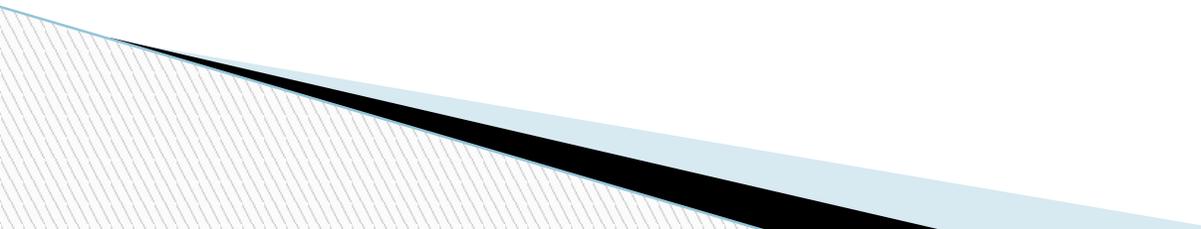


Увеличение пропускной способности железнодорожного участка путем внедрения компьютерной системы

Астана 2018

Актуальность исследования

- Развитие пропускной способности железных дорог - сложная технико - экономическая задача, которая затрагивает все стороны перевозочного процесса. Техническое оснащение линии определяет уровень пропускной способности, массу и скорость движения поездов, а в конечном итоге и себестоимость перевозок.
 - В связи с чем, тема исследования видится достаточно актуальной.
- 

Цели и задачи исследования

- Цель - Исследование увеличения пропускной способности железнодорожного участка путем внедрения компьютерной системы.
- Задачи:
 - Рассмотреть теоретические и методологические основы исследования пропускной способности железнодорожного участка, в том числе:
 - системы управления движением поездов;
 - факторы, влияющие на пропускную способность;
 - мировой опыт увеличения пропускной способности железнодорожного участка.
 - Провести исследование увеличения пропускной способности железнодорожного участка путем внедрения компьютерной системы.
 - Предложить пути повышения пропускной способности железнодорожного участка.



Факторы, определяющие величину пропускной способности

Исследования

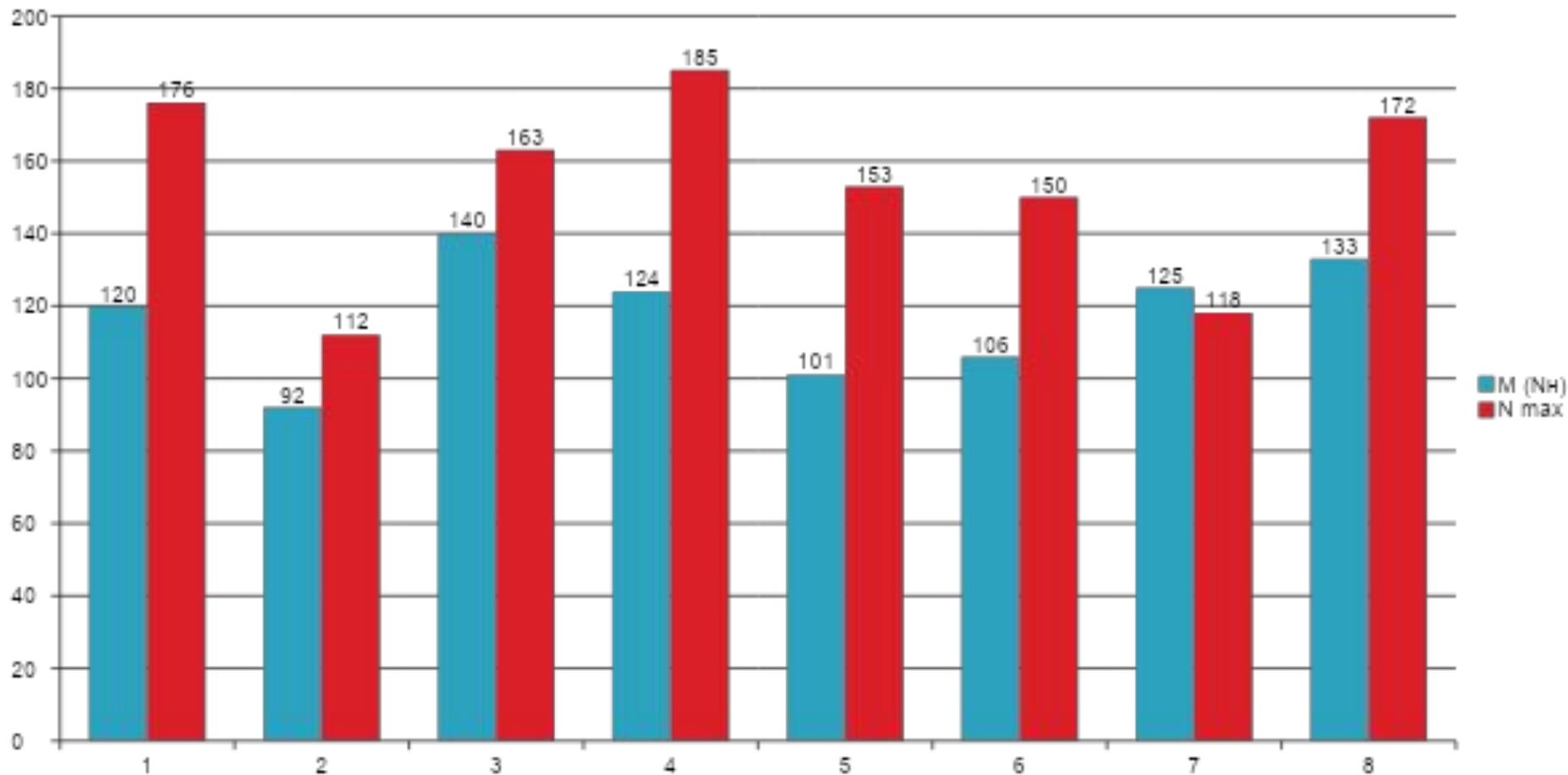


Перегон	$M(t_{oi})$	$M(t_{oi}^2)$	$M(tx)$	I	$M(I)$	$M(Nh)$	σ_H	N_{max}
1	2,78	46,21	34,7	7,03	9,48	120	2,25	176
2			11,2	10,96	11,99	92		112
3			21,3	7,56	8,29	140		163
4			12,4	6,66	9,24	124		185
5	0,17	0,17	18	8,08	10,99	101	0,25	153
6	2,21	29,66	19,9	8,22	10,53	106	2,92	150
7	0,37	0,70	22,5	10,47	9,17	125	0,45	118
8	0,66	1,21	21,7	7,18	8,64	133	0,68	172

Примечание: составлено автором на основании источника [13, 14]

Результаты расчета математического ожидания и среднеквадратичного отклонения наличной пропускной способности перегонов

Наличная пропускная способность перегонов и её математическое ожидание



- Полученные результаты соответствуют возможным значениям пропускной способности перегонов с учетом функционирования их элементов и позволяют говорить о достоверности использованной методики [13, с.72-80, 14, с.247].
- Данные результаты позволяют использовать их для совершенствования информационно-аналитической модели принятия решений по развитию мощности ж/д направления в условиях неопределенности его технического состояния для вероятностно - определенной формы исходных данных

2. Исследование влияния категории грузовых вагонов на пропускную способность железнодорожного участка

Пропускная способность ж/д участков по действующим методикам определяется в одинаковых по массе и длине расчетных ГП по ограничивающим перегонам. Это исключает возможность определить пропускную и провозную способности ж/д линии в условиях обращения ГП, масса которых колеблется в широком диапазоне, влияя на времена хода поездов по участку. Разные времена хода ГП по ж/д участку приводят к необходимости обгона ГП тихохода ГП скороходом, что снижает пропускную способность ж/д участков.

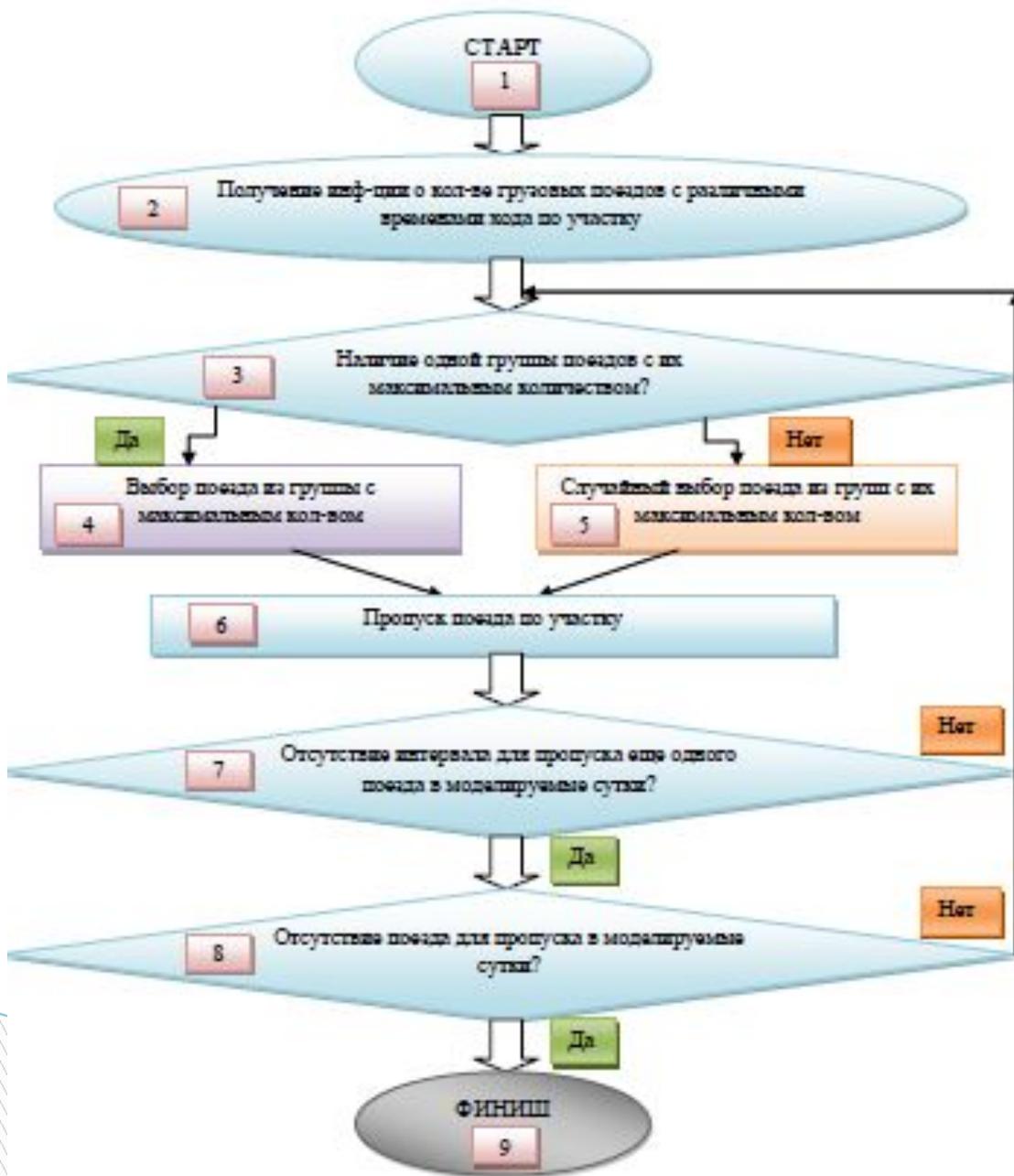


№п/п	Род груза	Тип подвижного состава	Вместимость вагона, т.	Вес вагона, т.	Условная длина вагона	Кол-во условных вагонов	Кол-во физических вагонов	Масса состава, т.
1	Нефтегрузы	Цистерны 8-осные	125	51	1,52	71	46	8096
2	Нефтегрузы	Цистерны 4-осные	65	25	0,86	71	82	7380
3	Удобрения	Минераловозы	69,5	24,5	0,95	71	74	6623
4	Руда	П/вагоны	69,5	24,5	1	71	71	6674
5	Сера	П/вагоны	68,5	24,5	1	71	71	6603
6	Уголь	П/вагоны	69	24,5	1	71	71	6639
7	Зерно	Хопперы	65	22	0,95	71	74	6438
8	Лес (доски)	П/вагоны	62	24,5	1	71	71	6142
9	Металл	П/вагоны	51	24,5	1	71	71	5361
10	Расчетный поезд	Смешанный	-	-	-	71	-	4300
11	Контейнерные	Контейнеры	68,5	25,5	1,85	71	38	3572
12	Порожний	Полувагоны	0	24,5	1	71	71	1740
13	Порожний	Платформы	0	25,5	1,85	71	38	969

Примечание: составлено на основании источника [16]

Масса состава поезда в зависимости от рода перевозимого груза

Блок-схема алгоритма пропуска ГП по категориям



В результате имитационного моделирования строятся графики движения поездов, по которым определяется наличная пропускная способность моделируемого ж/д участка в зависимости от задаваемых условий организации движения и категорий ГП, которые изображаются разными цветами.

В имитационной модели пассажирские и пригородные поезда пропускаются по расписанию, а для ГП используется следующая организация пропуска.

Первоначально пропускаются поезда из группы, обладающей максимальным приоритетом. При достижении равенства оставшегося их количества с поездами из следующей группы, поезда случайным образом выбираются из обеих групп.

После достижения равенства их количеств в обеих группах с количеством поездов в следующей группе, выбор происходит из 3-х групп, и так далее, до последнего поезда в группе с минимальным приоритетом или до отсутствия возможности пропуска еще 1 поезда из оставшихся.

Такой подход обеспечивает определение наличной пропускной способности ж/д направлений и соответствующей ей провозной способности по всем категориям ГП для рассматриваемых вариантов реконструкции ж/д направления и организации перевозок.

Установим воздействие категорий ГП на пропускную способность 2-х путного ж/д участка.

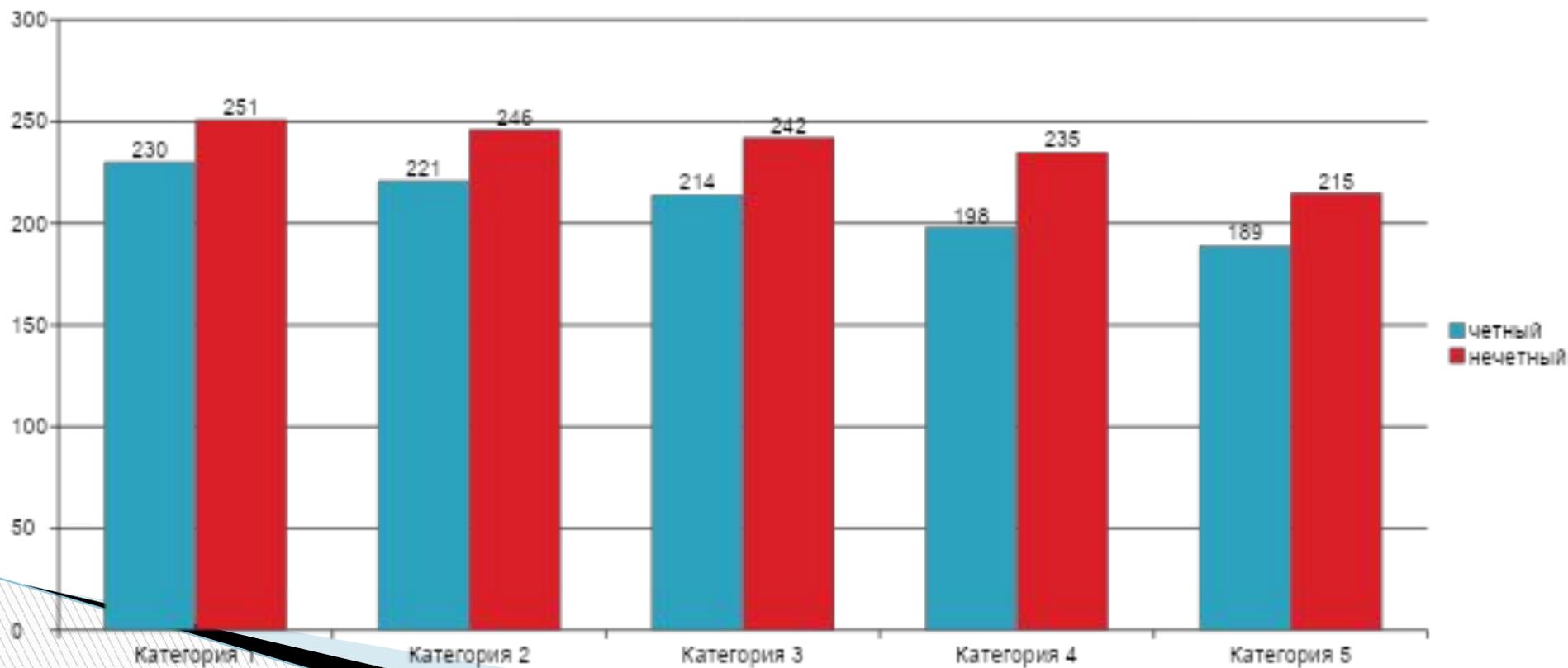
Состояние инфраструктуры и организация перемещения моделируемого ж/д участка: 2-х путный участок длиной 204 км, оборудован трехзначной АБ, профиль участка для тяговых расчетов принят по данным ж/д участков Акмолинского региона, переходные станции имеют по 2 приемоотправочных пути для обгона поездов, на участке обращаются лишь ГП.

Варианты расчетов:

Тепловозная тяга (ТТ) на всем участке (2ТЭ116).

Электровозная тяга (ЭТ) на всем участке (ВЛ10 и ВЛ15).

Результаты расчетов перегонных времен хода для моделируемого участка при ТТ, мин



Результаты расчетов перегонных времен хода для моделируемого участка при ТТ

№	Станция	Времена хода, мин									
		1 категория		2 категория		3 категория		4 категория		5 категория	
		Н	Ч	Н	Ч	Н	Ч	Н	Ч	Н	Ч
1	А		9		9		9		9		9
2	Б	15	15	14	15	14	15	12	14	11	14
3	В	12	18	12	18	11	18	9	17	9	16
4	Г	20	12	19	11	18	11	18	11	17	11
5	Д	12	14	12	14	12	14	12	14	11	14
6	Е	14	17	13	17	13	16	12	15	12	14
7	Ж	17	11	16	11	15	11	12	11	11	10
8	З	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
9	И	10	16	9	16	9	16	8	15	6	14
10	К	22	11	19	11	17	11	13	11	10	10
11	Л	10	13	9	12	9	12	8	11	8	10
12	М	9	15	9	15	8	15	8	14	8	12
13	Н	10	20	10	19	10	18	10	16	10	14
14	О	11	28	11	26	11	24	11	20	11	16
15	П	14	11	14	11	14	11	14	12	14	11
16	Р	15	10	15	10	14	10	13	10	13	10
17	С	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5
18	Т	8	12	8	12	8	12	8	17	8	12
19	У	5		5		5		5		5	
	итого	230	251	221	246	214	242	198	235	189	215

Примечание: составлено автором на основании источника [26]

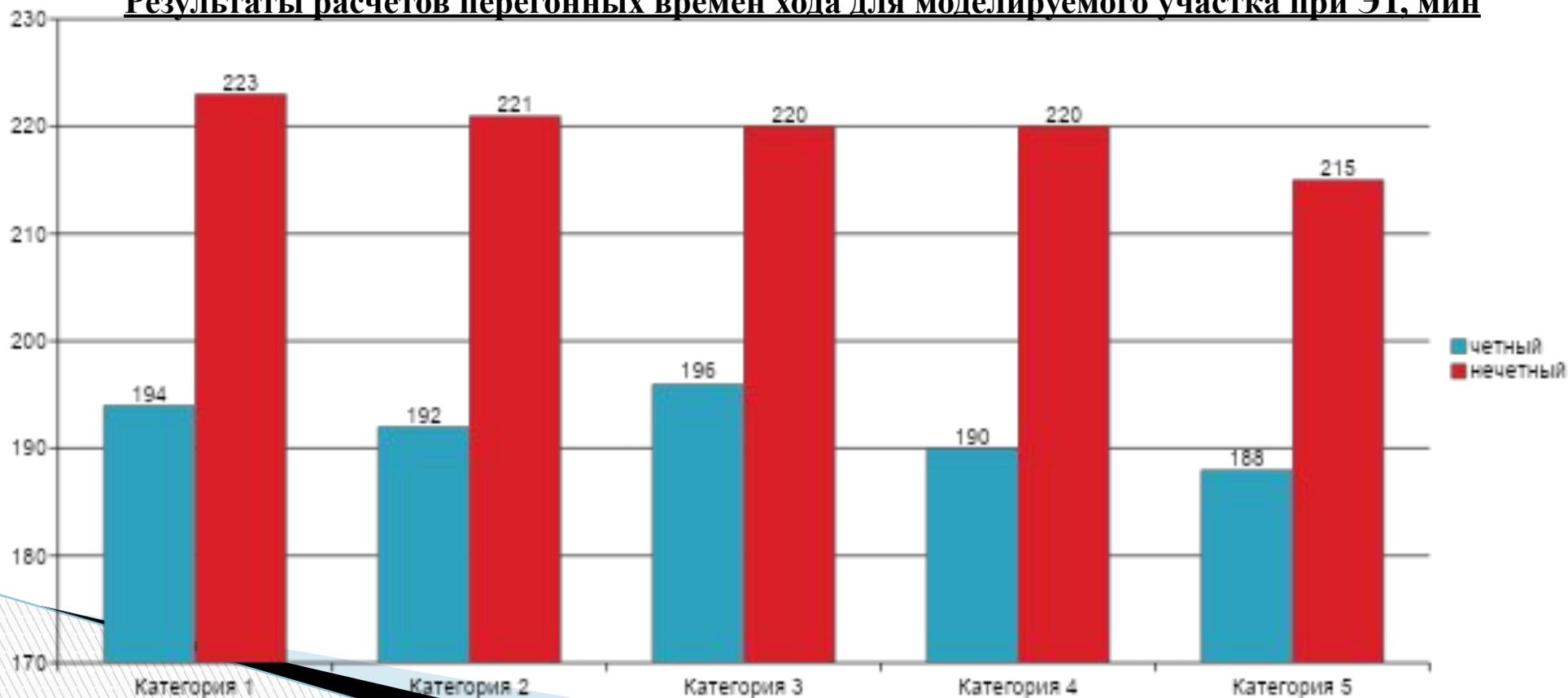
Результаты расчетов перегонных времен хода для моделируемого участка при ЭТ

№	Станция	Времена хода, мин									
		1 категория		2 категория		3 категория		4 категория		5 категория	
		Н	Ч	Н	Ч	Н	Ч	Н	Ч	Н	Ч
1	А		9		9		9		9		9
2	Б	12	9	12	9	12	9	11	9	10	9
3	В	9	17	9	17	9	17	9	17	9	16
4	Г	17	11	17	11	17	11	17	11	17	11
5	Д	12	14	11	14	12	14	11	14	11	14
6	Е	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15
7	Ж	12	15	12	15	12	15	11	15	11	14
8	З	13	9	12	9	13	9	12	9	13	9
9	И	7	15	7	15	8	15	7	15	6	15
10	К	11	10	11	10	12	10	11	10	10	10
11	Л	8	11	8	11	8	11	8	11	8	11
12	М	8	13	8	13	8	13	8	13	8	13
13	Н	10	16	10	15	10	15	10	15	10	14
14	О	11	20	11	19	11	18	11	18	11	16
15	П	14	12	14	12	14	12	14	12	14	12
16	Р	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10
17	С	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5
18	Т	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12
19	У	5		5		5		5		5	
	Итого	194	223	192	221	196	220	190	220	188	215

Примечание: составлено автором по материалам [1].

Как видно из таблиц, максимальные разницы во временах хода при ТТ для Н и Ч направлений составляют соответственно 41 и 36 мин, а для ЭТ – по 6 и 8 мин соответственно. Следовательно, масса поезда будет сильнее влиять на время хода ГП по моделируемому участку при ТТ.

Результаты расчетов перегонных времен хода для моделируемого участка при ЭТ, мин



Результаты расчетов пропускной способности моделируемого ж/д участка при различных соотношениях категорий ГП (ТТ)

№п/п	Соотношение категорий ГП, %					Пропускная способность, пар поездов
	1	2	3	4	5	
1	20	20	20	20	20	106
2				50	50	121
3			50	50		100
4		50		50		105
5	50			50		106
6	33			33	33	97
7				100		132

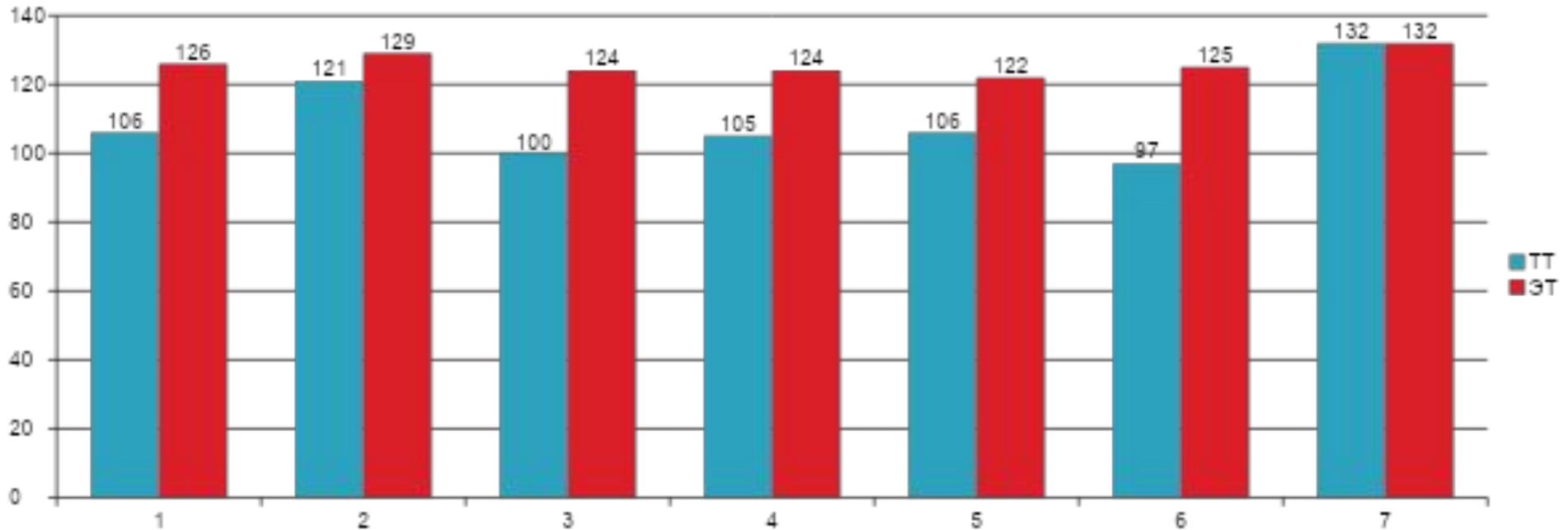
Примечание: составлено автором на основании источника [26]

Результаты расчетов пропускной способности моделируемого ж/д участка при различных соотношениях категорий ГП (ЭТ)

№п/п	Соотношение категорий ГП, %					Пропускная способность, пар поездов
	1	2	3	4	5	
1	20	20	20	20	20	126
2				50	50	129
3			50	50		124
4		50		50		124
5	50			50		122
6	33			33	33	125
7				100		132

Примечание: составлено автором на основании источника [26]

Результаты расчетов пропускной способности моделируемого ж/д участка при различных соотношениях категорий ГП (ТТ и ЭТ), в %



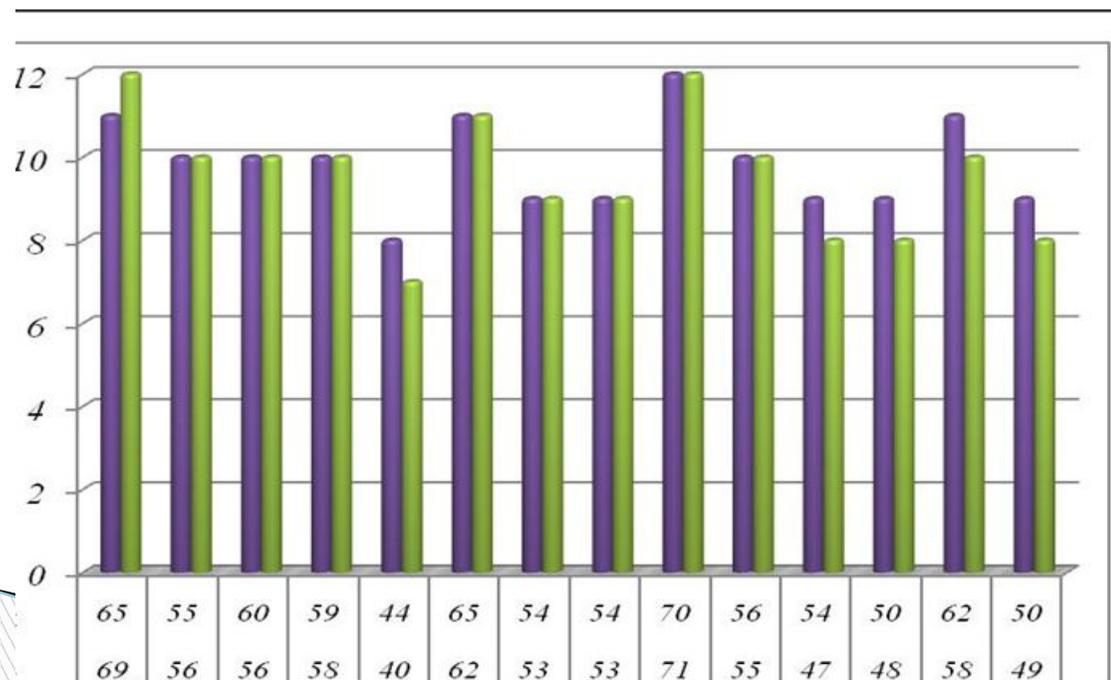
Масса поездов в большей степени влияет на пропускную способность ж/д участка при ТТ, так разница 6 и 7 вариантами расчета составляет 35 пар поездов, а при ЭТ – 10 пар поездов.

Приведенные результаты расчетов, выполненные с помощью программного комплекса имитационного моделирования процессов ж/д перевозок, показывают, что соотношение категорий ГП с разной массой влияют на пропускную способность моделируемого ж/д участка.

Применение программного комплекса имитационного моделирования при оценке пропускной способности строящихся и реконструируемых ж/д линий позволит точнее оценить их пропускную способность в условиях обращения заданного % соотношения категорий ГП.

3. Исследование влияния систем тягового электроснабжения на пропускную способность железнодорожных участков.

Наличная пропускная способность системы тягового электроснабжения расчетного участка представляет собой наибольшее число поездов, которое может быть пропущено по этому участку в сутки в каждом направлении отдельно по каждому из показателей нагрузочной способности системы тягового электроснабжения: мощности силового оборудования тяговых подстанций; нагреву проводов контактной подвески



Расчет межпоездного интервала на ж/д участке по мощности тяговых подстанций, по вертикали указан межпоездной интервал в мин., по горизонтали – полное время хода поезда установленной массы по пути межподстанционной зоны, мин (нечетн/четн).

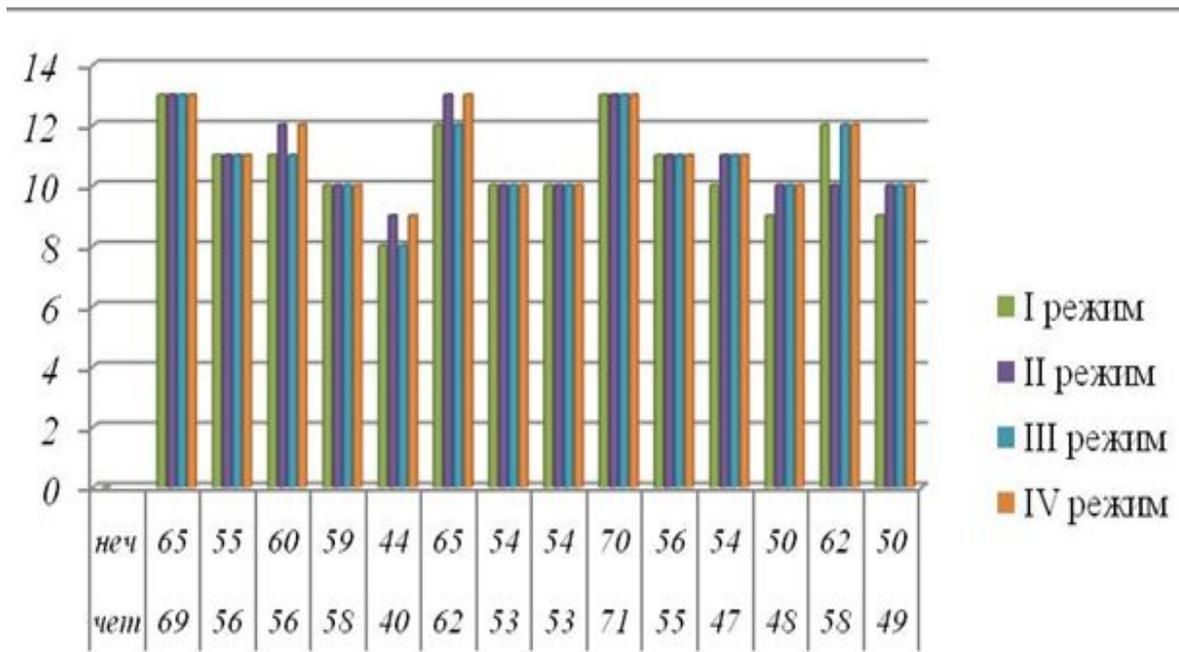
Межпоездной интервал определяется для 4 расчетных режимов:

I режим – пропуск поездов наибольшей установленной массы при схеме питания контактных подвесок путей, принятой в нормальной эксплуатации.

II режим – пропуск соединенных поездов в сторону большего токопотребления по пути, имеющему контактную подвеску с меньшей нагрузочной способностью, при отдельной схеме питания.

III режим – пропуск смешанной пачки (чередования средневзвешенных поездов и поездов наибольшей установленной массы) при схеме питания контактных подвесок путей, принятой в нормальной эксплуатации.

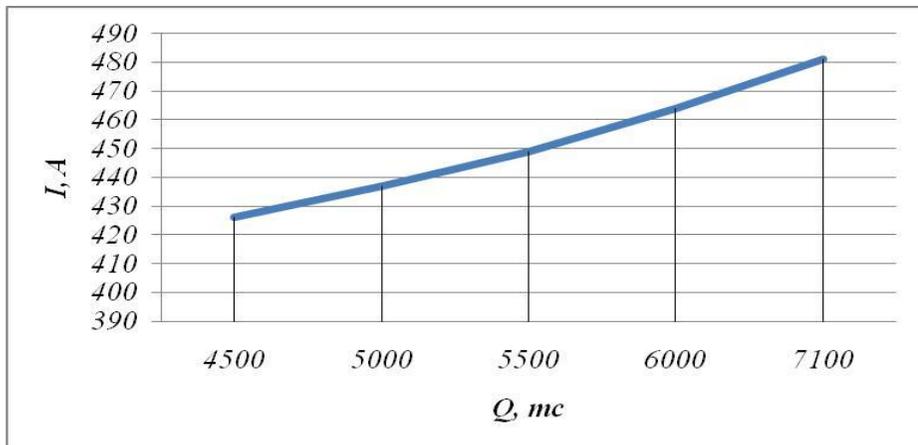
IV режим – то же, что II режим, но при пропуске поездов наибольшей установленной массы



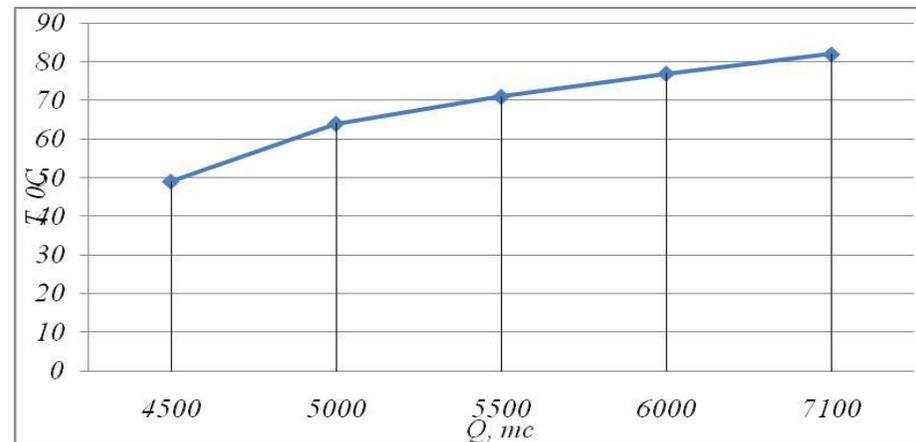
Расчет межпоездного интервала на ж/д участке по нагреву проводов подвески, где по вертикали указан межпоездной интервал в мин., по горизонтали – полное время хода поезда установленной массы по пути межподстанционной зоны, мин

Таким образом, наибольшие межпоездные интервалы, а следовательно, наименьшая наличная пропускная способность участка установлена по системе тягового электроснабжения.

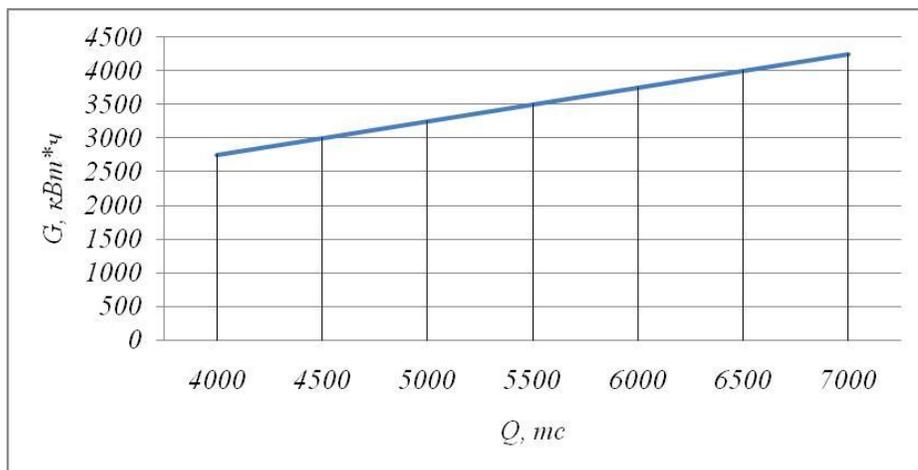
Зависимость максимального тока двигателя от веса поезда



Зависимость перегрева электрических машин от веса поезда



Зависимость расхода электроэнергии от веса поезда



В системе тягового электроснабжения для оценки пропускной способности и планирования мероприятий по усилению существующих технических средств, определяющими факторами являются вес поезда, количество поездов на фидерной зоне и схема их пропуска, межпоездной интервал [29, с.17]. На участках обращения поездов повышенной массы, система тягового электроснабжения должна обладать соответствующей нагрузочной способностью. При пропуске поездов массой 7100 тонн существенно возрастает токовая нагрузка в системе и, следовательно, более интенсивно происходит нагрев оборудования, снижается уровень напряжения в контактной сети, увеличиваются потери электроэнергии и осложняются условия работы устройств защиты от токов короткого замыкания.

Для повышения пропускной способности участков, возможно применение следующих способов усиления системы тягового электроснабжения:

- -увеличение суммарного сечения проводов контактной подвески;
- -применение тяговой сети с экранирующими и усиливающими проводами (при электрификации на переменном токе);
- -сооружение пунктов параллельного соединения подвесок путей;
- -замена 6-пульсовых выпрямителей современными 12-пульсовыми;
- -использование управляемых преобразователей на подстанциях и на специальных пунктах повышения напряжения, а также устройств компенсации реактивной мощности по системе тяги переменного тока 25 кВ;
- -эксплуатация и модернизация существующих систем ЭТ, новая электрификация, которая базируются на принципах повышения надежности и ресурса технических средств, применения энергосберегающих технологий, снижения сроков окупаемости новых разработок;
- -развитие силовой полупроводниковой техники и микропроцессорных систем управления оборудованием тяговых подстанций, создающие условия для обеспечения оптимальных режимов системы электротяги, а также для разработки нового электроподвижного состава, преобразовательного и коммутационного оборудования тяговых подстанций;
- -внедрение современных автоматизированных систем удаленной диагностики и мониторинга состояния оборудования тяговых подстанций и контактной сети на базе телеизмерений, создающие лучшую возможность оперативного управления режимами работы оборудования на участках тяжеловесного движения (например, определение наиболее слабых мест на контактной сети по электрической прочности);
- -применение изделий арматуры повышенной электрической (термической) прочности из кремнисто-никелевой бронзы и специального сплава меди, а также проводов из легированной меди в контактной сети нового поколения КС-160 взамен применяемой на ж/д участке контактной сети КС-100 для поездов, идущих скоростью до 90 км/ч, и КС-120 – со скоростью свыше 90 км/ч

В качестве предложения автора, предложено внедрение системы ГИД в практику рабочего процесса АО «НК «КТЖ», рассчитана экономическая эффективность предложенного проекта.

Схема взаимодействия ГИД для КТЖ

ГИД

Автоматическое построение графика в реальном режиме времени на основе поступающих сигналов от устройств СЦБ и по сообщениям, поступающим в режиме регламента от системы АСОУП, с присвоением реального номера поезда. Ввод и отображение технологических окон, предупреждений.

МП АСДЦ

АСОУП

АСУ ЦЖСД

Сообщения от устройств СЦБ

Сообщения о прибытии, отправлении, проследовании поезда, ТГНЛ

Окна Предупреждения

Технология работы ГИД для КТЖ

Перед началом работы

Ознакомление с положениями станций, приказами ЦД, заявками хозяйств ШЧ, ПЧ, ЭЧ на окна и предупреждения, состоянием устройств СЦБ и связи

Начало смены

Прием графика исполненного движения у сдающего смену ДНЦ

Циркулярное совещание ДНЦ

Выяснение поездного положения и наличие местной работы по станциям у ДСП.

Ознакомление Дежурных по станциям с поездным положением всего участка, а также с Приказами ЦД, заявками хозяйств ШЧ, ПЧ, ЭЧ на окна и предупреждения

АРМы системы

Поездной диспетчер

Организация движения поездов по участку, а также контроль и управление устройствами СЦБ

Дежурный по станции

Организация движения поездов по станции, а также контроль и управление устройствами СЦБ

Диспетчер связи

Контроль состояния устройств СЦБ и связи, а также принимает меры по устранению неисправностей

Энергодиспетчер

Контроль состояния устройствами электрооборудования

Электромеханик

Контроль состояния устройствами СЦБ и связи

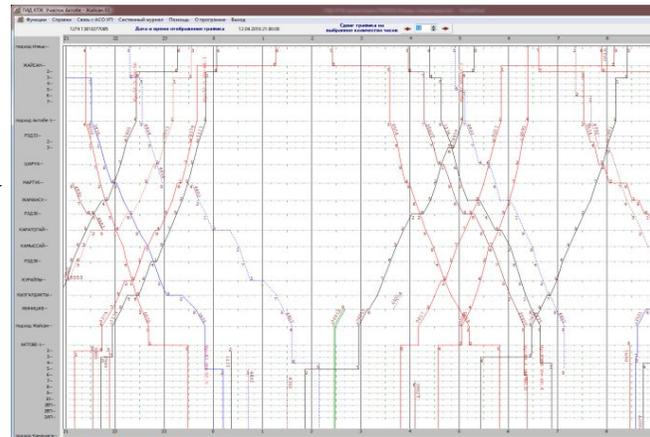


График исполненного движения

Окончание смены

Сдача Графика исполненного движения Дежурному по отделению

Основные операции:

Предоставление технологических окон для выполнения работ

Осуществление скрещивания и обгона поездов на станциях

Прорисовка прогнозных ниток для поездов

Контроль режима работы локомотивных бригад

Своевременное определение подхода поездов с прилегающих участков к своему участку

Организация безопасного движения поездов при возникновении нестандартных ситуаций

График исполненного движения ГИД для КТЖ

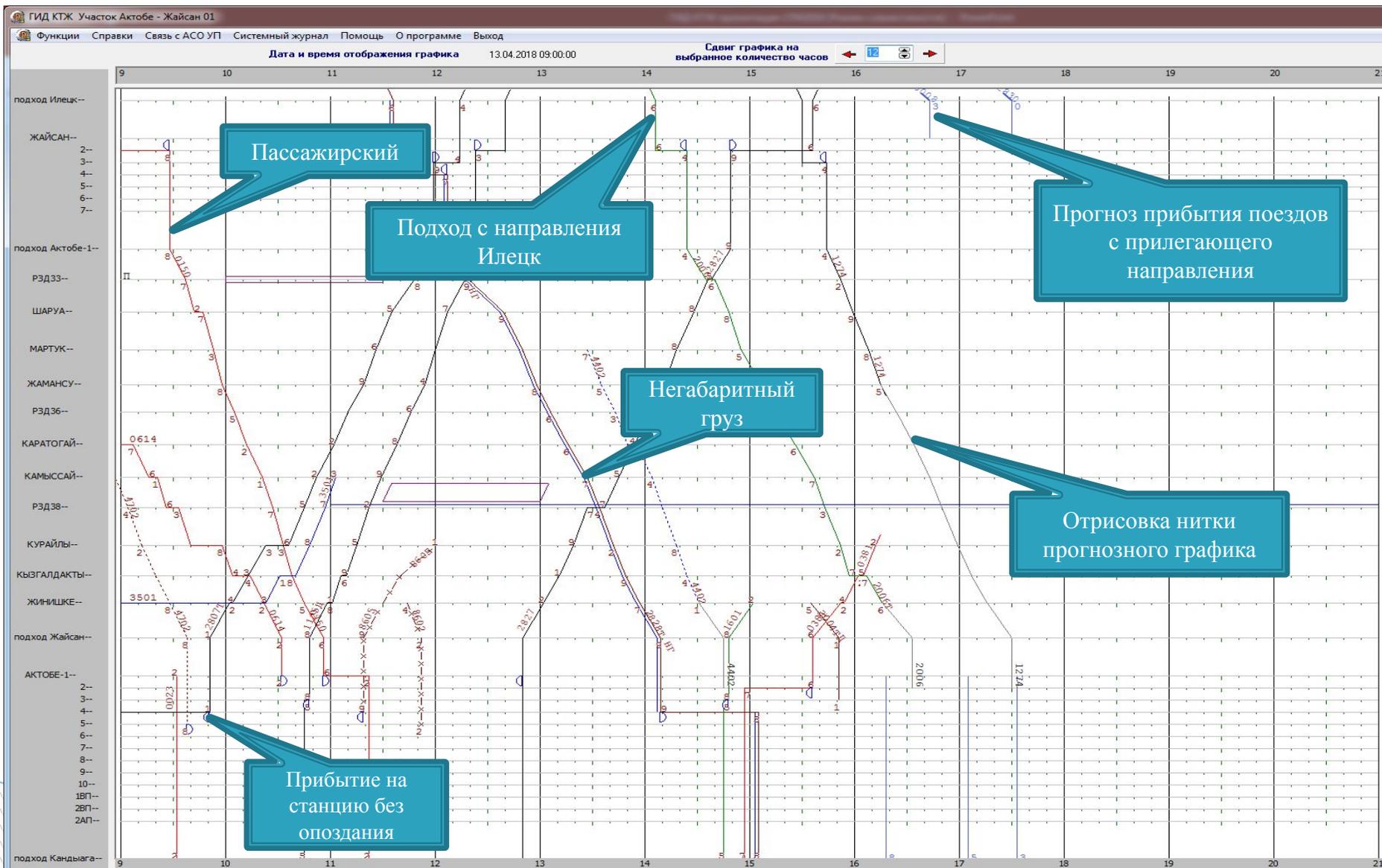


График исполненного движения ГИД для КТЖ

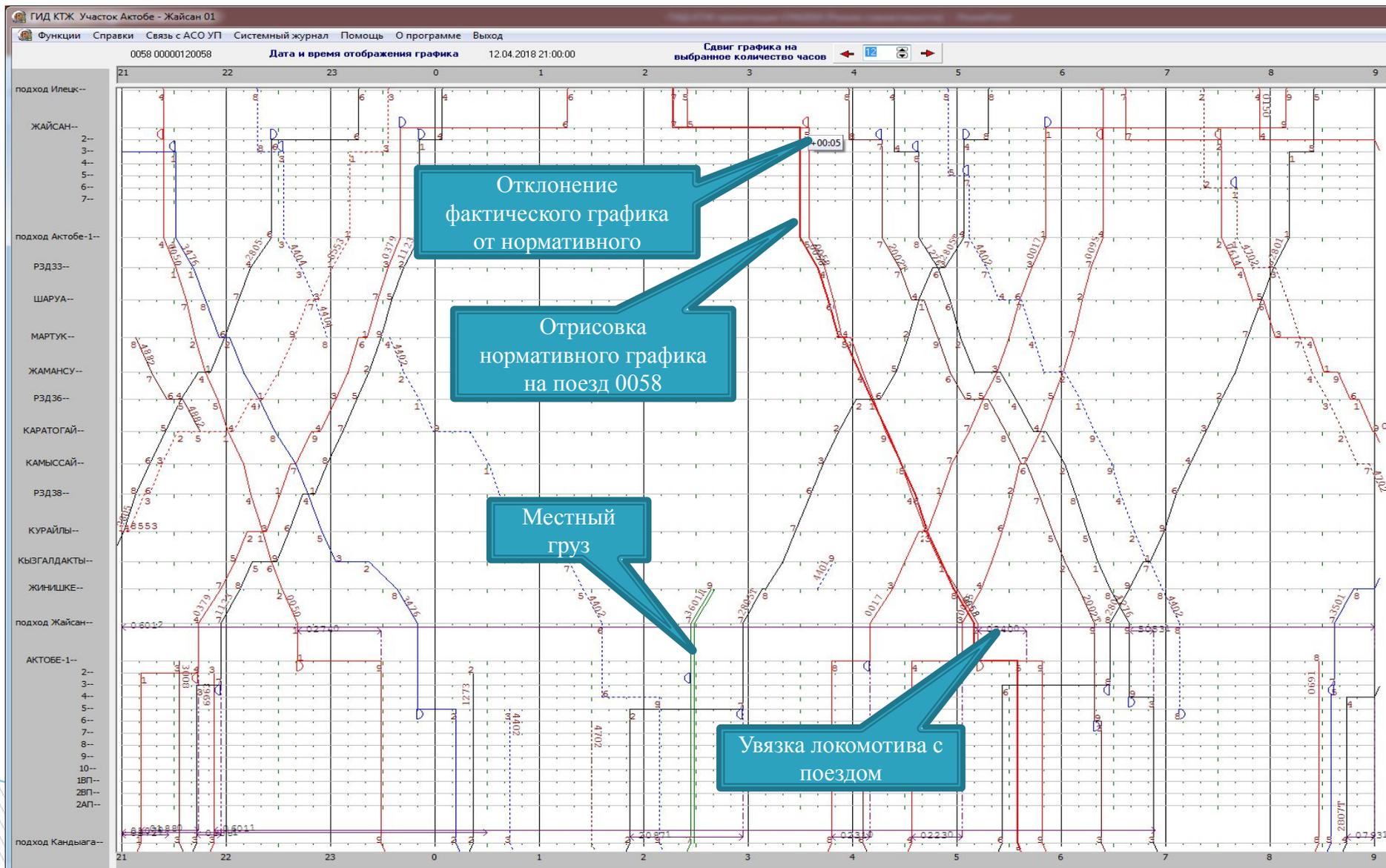
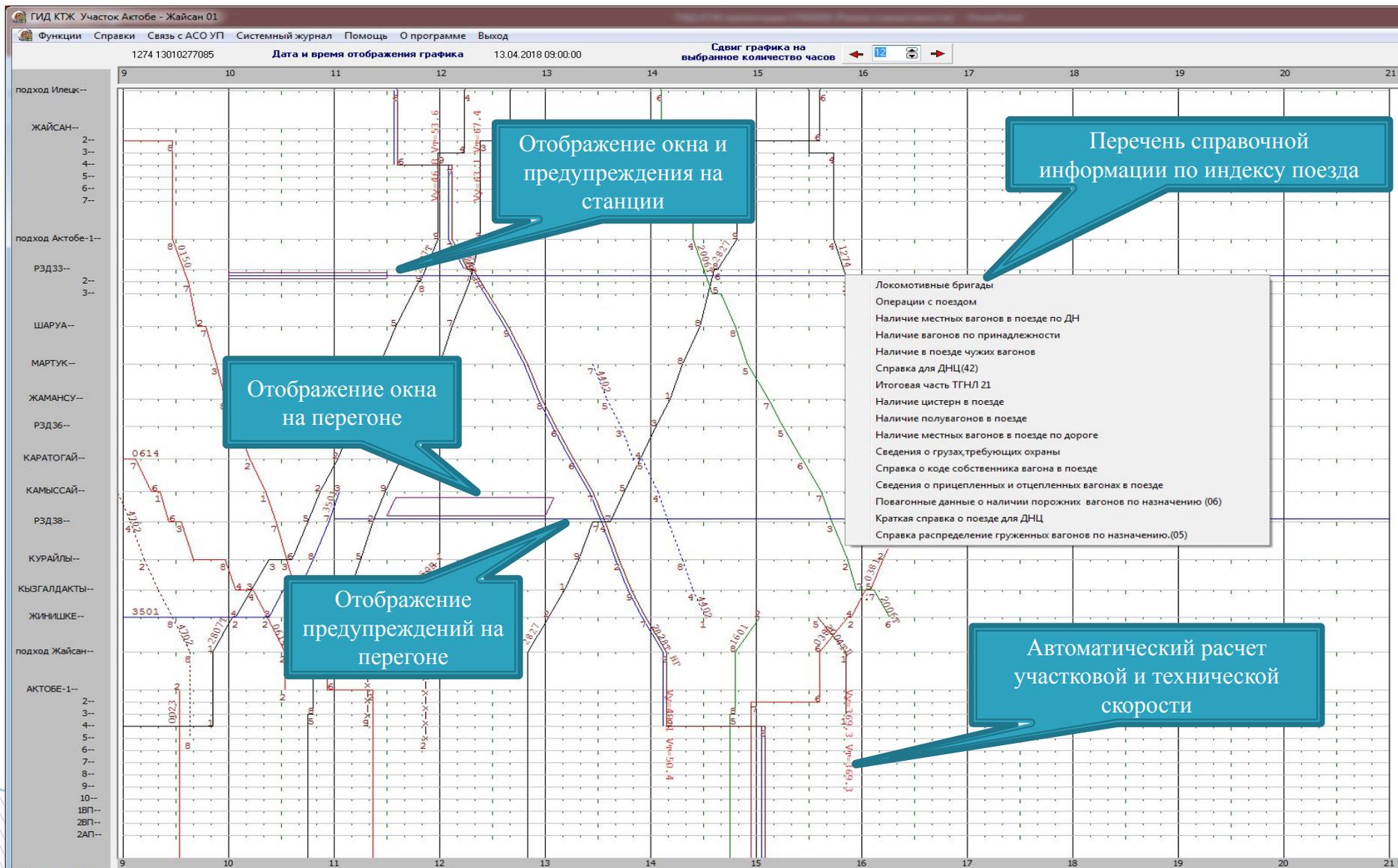


График исполненного движения ГИД для КТЖ



Преимущества ГИД для КТЖ:

- ▣ Автоматическое ведение графика исполненного движения поездов в реальном режиме времени на основе поступающих сигналов от устройств СЦБ и сообщений от системы АСОУП.
- ▣ Ведение прогнозного графика.
- ▣ Отображение нормативного графика движения поездов.
- ▣ Установка номера и индекса поезда в автоматическом и ручном режимах.
- ▣ Ведение системного журнала (технологический протокол).
- ▣ Документирование графика исполненного движения.
- ▣ Получение справочной информации о поездах, локомотивах, вагонах, грузах, находящихся на участке или в пределах дороги.
- ▣ Режим для произвольного запроса справочной информации из базы данных системы АСОУП.

Экономический эффект

	ГИД ҚТЖ (собственная разработка)	ГИД (зарубежный производитель)
Сервисное обслуживание участка	Силами сотрудников компании (<i>бесплатно</i>)	27 000 000 тенге (<i>по данным 2017 года</i>)
Итого:	0 тенге	27 000 000 тенге

Экономический эффект по 1 участку составит: 27 000 000 тенге

Экономический эффект достигается за счет:

- Использование собственной разработки.
- Программно-техническая поддержка силами сотрудников филиала.
- Расширение функциональных возможностей, по заявке пользователя, силами сотрудников филиала.
- Объединение поездных участков в единую систему диспетчерской централизации.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

