вариант» «2016 год.
- 10.Фефелов А.М. Лукьянов Ю.Е. «Железнодорожные станции. Устройство и организация работ.- М.: Транспорт, 2016 год.
- 11.Варфаламеев В.В., А.П. Колодий. «Устройство пути и станций»-М.: Транспорт, 2014 год

