

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

На правах рукописи



Яньшина Ирина Викторовна

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТРАНСПОРТЕ**

Специальность 05.02.22 – Организация производства (транспорта)
(технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
профессор В. С. Воробьев

Новосибирск – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	11
1.1 Ретроспективный мониторинг организации производственных процессов по Западно-Сибирской железной дороге	11
1.2 Прогнозирование сценариев развития сети Западно-Сибирской железной дороги, объемов перевозок грузов в соответствии с изменениями и дополнениями транспортной стратегии на период до 2030 г.....	13
1.2.1 Сценарии развития экономики и транспорта	13
1.2.2 Генеральная схема развития Западно-Сибирской железной дороги	15
1.2.3 Развитие инфраструктуры Западно-Сибирской железной дороги.....	18
1.3 Процессный подход к управлению инвестиционными проектами и перевозками на полигоне Западно-Сибирской железной дороги	20
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ РАБОТУ ДОРОГИ	25
2.1 Человеческий фактор в технологических процессах железной дороги	25
2.2 Состояние, показатели и критерии оценки человеческого фактора в структуре отказов технических средств инфраструктурного комплекса железной дороги.	42
2.3 Оценка отказов технических средств на задержку поездов по инфраструктурным объектам с наибольшим влиянием человеческого фактора	48
2.4 Анализ задержки поездов при отказах технических средств под влиянием человеческого фактора	56
3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ ДОРОГИ	86

3.1 Развитие интеллектуальных транспортных систем в организационных структурах центров ситуационного управления.....	86
3.1.1 Цель и задачи ситуационного управления инфраструктурой железной дороги	86
3.1.2 Цель и задачи центра управления перевозками (ЦУП)	87
3.1.3 Цель и задачи центра управления тяговыми ресурсами	90
3.1.4 Цель и задачи центра управления содержанием инфраструктуры	92
3.2. Разработка информационно-графических моделей технологических процессов.....	97
3.3 Модели информационных потоков, сопровождающих граф-модели в виде оперограмм.....	113
3.4 Методика оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом за счет сокращения потерь от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Статистическая оценка отказов и линии тренда	145
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Расшифровка сокращений и подразделений ОАО «РЖД».....	168
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Акты и справки о внедрении	170

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Железнодорожный транспорт продолжает оставаться ведущим звеном транспортной системы России. Он не имеет экономической альтернативы при освоении значительных по объему стабильных потоков массовых грузов, доставляемых на средние и дальние расстояния. Железнодорожные перевозки призваны обеспечить основные грузопотоки экспорта сырья и продуктов его первичной переработки.

На фоне роста спроса на транспортные услуги и еще более значительного его увеличения в прогнозной перспективе в транспортной системе в целом и отдельных ее подотраслях сохраняется ряд нерешенных системных проблем: не достигнута необходимая комплексность в управлении развитием и функционированием транспортной системы; высок уровень неравномерности в использовании производственных мощностей действующих инфраструктурных объектов; во всех отраслях транспортного комплекса сохраняются тенденции старения основных фондов и их неэффективного использования; существуют значительные региональные несоответствия в развитии транспортной сети; недостаточен технологический уровень функционирования транспортных схем.

Актуальными являются задачи повышения надежности организационно-технологических процессов инфраструктурных объектов на транспорте. Их решение требует экспериментальных исследований оценки влияния отказов технических средств на эксплуатационную работу дороги и, в частности, влияния отказов технических средств на задержку поездов под влиянием человеческого фактора. Современная концепция ускоренного создания инноваций практически всех производственных процессов ставит задачи совершенствования их организации в структуре управления эксплуатационной работой дорог путем развития интеллектуальных транспортных систем в организационных структурах движения, тяги и дирекции по ремонту пути. Одним из новых направлений исследований в области цифровизации является разработка графических моделей

информационных потоков. Тема настоящего исследования особенно актуальна в условиях постоянного поиска путей повышения эффективности работы холдинга «РЖД».

Степень разработанности темы исследования. В основу исследований по теме диссертации положены труды российских ученых; разработки научно-исследовательских и проектных институтов: НИИАС, ВНИИЖТа ОАО «РЖД»; высших учебных заведений министерства транспорта РФ. Различные аспекты организационно-технологической надежности транспортных систем исследовались Д. Н. Бурносковым, В. В. Буровцевым, В. Д. Верескуном, В. С. Воробьевым, Д. Г. Евсеевым, А. С. Захаревичем, И. М. Кокуриным, А. Н. Лисенковым, Э. А. Мамаевым, А. Л. Манаковым, Д. А. Мачеретом, Э. С. Спиридоновым, В. А. Шаровым, Н. М. Шереметом и другими. Организация производственных процессов и степень ее влияния на безопасность движения поездов изучались В. И. Апатцевым, А. А. Воробьевым, В. А. Гапановичем, Б. М. Гордоном, А. М. Замышляевым, В. А. Лapidусом, И. Б. Шубинским и др. Моделированию технологических процессов, организационных структур управления посвящены работы В. Н. Буркова, А. Г. Галкина, Е. С. Гламаздина, О. А. Латушкина, В. М. Сая, Н. Ф. Сириной, а также W. Dunkan, K. Forsberg, K. Laudon, S. Telleen, M. Hammer и др.

Влияние человеческого фактора на производственные и экономические процессы в различных сферах человеческой деятельности исследовали М. Н. Аджавенко, Дейнтри Дафф, С. Егоров, Д. В. Захаревич, А. С., Катцын, В. Кизилев, Н. Н. Королева, М. Л. Маринов, В. Н. Самсонкин, В. А. Ульянов, Hiltrop J-M., Maricourt R., Gavriel Salvendy, Cole R.E. Gabb A., Appelbaum E., Batt R. Aoki M. и др.

Объектом исследования является организация деятельности территориальных подразделений инфраструктурного комплекса на полигоне железной дороги.

Предмет исследования состоит в системном анализе влияния человеческого фактора и оценке надежности организационно-технологических

процессов инфраструктурных объектов железной дороги, информационных моделей и методов развития инфраструктурного комплекса.

Целью диссертационного исследования является оценка надежности организационно-технологических процессов инфраструктурных объектов на транспорте с учетом влияния человеческого фактора, рисков технологических нарушений и создания информационно-графических моделей производственных процессов.

Задачи диссертационного исследования.

1. Оценить влияние отказов технических средств инфраструктурных объектов, технологических процессов, вызванных человеческим фактором, на задержку поездов.

2. Разработать математические модели оценки влияния человеческого фактора на отказы технических средств при выполнении технологических процессов и задержку поездов на железных дорогах.

3. Разработать информационно-графические модели, представленные оперограммами технологических процессов, как инструментов оценки надежности и эффективности эксплуатационной работы в рамках деятельности информационно-технологического центра.

4. Разработать методику оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом за счет сокращения потерь от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

– предложены математические модели оценки влияния человеческого фактора на отказы технических средств при выполнении технологических процессов и задержку поездов на железных дорогах;

– разработаны информационно-графические модели, представленные оперограммами технологических процессов, как инструментов повышения эффективности эксплуатационной работы в рамках деятельности информационно-технологического центра;

– разработана методика оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом за счет сокращения потерь от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений.

Теоретическая и практическая значимость работы. Расширен комплекс задач организации производственных процессов инфраструктурных объектов железных дорог, отражающих новые явления информационного взаимодействия структурных элементов на полигоне железной дороги. Обобщены существующие проблемы организации управления жизненным циклом проектов содержания инфраструктуры в системе диспетчерских центров управления за счет создания информационно-графических моделей производственных процессов.

Установлены теоретико-методические возможности концептуальных подходов для системной оценки организационных изменений как основы реализации эксплуатационной работы железной дороги. Установлены основные закономерности и принципы построения информационно-графических моделей организации инфраструктурного комплекса на железной дороге.

Результаты исследования внедрены в дирекции инфраструктуры филиала ОАО «РЖД» Западно-Сибирская железная дорога. Они могут быть использованы в структурных подразделениях дистанции пути (ПЧ), дистанции сигнализации, автоматизации и блокировки (ШЧ) и других хозяйствах железнодорожного транспорта, так как проблемы влияния человеческого фактора на задержку поездов, обозначенные в работе, универсальны и характерны для большинства современных транспортно-технологических процессов. Теоретические выводы и обобщения могут способствовать повышению эффективности организации технологических процессов, внедрению инновационных технологий и оптимизации транспортно-логистических процессов.

Методология и методы исследований. В процессе выполнения работы методологической базой исследования служили научные труды отечественных и зарубежных ученых в области организации производства, теории управления проектами, теории рисков, теории надежности. В качестве информационной базы исследования использованы материалы стратегии развития железнодорожного

транспорта, нормативно-правовые акты РФ, стандарты ОАО «РЖД», методы теории вероятности и статистики.

Положения, выносимые на защиту.

– математические модели влияния человеческого фактора на отказы технических средств инфраструктурного комплекса, оценки которых, позволяют прогнозировать задержки поездов на железных дорогах и своевременно принимать решения по их снижению;

– информационно-графические модели, представленные оперограммами информационных потоков, как инструментов оценки надежности организационно-технологических процессов в рамках деятельности информационно технологического центра;

– методика оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом, позволяющая сокращать потери от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования подтверждена:

– корректным применением теории организации производства на железнодорожном транспорте, надежности и рисков принятия решений на этапах жизненного цикла транспортных объектов, методов математической статистики;

– комплексным использованием методов оценки репрезентативности и достоверности статистических данных.

Предложенный подход к оценке влияния ЧФ на возникновение негативных событий, вызывающих отказы либо нарушения производственного процесса в инфраструктурном комплексе; информационно-графические модели, представленные оперограммами технологических процессов, как инструментарий повышения эффективности эксплуатационной работы внедрен в деятельность информационно технологического центра Западно-Сибирской железной дороги и используется в учебном процессе Сибирского государственного университета путей сообщения.

Основные положения и результаты диссертационного исследования представлялись и обсуждались на региональных, отраслевых, всероссийских, национальных научных и научно-практических конференциях, в том числе с международным участием - Международной научно-практической конференции «Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика» (СГУПС, Новосибирск, 2017 г.), X-й Международной научно-практической конференции «Политранспортные системы» (СГУПС, Новосибирск, 2018 г.), Международный «Сибирский транспортный форум». Национальная конференция «Наука, образование, кадры» (Экспоцентр, Новосибирск, 2019 г.), XI-й Международной научно-практической конференции «Политранспортные системы» (СГУПС, Новосибирск, 2020 г.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в четырнадцати научных работах, в том числе четыре статьи опубликованы в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, рекомендованный ВАК Минобрнауки России, две статьи опубликованы в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных SCOPUS.

Личный вклад автора состоит в выполнении анализа текущего состояния объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» филиала «Западно-Сибирская» железная дорога». Обоснована необходимость и целесообразность повышения эффективности организации содержания инфраструктуры в системе диспетчерских центров управления за счет создания информационно-графических моделей производственных процессов. Разработаны модели оценки рисков технологических нарушений и отказов технических средств для повышения качества принимаемых решений в организационно-технологической работе предприятий Западно-Сибирской железной дороги. Разработана методика оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом за счет сокращения потерь от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка литературы, включающего 153 наименований, и 3-х приложений. Содержание работы изложено на 128 страницах основного текста. Диссертационная работа включает 52 рисунка, 42 таблицы и 42 формулы.

1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

1.1 Ретроспективный мониторинг организации производственных процессов по Западно-Сибирской железной дороге

Западно-Сибирская железная дорога является одним из ведущих звеньев транссибирской магистрали, сданной в постоянную эксплуатацию в 1916 г. Она явилась мощным стимулом для экономического развития Сибирского региона и основания города Новосибирска. Основными показателями железных дорог являются их общая и эксплуатационная протяженность, степень электрификации, автоматической блокировки и диспетчерской централизации.

Западно-Сибирская магистраль, пролегающая по ряду областей Сибири, Алтайского края, Республики Казахстан создает условия для их территориального экономического развития, роста внутренних региональных продуктов (ВРП), развития сельского хозяйства и освоения природных ресурсов.

В структуре перевозок Западно-Сибирской железной дороги отражен широкий спектр грузов: уголь – 72,4%, нефтегрузы – 6%, строительные грузы – 3,8%, руда железная – 3%. Доля дороги в погрузке по сети РЖД в среднем составляет 21,1%, а грузооборот – 11,8% сетевого объема. С целью оценки работы дороги в переходный период от социалистической формации к рыночной в условиях реформирования организационных структур, ликвидации Министерства путей сообщения, создания в 2003 году ОАО «РЖД» нами выбран отрезок времени с 1988 по 2015 год. В таблице 1.1 приведены данные по основным показателям за эти годы. Для наглядности они представлены в графическом виде

Таблица 1.1 – Основные показатели работы Западно-Сибирской железной дороги за 1988 – 2015 гг.

Показатели	1988	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Погрузка грузов, млн. т	311,3	148,6	145,8	168,9	188,4	202,8	211,6	227,1	244,8	248,1	255,6	259,6	259,6	246,9	251,5	261,5	268,1	272,8	281,1	279
в т. ч. каменный уголь	167,9	96,4	101	116,6	126,9	138,7	145	158	173,4	174,2	179,2	182	183	183,3	182,4	189,3	195,6	202,6	211,3	209,1
Погрузка, тыс. т. ср. сут.	850,5	407,2	399,4	462,7	514,8	555,6	579,8	622,2	668,8	679,7	700,6	711,3	709,3	676,3	688,9	716,4	732,5	747,4	770,2	764,3
в т. ч. каменный уголь	458,6	264	276,6	319,5	346,7	380	397,2	433	473,8	477,2	490,8	498,5	500	502,2	499,8	518,7	534,4	555,2	579	572,9
Погрузка, ваг ср. сут.	14063	6511	6352	7370	8200	8802	9141	9806	10520	10674	10946	11102	11029	10376	10567	10976	11205	11391	11688	11542
в т. ч. каменный уголь	6416	4008	4200	4838	5222	5689	5925	6451	7048	7074	7233	7323	7329	7322	7270	7533	7753	8052	8375	8242
Выгрузка ,ваг ср. сут.	12141	4931	4718	5318	5860	6206	5824	6140	6236	6332	6219	6112	6189	5055	5528	5715	5654	5573	5304	5391
Грузооборот, млн. т км нетто	314616	128255	124180	143016	165758	176911	181422	209733	232239	241128	256317	273961	295167	272827	286410	311619	312726	322603	338581	329414
Грузооборот, млн. т км. нетто, ср. сут.	859,6	351,4	340,2	391,8	452,9	484,7	497	574,6	634,5	660,6	702,2	750,6	806,5	747,5	784,7	853,8	854,4	883,8	927,6	902,5
Пассажирооборот,млн.пкм	16546	12544	7698	10862	12838	12725	10852	11446	10582	11227	9936	9845	10025	8443	7599	7480	7316	6903	6408	6062
Оборот вагона, сут	3,27	3,25	5,09	4,3	4,04	4,04	3,78	3,51	3,3	3,29	3,22	3,2	3,13	5,35	5,32	5,39	5,85	6,1	5,95	5,69
Ср.вр.простоя местн.ваг, ч	26,51	22,11	46,46	38,53	35,75	35,74	33,6	30,63	28,3	27,6	26,63	26,38	24,48	74,73	74,06	71,63	72,48	76,63	79,35	76,83
Ср. вр. простоя транз.ваг,ч	3,13	2,99	5,3	4,79	4,47	4,77	4,22	3,76	3,71	3,7	3,46	3,43	3,64	3,95	4,95	5,68	6,77	6,74	6,25	5,67
Ср. суточная производительность локомотива, тыс. т км брутто	1488	1510	1607	1669	1771	1946	2111	2326	2438	2481	2550	2467	2451	2612	2295	2542	2508	2568	2758	2803
Ср. сут. произв.вагона,ткм	10474	11303	7365	8906	9568	9573	10440	11959	12724	13202	13803	14114	14454	8351	8197	8214	7617	7420	7740	8017
Вес поезда, т	3587	3612	3734	3775	3847	4021	4076	4132	4170	4183	4177	4164	4196	4241	4188	4202	4197	4212	4221	4252
Участковая скорость, км/ч	38,2	42	42,8	42,9	44,4	44,2	45,7	47,5	49,4	49,4	50,1	49,9	50,2	52,6	50,7	48,3	48,1	49,6	50,3	50,9
Техническ. скорость, км/ч	45,7	47,2	48,1	48,8	50,9	51,8	52,8	54,5	56	56,3	57,2	57,5	57,8	58,7	57,7	55,8	54,8	56	55,9	55,9
Среднесуточный пробег локомотива, км	476	491	514	533	557	604	645	674	703	710	726	688	685	724	664	741	730	754	796	804
Численность работников во всех видах деятельности, чел.	139867	123666	112044	110050	112854	106871	95258	95978	96006	75880	74704	70178	66736	57848	44291	72380	72225	69647	65983	62007
Численность работников, занятых на перевозках, чел.	117300	105181	96622	92891	93994	86250	76368	87003	85950	68665	67936	63459	59571	51175	38918	61360	60265	57728	54519	51746
Производительность труда, тыс. пр. т км	2963,5	1461,8	1444,7	1773,5	2036,7	2346,2	2659,8	2673,8	2948,3	3838,7	4069,1	4630,6	5289,1	5661,3	7749,9	5322,3	5431,9	5827,5	6445,4	6600,4
Среднемесячная зарплата (на перевозках), р.	253	1472000	1604	2551	3364	4737	6606	8473	10418	12727	14900	17456	21826	24405	27406	30910	32903	35891	37956	41222

Анализ приведенных показателей свидетельствует о достигнутой стабилизации работы дороги.

1.2 Прогнозирование сценариев развития сети Западно-Сибирской железной дороги, объемов перевозок грузов в соответствии с изменениями и дополнениями транспортной стратегии на период до 2030 г.

1.2.1 Сценарии развития экономики и транспорта

Прогнозы, разработанные Минэкономразвития России, предусматривают три сценария социально-экономического развития национальной экономики в долгосрочной перспективе: консервативный, инновационный и целевой (форсированный), на базе которых в Генеральной схеме сформированы варианты перспективных оценок объемных показателей работы (Источник – Доклад А.С. Мишарина «Об актуализации Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 г» в журнале «Железнодорожный транспорт» №5, 2013 г.).

Консервативный сценарий характеризуется умеренными долгосрочными темпами роста экономики на основе активной модернизации топливно-энергетического и сырьевого секторов российской экономики.

Инновационный сценарий характеризуется усилением инвестиционной направленности экономического роста, опирается на создание современной транспортной инфраструктуры и конкурентоспособного сектора высокотехнологичных производств и экономики знаний наряду с модернизацией энерго-сырьевого комплекса.

Целевой (форсированный) сценарий разработан на базе инновационного. При этом он характеризуется форсированными темпами роста, повышенной нормой накопления частного бизнеса, созданием масштабного не сырьевого экспортного сектора и значительным притоком иностранного капитала [4388].

Для прогнозирования объемов перевозок грузов железнодорожным транспортом используется следующий подход (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Подход к прогнозированию объемов перевозок грузов железнодорожным транспортом

Его реализация позволила сформировать основные сценарии развития транспорта и дать оценку финансовых ресурсов (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Основные сценарии развития транспорта и оценка финансовых ресурсов на их реализацию

1.2.2 Генеральная схема развития Западно-Сибирской железной дороги

Западно-Сибирская железная дорога является центром зарождения трёх из шести основных направлений грузовых перевозок, предусмотренных Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации на перспективу до 2030 г. [43]: Кузбасс–Северо-Запад, Кузбасс–Азово-Черноморский транспортный узел, Кузбасс–Дальневосточный транспортный узел.

Долгосрочной программой развития угольной промышленности до 2030 года, утвержденной Председателем правительства Российской Федерации Путиным В.В. 24 января 2012 г. в Кемерово, предусмотрено освоение объемов добычи угля в Российской Федерации до 355 млн. тонн к 2015 году, 380 млн. тонн к 2020 году, 430 млн. тонн к 2030 году. Основная доля объемов перевозок добываемого угля будет производиться с Кузбасского региона.

Одной из основных задач железной дороги является освоение растущих объемов перевозок угля и обеспечение своевременной доставки его потребителям.

В 2012 году добыча угля в Кузбассе составила 195,6 млн. т. В 2015 году объем добычи угля достиг 204,6 млн. т., а в 2016 году ожидается выход угольной отрасли Кузбасса на 210 миллионный рубеж.

При формировании Генеральной схемы ИЭРТ руководствовалось «паспортом пропускной способности Западно-Сибирской железной дороги» утвержденным первым заместителем начальника дороги 30.06.2011 г. в соответствии с которым на железной дороге имеются 9 «узких мест» - перегоны с коэффициентом заполнения пропускной способности выше 1: Чулымская–Каргат, Каргат–Барабинск, Коченёво–Дупленская, Кокошино–Каргат, Каргат–Убинская, Тебисская–Озеро Карачинское, Калачинская–Кормиловка, Сыропятское–Московка, Карбышево II–Карбышево.

«Паспортом пропускной способности Западно-Сибирской железной дороги», разработанным совместно с ИЭРТ и утвержденным первым заместителем начальника дороги 30.06.2012 г., в дополнении к вышеперечисленным участкам отнесен участок Томусинская–Карлык.

Генеральной схемой развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 год предусмотрены мероприятия:

– в связи с перераспределением грузового поездопотока с Транссибирского хода на Среднесибирский ход – развитие действующих станций и восстановление разъездов и двухпутных вставок на участке Инская–Черепаново–Среднесибирская;

– в связи с ограниченной длиной приемоотправочных путей на участке Юрга-Топки-Проектная установлена длина поезда 57 вагонов – удлинение приемоотправочных путей на участке Юрга-Топки-Проектная;

– в целях развития инфраструктуры для организации пропуска перспективных поездопотоков с Кузбасского региона, формирования поездов повышенного веса и длины – развитие станций Артышта II, Входная, Иртышское, Алтайская, Новокузнецк–Восточный, Карасук I;

– в целях реализации проекта скоростного движения на участке Новосибирск-Омск предусматривается строительство третьего главного пути, что ликвидирует лимитирующие участки Чулымская–Каргат, Каргат–Барабинск, Коченёво–Дупленская, Кокошино–Каргат, Каргат–Убинская, Тебисская–Озеро Карачинское, Калачинская–Кормиловка, Сыропятское–Московка. Предпроектные проработки уже проведены ещё в 2010 году институтом «Сибжелдорпроект».

На Западно-Сибирской железной дороге, на основании выданных технических условий ОАО «РЖД» на строительство новых железнодорожных путей необщего пользования, заключены договора о присоединении инфраструктуры необщего пользования к инфраструктуре общего пользования и привлечено средств сторонних инвесторов в размере более 1,2 млрд р., в том числе: на развитие станции Спиченково – 155,8 млн р. – инвестиции ООО «Разрез Березовский», на развитие отдельного пункта Улус перегона Белово–Бочаты 550 млн р. – инвестиции ЗАО «Шахта Беловская», на развитие станции Притомье – 539 млн р. – инвестиции ООО «Шахта Бутовская».

Следует отметить, что восстановление бывшего разъезда Притомье за счет средств ООО «Шахта Бутовская» ликвидировано «узкое место» на участке

Латыши–Правотомск, где коэффициент пропускной способности практически равен 1,0.

В тоже время на период до 2020 гг., на основании выданных технических условий ОАО «РЖД» на строительство новых подъездных путей или увеличение объемов погрузки, ветвевладельцами строящихся или реконструируемых железнодорожных путей необщего пользования планируется вложить в развитие железнодорожной инфраструктуры ОАО «РЖД» более 3,5 млрд. р.

Наиболее интенсивное наращивание объемов добычи угля ожидается в юго-восточной части Кузбасса, что вызовет значительное увеличение поездопотока, прежде всего, на участке Междуреченск–Томусинская–Бардино–Артышта, где зарождаются грузопотоки трех основных направлений сети.

Лимитирующими элементами данного участка станут перегоны Бардино–Ерунаково, Томусинская–Карлык, имеющие однопутные мостовые переходы через реку Томь.

Коэффициент использования мощности на участке Томусинская–Карлык уже составил более 1 и ликвидация данного «узкого места» не предусмотрена Генеральной схемой развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 год.

Для освоения прогнозируемых объемов добычи и перевозок угольной отрасли уже в настоящее время необходимо принимать меры к увеличению пропускной способности данных участков.

В целях ликвидации узких мест требуется строительство вторых мостовых переходов через реку Томь на перегонах Бардино–Ерунаково, Томусинская–Карлык:

- строительство железнодорожного моста через реку Томь на участке Ерунаково–Бардино;
- строительство железнодорожного моста через реку Томь на участке Карлык–Томусинская.

В связи с изменением корреспонденций вагонопотоков, переориентации погрузки в направлении восточных стыков железной дороги для обеспечения

беспрепятственного возврата составов порожних полувагонов с Красноярской железной дороги необходимо предусмотреть строительство двух дополнительных путей протяженностью 100 условных вагонов с реконструкцией горловины и удлинением существующих приемоотправочных путей парка «Б» на ст. Междуреченск.

В рамках реализации антикризисной программы актуальным в сегодняшних условиях является строительство электрической централизации стрелочных переводов и сигналов на станциях Алтайского и Кузбасского регионов – таких как Шипуново, Озимая, Язевка, Пospelиха, Каз, Ахпун с общим лимитом 201 млн. р. Это позволит увеличить пропускную способность станций, привести к высвобождению дежурных стрелочных постов, тем самым сократить количество работающих в опасной зоне, с хорошей перспективой перевода участка Барнаул-Рубцовск на ДЦ и «безлюдную» технологию управления перевозочным процессом.

В 2012 году, на 106–107 км линии Артышта–Томусинская Кузбасского региона начаты работы по строительству второго тоннеля.

Действующий тоннель построен в 1967 году. При его сооружении были допущены конструктивные ошибки, вследствие которых произошли многочисленные изломы распорной плиты тоннельной обделки, сооруженной вместо обратного свода. В связи с тем, что в основании тоннеля находятся деградировавшие водонасыщенные алевролиты, путь в тоннеле «проваливается», что влечет за собой введение длительного ограничения скорости движения поездов. После строительства нового тоннеля существующий планируется к закрытию.

1.2.3 Развитие инфраструктуры Западно-Сибирской железной дороги

Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 г. в регионе Западно-Сибирской железной дороги предусмотрено строительство:

- глубокого обхода территории Республики Казахстан (проходит в границах трех дорог – Западно-Сибирской, Свердловской, Южно-Уральской);
- линии Называевская–Коновалово (2016 – 2030 гг.)
- обхода Омского железнодорожного узла – линии Татарская–Называевская с усилением существующего участка Татарская–Карасук (до 2015г.);
- социально-значимой линии Бийск–Горно-Алтайск протяженностью 100 км, которая обеспечит выход на сеть железных дорог для перевозок грузов и пассажиров в административный центр (до 2015 г.);
- обходов Новосибирского и Томского узлов (до 2030 г.);
- вторых путей на участках Томусинская–Ерунаково, Рямы–Камень-на-Оби (до 2015 г.);
- Северо-Сибирской железнодорожной магистрали (Нижевартовск–Белый Яр–Усть-Илимск), (2008 – 2015 гг. – ПИР, 2016 – 2030 гг. – СМР);
- новой линии Томск–Киреевск–Бакчар (до 2030 г., предусмотрено дополнительно).

Предусмотрена модернизация и реконструкция тяговых подстанций на участках: Входная–Войновка, Исилькуль–Петропавловск, Новосибирск–Тайга, Новосибирск–Новокузнецк.

До 2030 г. предусматривалась организация скоростного пассажирского сообщения между крупными региональными центрами на направлениях Новосибирск–Омск (2015 г.), Томск, Кемерово, Новокузнецк, Барнаул, Барнаул–Бийск.

В связи со сложной экономической ситуацией в Российской Федерации, осложненной западными санкциями, финансирование проектов развития дороги, согласно Стратегии, приостановлено. Однако поэтапное выполнение программы развития сети Западно-Сибирской железной дороги, ликвидация «узких» мест остается неотъемлемой частью стратегического развития.

1.3 Процессный подход к управлению инвестиционными проектами и перевозками на полигоне Западно-Сибирской железной дороги

В новых условиях работы РКЦУ особое внимание должно быть уделено формированию менеджмента. Менеджмент по Р. Дафту – это процесс эффективного достижения целей организации посредством планирования, организации, лидерства (мотивации) и контроля над организационными ресурсами. По М.П. Фоллетту менеджмент – это обеспечение выполнения работы с помощью других лиц.

Одной из важнейших проблем является проблема формирования компетенций на всех уровнях управления (рисунок 1.3).

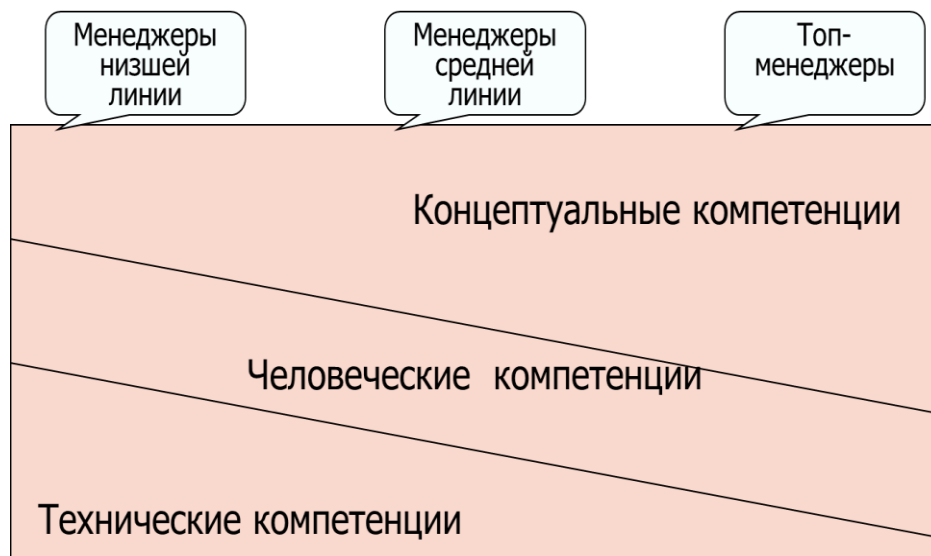


Рисунок 1.3 – Основные компетенции

На сети железных дорог в течение длительного времени реализовывался классический менеджмент бюрократической организации, основанный на административных принципах (кон. XIX в. – 20-е гг. XX в.). По Ф.У. Тейлору, Ф. Гилбрету, Л. Гилбрету, Г. Гантту, М. Веберу, А. Файолю он работал на следующих принципах: разработке стандартных методов выполнения рабочих заданий; подбору работников, обладающих способностями для выполнения конкретных заданий;

обучению работников стандартным методам труда; использованию материального стимулирования для увеличения производительности труда.

Современные подходы: процессный, системный, ситуационный подходы, теория Хаоса формировались в 40 – 60-е гг. XX в, и продолжают формироваться в настоящее время. Их основоположниками считаются Г. Минцберг, Ф. Лютенс, Ч. Барнард, Р. Стогдилл, П. Херси, К. Бланшар.

Процессный подход рассматривает управление как серию непрерывных взаимосвязанных действий (функций управления).

Системный подход рассматривает организацию как открытую систему, состоящую из нескольких взаимосвязанных подсистем.

В соответствии с ситуационным подходом методики и концепции должны быть применимы к конкретным ситуациям, с точки зрения которых «лучшего способа» управления не существует.

Теория хаоса основана на идее, что все события вряд ли могут быть под контролем, системы самоорганизуются и самораспадаются.

В холдинге ОАО «РЖД» реализуется процессный подход к формированию современной системы менеджмента. В рамках формирования региональных центров корпоративного управления (РЦКУ), в соответствии с решением проектного офиса, было проведено сравнение вариантов границ районов управления Западно-Сибирской железной дороги. Всего рассматривалось 5 вариантов, размещенных на сайте Западно-Сибирской дирекции управления движением. Сравнение проводилось методом экспертных оценок. Обработано 119 анкет. Из них были признаны действительными 92 анкеты, недействительными 27 анкет.

Недействительные анкеты содержали серьезные противоречия, вследствие чего нельзя было определить, какие границы районов управления эксперты считают правильными.

Эксперты были разделены на 4 категории: руководство дирекции управления движением 7 анкет; ДГП 15 анкет; поездные диспетчеры 53 анкеты:

работники Кемерово 17 анкет. Для сокращения количество категорий сами категории были несколько укрупнены.

Результаты представлены в таблицах 1.2 и 1.3.

Все категории экспертов наивысшую оценку поставили варианту № 2 (346 баллов). На втором месте вариант № 5. На третьем месте вариант № 1. На четвертом месте вариант № 3. На пятом месте вариант № 4.

Таблица 1.2 – Результаты оценки экспертами вариантов районов управления по 5 балльной шкале

Категории экспертов	Варианты районов управления				
	1	2	3	4	5
Руководство Д	20	29	7	3	10
ДГП	28	55	6	6	29
ДНЦ	101	183	85	70	152
Кузбасс	77	79	28	28	57
Сумма	226	346	126	107	248

В таблице 1.3 представлены результаты оценки экспертами элементов вариантов районов управления.

Таблица 1.3 – Результаты оценки экспертами элементов вариантов районов управления

	Входная–Исилькуль		Артышта–Междуреченск		Инская–Черепаново		Инская–Тогучин		Анжерская–Латыши	
	Транс-сиб	Сред-сиб	Сред-сиб	Куз-басс	Транс-сиб	Сред-сиб	Транс-сиб	Куз-басс	Транс-сиб	Куз-басс
Рук. Д	6	1	0	7	1	6	3	4	0	7
ДГП	14	1	0	15	3	13	9	6	3	12
ДНЦ	41	12	5	48	9	38	4	37	11	41
Кузбасс	14	3	1	16	14	6	15	13	2	15
Сумма	75	17	6	86	27	63	28	63	16	75

Оценки экспертов всех категорий практически совпадают.

Согласно мнению экспертов участок Входная–Исилькуль должен входить в Транссибирский район управления; участок Артышта–Междуреченск – в Кузбасский район управления; участок Инская–Черепаново – в Среднесибирский район управления; участок Инская–Тогучин – в Кузбасский район управления; участок Анжерская–Латыши – в Кузбасский район управления.

На основании экспертной оценки специалистов Западно-Сибирской железной дороги наиболее предпочтительным оказался 2-й вариант границ районов управления.

Следующим шагом в оптимизации процессов в области управления перевозками стало обоснование наиболее значимых процессов, реализуемых в рамках развития бережливой производственной системы на полигоне Западно-Сибирской железной дороги. Некоторые из них приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Процессы планирования, организации и технологии по направлениям деятельности подразделений

№	Структурное подразделение	Наименование процесса	Д	Л	Т
			Процент от общего количества тем проектов	16%	4%
		количество тем по направлениям	11	3	6
1	ЦУТР	Планирование ремонта локомотивов на Урало-Сибирском полигоне			*
2	ДМ	Организация транспортного обслуживания клиентов на погрузочном пункте железнодорожной станции Бийск (Барнаульской механизированной дистанции погрузочно-разгрузочных работ и коммерческих операций) по принципу «одного окна».	*		
3	Д	Обработка пассажирского поезда на ст. Барабинск	*		
4	Т	Организация планирования сервисного обслуживания локомотивов			*
5	ТЦФТО	Разработка, проверка и согласование схем размещения и крепления грузов	*		
6	НЗТер-1	Планирование и обеспечение тягой отправления грузовых поездов с сортировочной станции Московка			*
7	Д	Совершенствование технологии работы станции Ленинск Кузнецкий II за счет исключения дублирования должностных обязанностей работников	*		
8	Т	Организация работы локомотивных бригад ТЧЭ-4 Новосибирск в маневровом виде движения			*
9	Л	Разработка расписания движения и назначения пассажирских поездов при вводе графика движения	*	*	
10	НЗТер-3	Организация подачи, расстановки на места погрузки, выгрузки, ремонта и уборки вагонов на путях текущего отцепочного ремонта Новокузнецк-Восточный	*		
11	Омск-пригород	Визуальное информационное обеспечение пассажиров в электропоездах и на объектах инфраструктуры		*	

Развитие процессного подхода к управлению РЦКУ Западно-Сибирской железной дороги, безусловно, будет способствовать повышению качества обслуживания клиентов и повышению безопасности движения.

ВЫВОДЫ

1. Применение системного анализа эксплуатационной работы Западно-Сибирской железной дороги позволило обоснованно оценить динамику основных показателей работы в переходный период смены экономических формаций и констатировать восстановление объёмов грузооборота к 2015-му году, что свидетельствует о глубоком экономическом кризисе «перестройки».

2. Достигнутая стабилизация работы дороги по ряду показателей позволила выполнить прогноз сценариев развития сети Западно-Сибирской железной дороги, объемов перевозок грузов в соответствии с изменениями и дополнениями транспортной стратегии на период 2030 – 2035 гг. с учетом изменяющейся конъюнктуры международных перевозок.

3. Выполнен объектный анализ структуры Западно-Сибирской железной дороги, позволил уточнить границы районов управления в рамках реализации процессного подхода к формированию системы менеджмента.

4. Актуальными в этих условиях стали задачи повышения надежности организационно технологических процессов инфраструктурных объектов на транспорте и оценки влияния на них человеческого фактора.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ РАБОТУ ДОРОГИ

2.1 Человеческий фактор в технологических процессах железной дороги

Инфраструктурный комплекс дороги на данный момент после всех реорганизаций включает региональные дирекции инфраструктуры, дирекции по ремонту пути, тяги, вагонного хозяйства и некоторых других. Их назначение – обеспечить безотказную работу в условиях соблюдения ведомственных нормативов организации перевозок. Важным фактором в достижении этой цели является организационно технологическая надежность и надежность технических средств, под которой примем следующее определение:

«Организационно-технологическая надежность (ОТН) в нашей работе понимается как способность организационно-технологических структур быть устойчивыми к внешним воздействиям и достижению целей, выраженных комплексом показателей производственной деятельности, обеспечивающих безопасность движения.» [15]

В практической деятельности ведется статистика качественных и количественных показателей негативных событий. Главным из них являются показатели, влияющие на безопасность движения. Несмотря на современный уровень автоматизации производства до настоящего времени важным является человеческий фактор (ЧФ), определяющий уровень организации производства и, соответственно, организационно-технологическую надежность. С целью анализа причин возникновения негативных событий ежемесячно проводится факторный анализ, с помощью которого выявляются риски, значимость которых отмечается в карте рисков. Она разрабатывается по каждому подразделению с установлением рангов потенциально возможных рисков.

Мировой опыт свидетельствует о постоянном совершенствовании железнодорожной инфраструктуры в зависимости от развития технического и технологического состояния железных дорог, инновационных технических и организационных решений, ряда локальных особенностей каждой страны. Так, программа совершенствования железнодорожной инфраструктуры Чешской Республики предусматривает мероприятия по ее модернизации, которая реализуется в рамках четырех коридоров, обеспечивающих железнодорожную связь с Германией, Польшей и Австрией [81].

Французская республика плотную сеть общественного транспорта дополняет рельсовыми транспортными системами, соединяющими город с прилегающими регионами [44, 74]. Румыния направляет инвестиции на кардинальное изменение ситуации на железнодорожном транспорте страны. Таиланд рассматривает инвестиции в улучшение железнодорожной инфраструктуры как наиболее эффективного пути решения логистических проблем. Германия, как наиболее экономически развитая страна Евросоюза направляет свою деятельность на стабильный рост перевозок в поездах дальнего следования [82].

Вместе с тем, проблемы технической и организационно-технологической надежности производственных процессов железнодорожного транспорта остаются актуальными. Среди них значимой являются задачи оценки влияния отказов технических средств на задержки поездов и поиски технических и организационных решений по повышению эффективности транспортных систем. Статистическими исследованиями установлены значительные потери времени при выполнении производственных процессов, а, следовательно, и экономические потери, вызванные недостаточно эффективной организацией и влиянием человеческого фактора. Мероприятия по снижению влияния человеческого фактора носят разрозненный характер и направлены на ликвидацию негативных событий. Системный подход к их решению не удовлетворителен по причине недостаточно развитой методологии учета влияния и управления человеческим фактором.

В рамках инновационного развития экономики РФ все большее значение придается созданию безлюдных технологий. Не обошло это стремление к новизне и железные дороги России. Однако, сверхсложная железнодорожная система не в состоянии, да и нет в этом необходимости, полностью вывести человека из организационно-технологических процессов. Поэтому всегда будет присутствовать человеческий фактор, его влияние детально рассмотрено в [22, 25, 26, 81, 96]. Внимание к ЧФ не должно снижаться, а наоборот, необходим постоянный новый поиск путей его снижения на технологические процессы железной дороги, отражаемые в ежегодных отчетах дирекции инфраструктуры железной дороги.

Цифровизация экономики, создание цифровых моделей железной дороги, разработка и внедрение новой техники, инновационных технологий, совершенствование методов организации и управления, содержания и капитального ремонта инфраструктурных объектов не исключают негативных событий, возникающих в процессе человеческой деятельности. Техническое содержание сети железных дорог России требует больших экономических затрат, связанных с поддержанием надежности объектов инфраструктуры и обеспечением безопасности перевозочного процесса. Значимую роль в организации производственной деятельности и функционировании управленческих структур имеют бизнес-процессы, что и побудило железнодорожный транспорт к коренной перестройке. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года направлена на решение следующих государственных задач:

- формирование доступной и устойчивой транспортной системы как инфраструктурного базиса для обеспечения транспортной целостности, независимости и обороноспособности страны, социально-экономического роста российской экономики и создания условий для реализации конституционных прав граждан на свободу перемещения;
- снижение совокупных транспортных народно-хозяйственных издержек;
- интеграция в мировую транспортную систему;

- приведение уровня качества и безопасности перевозок в соответствие с требованиями населения и экономики и лучшими мировыми стандартами на основе технологического и технического «прорывного» развития железнодорожного транспорта;

- повышение инвестиционной привлекательности железнодорожного транспорта;

- поддержание социальной стабильности на железнодорожном транспорте;

- обеспечение прав граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду.

Решение этих задач привело к формированию новых функциональных вертикально-интегрированных структур с координирующей ролью региональных центров корпоративного управления (РЦКУ). Однако их становление потребовало разработки совокупности методов, применяемых в сфере деятельности.

Под методологией в настоящей работе автор понимает целенаправленную организационную деятельность человека ее упорядочение в целостную систему с четко определенными характеристиками, логической структурой и процессом ее осуществления с использованием совокупности системы принципов, правил, способов, моделей, алгоритмов и приемов, предназначенных для успешного решения поставленных задач.

Потенциальная возможность транспортного события должна оцениваться в современных условиях с учетом организационных недостатков, при которых скрытые процедурные или технические отказы в сочетании с ошибками и технологическими нарушениями эксплуатационного персонала в соответствии с моделью Ризона приводят к действиям в обход защитных мер. Изучению влияния человеческого фактора при эксплуатации и техническом обслуживании сложных технических систем посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых в различных областях деятельности: все виды транспорта, угольная промышленность, атомная энергетика, медицина [149]. Но сегодня сложные технические системы с двойным или даже в авиации тройным резервированием за

счет автоматизации части функций контроля и управления снижают нагрузку на оператора технического средства, одновременно повышая нагрузку и требования к техническим специалистам, обслуживающим данное техническое средство [141, 143]. Таким образом, рост сложности технических систем приводит к перераспределению ошибок от одной категории специалистов к другой. Это дает основание утверждать, что проблема учета влияния человеческого фактора на организационно-технологическую надежность производственных процессов инфраструктуры железных дорог, сформулированная в диссертации как разработка методического подхода к повышению эффективности организации производства за счет снижения влияния человеческого фактора на организационно-технологическую надежность производственных процессов инфраструктуры железных дорог является актуальной

Поэтому актуальной на ближайшую и долгосрочную перспективу остается проблема выявления и устранения влияния человеческого фактора, которое, несмотря на ряд комплексных мероприятий по его снижению, остается достаточно высоким, требующим научного осмысления и поиска организационно-технологических, технических и управленческих решений. В работе предложены гипотезы, способствующие формированию научных, практических и организационных подходов, снижающих человеческий фактор. Исследования выполнены на базе Западно-Сибирской железной дороги для отказов 1-й и 2-й категорий, вызванных ЧФ [137]. Установлены статистические связи между временем восстановления, количеством отказов технических средств и нарушениями технологических процессов. Сформулированы наиболее значимые направления повышения эффективности работы служб железной дороги, решение которых позволяет снизить потери времени и затраты на восстановление работоспособности технических средств.

В рамках инновационного развития экономики РФ все большее значение придается созданию безлюдных технологий. Не обошло это стремление к новизне и железные дороги России. Однако, сверхсложная железнодорожная система не в состоянии, да и нет в этом необходимости, полностью вывести человека из

организационно-технологических процессов. Поэтому всегда будет присутствовать человеческий фактор, внимание к которому не должно снижаться, а наоборот, необходим постоянный новый поиск путей уменьшения его влияния на технологические процессы железной дороги [22, 22, 136].

В работе обоснована целесообразность и необходимость выявления влияния человеческого фактора на состояние технических средств, технологий производственных процессов, оценку качества и времени восстановления работоспособности после отказов, их частоты и экономических издержек [72]. С целью выработки мероприятий по повышению эффективности оценки влияния ЧФ предложен методический подход, основанный на методах теории вероятности. Оценка отказов технических средств осуществлена по регионам и структурным подразделениям филиалов ОАО «Российские железные дороги» Западно-Сибирской железной дороги, накапливаемых в информационной системе КАСАНТ. Систематизирована информация по отказам, приведшим к задержкам поездов и нарушениям безопасности движения. Установлен характер причин отказов, анализ которых показал значительное их количество в грузовом движении приходящийся на 1-й регион, отличающийся высокой интенсивностью движения, пассажирских и пригородных – на 2-й регион и с наименьшим числом на полигоне 4-го региона. Выделены отказы, вызванные ЧФ, по виновным дирекциям инфраструктуры и путевых машин. Установлено, что ряд мероприятий по снижению ЧФ оказался эффективным и позволил на второй год исследований снизить задержки поездов на 30,8 % и время восстановления на 39,18 %.

Показано, что наибольшее количество отказов 1-й категории приходится на грузовой вагонный парк и устройства СЦБ.

Современное состояние технического парка железных дорог, степени механизации и автоматизации технических процессов ставит новые задачи выявления закономерностей влияния на них ЧФ, издержек и резервов роста производительности труда, исследование проблемы снижения влияния ЧФ за счет цифровизации технологических процессов, создания автоматизированных рабочих мест на базе современных средств вычислительной техники.

Современный подход к развитию инновационных технологий и цифровизации железных дорог предусматривает создание IT-продуктов, замещающих ручной труд, повышающих производительность труда, формирование новых профессий и компетенций [84, 85]. Однако на железнодорожном транспорте существует значительное число операций в технологических процессах различных структурных подразделений дирекций ОАО «РЖД», выполняемых людьми. Они востребованы при ликвидации отказов технических средств, анализе причин их возникновения, контроле качества, планировании и регулировании технологических процессов [22, 75, 87, 98]. В то же время они совершают ошибочные действия, нарушения нормативных сроков восстановления работоспособности технических средств и другое. Возникает проблема оценки и уменьшения влияния человеческого фактора на оценку предотказного состояния технических средств, выявления отказов, их анализ, принятие решений, в том числе возложению ответственности, восстановление работоспособного состояния, уменьшение экономических потерь [12, 103, 114, 125]. Ряд задач из приведенного перечня решен в работах [19, 21, 22, 25, 26, 96]. Вместе с тем динамичность и нестандартность процессов отказа технических средств и нарушений технологий требуют регулярной статистической обработки данных и постоянного профессионального сопровождения в форме процессного подхода к снижению материальных и экономических потерь.

Анализ влияния человеческого фактора на отказы технических средств и нарушения технологических процессов ведется в течение 4-х лет, что позволяет делать выводы об эффективности применяемых подходов к их снижению [44, 72].

Нами использована информация по отказам 1-й, 2-й категорий в системе КАСАНТ по регионам и структурным подразделениям. На ее основе сделана выборка отказов, приведших к задержкам поездов по регионам, с разделением по виновным дирекциям и железным дорогам. Статистика приведена в таблице 2.1.

Эти данные для удобства анализа представлены в виде гистограмм на рисунках 2.1, 2.2, 2.3.

Таблица 2.1 – Статистика случаев отказов технических средств 1-й и 2-й категорий за «Год 1», приведших к задержкам поездов

Регион, Подразделение сторонних, сервисных организаций	Всего	Приведшие к нарушениям безопасности движения			Приведшие к задержкам поездов			
		всего	событие по п.4	событие по п.5	всего	пассажирс -ких	грузовы х	пригород -ных
С разделением территориально по регионам								
РЕГ-1	1581	0	0	0	1581	189	1535	89
РЕГ-2	1281	0	0	0	1281	301	1227	181
РЕГ-3	894	0	0	0	894	140	850	75
РЕГ-4	861	0	0	0	861	64	805	88
ВСЕГО	4617	0	0	0	4617	694	4417	433
С разделением по виновным дирекциям центрального подчинения								
Итого по ДИ	994	0	0	0	994	235	895	184
НС	2	0	0	0	2	0	0	2
ТР	58	0	0	0	58	4	55	5
ДМВ	20	0	0	0	20	4	7	18
ДРП	18	0	0	0	18	3	17	3
ДКРЭ	2	0	0	0	2	1	2	2
Дирекция Т	61	0	0	0	61	9	59	4
В (СВЕРД, КРАС, В-СИБ, Д-ВОСТ, ПРИВ, ЗАБ)	57	0	0	0	57	10	57	4
М СВЕРД	1	0	0	0	1	0	1	0
ТР (СВЕРД, Ю-УР, КРАС)	21	0	0	0	21	2	21	0
ДПМ ОКТ	1	0	0	0	1	0	1	0
ДРП КРАС	1	0	0	0	1	0	1	0
НОД-4 Ю-УР	36	0	0	0	36	7	36	2
Дирекция Т (СВЕРД, Ю-УР, КБШ)	8	0	0	0	8	2	8	0
ИТОГО	1280	0	0	0	1280	277	1160	224
ИТОГО по ДЗО (имеющих право на расследование оповещения об ОТС в системе КАСАНТ)	585	14	1	13	583	75	574	33
Итого по сторонним организациям и прочим причинам (п.5.16 Положения)	2950	1	0	1	2950	384	2877	176
Итого по сервисным организациям	1366	0	0	0	1366	151	1335	74
прочие причины (п.5.16 Положения)	53	0	0	0	53	16	45	11
ВСЕГО	6234	15	1	14	6232	903	5991	518

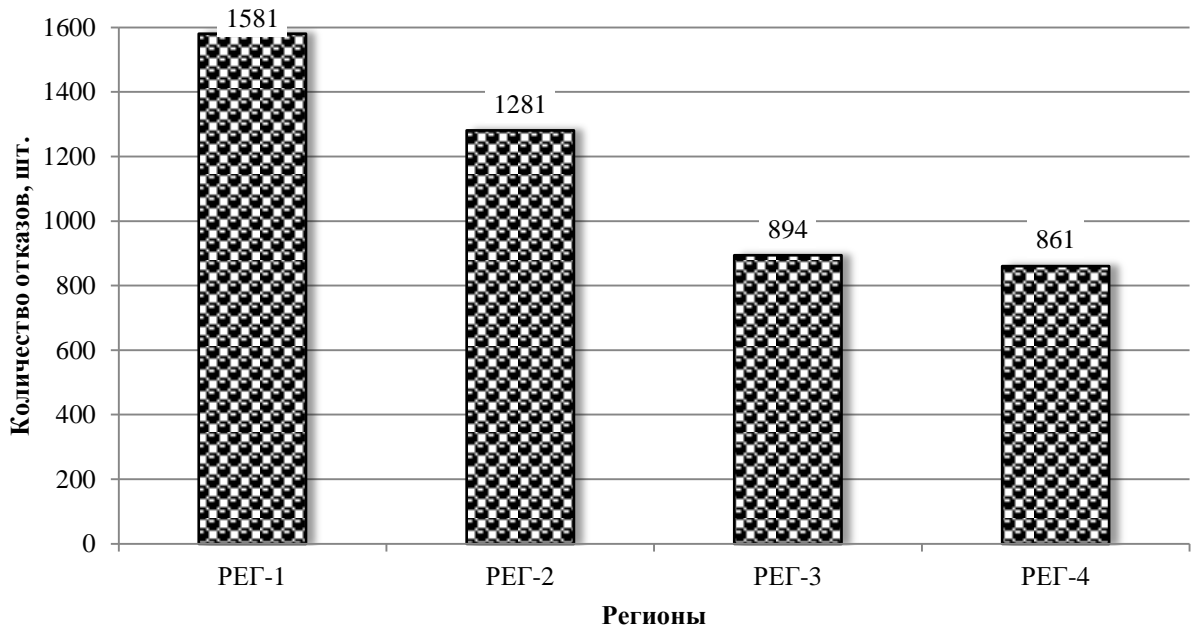


Рисунок 2.1 – Количество отказов технических средств 1-й и 2-й категорий, приведших к задержкам поездов, за «Год 1» с разделением по регионам

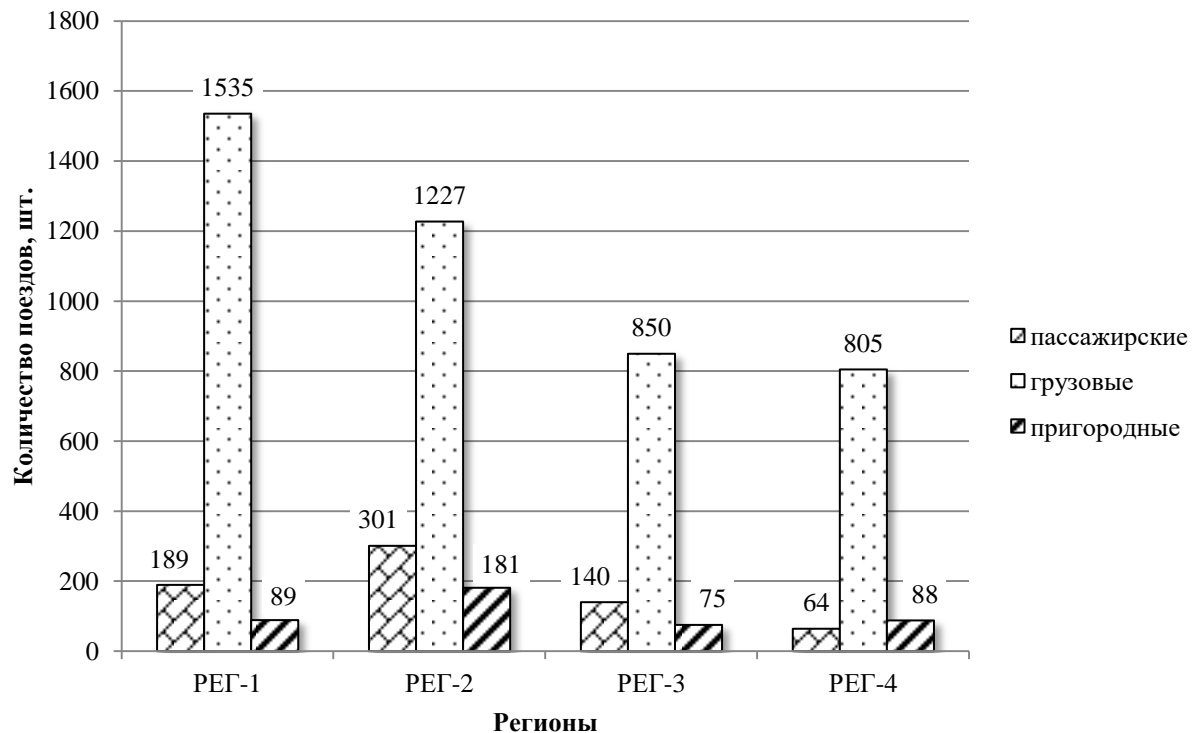


Рисунок 2.2 – Количество задержанных поездов вследствие отказов технических средств 1-й и 2-й категорий за «Год 1» с разделением по регионам

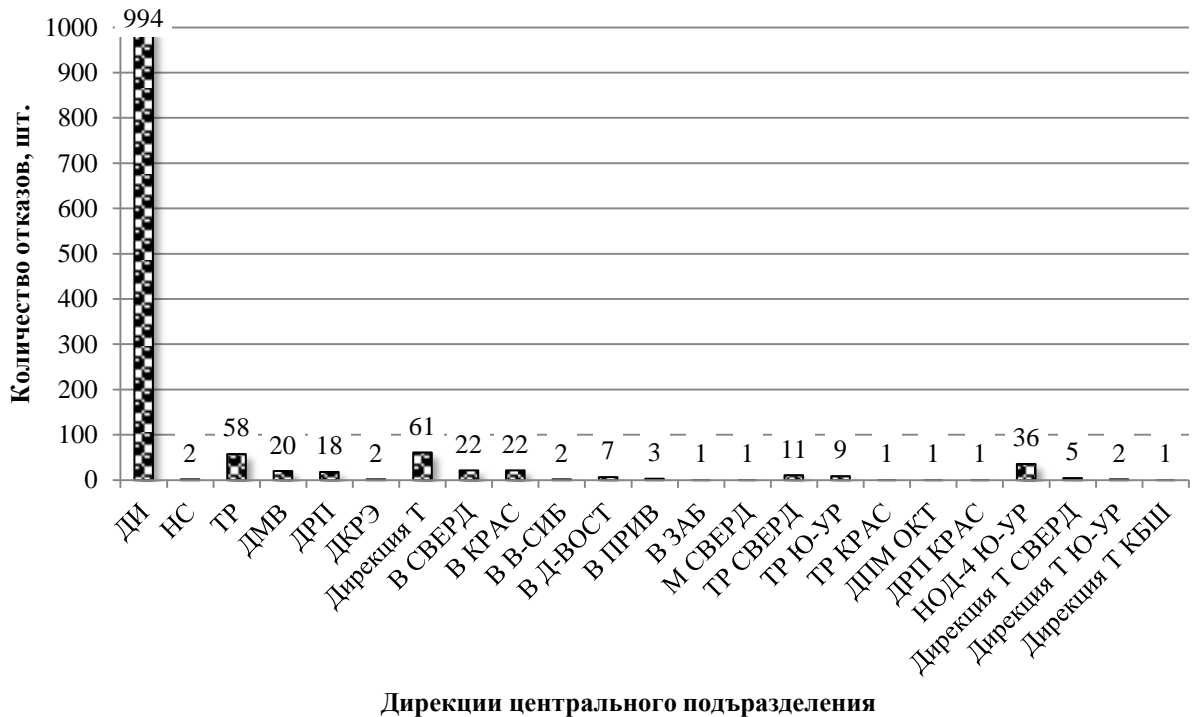


Рисунок 2.3 – Количество отказы технических средств 1-й и 2-й категорий, приведшие к задержкам поездов за «Год 1» с разделением по виновным дирекциям центрального подчинения

Нами учтены случаи отказов и нарушений по следующим причинам. Последствия: без последствий; задержка поезда; снижение перерабатывающей способности сортировочной горки; перерыв в работе сортировочной горки; срыв выполнения маневровой работы на станции; выполнение дополнительной маневровой работы; задержка отправления грузового поезда с технической станции; закрытие перегона (пути перегона) для движения; закрытие основных средств сигнализации и связи (АБ, ПАБ, ЭЖС); влияние на эксплуатационные показатели; прием и отправление поездов при запрещающих показаниях светофора; нарушение безопасности движения [1, 44, 99, 100, 111, 112, 133].

Характер причин: конструкционный; производственный при изготовлении; производственный при ремонте; производственный при монтаже (строительстве); производственный при испытаниях; эксплуатационный; деградационный; внешнее воздействие (несанкционированное вмешательство); внешнее воздействие (влияние погодных условий).

Анализ данных показывает, что наибольшее число случаев отказов и задержек приходится на грузовые поезда. В то же время наибольшее число задержек грузовых поездов приходится на регион 1, пассажирских и пригородных – на регион 2, наименьшее – на регион 4.

Вместе с тем эти данные не позволяют сделать вывод о степени «виновности» региона, так как наблюдаются случаи возникновения отказа или нарушения в работе технических средств на территории одного региона, а выявления их происходит в другом регионе. Каждый случай требует дополнительного исследования.

В [96] предложена классификация причин отказов технических средств, вызванных человеческим фактором. Воспользовавшись ею, нами выделены отказы, вызванные ЧФ. Они отражены на рисунке 2.4 и разделены на группы: расследованные, производственные при ремонте, эксплуатационные, с разделением по регионам, дирекциям, дочерним и зависимым обществам (ДЗО), сторонним организациям. Анализ влияния человеческого фактора на возникновение отказов в работе технических средств 1-й и 2-й категорий за «Год 1» с разделением по виновным дирекциям инфраструктуры и путевых машин приведен на рисунке 2.5.



Рисунок 2.4 – Анализ влияния человеческого фактора на возникновение отказов в работе технических средств 1-й и 2-й категории за «Год 1»

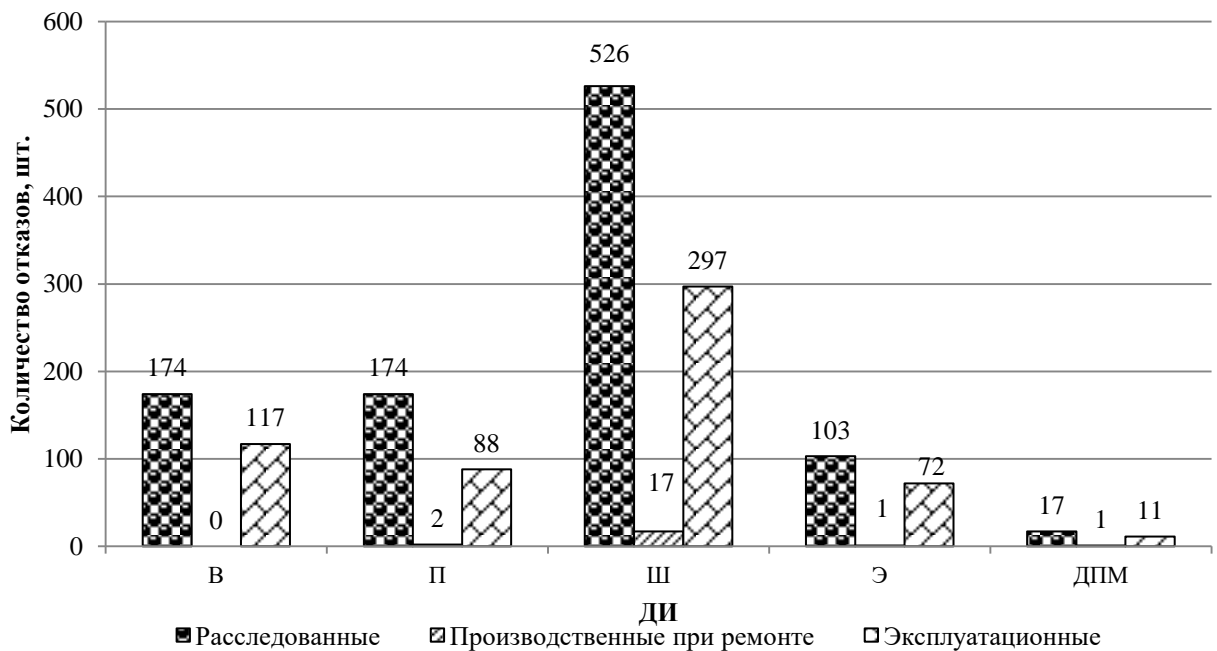


Рисунок 2.5 – Анализ влияния человеческого фактора на возникновение отказов в работе технических средств 1-й и 2-й категории за «Год 1» с разделением по виновным дирекций инфраструктуры и путевых машин

Аналогичная обработка отказов выполнена по данным за «Год 2». Сравнение за «Год 1» и «Год 2» приведены в таблице 2.2.

Анализ показывает, что за «Год 2» произошло снижение отказов, вызванных ЧФ по всем регионам на 29,2 %. Время восстановления снизилось на 1493 часа или 39,18 %. Наибольшее количество отказов и продолжительность наблюдалась на объектах 2-го региона, т.е. по первому региону за «Год 2» был реализован более эффективный комплекс мероприятий по снижению влияния ЧФ. Соответственно, за «Год 2» снизились задержки поездов на 30,8%.

Вместе с тем количество отказов, их продолжительность по ряду дочерних и сторонних организаций, работающих с дорогой на договорной основе, за «Год 2» выросли. Одним из выходов из такого положения является пересмотр договорных отношений (в части штрафных санкций и приемки их продукции по качеству).

Таблица 2.2 – Анализ отказов технических средств

Наименование отделения или службы/дирекции	Всего отказов 1-ой и 2-ой категории ед.		Продолжи- тельность, час		Приведшие к задержкам поездов						
					Пассажирских		Пригородных		Грузовых		
	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2	
С разделением территориально по регионам											
РЕГ-1	1117	679	1203,8	531,6	146	109	70	45	1076	655	
РЕГ-2	982	784	938,8	600,6	247	195	163	140	930	710	
РЕГ-3	740	538	672,4	555,6	127	111	73	63	696	499	
РЕГ-4	760	547	995,8	630,0	63	50	88	72	704	493	
ВСЕГО	3599	2548	3810,9	2317,9	583	465	394	320	3406	2357	
С разделением по виновным дирекциям центрального подчинения											
ДИ	В	174	113	116,6	89,4	28	12	14	5	172	112
	П	174	131	109,0	88,3	37	35	24	33	152	101
	Ш	526	413	368,0	309,7	126	99	110	85	464	348
	НЭЭ	103	76	91,2	74,9	40	29	32	25	92	69
	ДПМ	17	7	19,8	7,6	4	2	4	1	15	7
	Итого	994	740	704,9	570,0	235	177	184	149	895	637
НС	2	0	1,6	0,0	0	0	2	0	0	0	
ТР	58	23	48,1	14,1	4	4	5	2	55	21	
ДМВ	20	14	10,4	10,8	4	2	18	12	7	6	
ДРП	18	10	18,9	3,3	3	4	3	4	17	10	
ДКРЭ	2	1	3,3	0,4	1	0	2	1	2	1	
Дирекция Т	61	33	57,1	20,0	9	10	4	2	59	24	
ИТОГО	1155	821	844,5	618,9	256	197	218	170	1035	699	
С разделением по виновным ДЗО	604	554	695,7	454,3	65	73	38	38	592	551	
С разделением по виновности сторонних организаций	2306	1657	1832,4	1277,8	317	262	147	126	2240	1590	
С разделением по сервисным организациям	1098	660	1860,6	703,5	138	132	65	62	1067	605	
прочие причины (п.5.16 Положения)	53	0	50,9	0,0	16	0	11	0	45	0	
ВСЕГО	5216	3692	5284,2	3054,7	792	664	479	396	4979	3445	

Статистика свидетельствует о повышении эффективности проведенных за «Год 2» мероприятий по снижению отказов.

Количество отказов, вызванных ЧФ, и их продолжительность приведены в таблице 2.3.

В таблице 2.4 приведены результаты суммарной продолжительности отказов технических средств по объектам служб под влиянием человеческого

Таблица 2.3 – Анализ влияния человеческого фактора на возникновение отказов в работе технических средств 1-й и 2-й категории за «Год 2»

Наименование региона, дирекции	Всего расследовано	Производственный при ремонте									Эксплуатационный										
		Всего	несоответствие квалификации персонала	отсутствие необходимых знаний	несоответствие типовым требованиям	непредумышленные ошибочные действия	низкая трудовая дисциплина персонала	низкая исполнительская дисциплина персонала	несоответствие технической оснащенности	неудовлетворительное физическое состояние	Всего	несоответствие квалификации персонала	отсутствие необходимых знаний	несоответствие типовым требованиям	непредумышленные ошибочные действия	низкая трудовая дисциплина персонала	низкая исполнительская дисциплина персонала	несоответствие технической оснащенности	несоответст. численности эксплуатационного персонала	требованиям технологического процесса	неудовлетворительное физическое состояние
С разделением территориально по регионам																					
РЕГ-1	679	30	0	0	2	18	3	7	0	0	129	0	66	4	3	8	45	0	3	0	
РЕГ-2	784	32	2	0	1	17	6	6	0	0	120	2	68	8	2	3	34	0	0	3	
РЕГ-3	538	18	1	0	1	10	2	4	0	0	76	0	43	0	0	4	29	0	0	0	
РЕГ-4	547	17	0	0	1	12	3	1	0	0	87	1	31	2	0	10	43	0	0	0	
ВСЕГО	2548	97	3	0	5	57	14	18	0	0	412	3	208	14	5	25	151	0	3	3	
С разделением по виновным дирекциям центрального подчинения																					
ДИ	В	113	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0	7	0	2	6	61	0	0	0	
	П	131	0	0	0	0	0	0	0	0	73	1	30	4	1	8	23	0	3	3	
	Ш	413	11	0	0	0	11	0	0	0	196	0	137	4	1	1	53	0	0	0	
	НЭЭ	76	2	0	0	1	1	0	0	0	54	1	19	4	0	10	20	0	0	0	
	ДПМ	7	1	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0	1	1	0	3	0	0	0	
Итого	740	14	0	0	2	12	0	0	0	0	404	2	193	13	5	25	160	0	3	3	
ТР	23	11	1	0	0	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ДМВ	14	11	0	0	1	3	4	3	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
ДРП	10	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	
ДКРЭ	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Дирекция Т	33	1	0	0	0	1	0	0	0	0	12	1	9	0	0	2	0	0	0	0	
ИТОГО	821	41	1	0	3	28	5	4	0	0	421	3	205	14	6	27	160	0	3	3	
С разделением по виновным ДЗО (имеющих право на расследование оповещения об ОТС в системе КАС АНТ)																					
ФПК	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
ВРК-1	279	197	5	1	7	149	6	29	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
ВРК-2	50	39	0	0	3	2	9	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВРК-3	222	106	12	0	11	39	29	15	0	0	8	1	6	0	1	0	0	0	0	0	
ИТОГО	554	343	17	1	21	190	44	69	1	0	11	1	6	0	1	0	2	0	1	0	
С разделением по сторонним организациям																					
С разделением по сервисным организациям	660	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ВСЕГО	3692	384	18	1	24	218	49	73	1	0	432	4	211	14	7	27	162	0	4	3	

Таблица 2.4 – Суммарная продолжительность отказов технических средств по объектам служб под влиянием человеческого фактора за «Год 1».

Характер технических средств	отказы 1й категории			отказы 2й категории			Всего		
	кол-во отказов	время отказа мин.	Общая задержка, мин.	кол-во отказов	время отказа мин.	Общая задержка, мин.	кол-во отказов	время отказа мин.	Общая задержка, мин.
Грузовой вагон	109	6783	39645	145	4593	12453	254	11376	52098
Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики	35	2502	12460	336	11770	24766	371	14272	37226
Контактная сеть	21	1603	11063	18	525	1004	39	2128	12067
Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	25	1706	7754	36	984	2971	61	2690	10725
Путь	5	423	6308	11	422	998	16	845	7306
Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива, МВПС	6	353	3322	4	151	650	10	504	3972
Линии СЦБ (АБ)	3	373	964	8	370	709	11	743	1673
Специальный самоходный подвижной состав	6	521	2485	6	172	434	12	693	2919
Пассажирский вагон				7	180	451	7	180	451
Приборы безопасности локомотива, МВПС	4	501	625	3	115	116	7	616	741
Экипажная часть и механическое оборудование локомотива, МВПС				4	66	238	4	66	238
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива, МВПС				3	74	353	3	74	353
Стрелочные переводы	1	151	277	5	129	292	6	280	569
Радиосвязь	1	117	127	2	71	150	3	188	277
Устройства ДИСК/КТСМ				1	27	96	1	27	96
Устройства УКСПС	3	134	335	3	110	307	6	244	642
Земляное полотно	1	118	495				1	118	495
Дизель и дизельное оборудование локомотива, МВПС	1	99	71				1	99	71
Системы автоматического управления режимами тяги и торможения, электронное оборудование локомотива				1	36	160	1	36	160
ИТОГО:	221	15384	85931	592	19795	46148	813	35179	132079

фактора за «Год 1». Проанализировав данные можно выделить следующее: наибольшее количество отказов 1-й категории происходит по причине отказов грузовых вагонов (109 шт.), при этом общая задержка грузовых поездов составляет 39645 мин. По отказам 2-й категории наибольшее количество и время наблюдается по устройствам СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики (336 шт.) 24766 мин.

На рисунке 2.6 приведена суммарная продолжительность отказов технических средств по объектам служб под влиянием человеческого фактора за «Год 2». Анализ данных показывает, что наибольшее количество отказов 1-й категории происходит по причине отказов грузовых вагонов (246 шт.), при этом общая задержка грузовых поездов составляет 81238 мин. По отказам 2-й категории так же наибольшее количество и время наблюдается по устройствам СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики (249 шт.) 17757 мин

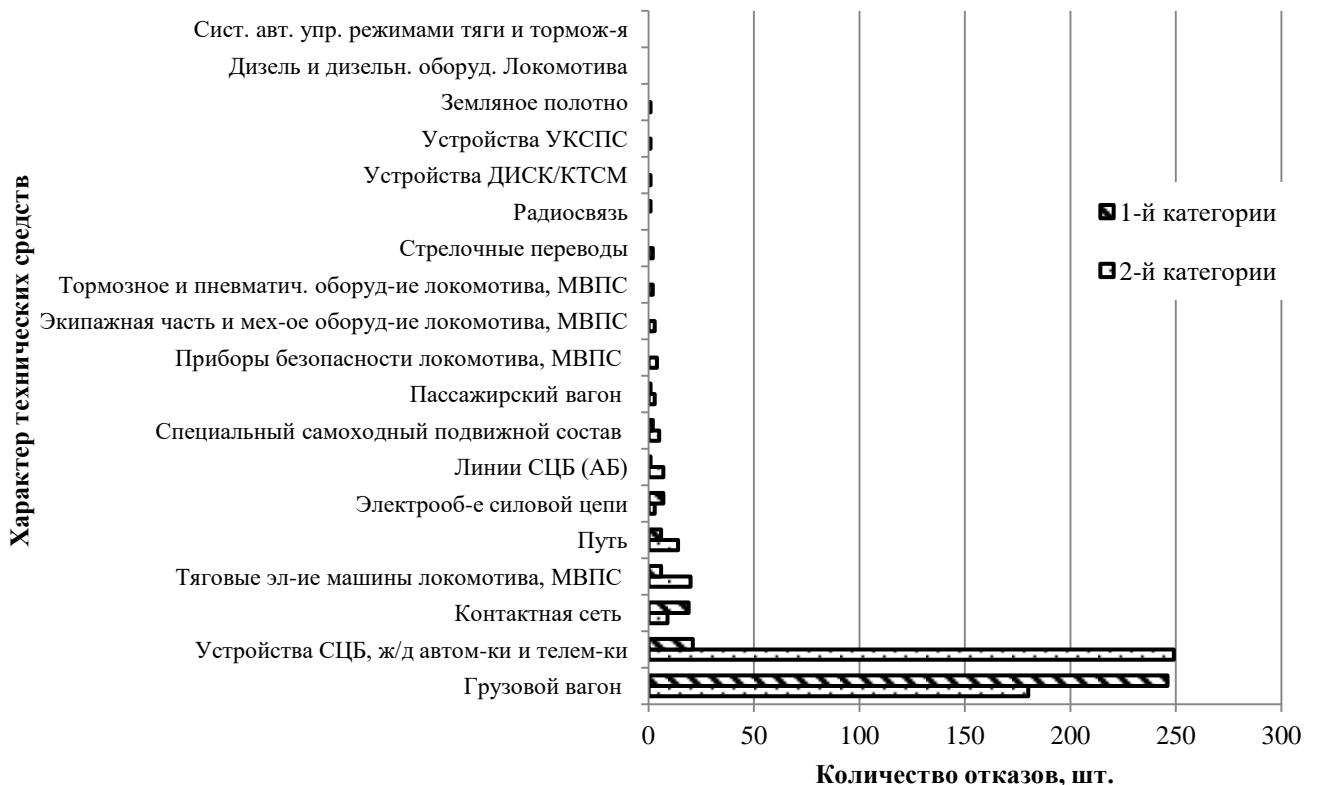


Рисунок 2.6 – Суммарная продолжительность отказов технических средств по объектам служб под влиянием человеческого фактора за «Год 2»

Суммарная продолжительность отказов технических средств, вызванных ЧФ, по объектам служб с наибольшим количеством за «Год 2» приведена на рисунке 2.7.

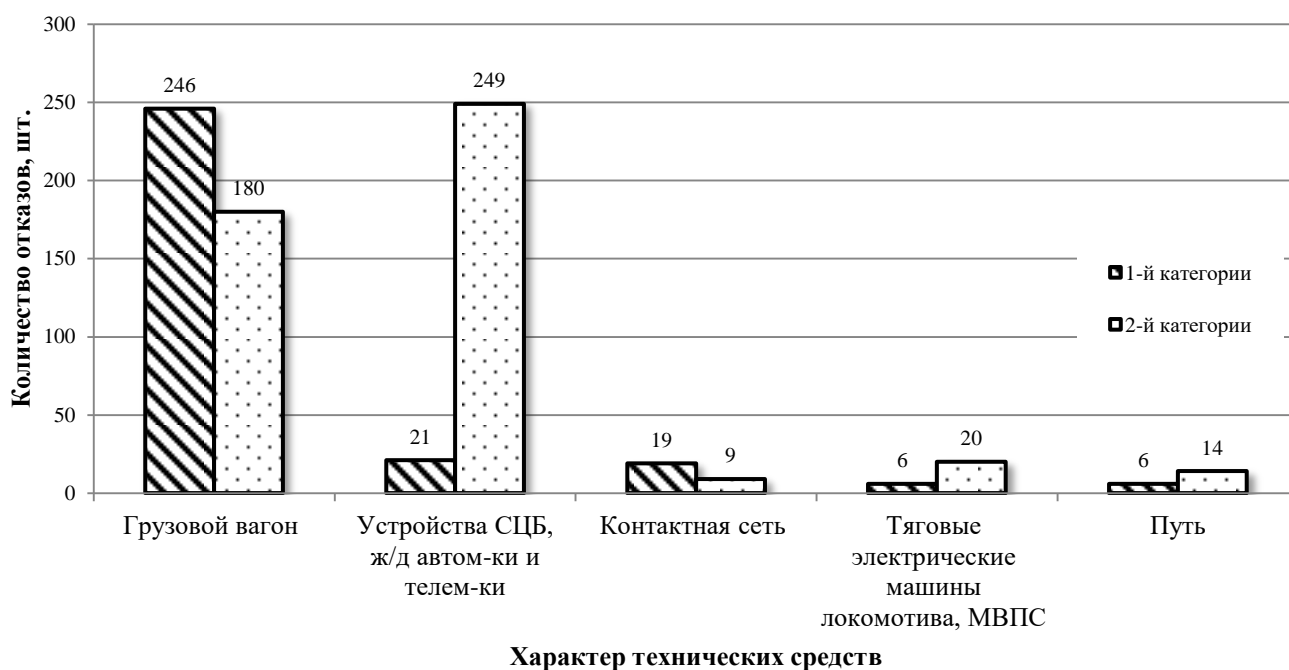


Рисунок 2.7 – Суммарная продолжительность отказов технических средств по некоторым объектам служб под влиянием человеческого фактора за «Год 2»

Принятые меры по снижению влияния ЧФ позволили сократить продолжительность «окон» при капитальном ремонте пути и снизить время задержки поездов, связанное с экономическими потерями.

Сложные технологические процессы на железнодорожном транспорте, большое количество разнородных технических средств по службам, качество изготовления и приемки деталей и узлов для ремонтных работ, квалификация исполнителей и ряд других факторов не позволяют надеяться на исключение влияния ЧФ. Вместе с тем, изучаемые причины отказов, их количество, время восстановления позволяют выработать объективно обоснованные мероприятия по снижению влияния ЧФ, а, следовательно, и сокращению издержек, что способствует росту производительности труда в целом на железнодорожном транспорте.

2.2 Состояние, показатели и критерии оценки человеческого фактора в структуре отказов технических средств инфраструктурного комплекса железной дороги.

Службой пути регулярно проводится анализ причин негативных событий по показателям организационно-технологической надежности. Так, среди причин невыполнения балловой оценки станционных путей как основного результирующего показателя, а также ряда других показателей работы службы пути относится человеческий фактор в различных его проявлениях, составляющий значительную долю в общем количестве отказов.

Мероприятия, намечаемые службой пути по устранению отказов технических средств по всей совокупности, безусловно, способствуют повышению организационно-технологической надежности производственных процессов. Вместе с тем, количественной оценки этих мероприятий не дается, и человеческий фактор выделяется из общего количества причин на качественном уровне.

Проблемы управления человеческим фактором на железнодорожном транспорте исследовались Гапановичем В. А., Замышляевым А. М., Катцыным Д. В., и другими исследователями [28-31, 33, 43, 98]. Авторами исследованы количественные характеристики влияния ЧФ на отказы технических средств в инфраструктурном комплексе железной дороги и их прогнозирования на плановый период.

Для выполнения исследований были сформулированы гипотезы, представленные в виде научных принципов [96, 137].

Гипотеза 1. Основополагающими факторами повышения организационно-технологической надежности производственных процессов содержания и ремонта железной дороги являются создание условий труда сотрудникам производственных структур, их обучение коллективным и индивидуальным приемам выполнения технологического процесса, методам и способам

обнаружения и предотвращения ошибок, направленных на повышение навыков персонала, прогнозирование потенциально возможных рисков и последующего их устранения.

Гипотеза 2. Воспроизводимость результатов отказов и процессов восстановления методами математического и статистического моделирования обеспечивают качественное оперативное планирование организационно-технологической надежности железных дорог.

Гипотеза 3. Снижение влияния человеческого фактора, определяющего количество отказов технических средств, позволяет оптимизировать удельные расходы на техническое обслуживание объектов инфраструктуры и повышать доходность от перевозок.

Гипотеза 4. Повышение конкурентоспособности и рентабельности ОАО «РЖД» достигается системными изменениями на сети железных дорог, реализующими концепцию управления человеческим фактором в организации производства.

Исходную статистическую информацию по отказам технических средств, вызванных ЧФ, можно получить ручным способом или используя систему КАСАНТ. Методом экспертных оценок были сформулированы основные положения, определяющие ЧФ. В связи с тем, что первоначальный выбор наличия в отказе технического средства человеческого фактора осуществляет лицо, обладающее ограниченной квалификацией, с целью повышения достоверности данных на первом этапе было принято 6 позиций.

При выполнении исследований на Западно-Сибирской железной дороге мы предложили акт служебного расследования дополнить графой: «человеческий фактор», в которой необходимо указывать «да» или «нет». При выборе варианта «да» ответственные в структурных подразделениях ставили код фактора, что позволило в дальнейшем выполнить их статистическую обработку и построить математические модели с учетом анализа Европейской, Японской, Североамериканской, Китайской моделей управления человеческим фактором.

Статистические сведения об отказах технических средств, продолжительности восстановления их работоспособности и задержки поездов позволили разработать корреляционно-регрессионные модели, позволяющие прогнозировать отказы, вызванные ЧФ, их продолжительность по 1-й и 2-й категориям.

Статистическая связь между временем восстановления и количеством отказов технических средств объясняется организацией ремонтных работ. Стремясь устранить отказ в допустимый срок, исполнитель или бригада не всегда качественно выполняют необходимые операции, тем самым способствуя повторению отказа, т.е. увеличению их числа. И наоборот, превышая допустимое время восстановления, исполнители не успевают своевременно устранить все возникшие отказы.

Мониторинг железнодорожного пути и его элементов позволил установить ряд отказов технических средств и нарушений технологических процессов [26, 85, 87, 96, 97, 110, 111, 137]. Среди них встречаются и подлежат ликвидации:

- недостаточное количество сервисных групп для проведения технического обслуживания и оперативного ремонта машин на линии;
- отсутствие строгого соответствия с положением о планово-предупредительных ремонтах в зависимости от наработки техники из-за некачественного планирования ремонта;
- несоблюдение графика технического обслуживания и ремонта;
- нарушение порядка передачи в ремонт и приемку из ремонта техники;
- отсутствие оперативности в проведении рекламационной работы с ремонтными предприятиями.

Нарушения сроков производства работ вызывают следующие факторы:

- неудовлетворительная подготовка и организация работ;
- поломки путевой техники, несвоевременная поставка материалов ВСП;
- недостаточно тщательное планирование работ с участием руководителей предприятий, дирекции по ремонту пути, управления движением и причастными службами;

– недостаточно высокое качество ремонтно-путевых работ.

Такой анализ позволил разработать модель технологии сплошной смены рельсов новыми при выполнении среднего ремонта пути. Предложена процессная модель, включающая в себя восемь крупных этапов: рыхление балласта; очистка щебеночного балласта; подъемка пути; выгрузка нового щебеночного балласта; выправка пути и отделка балластной призмы; выгрузка рельсовых плетей; замена дефектных креплений и рельсовых плетей; приемка ремонтных работ.

Во все этапы модели включены «ворота качества», с помощью которых на основе нормативных документов контролируются основные параметры и при несоответствии хотя бы по одному из критериев работа не принимается [100, 103, 137]. Аналогичные работы выполнены по инфраструктурным объектам, состав которых приведен в таблице 2.5. Их учет производится в системе КАСАНТ в соответствии с положением о порядке учета [87, 98] и методика обработки данных, предложенных в [13, 97].

Таблица 2.5 - Состав инфраструктурных объектов

№ п/п	Инфраструктурные объекты
1	Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики
2	Грузовой вагон
3	Тяговые электрические машины локомотива, МВПС
4	Контактная сеть
5	Путь
6	Специальный самоходный подвижной состав
7	Линии СЦБ (АБ)
8	Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива, МВПС
9	Приборы безопасности локомотива, МВПС
10	Пассажирский вагон
11	Стрелочные переводы
12	Устройства УКСПС
13	Экипажная часть и механическое оборудование локомотива, МВПС
14	Радиосвязь
15	Тормозное и пневматическое оборудование локомотива, МВПС
16	Земляное полотно
17	Дизель и дизельное оборудование локомотива, МВПС
18	Системы автоматического управления режимами тяги и торможения, электронное оборудование локомотива

На рисунках 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 приведены отказы 1-й и 2-й категорий инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора, а так же их продолжительность по времени.

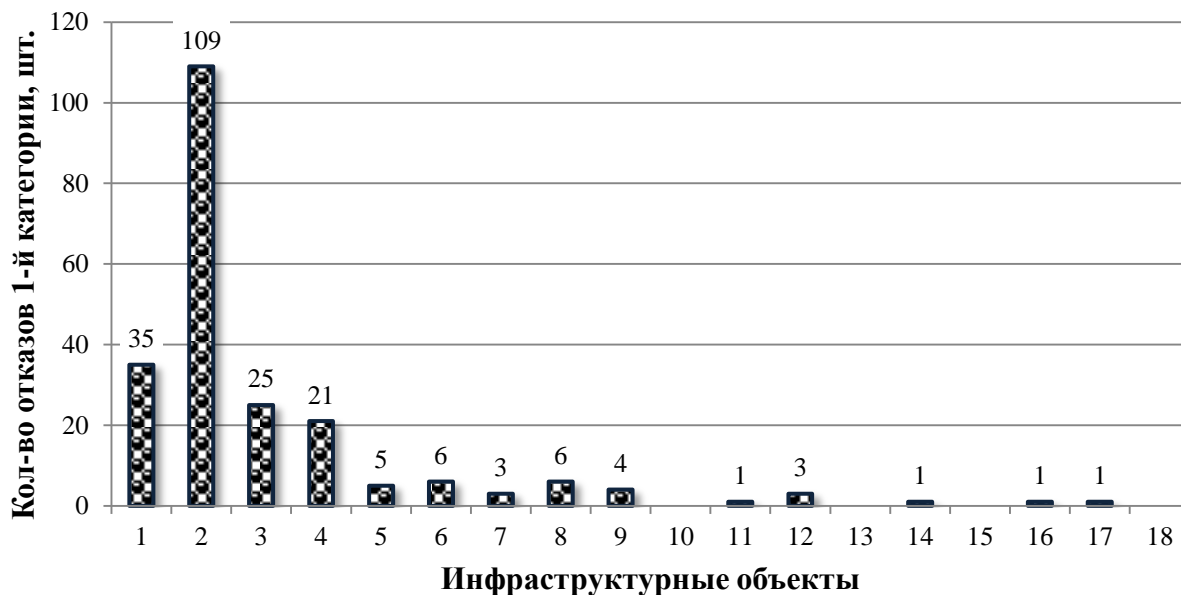


Рисунок 2.8 – Отказы 1-й категории инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора за «Год 1»



Рисунок 2.9 – Продолжительность отказов 1-й категории инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора за «Год 1»



Рисунок 2.10 – Отказы 2-й категории инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора за «Год 1»



Рисунок 2.11 – Продолжительность отказов 2-й категории инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора за «Год 1»

Такой анализ позволяет планировать задачи контроля, сроков и качества выработки управляющих воздействий, а также контроля над их исполнением, документальный учет реализации принятых решений, упрощать структуры организации, мотивировать исполнителей.

Анализ отказов технических средств с учетом влияния человеческого фактора позволяет ставить задачи, направленные на повышение эффективности работы служб железной дороги по критериям минимизации времени и затрат на восстановление [99, 110, 111, 114, 125, 137]. К наиболее значимым относятся:

- содержание пути;

- обеспечение качества технической эксплуатации средств ЖАТ;
- выполнение целевых показателей по безопасности движения поездов: по допустимому числу нарушений безопасности движения; по допустимому числу отказов технических средств;
- выполнение целевых задач инвестиционного бюджета в соответствии с утвержденными параметрами;
- освоение программы капитального ремонта объектов инфраструктуры;
- реализация программы по повышению производительности труда;
- эффективное использование трудовых ресурсов;
- исполнение целевых параметров в рамках плана расходования бюджетных средств по перевозочным видам деятельности;
- выполнение показателей по прочим видам деятельности;
- обеспечение выполнения плана повышения квалификации работников, состоящих в списках кадрового резерва по программе подготовки резерва;
- обеспечение повышения эффективности работы в части качественного подбора и расстановки руководящих кадров, формированию резерва кадров на основе эффективного использования кадрового потенциала.

Снижение потерь времени из-за своевременного устранения негативных событий, вызванных человеческим фактором при выполнении технологических процессов, позволяет уменьшить производственные затраты и повысить безопасность движения.

2.3 Оценка отказов технических средств на задержку поездов по инфраструктурным объектам с наибольшим влиянием человеческого фактора

Мониторинг железнодорожного пути и его элементов позволил установить ряд отказов технических средств и нарушений технологических процессов [13, 25, 27, 110, 133]. Среди них встречаются и подлежат ликвидации:

- недостаточное количество сервисных групп – для проведения технического обслуживания и оперативного ремонта машин на линии;
- отсутствие строгого соответствия с положением о ППР в зависимости от наработки техники из-за некачественного планирования ремонта;
- несоблюдение графика технического обслуживания и ремонта;
- нарушение порядка передачи в ремонт и приемку из ремонта техники;
- отсутствие оперативности в проведении рекламационной работы с ремонтными предприятиями.

К показателям влияния ЧФ так же относятся:

- нарушения сроков производства работ;
- неудовлетворительная подготовка и организация работ;
- поломки путевой техники, несвоевременная поставка материалов ВСП;
- недостаточно тщательное планирование работ с участием руководителей предприятий, дирекции по ремонту пути, управления движением и причастными службами;
- недостаточно высокое качество ремонтно-путевых работ.

На рисунке 2.12 приведены отказы 1-й и 2-й категорий инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора, а так же их продолжительность по времени. Состав инфраструктурных объектов приведен в таблице 2.5.

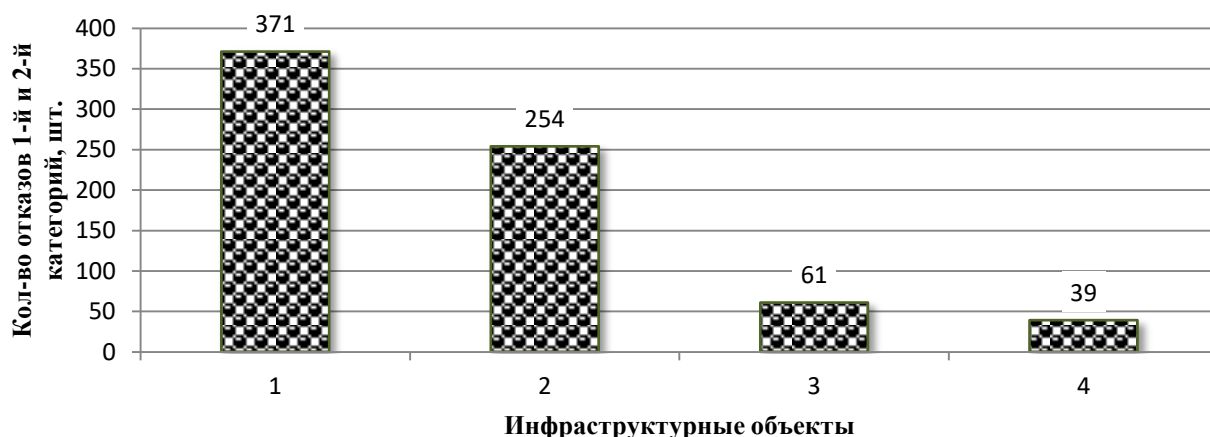


Рисунок 2.12 – Отказы 1-й и 2-й категорий инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора за «Год»

Наибольшее количество отказов, по причине влияния ЧФ наблюдается по устройствам СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики. Продолжительность отказов, равная времени восстановления, также свидетельствует о серьезных проблемах влияния ЧФ в тех же самых подразделениях, что показано на рисунке 2.13.



Рисунок 2.13 – Продолжительность отказов 2-й категории инфраструктурных объектов служб под влиянием человеческого фактора за «Год»

Анализ отказов технических средств с учетом влияния человеческого фактора позволяет ставить задачи, направленные на повышение эффективности работы служб железной дороги [13, 72, 99, 125]. К наиболее значимым относятся:

- содержание пути;
- обеспечение качества технической эксплуатации средств ЖАТ;
- выполнение целевых показателей по безопасности движения поездов:
 - по допустимому числу нарушений безопасности движения;
 - по допустимому числу отказов технических средств;
- выполнение целевых задач инвестиционного бюджета в соответствии с утвержденными параметрами;
- освоение программы капитального ремонта объектов инфраструктуры;
- реализация программы по повышению производительности труда;
- эффективное использование трудовых ресурсов;

- исполнение целевых параметров в рамках плана расходования бюджетных средств по перевозочным видам деятельности;
- выполнение показателей по прочим видам деятельности;
- обеспечение выполнения плана повышения квалификации работников, состоящих в списках кадрового резерва по программе подготовки резерва;
- обеспечения повышения эффективности работы в части качественного подбора и расстановки руководящих кадров, формированию резерва кадров на основе эффективного использования кадрового потенциала.

ОАО «РЖД» разработаны ставки затрат по укрупненным группам на их устранение технических средств 1-й и 2-й категорий, зафиксированных в системе КАСАНТ, отказов. Они используются для расчета ущерба понесенного в результате отказов технических средств, в том числе транспортных происшествий и иных связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта событий. Для этой цели используются методические рекомендации, утвержденные и введенные в действие 01.10.2015 г. Вместе с тем они не отражают вероятностный характер случайных отказов технических средств и не дают возможности прогнозировать дополнительные затраты на предстоящий плановый период. Поэтому нами выполнены расчеты вероятности продолжительности отказов 1-й и 2-й категорий, вызванных человеческим фактором, и получены статистические зависимости времени задержки поездов от продолжительности отказов. В качестве примера, на рисунках 2.14 – 2.16 приведены вероятность продолжительности отказов 1-й категории контактной сети до восстановления, вызванных человеческим фактором, плотность возникновения потенциальных отказов и вероятность того, что риск возникновения отказов 1-й категории контактной сети, вызванных человеческим фактором, не превысит заданной продолжительности до восстановления.

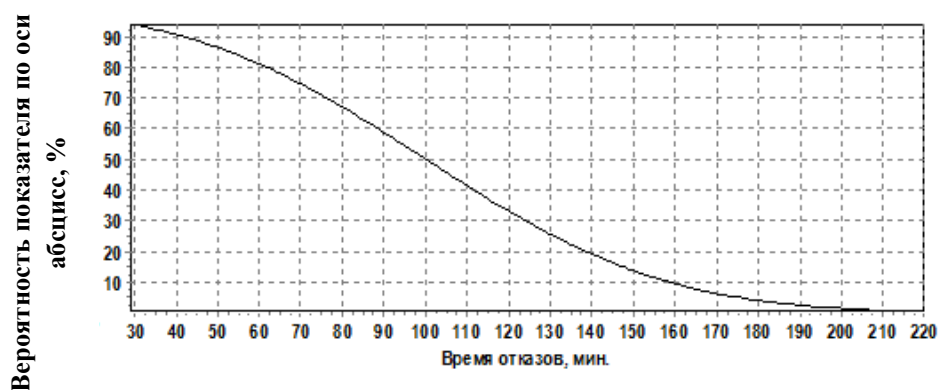


Рисунок 2.14 – Вероятность продолжительности отказов 1-й категории контактной сети до восстановления, вызванных человеческим фактором

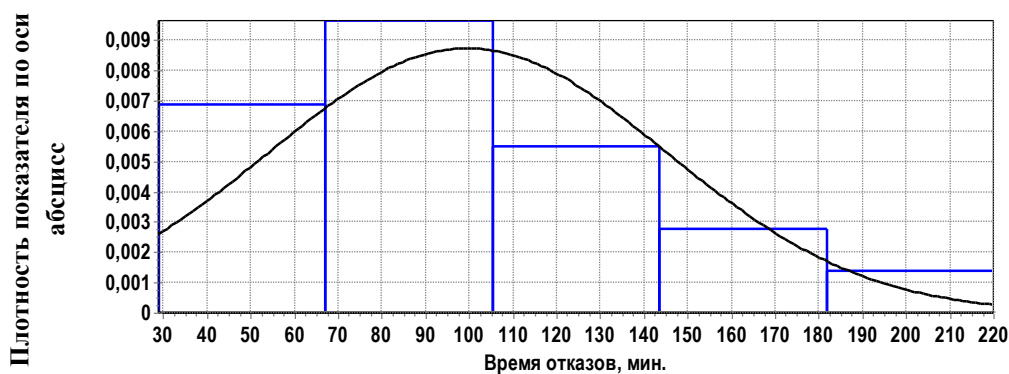


Рисунок 2.15 – Плотность отказов 1-й категории контактной сети, вызванных человеческим фактором

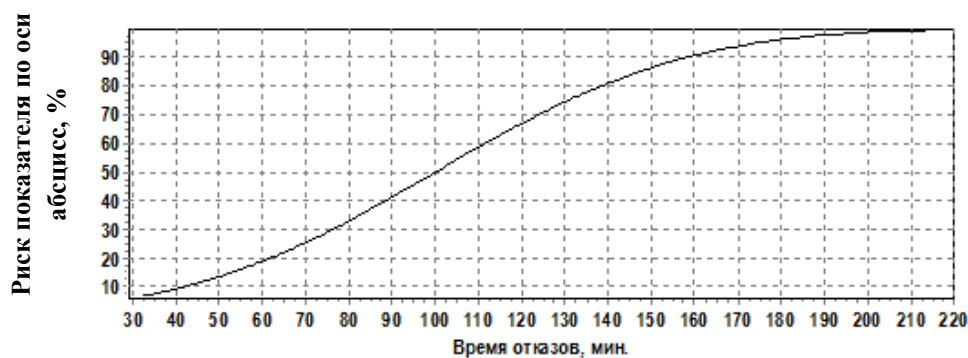


Рисунок 2.16 – Вероятность того, что риск возникновения отказов 1-й категории контактной сети, вызванных человеческим фактором, не превысит заданной продолжительности до восстановления

Исходные данные и результаты статистического моделирования [61, 62, 96] приведены в таблицах 2.6 и 2.7, а так же в приложении А.

Таблица 2.6 – Показатели выборки случайной величины для отказов 1-й категории контактной сети

Наименование показателя	Величина
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ	
Количество опытов, шт.	19
Уровень значимости	0.05
Фактор	Br.otk.
ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	
Минимальное значение фактора	29.00
Максимальное значение фактора	220.00
Размах вариации	191.00
Центральный момент первого порядка	2.9216E-0018
Центральный момент второго порядка	2087.42
Центральный момент третьего порядка	80591.83
Центральный момент четвертого порядка	15815681.18
Мода	82.48
Медиана	81.53
Асимметрия выборки	0.845039
Эксцесс выборки	0.629685
Выборочное среднее значение фактора	100.05
Среднее квадратическое отклонение фактора	45.688
Стандартное отклонение фактора	46.940
Средняя квадратическая ошибка фактора	10.77
Ошибка в % от среднего значения фактора	10.76
Эмпирическая дисперсия выборки	2203.386
Вариации отклонения от среднего значения	1152.988
Риск отклонения от среднего значения	33.956
Коэффициент вариации	45.66
Нормальное распределение	
Вычисленное значение критерия Пирсона	0.043
Табличное значение критерия Пирсона	6.041
Критерий согласия Колмогорова-Смирнова	0.388
Критическое значение критерия согласия К-С	1.360
Количество диапазонов, шт.	5
Количество связей, шт.	3
Количество степеней свободы, шт.	2
Логарифмически нормальное распределение	
Вычисленное значение критерия Пирсона	1.33863312859E+0059
Табличное значение критерия Пирсона	6.041
Критерий согласия Колмогорова-Смирнова	3.319
Критическое значение критерия согласия К-С	1.360
Количество диапазонов, шт.	5
Количество связей, шт.	3
Количество степеней свободы, шт.	2
Распределение Вейбулла	
Вычисленное значение критерия Пирсона	1136.320
Табличное значение критерия Пирсона	6.041
Критерий согласия Колмогорова-Смирнова	0.801
Критическое значение критерия согласия К-С	1.360
Количество диапазонов, шт.	5
Количество связей, шт.	3
Количество степеней свободы, шт.	2
Параметр a	0.000000
Параметр b	108.97

Таблица 2.7 – Нормальное распределение для отказов 1-й категории контактной сети

Диапазон	Граница		Частота эмпирическая	Частота теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	29.00000	67.20000	0.263158	0.242000	0.006889
2	67.20000	105.40000	0.368421	0.303348	0.009645
3	105.40000	143.60000	0.210526	0.277875	0.005511
4	143.60000	181.80000	0.105263	0.135980	0.002756
5	181.80000	220.00000	0.052632	0.040796	0.001378
Итого:			1.000000	1.000000	

Линейные и логарифмические статистические модели зависимости времени задержки поездов (Y) и продолжительности отказов 1-й, 2-й категорий конструктивных элементов и технических средств, вызванных влиянием человеческого фактора до момента восстановления [13] представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Сводная таблица статистических моделей зависимости времени задержки поездов (Y) и продолжительности отказов 1-й, 2-й категорий конструктивных элементов и технических средств, вызванных влиянием человеческого фактора до момента восстановления

Объекты	Отказы	Линейная	Логарифмическая
Контактная сеть	1-й категории	$y = 5,5176x + 466,26$ $R^2 = 0,9248$	$y = 1976\ln(x) - 8322,8$ $R^2 = 0,8762$
	2-й категории	$y = 2,0989x - 21,845$ $R^2 = 0,9539$	$y = 258\ln(x) - 940,44$ $R^2 = 0,9995$
	Всего	$y = 5,0996x + 318,48$ $R^2 = 0,9754$	$y = 2069,9\ln(x) - 9116,5$ $R^2 = 0,8554$
Устройства СЦБ, ж.д. автоматики и телемеханики	1-й категории	$y = 3,5294x + 45,637$ $R^2 = 0,9957$	$y = 1609,4\ln(x) - 7322,2$ $R^2 = 0,9732$
	2-й категории	$y = 1,857x + 76,908$ $R^2 = 0,9996$	$y = 1551,4\ln(x) - 5536,9$ $R^2 = 0,7952$
	Всего	$y = 2,1266x + 79,668$ $R^2 = 0,9993$	$y = 1989,1\ln(x) - 7213,9$ $R^2 = 0,75$
Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	1-й категории	$y = 4,8389x - 325,96$ $R^2 = 0,9786$	$y = 944,35\ln(x) - 4201,7$ $R^2 = 0,9504$
	2-й категории	$y = 1,2893x + 110,22$ $R^2 = 0,4105$	$y = 204,41\ln(x) - 678,59$ $R^2 = 0,4694$
	Всего	$y = 2,7834x - 89,83$ $R^2 = 0,8006$	$y = 605,68\ln(x) - 2488,5$ $R^2 = 0,6519$
Грузовой вагон	1-й категории	$y = 6,5684x - 2513,9$ $R^2 = 0,9593$	$y = 5339,9\ln(x) - 23628$ $R^2 = 0,4833$
	2-й категории	$y = 1,4288x + 548,79$ $R^2 = 0,8168$	$y = 1032,2\ln(x) - 3495,4$ $R^2 = 0,7309$
	Всего	$y = 4,5382x - 715,75$ $R^2 = 0,9981$	$y = 4876,3\ln(x) - 18930$ $R^2 = 0,4997$

На рисунках 2.17 – 2.20 приведены данные о суммарной продолжительности отказов устройств СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики

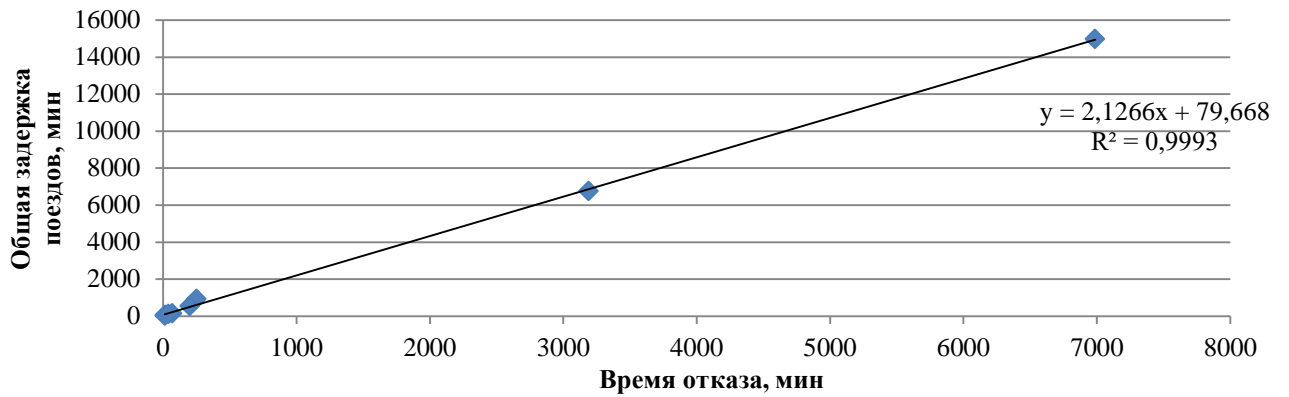


Рисунок 2.17 – Линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств

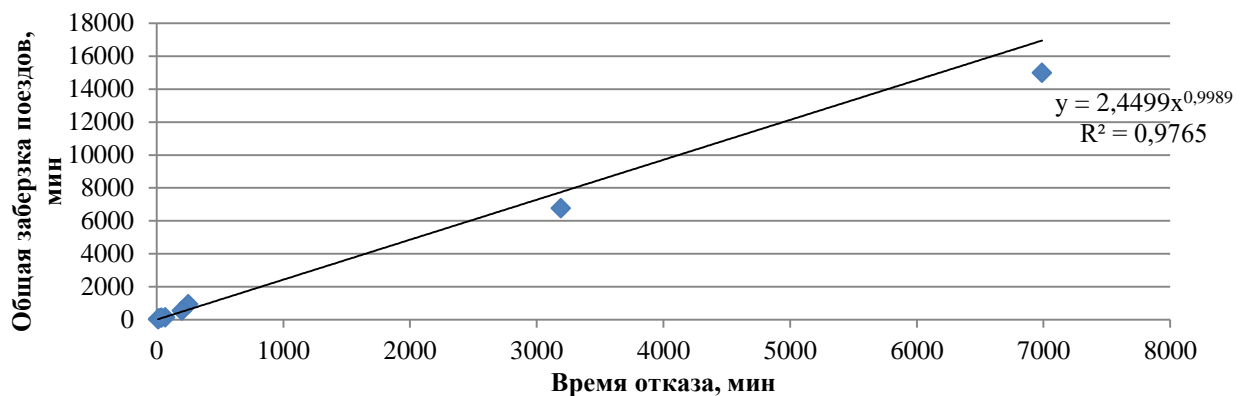


Рисунок 2.18 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств

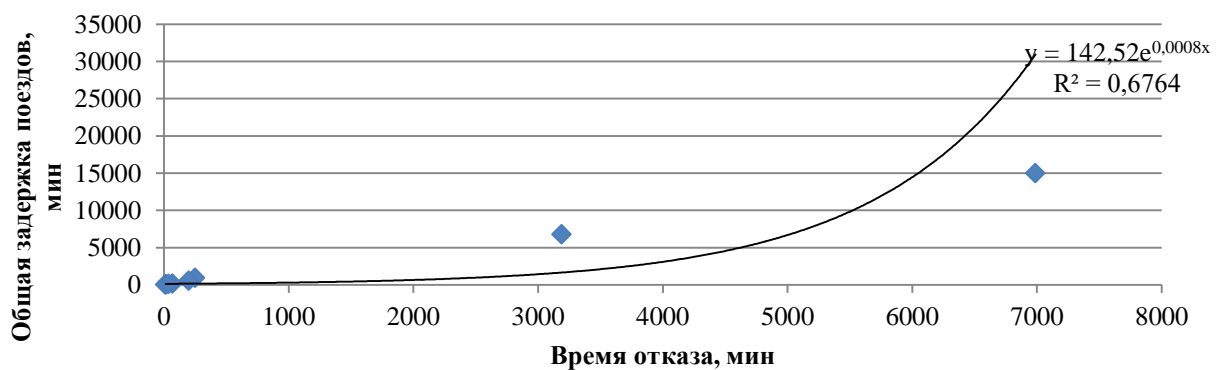


Рисунок 2.19 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств

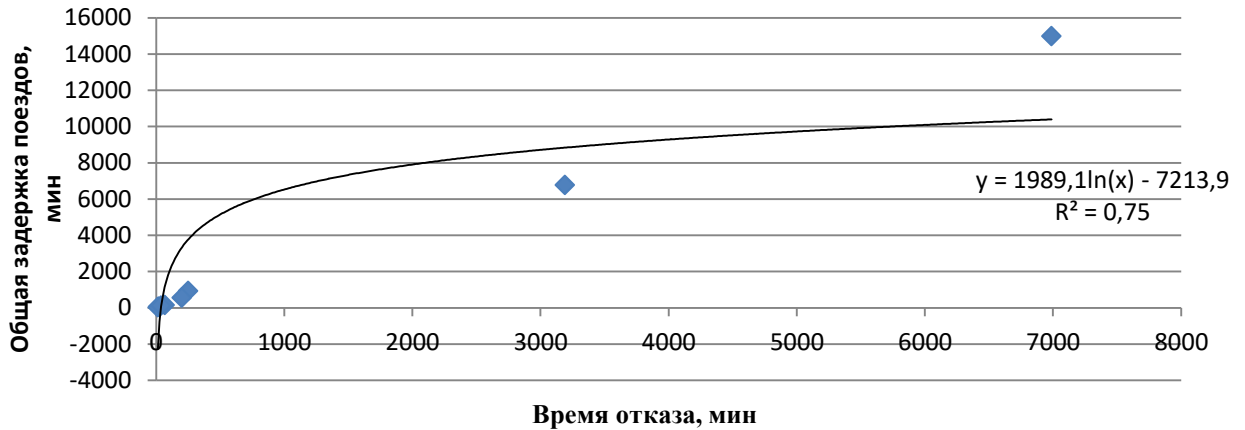


Рисунок 2.20 – Логарифмическая линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств

Графическое представление отказов по другим службам железной дороги приведены в приложении А.

2.4 Анализ задержки поездов при отказах технических средств под влиянием человеческого фактора

Исходными данными для выполнения исследования послужили акты служебного расследования, оформляемые дополнительным документом к Положению о порядке учета, расследования и анализа случаев отказов в работе технических средств ОАО РЖД [85, 96], дополненные показателем «Человеческий фактор»

Исследования проводились в течение двух лет, которые будут указываться «1-й год» и «2-й год».

Проведя анализ информации по отказам технических средств 1-й и 2-й категорий в системе КАСАНТ с разделением территориально по регионам за «1-й год» и «2-й год», а так же информацию о задержанных поездах, вызванных данными отказами, мы представили данные в таблице 2.9.

Эти данные для удобства анализа показаны в виде гистограмм на рисунках 2.21, 2.22.

Таблица 2.9 – Перечень отказов 1-й и 2-й категории в системе КАСАНТ с разделением территориально по регионам

Регион	Всего отказов 1-й и 2-й категории, ед.		Отказы, приведшие к задержкам поездов					
			Пассажирских		Пригородных		Грузовых	
	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2	Год 1	Год 2
РЕГ-1	1117	679	146	109	70	45	1076	655
РЕГ-2	982	784	247	195	163	140	930	710
РЕГ-3	740	538	127	111	73	63	696	499
РЕГ-4	760	547	63	50	88	72	704	493
ВСЕГО	3599	2548	583	465	394	320	3406	2357

Анализ показывает, что в «Год 2» произошло значительное снижение отказов по всем регионам на 28,7 %. Наибольшее снижение количества отказов наблюдается на объектах 1-го региона (39,3%), т.е. по первому региону в 2016 году был осуществлен более результативный комплекс мероприятий по снижению отказов технических средств. Соответственно, за «Год 2» снизились задержки поездов в среднем на 23,3%. Максимальное снижение наблюдается на задержках грузовых поездов, что составляет 30,8%.

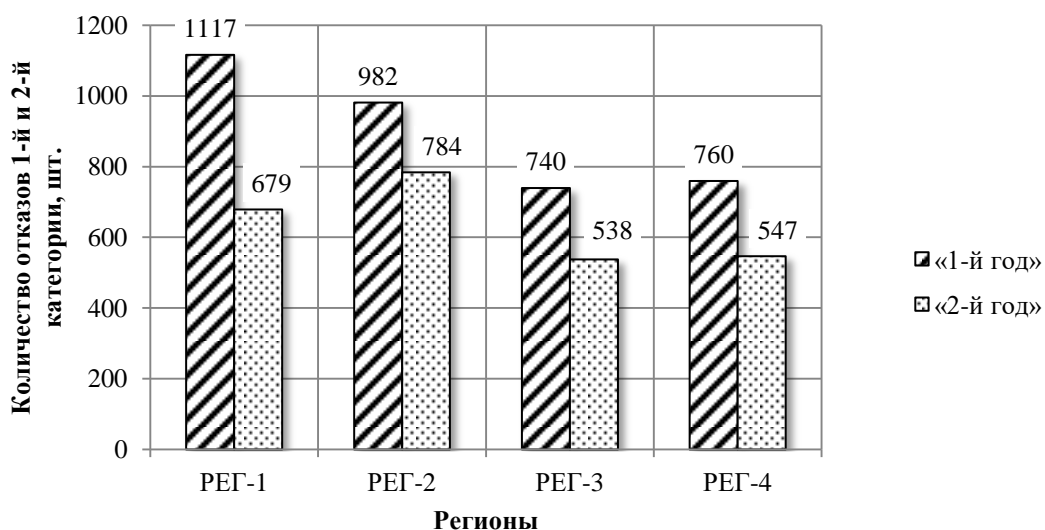


Рисунок 2.21 – Анализ отказов технических средств с разделением территориально по регионам

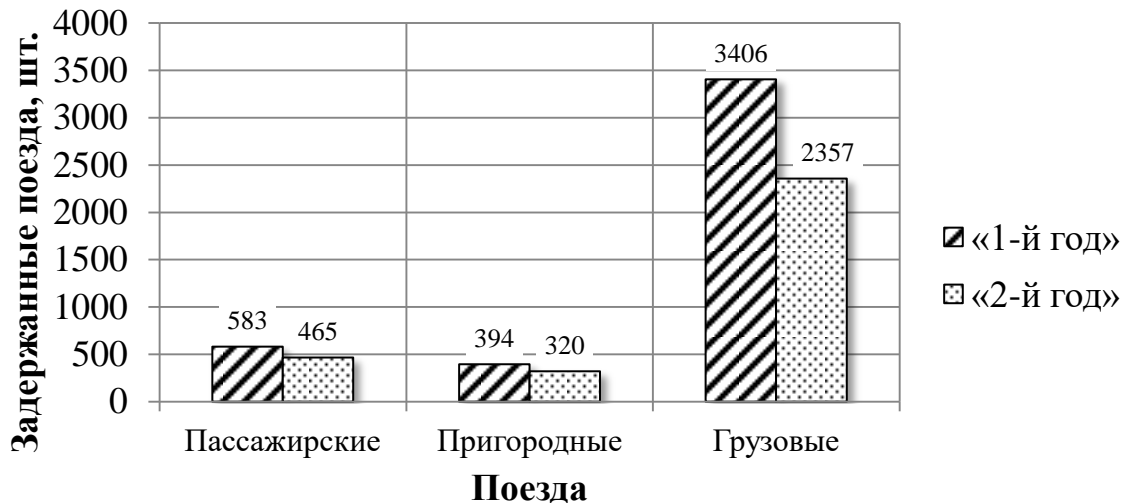


Рисунок 2.22– Анализ задержанных поездов в связи с отказами технических средств 1-й и 2-й категории

Продолжая анализ влияния человеческого фактора на отказы технических средств и нарушения технологических процессов, описанный в предыдущих работах [44], нами установлена суммарная продолжительность отказов технических средств 1-й и 2-й категории по объектам служб под влиянием человеческого фактора за «1-й год» и «2-й год» (Таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Сравнительный анализ отказов технических средств 1-й и 2-й категории по объектам под влиянием человеческого фактора за «Год 1» и «Год 2»

Характер отказов технических средств	«Год 1»	«Год 2»
1	2	3
Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики	371	270
Грузовой вагон	254	426
Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	61	26
Контактная сеть	39	28
Путь	16	20
Специальный самоходный подвижной состав	12	7
Линии СЦБ (АБ)	11	8
Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива, МВПС	10	10
Приборы безопасности локомотива, МВПС	7	4
Пассажирский вагон	7	4
Стрелочные переводы	6	2
Устройства УКСПС	6	1
Экипажная часть и механическое оборудование локомотива, МВПС	4	3
Радиосвязь	3	1

Продолжение таблицы 2.10

1	2	3
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива, МВПС	3	2
Земляное полотно	1	1
Дизель и дизельное оборудование локомотива, МВПС	1	0
Системы автоматического управления режимами тяги и торможения, электронное оборудование локомотива	1	0
Устройства ДИСК/КТСМ	0	1
ВСЕГО	813	814

По каждому из объектов и технических средств установлен перечень отказов технических средств под влиянием человеческого фактора (Таблица 2.11).

Проанализировав данные таблицы 2.11 мы видим, что наибольшее количество отказов по объектам служб по причине непредумышленных ошибочных действий выявлено на устройствах СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, а минимальное – на земляном полотне; дизель и дизельном устройстве локомотива, МВПС; системах автоматического управления, электронное оборудование локомотива; а так же на устройстве ДИСК/КТСМ.

Данные таблицы проиллюстрированы на рисунке 2.23.



Рисунок 2.23 – Отказы технических средств 1-й и 2-й категории по причине человеческого фактора, повлиявшие на задержку поездов:

1 – непредумышленные ошибочные действия; 2 - низкая исполнительская дисциплина персонала; 3- низкая трудовая дисциплина персонала; 4 - несоответствие типовым требованиям; 5 - несоответствие квалификации; 6 - несоответствие численности эксплуатационного персонала требованиям технологического процесса; 7 - неудовлетворительное физическое состояние; 8 - отсутствие необходимых знаний; 9 - несоответствие технической оснащённости.

Таблица 2.11 – Перечень отказов технических средств за «1-й год» и «2-й год» под влиянием человеческого фактора, шт.

№ п/п	Виды технических средств	Непредумышленные ошибочные действия		Низкая исполнительская дисциплина персонала		Низкая трудовая дисциплина персонала		Несоответствие типовым требованиям		Несоответствие квалификации		Несоответствие численности эксплуатационного персонала требованиям технологического процесса		Неудовлетворительное физическое состояние		Отсутствие необходимых знаний		Несоответствие технической оснащенности	
		«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»	«1-й год»	«2-й год»
1	Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики	208	169	106	80	22	8	25	7	5	1	1	1	1	2	1	2	1	-
2	Грузовой вагон	64	205	120	128	66	48	1	21	1	18	-	1	-	-	1	4	-	1
3	Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	32	14	18	4	6	6	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	3	-
4	Контактная сеть	13	13	23	9	2	5	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Путь	11	8	3	1	1	5	1	2	1	-	-	2	-	1	-	1	-	-
6	Специальный самоходный подвижной состав	4	2	6	2	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
7	Линии СЦБ (АБ)	3	3	4	1	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Электрооборудование цепей, МВПС	5	5	4	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
9	Приборы безопасности локомотива, МВПС	5	2	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Пассажирский вагон	1	-	3	4	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Стрелочные переводы	3	1	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Устройства УКСПС	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Экипажная часть и механическое оборудование локомотива, МВПС	3	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Радиосвязь	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Тормозное и пневматическое оборудование локомотива, МВПС	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Земляное полотно	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Дизель и дизельное оборудование локомотива, МВПС	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Системы автоматического управления, электронное оборудование локомотива	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Устройства ДИСК/КТСМ	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ВСЕГО	364	429	293	234	104	75	32	36	10	22	1	4	1	3	3	8	5	1

Для удобства восприятия информации в таблицах 2.12 и 2.13 введены по объектам и видам ЧФ отказы 1-й, 2-й категории, их продолжительности и задержки поездов.

Приведенные в таблице 2.12 данные иллюстрируются рисунком 2.24 – 2.26. Из них следует, что наибольшее количество отказов наблюдается по грузовым вагонам и устройствам СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики.



Рисунок 2.24 – Отказы технических средств, приведшие к задержке поездов, под влиянием человеческого фактора



Рисунок 2.25 – Суммарная продолжительность отказов по конструктивным элементам и техническим средствам объектов инфраструктуры

Таблица 2.12 – Суммарная продолжительность отказов технических средств по объектам служб под влиянием ЧФ

Виды технических средств	Виды человеческого фактора	отказы 1-й категории			отказы 2-й категории			Всего		
		кол-во отказов	время отказа, мин.	Общая задержка, мин.	кол-во отказов	время отказа, мин.	Общая задержка, мин.	кол-во отказов	время отказа, мин.	Общая задержка, мин.
Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики	Непредумышленные ошибочные действия	20	1538	6108	188	6634	14546	208	8172	20654
	Низкая исполнительская дисциплина персонала	12	824	5481	94	3314	6860	106	4138	12341
	Низкая трудовая дисциплина персонала	2	111	248	20	649	1471	22	760	1719
	Несоответствие типовым требованиям	1	29	623	24	703	1201	25	732	1824
	Несоответствие квалификации				5	217	331	5	217	331
	Несоответствие технической оснащенности				2	106	161	2	106	161
	Несоответствие численности эксплуатационного персонала требованиям технологического процесса				1	107	123	1	107	123
	Неудовлетворительное физическое состояние				1	33	66	1	33	66
	Отсутствие необходимых знаний				1	7	7	1	7	7
	ИТОГО:	35	2502	12460	336	11770	24766	371	14272	37226
Грузовой вагон	Непредумышленные ошибочные действия	24	1770	7009	40	998	2991	64	2768	10000
	Низкая исполнительская дисциплина персонала	50	3125	16807	71	2338	6630	121	5463	23437
	Низкая трудовая дисциплина персонала	33	1751	15549	33	1246	2816	66	2997	18365
	Несоответствие квалификации	1	80	80				1	80	80
	Отсутствие необходимых знаний	1	57	200				1	57	200
	Несоответствие типовым требованиям				1	11	16	1	11	16
ИТОГО:	109	6783	39645	145	4593	12453	254	11376	52098	
Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	Непредумышленные ошибочные действия	13	1140	4320	19	541	1174	32	1681	5494
	Низкая исполнительская дисциплина персонала	7	386	1781	11	308	1370	18	694	3151
	Низкая трудовая дисциплина персонала	1	9	117	5	127	401	6	136	518
	Несоответствие технической оснащенности	2	58	899	1	8	26	3	66	925
	Несоответствие квалификации	2	113	637				2	113	637
ИТОГО:	25	1706	7754	36	984	2971	61	2690	10725	
Контактная сеть	Непредумышленные ошибочные действия	7	433	3368	5	64	168	12	497	3536
	Низкая исполнительская дисциплина персонала	13	1086	7369	10	396	742	23	1482	8111
	Низкая трудовая дисциплина персонала				2	58	87	2	58	87
	Несоответствие типовым требованиям	1	84	326	1	7	7	2	91	333
	ИТОГО:	21	1603	11063	18	525	1004	39	2128	12067

Таблица 2.13 – Суммарная продолжительность отказов технических средств под влиянием человеческого фактора

Виды технических средств	отказы 1-й категории			отказы 2-й категории			Всего		
	кол-во отказов	время отказа, мин.	Общая задержка, мин.	кол-во отказов	время отказа, мин.	Общая задержка, мин.	кол-во отказов	время отказа, мин.	Общая задержка, мин.
Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики	35	2502	12460	336	11770	24766	371	14272	37226
Грузовой вагон	109	6783	39645	145	4593	12453	254	11376	52098
Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	25	1706	7754	36	984	2971	61	2690	10725
Контактная сеть	21	1603	11063	18	525	1004	39	2128	12067
Путь	5	423	6308	11	422	998	16	845	7306
Специальный самоходный подвижной состав	6	521	2485	6	172	434	12	693	2919
Линии СЦБ (АБ)	3	373	964	8	370	709	11	743	1673
Электрооборудование силовой цепи, вспомогательных цепей и цепей управления локомотива, МВПС	6	353	3322	4	151	650	10	504	3972
Приборы безопасности локомотива, МВПС	4	501	625	3	115	116	7	616	741
Пассажирский вагон				7	180	451	7	180	451
Стрелочные переводы	1	151	277	5	129	292	6	280	569
Устройства УКСПС	3	134	335	3	110	307	6	244	642
Экипажная часть и механическое оборудование локомотива, МВПС				4	66	238	4	66	238
Радиосвязь	1	117	127	2	71	150	3	188	277
Тормозное и пневматическое оборудование локомотива, МВПС				3	74	353	3	74	353
Земляное полотно	1	118	495				1	118	495
Дизель и дизельное оборудование локомотива, МВПС	1	99	71				1	99	71
Системы автоматического управления режимами тяги и торможения, электронное оборудование локомотива				1	36	160	1	36	160

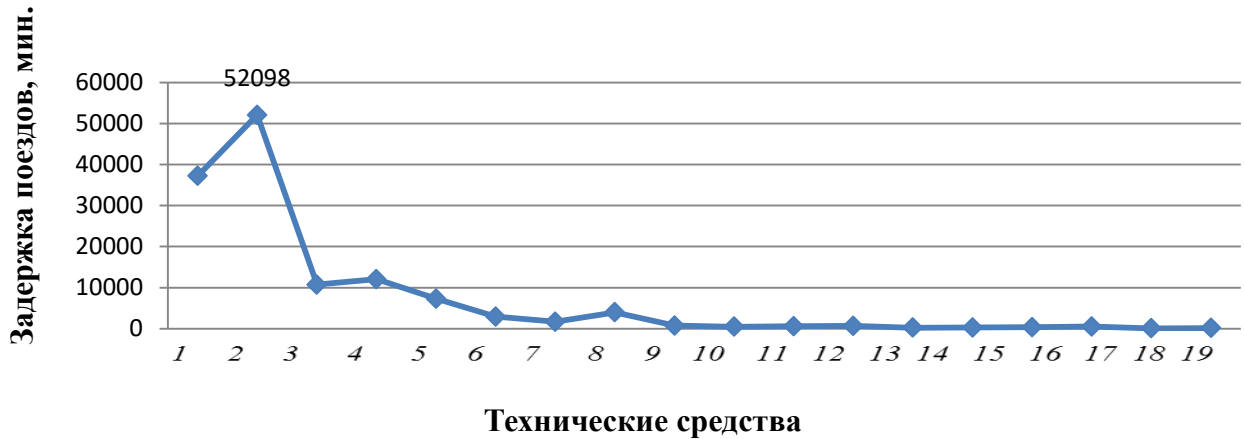


Рисунок 2.26 – Суммарное время задержки поездов, вызванных отказами технических средств из-за влияния человеческого фактора

В качестве показателей организационно-технологической надежности [96] нами использованы следующие показатели, основные из них:

- число отказов технических средств или нарушений организационно-технологических процессов (ОТП), вызванных негативными событиями, связанными с ЧФ;

- вероятность наступления отказа технического средства или нарушения ОТП на интервале времени меньше заданного ($P(T \leq t)$), вызванного негативным событием, связанным с ЧФ;

- интенсивность отказов ОТП по причине ЧФ;

- время восстановления работоспособного состояния технических средств или нарушений ОТП после воздействия негативных факторов, произошедших под влиянием ЧФ;

- интенсивность отказов технических средств, вызванных негативными событиями, связанными с ЧФ (число отказов в единицу времени);

- интенсивность отказов, произошедших под влиянием ЧФ (число отказов на 1 млн т км брутто).

Важными в управлении ЧФ являются показатели рисков:

- вероятность наступления негативного события, связанного с ЧФ, потенциально способного повлечь отказ технического средства;

- вероятность того, что в факте отказа технического средства ЧФ будет не обнаружен;
- вероятность ложного отнесения факта отказа технического средства к причине, вызванной ЧФ.

В качестве примера, на рисунках 2.27 и 2.28 приведены вероятность продолжительности отказов 1-й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики до восстановления, вызванных человеческим фактором и вероятность того, что риск возникновения отказов 1-й категории контактной сети, вызванных человеческим фактором, не превысит заданной продолжительности до восстановления.

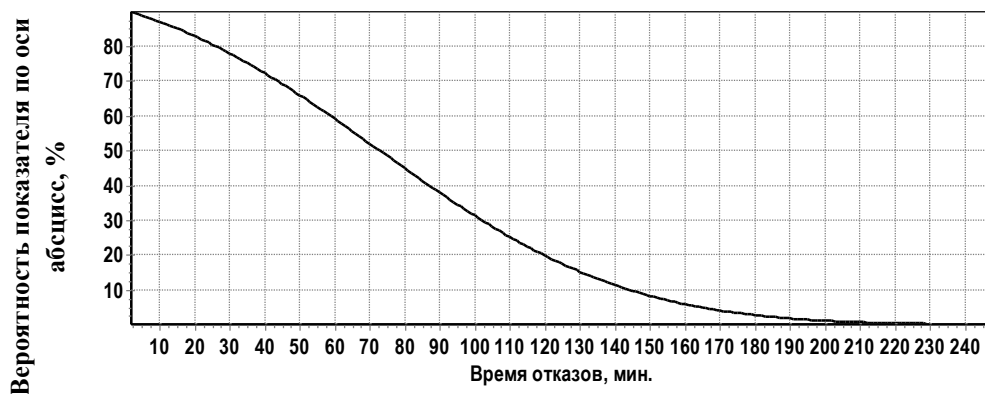


Рисунок 2.27 – Вероятность продолжительности отказов 1-й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики до восстановления, вызванных человеческим фактором

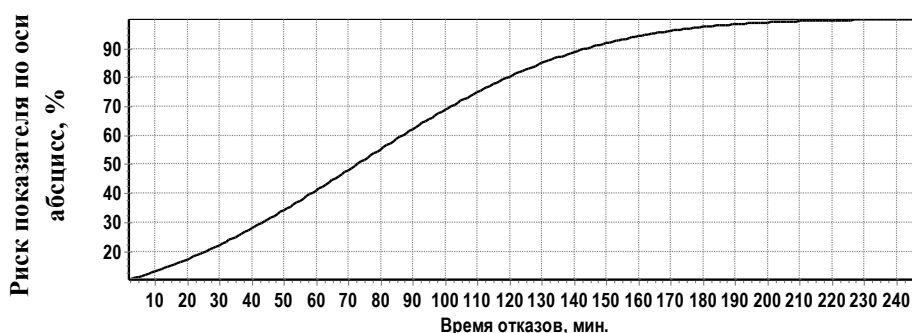


Рисунок 2.28 – Вероятность того, что риск возникновения отказов 1-й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, вызванных человеческим фактором, не превысит заданной продолжительности до восстановления

Аналогично выполнены вероятностно-статистические расчеты, приведенные в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Сводная таблица статистических моделей степенной и экспоненциальных функций зависимости времени задержки поездов (y) и продолжительности отказов 1-й, 2-й категорий конструктивных элементов и технических средств, вызванных влиянием человеческого фактора до момента восстановления

Объекты 1	Отказы 2	Степенная 3	Экспоненциальная 4
Путь	1-й категории	$y = 0,088x^{1,7154}$ $R^2 = 0,8563$	$y = 95,324e^{0,0071x}$ $R^2 = 0,9213$
	2-й категории	$y = 0,6606x^{1,1552}$ $R^2 = 0,7529$	$y = 39,444e^{0,0073x}$ $R^2 = 0,445$
	Всего	$y = 0,0969x^{1,6306}$ $R^2 = 0,9584$	$y = 68,281e^{0,0053x}$ $R^2 = 0,702$
Контактная сеть	1-й категории	$y = 27,528x^{0,7731}$ $R^2 = 0,9458$	$y = 900,6e^{0,0021x}$ $R^2 = 0,905$
	2-й категории	$y = 0,1454x^{1,5012}$ $R^2 = 0,9584$	$y = 33,675e^{0,0115x}$ $R^2 = 0,8153$
	Всего	$y = 21,583x^{0,7952}$ $R^2 = 0,9862$	$y = 901,77e^{0,0018x}$ $R^2 = 0,9233$
Устройства СЦБ, ж. д. автоматики и телемеханики	1-й категории	$y = 8,0029x^{0,8874}$ $R^2 = 0,9966$	$y = 531,11e^{0,0018x}$ $R^2 = 0,9301$
	2-й категории	$y = 2,6714x^{0,9709}$ $R^2 = 0,976$	$y = 122,91e^{0,0009x}$ $R^2 = 0,7172$
	Всего	$y = 2,4499x^{0,9989}$ $R^2 = 0,9765$	$y = 142,52e^{0,0008x}$ $R^2 = 0,6764$
Тяговые электрические машины локомотива, МВПС	1-й категории	$y = 0,0995x^{1,6162}$ $R^2 = 0,8818$	$y = 74,413e^{0,0084x}$ $R^2 = 0,9272$
	2-й категории	$y = 2,6465x^{0,9216}$ $R^2 = 0,55$	$y = 96,116e^{0,0056x}$ $R^2 = 0,4477$
	Всего	$y = 1,6536x^{1,0426}$ $R^2 = 0,7587$	$y = 116,73e^{0,0043x}$ $R^2 = 0,7444$
Грузовой вагон	1-й категории	$y = 3,08x^{1,0472}$ $R^2 = 0,9514$	$y = 569,04e^{0,0008x}$ $R^2 = 0,7041$
	2-й категории	$y = 6,2166x^{0,8405}$ $R^2 = 0,9446$	$y = 229,27e^{0,0009x}$ $R^2 = 0,5758$
	Всего	$y = 4,3456x^{0,9811}$ $R^2 = 0,9729$	$y = 534,42e^{0,0005x}$ $R^2 = 0,5859$

Разработаны математические модели на основе метода регрессионного анализа, устанавливающие статистическую зависимость между временем

задержки поездов (y) и продолжительностью отказов конструктивных элементов и технических средств до момента восстановления (Таблица 2.14).

Коэффициенты Конкордации позволяют применить для прогнозирования задержек поездов и последующей оценки экономических потерь по приведенным в таблице уравнениям регрессии, отдавая предпочтения зависимости с наибольшим R^2 . В настоящем исследовании автором учтена задержка поездов из-за отказов технических средств по объектам служб под влиянием ЧФ (таблица 2.15) по методике ОАО «РЖД» «Экономическая оценка стоимости (ставки) устранения отказов технических средств 1-й и 2-й категории по укрупненным группам отказов системы КАСАНТ». Нами не учтены затраты на восстановление технических средств, вызвавших задержку поездов, в связи с тем, что каждый отказ технического средства индивидуален, поэтому затраты так же будут индивидуальными, зависящими от стоимости самого технического средства, продолжительности устранения отказов, стоимости запасных частей или, в целом, отказавшего средства.

Таблица 2.15 – Суммарная продолжительность отказов технических средств по объектам служб под влиянием человеческого фактора за «Год 2»

№ п/п	Виды технических средств	Расходные ставки	Суммарная задержка, мин.	Ущерб от задержки поездов, р.
1	Грузовой вагон	2370,89	95427	3 770 900,5
2	Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики	4385	23522	1 718 920
3	Контактная сеть	16248	13212	3 574 560
4	Путь	2216	8519	314 672
ИТОГО:				9 379 052,5

Повышение надежности технических средств осуществляется за счет реализации мероприятий, сокращающих время восстановления.

С целью сравнения изначально разных по системе оценки параметров времени отказов технических средств и времени задержки поездов воспользуемся функцией желательности (принадлежности) Харрингтона, математический аппарат которой построен на следующем выражении:

$$P_n = \begin{cases} 0, & t \leq a \\ 1 - \frac{2(b-t)^2}{(b-a)^2}, & \frac{a+b}{2} < t < b \\ 1, & t \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

где P_n – функция принадлежности Харрингтона;

a, b – нижняя и верхняя граница времени задержки поездов.

Для оценки функции Харрингтона воспользуемся уравнением степенной функции зависимости $y=3,08x^{1,0472}$ времени задержки поездов от отказов 1-й категории по грузовым вагонам. Нами выполнена обработка данных и получены статистические модели зависимости времени задержки поездов (y) и продолжительности отказов 1-й, 2-й категорий.

$$t = f(t_0) \quad (2.2)$$

где $x \equiv t_0$ – продолжительность отказов;

$y \equiv t$ – время (продолжительность) задержки поездов.

Тогда функция принадлежности при $a=185,23$; $b=2064,96$ примет вид:

$$P_n = \begin{cases} 0, & t \leq a \\ 1 - \frac{2(2064,96 - t)^2}{(2064,96 - 185,23)^2}, & 185,23 < t < 2064,96 \\ 1, & t \geq b \end{cases}$$

Суть благоприятных событий состоит в уменьшении времени задержки поездов. Для качественной оценки таких событий используем вероятности их наступления P_6 , тогда

$$P_6 = 1 - P_n \quad (2.3)$$

Для удобства все расчеты приведены в таблице 2.16

Таблица 2.16 – Оценка вероятности благоприятных событий по функции Харрингтона при отказах 1-й категории грузовых вагонов

n	Продолжительность отказов (x_n), мин.	Время задержки поездов ($y_n \equiv t_n$), мин.	Функция принадлежности Харрингтона (P_n)	Вероятность наступления благоприятных событий (P_6)
1	2	3	4	5
1	50	185,23	0	1
2	100	382,78	0,02	0,98

Продолжение таблицы 2,16

1	2	3	4	5
3	150	585,27	0,09	0,91
4	200	791,02	0,2	0,8
5	250	999,25	0,38	0,62
6	300	1209,46	0,59	0,41
7	350	1421,34	0,76	0,24
8	400	1634,66	0,90	0,1
9	450	1849,25	0,97	0,03
10	500	2064,96	1	0

На рисунках 2.29, 2.30 приведены вероятности неблагоприятных и благоприятных событий по грузовым вагонам 1-й категории.

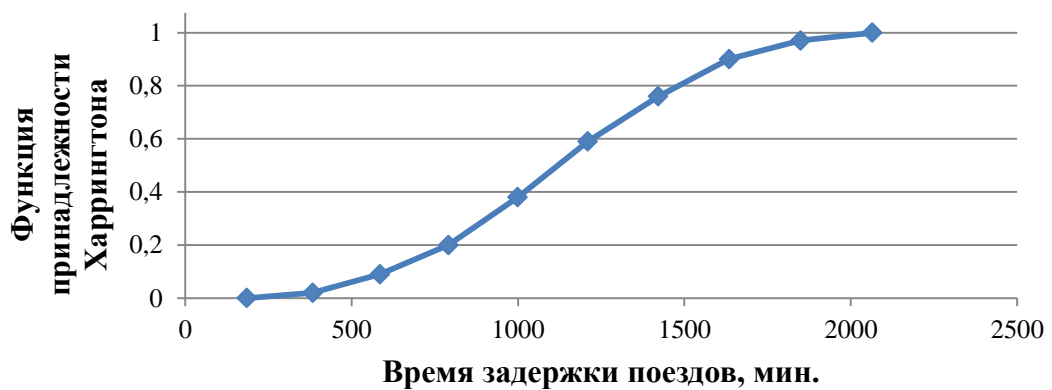


Рисунок 2.29 – Вероятность неблагоприятных событий по грузовым вагонам 1-й категории за год

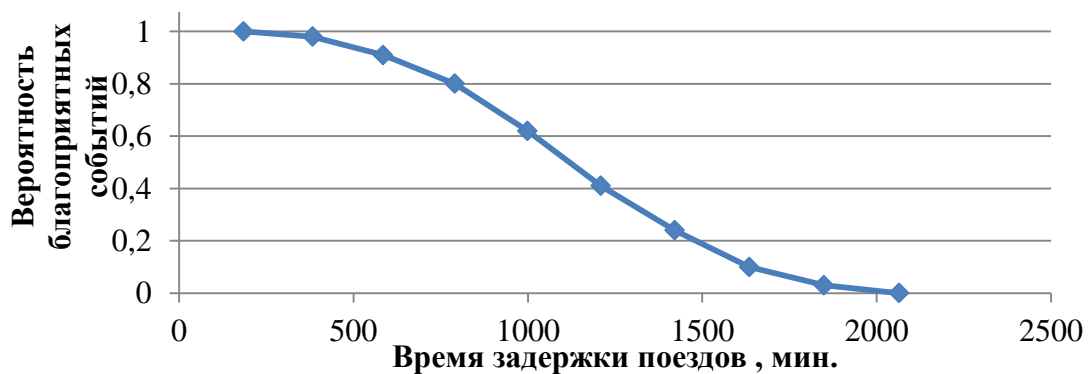


Рисунок 2.30 – Вероятность благоприятных событий по грузовым вагонам 1-й категории за год

В таблице 2.17 приведены диапазоны функции желательности Харрингтона.

Таблица 2.17 – Функции желательности Харрингтона для грузовых вагонов (отказы 1-й категории)

Желательность	Диапазоны шкал желательности	Диапазоны задержки поездов, мин.
Очень хорошо	1,00 – 0,80	0 – 791
Хорошо	0,80 – 0,63	791 – 986
Удовлетворительно	0,63 – 0,37	986 – 1250
Плохо	0,37 – 0,20	1250 – 1475
Очень плохо	0,20 – 0,00	1475 - 2065

Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов приведен на рисунке 2.31.

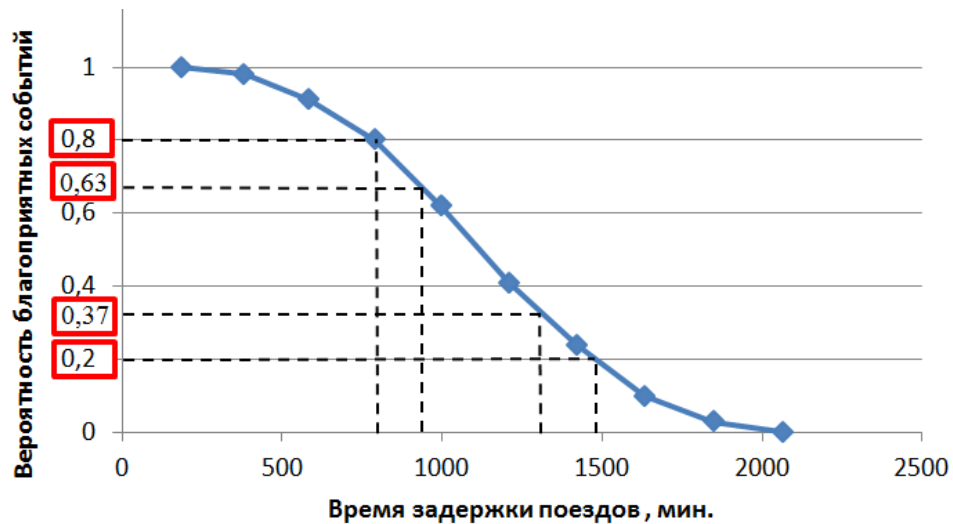


Рисунок 2.31 – Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов

При оценке функции Харрингтона для времени задержки поездов грузовых вагонов при отказах 2-й категории воспользуемся уравнением степенной функции зависимости $y=6,2166x^{0,8405}$. Тогда функция принадлежности при $a=419,33$; $b=4981,38$ примет вид:

$$P_n = \int_{0, t \leq a}^1 \frac{2(t - 419,33)^2}{(4981,38 - 419,33)^2}; \quad 419,33 < t \leq 2700,36$$

$$1 - \frac{2(4981,38 - t)^2}{(4981,38 - 419,33)^2}; \quad 2700,36 < t < 4981,38$$

Все расчеты приведены в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Оценка вероятности благоприятных событий по функции Харрингтона при отказах 2-й категории грузовых вагонов

n	Продолжительность отказов (x_n), мин.	Время задержки поездов ($y_n \equiv t_n$), мин.	Функция принадлежности Харрингтона (P_n)	Вероятность наступления благоприятных событий (P_6)
1	150	419,33	0	1
2	300	750,88	0,01	0,99
3	450	1055,79	0,04	0,96
4	600	1344,59	0,08	0,92
5	750	1621,97	0,14	0,86
6	900	1890,57	0,21	0,79
7	1050	2152,10	0,29	0,71
8	1200	2407,71	0,38	0,62
9	1350	2658,27	0,48	0,52
10	1500	2904,41	0,59	0,41
11	1650	3146,65	0,68	0,32
12	1800	3385,40	0,76	0,24
13	1950	3620,99	0,82	0,18
14	2100	3853,70	0,88	0,12
15	2250	4083,78	0,92	0,08
16	2400	4311,42	0,96	0,04
17	2550	4536,80	0,98	0,02
18	2700	4760,08	0,99	0,01
19	2850	4981,38	1	0

В качестве примера, на рисунках 2.32, 2.33 приведены вероятности неблагоприятных и благоприятных событий по грузовым вагонам 2-й категории.

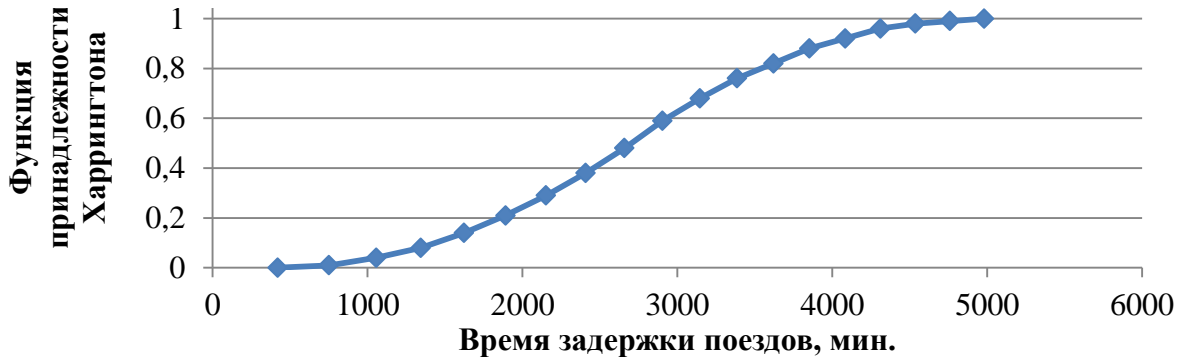


Рисунок 2.32 – Вероятность неблагоприятных событий по грузовым вагонам 2-й категории за год

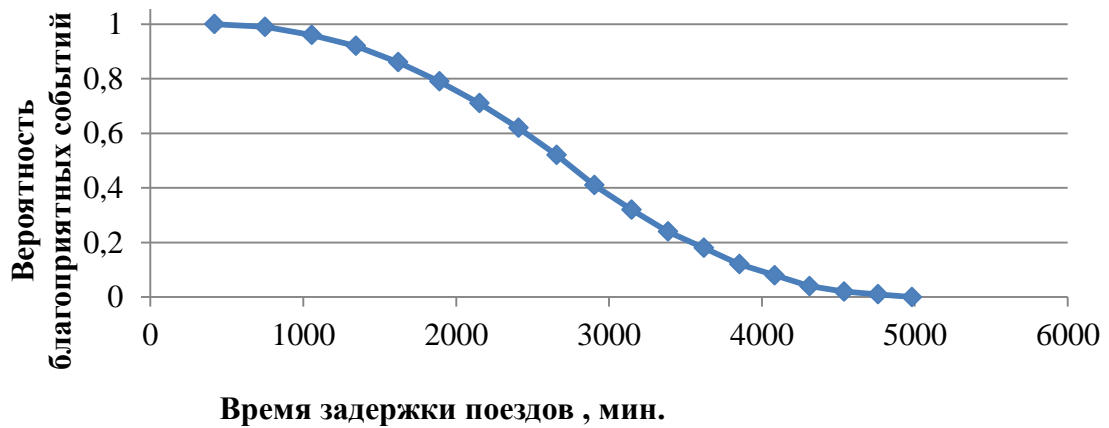


Рисунок 2.33 – Вероятность благоприятных событий по грузовым вагонам 2-й категории за год

В таблице 2.19 приведены диапазоны функции желательности Харрингтона.

Таблица 2.19 – Функции желательности Харрингтона для грузовых вагонов (отказы 2-й категории)

Желательность	Диапазоны шкал желательности	Диапазоны задержки поездов, мин.
Очень хорошо	1,00 – 0,80	0 - 1857
Хорошо	0,80 – 0,63	1857 – 2376
Удовлетворительно	0,63 – 0,37	2376 – 3026
Плохо	0,37 – 0,20	3026 – 3533
Очень плохо	0,20 – 0,00	3533 - 4982

Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов приведен на рисунке 2.34.

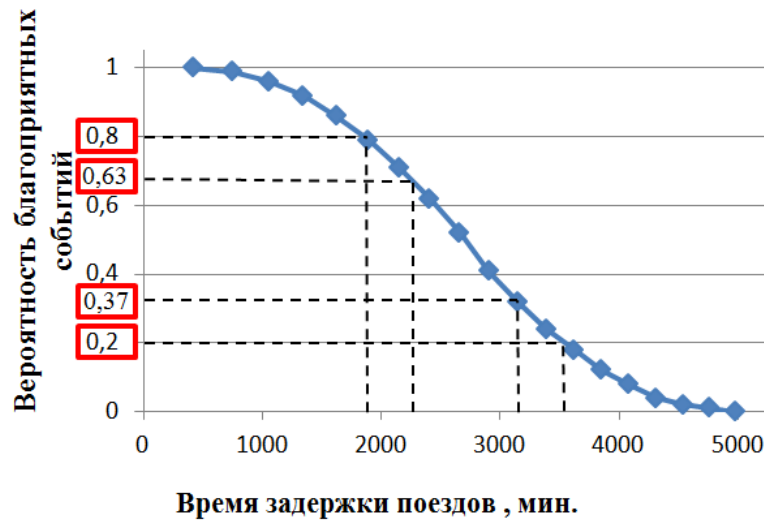


Рисунок 2.34 – Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов

Для контактной сети при отказах 1-й категории при оценке функции Харрингтона воспользуемся уравнением степенной функции зависимости $y=27,528x^{0,7731}$. Тогда функция принадлежности при $a=331,53$; $b=1966,17$ примет вид:

$$P_n = \int_{1, t \geq b}^0, t \leq a \frac{2(t - 331,53)^2}{(1966,17 - 331,53)^2}; \quad 331,53 < t \leq 817,32$$

$$1 - \frac{2(1966,17 - t)^2}{(1966,17 - 331,53)^2}; \quad 817,32 < t < 1966,17$$

Все расчеты приведены в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Оценка вероятности благоприятных событий по функции Харрингтона при отказах 1-й категории контактной сети

n	Продолжительность отказов (x_n), мин.	Время задержки поездов ($y_n \equiv t_n$), мин.	Функция принадлежности Харрингтона (P_n)	Вероятность наступления благоприятных событий (P_6)
1	2	3	4	5
1	25	331,53	0	1
2	50	566,56	0,05	0,95

Продолжение таблицы 2.20

1	2	3	4	5
3	75	775,14	0,15	0,85
4	100	968,22	0,25	0,75
5	125	1150,52	0,5	0,5
6	150	1324,68	0,69	0,31
7	175	1492,34	0,83	0,17
8	200	1654,63	0,93	0,07
9	225	1812,37	0,98	0,02
10	250	1966,17	1	0

В качестве примера, на рисунках 2.35, 2.36 приведены вероятности неблагоприятных и благоприятных событий по контактной сети 1-й категории.

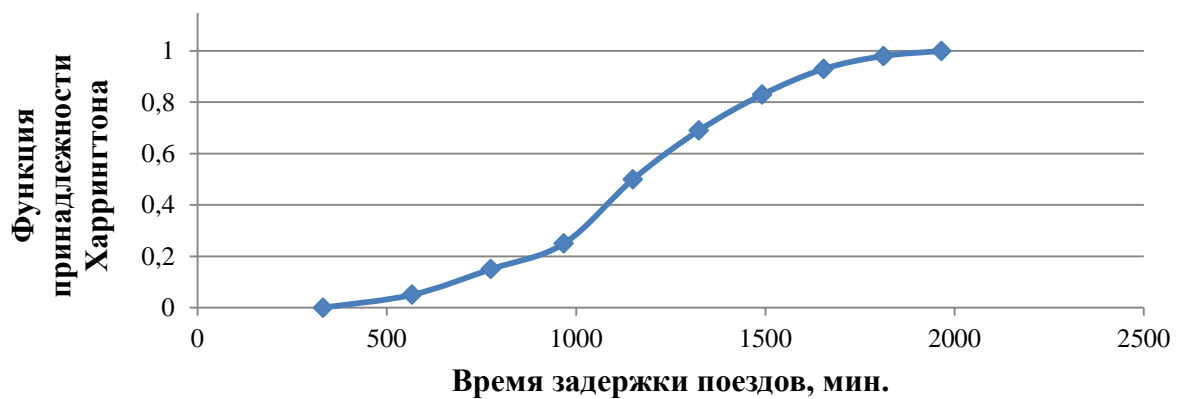


Рисунок 2.35 – Вероятность неблагоприятных событий по контактной сети 1-й категории за год

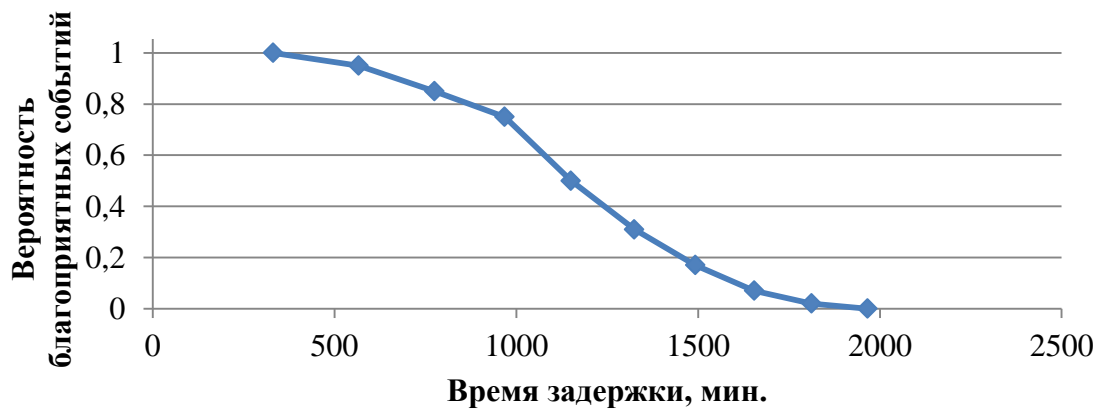


Рисунок 2.36 – Вероятность благоприятных событий по контактной сети 1-й категории за год

В таблице 2.21 приведены диапазоны функции желательности Харрингтона.

Таблица 2.21 – Функции желательности Харрингтона для контактной сети (отказы 1-й категории)

Желательность	Диапазоны шкал желательности	Диапазоны задержки поездов, мин.
Очень хорошо	1,00 – 0,80	0 - 820
Хорошо	0,80 – 0,63	820 – 1060
Удовлетворительно	0,63 – 0,37	1060 – 1259
Плохо	0,37 – 0,20	1259 – 1450
Очень плохо	0,20 – 0,00	1450 - 1967

Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов приведен на рисунке 2.37.

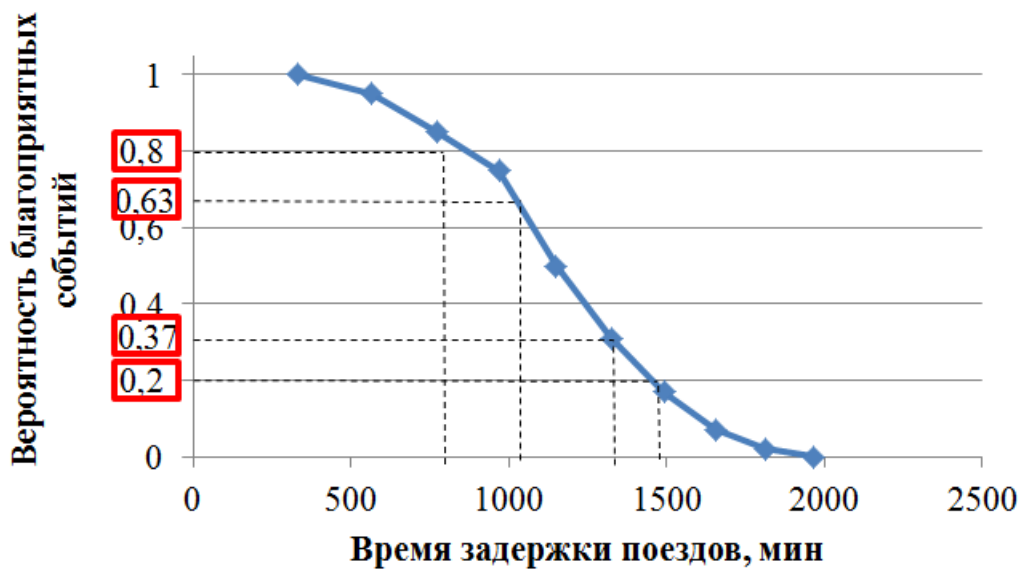


Рисунок 2.37 – Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов

Для контактной сети при отказах 2-й категории при оценке функции Харрингтона воспользуемся уравнением степенной функции зависимости $y=0,1454x^{1,5012}$. Тогда функция принадлежности при $a=4,61$; $b=124,82$ примет вид:

$$P_n = \int_0^{t \leq a} \frac{2(t - 4,61)^2}{(124,82 - 4,61)^2}; \quad 4,61 < t \leq 60,33$$

$$1 - \int_{t \geq b} \frac{2(124,82 - t)^2}{(124,82 - 4,61)^2}; \quad 60,33 < t < 124,82$$

Все расчеты приведены в таблице 2.22.

Таблица 2.22 – Оценка вероятности благоприятных событий по функции Харрингтона при отказах 2-й категории контактной сети

n	Продолжительность отказов (x_n), мин.	Время задержки поездов ($y_n \equiv t_n$), мин.	Функция принадлежности Харрингтона (P_n)	Вероятность наступления благоприятных событий (P_6)
1	2	3	4	5
1	10	4,61	0	1
2	20	13,05	0,01	0,99
3	30	23,99	0,05	0,95
4	40	39,95	0,18	0,82
5	50	51,65	0,31	0,69
6	60	67,91	0,56	0,44
7	70	85,59	0,79	0,21
8	80	104,59	0,94	0,06
9	90	124,82	1	0

В качестве примера, на рисунках 2.38, 2.39 приведены вероятности неблагоприятных и благоприятных событий по контактной сети 2-й категории.

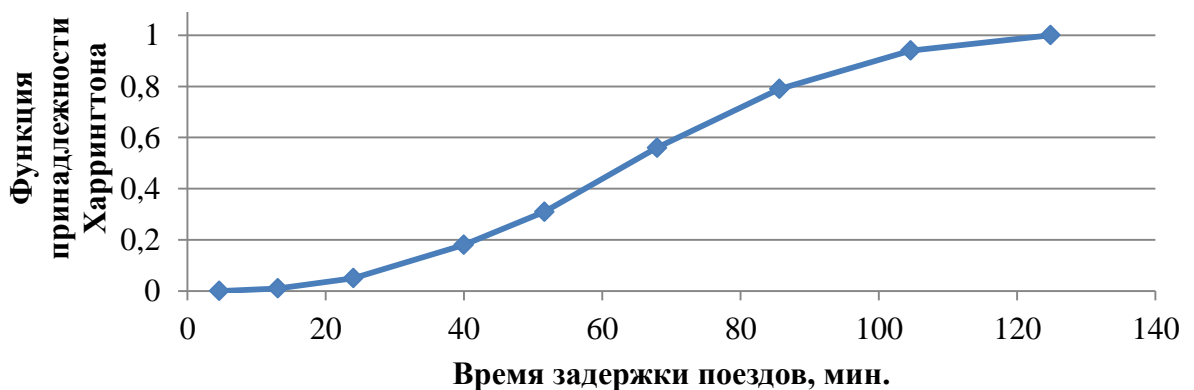


Рисунок 2.38 – Вероятность неблагоприятных событий по контактной сети 2-й категории за год

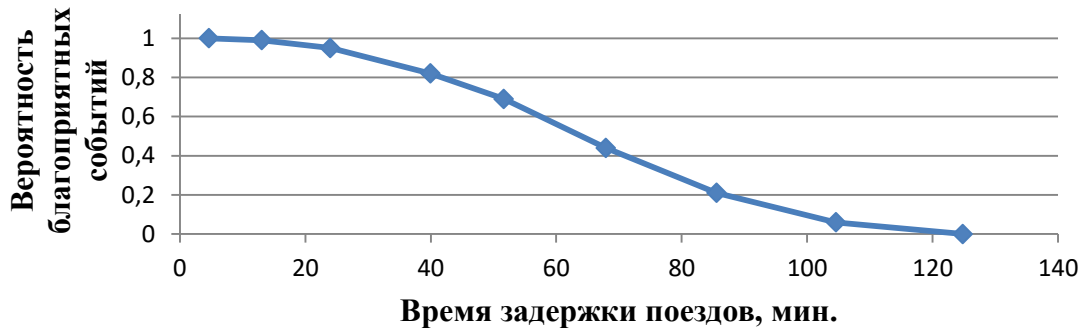


Рисунок 2.39 – Вероятность благоприятных событий по контактной сети 2-й категории за год

В таблице 2.23 приведены диапазоны функции желательности Харрингтона.

Таблица 2.23 – Функции желательности Харрингтона для контактной сети (отказы 2-й категории)

Желательность	Диапазоны шкал желательности	Диапазоны задержки поездов, мин.
Очень хорошо	1,00 – 0,80	0 – 42,14
Хорошо	0,80 – 0,63	42,14 – 57,75
Удовлетворительно	0,63 – 0,37	57,75 – 72,40
Плохо	0,37 – 0,20	72,40 – 85,60
Очень плохо	0,20 – 0,00	85,60 – 124,82

Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов приведен на рисунке 2.40.



Рисунок 2.40 – Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов

Для отказов технических средств 1-й категории по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» при оценке функции Харрингтона воспользуемся уравнением степенной функции зависимости $y=8,0029x^{0,8874}$. Тогда функция принадлежности при $a=257,58$; $b=1630,48$ примет вид:

$$P_n = \int_{1, t \geq b}^0, t \leq a \frac{2(t - 257,58)^2}{(1630,48 - 257,58)^2}; \quad 257,58 < t \leq 686,45$$

$$1 - \frac{2(1630,48 - t)^2}{(1630,48 - 257,58)^2}; \quad 686,45 < t < 1630,48$$

Все расчеты приведены в таблице 2.24.

Таблица 2.24 – Оценка вероятности благоприятных событий по функции Харрингтона при отказах 1-й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики

n	Продолжительность отказов (x_n), мин.	Время задержки поездов ($y_n \equiv t_n$), мин.	Функция принадлежности Харрингтона (P_n)	Вероятность наступления благоприятных событий (P_6)
1	2	3	4	5
1	50	257,58	0	1
2	100	476,48	0,05	0,95
3	150	682,83	0,19	0,81
4	200	881,42	0,4	0,6
5	250	1074,43	0,67	0,33
6	300	1263,12	0,86	0,14
7	350	1448,28	0,96	0,04
8	400	1630,48	1	0

В качестве примера, на рисунках 2.41, 2.42 приведены вероятности неблагоприятных и благоприятных событий по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» 1-й категории.

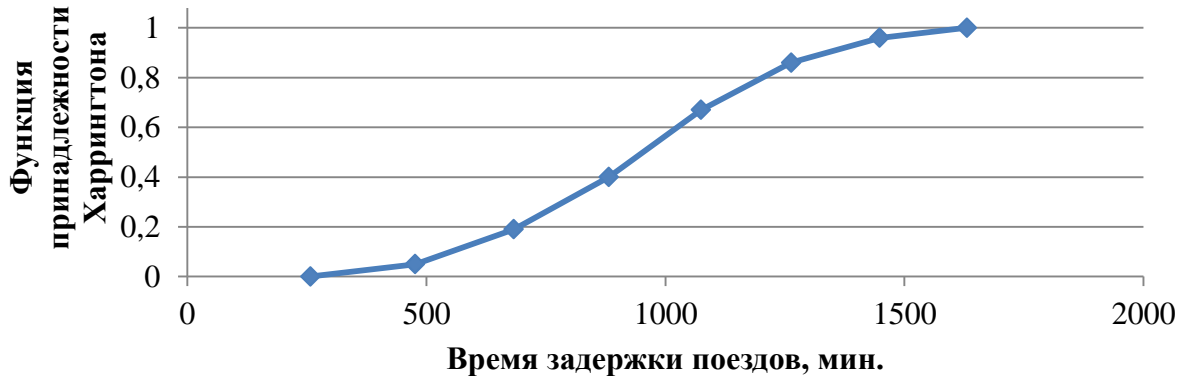


Рисунок 2.41 – Вероятность неблагоприятных событий по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» 1-й категории за год

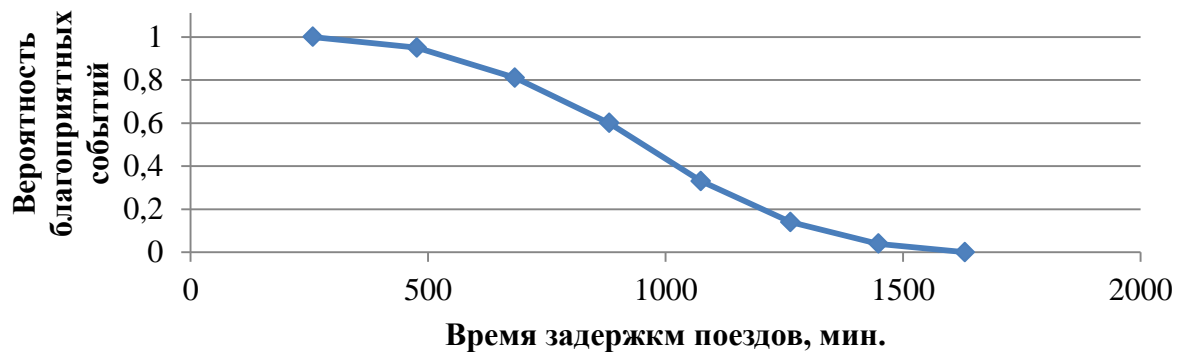


Рисунок 2.42 – Вероятность благоприятных событий по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» 1-й категории за год

В таблице 2.25 приведены диапазоны функции желательности Харрингтона.

Таблица 2.25 – Функции желательности Харрингтона для устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики (отказы 1-й категории)

Желательность	Диапазоны шкал желательности	Диапазоны задержки поездов, мин.
Очень хорошо	1,00 – 0,80	0 – 696
Хорошо	0,80 – 0,63	696 – 857
Удовлетворительно	0,63 – 0,37	857 – 1063
Плохо	0,37 – 0,20	1063 – 1192,34
Очень плохо	0,20 – 0,00	1192,34 – 1630,48

Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов приведен на рисунке 2.43.

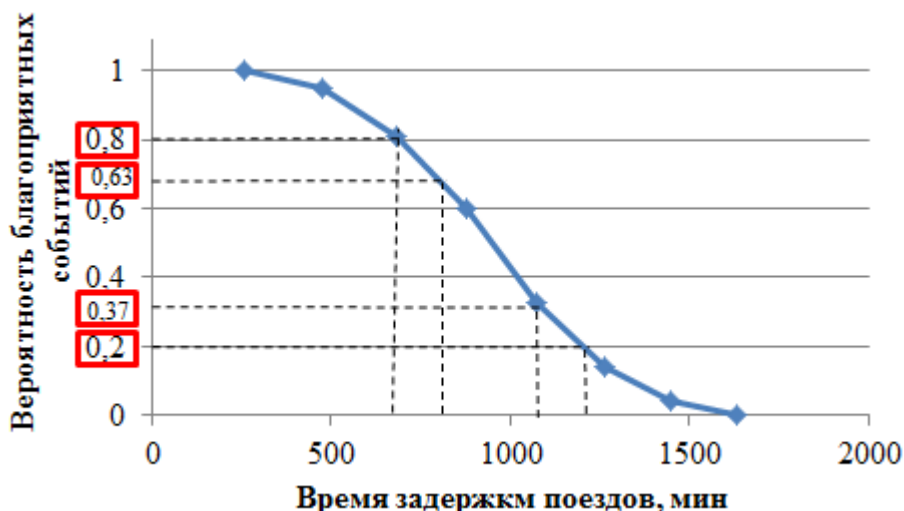


Рисунок 2.43 – Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов

Для отказов технических средств 2-й категории по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» при оценке функции Харрингтона воспользуемся уравнением степенной функции зависимости $y=2.6714x^{0,9709}$. Тогда функция принадлежности при $a=60,81$; $b=131$ примет вид:

$$P_n = \int_{0, t \leq a}^{1, t \geq b} \frac{2(t - 60,81)^2}{(346,34 - 60,81)^2}; \quad 60,81 < t \leq 172,17$$

$$1 - \frac{2(346,34 - t)^2}{(346,34 - 60,81)^2}; \quad 172,17 < t < 346,34$$

Все расчеты приведены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Оценка вероятности благоприятных событий по функции Харрингтона при отказах 2-й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики»

п	Продолжительность отказов (x_n), мин.	Время задержки поездов ($y_n \equiv t_n$), мин.	Функция принадлежности Харрингтона (P_n)	Вероятность наступления благоприятных событий (P_0)
1	2	3	4	5
1	25	60,81	0	1
2	50	119,20	0,08	0,92

Продолжение таблицы 2.26

1	2	3	4	5
3	75	176,7	0,29	0,7
4	100	233,64	0,69	0,31
5	125	290,15	0,92	0,08
6	150	346,34	1	0

В качестве примера, на рисунках 2.44, 2.45 приведены вероятности неблагоприятных и благоприятных событий по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» 2-й категории.

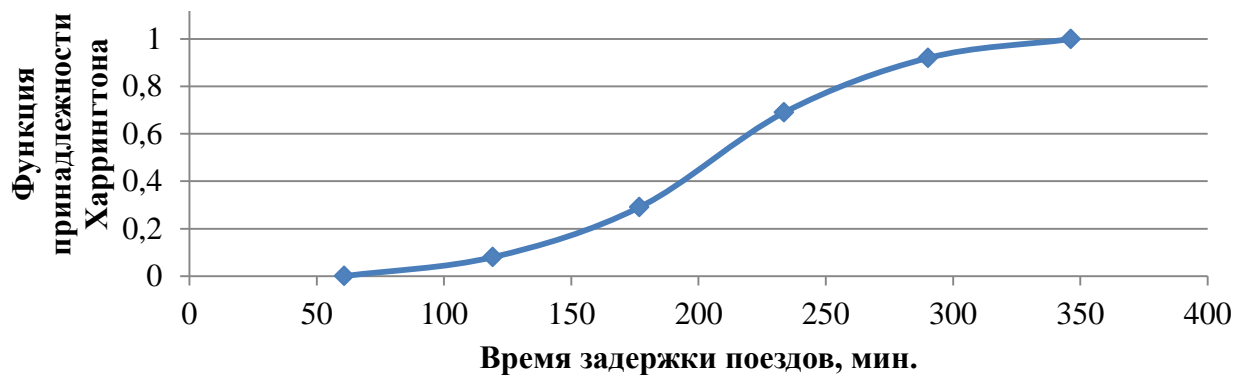


Рисунок 2.44 – Вероятность неблагоприятных событий по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» 2-й категории за год

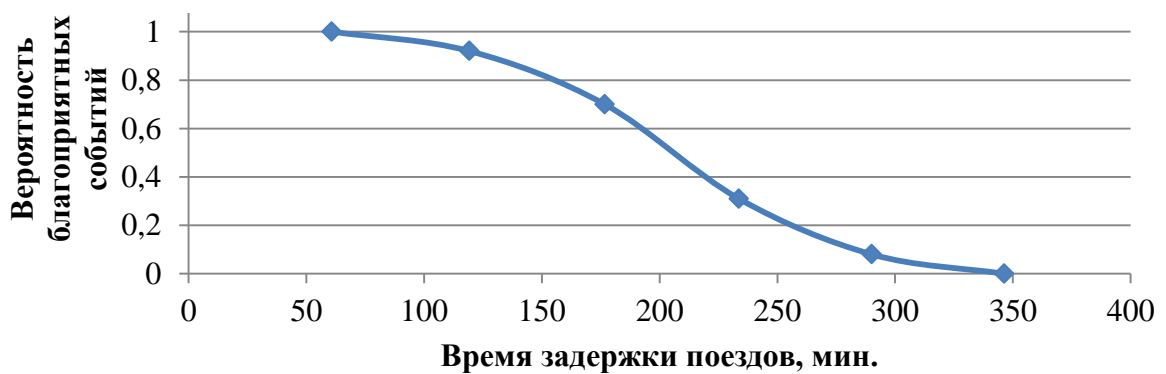


Рисунок 2.45 – Вероятность благоприятных событий по характеру «Устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики» 2-й категории за год

В таблице 2.27 приведены диапазоны функции желательности Харрингтона.

Таблица 2.27 – Функции желательности Харрингтона для устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики (отказы 1-й категории)

Желательность	Диапазоны шкал желательности	Диапазоны задержки поездов, мин.
Очень хорошо	1,00 – 0,80	0 – 147
Хорошо	0,80 – 0,63	147 – 187
Удовлетворительно	0,63 – 0,37	187 – 223
Плохо	0,37 – 0,20	223 – 255
Очень плохо	0,20 – 0,00	255 – 346

Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов приведен на рисунке 2.46.

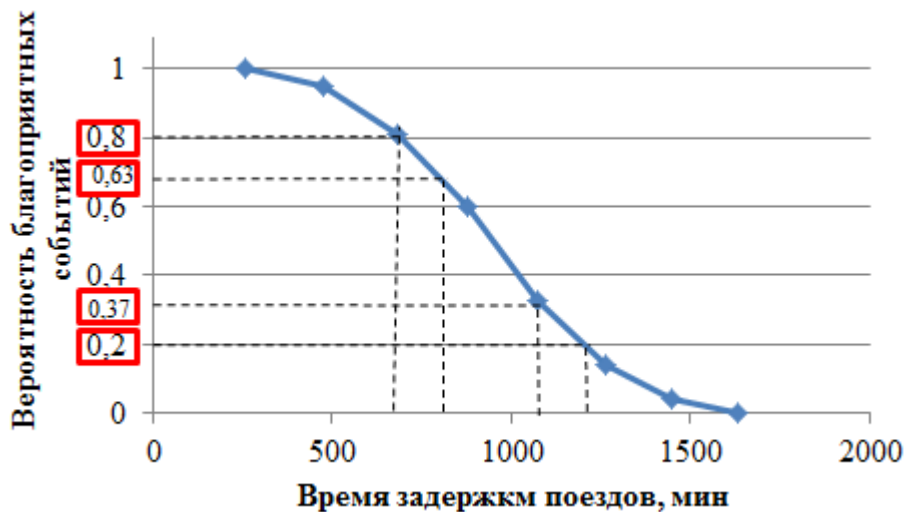


Рисунок 2.46 – Диапазон вероятностей благоприятных событий от времени задержки поездов

ВЫВОДЫ

1. Современный уровень автоматизации производства до настоящего времени не исключил негативные события, качественные и количественные показатели которых влияют на безопасность движения, отказы технических средств и задержку поездов. До настоящего времени важным являются

человеческий фактор, определяющий уровень организации производства и, соответственно, организационно-технологическую надежность.

2. В рамках инновационного развития экономики Российской Федерации, создания безлюдных технологий, цифровизации экономических и технологических процессов, создания цифровых моделей железных дорог не исключают негативных событий, возникающих в процессе человеческой деятельности. Сверхсложная железнодорожная система не в состоянии вывести человек из организационно-технологических процессов, что требует поиска теоретических и практических решений учета влияния человеческого фактора на организационно-технологическую надежность.

3. Статистическими исследованиями отказов технических средств 1-й и 2-й категорий установлена задержка поездов по регионам с разделением по виновным дирекциям. В исследовании установлены случаи отказов и нарушений по причинам «последствия без последствий», «задержка поезда», «снижение перерабатывающей горки», «срыв выполнения маневровой работы на станции» и другие.

4. Установлено, что наибольшее число случаев отказов и задержек поездов приходится на грузовые по первому региону, пассажирских и пригородных – по второму региону, наименьшее – по четвертому региону. Однако причины такого положения возникают в том числе в предшествующих регионах, что требует дополнительного исследования.

5. Анализом влияния ЧФ на возникновение отказов в работе технических средств первой и второй категорий установлено, что количество расследованных отказов с разделением территориально по регионам составляет 3599 шт., с разделением по виновным дирекциям центрального подчинения составляет 1155 шт. в год, с разделением по виновности других организаций 3692 отказов. Наибольшее количество эксплуатационных отказов (626 шт.) зафиксировано по виновным дирекциям и 604 отказа с разделением по регионам. Эксплуатационные отказы (357 шт.) наиболее часто наблюдаются по виновности других организаций.

6. Анализом влияния человеческого фактора на возникновение расследованных отказов и при ремонтных по дирекции инфраструктуры приходится на СЦБ, автоматики и телемеханики. Максимальная суммарная продолжительность отказов приходится на грузовой вагон, СЦБ, автоматики и телемеханики.

7. Статистические исследования позволили установить зависимости между временем задержки поездов и продолжительностью отказов конструктивных элементов, вызванных ЧФ. Получены линейные и логарифмические уравнения регрессии с коэффициентами $R^2=0,6764$.

8. Выполненный анализ задержки поездов позволил установить значимость вида человеческих факторов, среди которых наибольшее число отказов происходит по непредсказуемым ошибочным действиям, далее низкой дисциплины, низкой исполнительской трудовой дисциплины персонала, несоответствия типовым требованиям, несоответствия квалификации, несоответствия технической оснащённости. Остальные виды ЧФ менее значимы в анализе причин отказов технических средств, вызвавших задержки поездов.

9. В процессе исследований определены вероятности наступления отказов, задержки поездов и риски наступления таких событий, а так же обоснованы модели степенной и экспоненциальной функций.

10. Одним из факторов сокращения задержки поездов является ликвидация последствий отказов технических средств. С целью определения оптимальных границ допустимой задержки поездов и восстановления отказавших технических средств использована функция принадлежности Харрингтона. Показавшая, что по грузовым вагонам 1-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 791 до 986 минут, 2-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 1857 до 2376 минут, по контактной сети 1-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 820 до 1060 минут, 2-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 42,14 до 57,75 минут, для устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики по отказам 1-й категории хороший

результат может быть достигнут при задержках от 696 до 857 минут и 2-й категории от 147 до 187 минут, при вероятностях их наступления в диапазоне 0,63 – 0,8.

3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ ДОРОГИ

3.1 Развитие интеллектуальных транспортных систем в организационных структурах центров ситуационного управления

3.1.1 Цель и задачи ситуационного управления инфраструктурой железной дороги

Повышение эффективности оперативного управления содержанием инфраструктуры для снижения непроизводительных затрат и сокращения времени выполнения организационно-производственных процессов за счет создания оперативных групп на барьерных участках технологического комплекса, включающего в себя железнодорожные пути общего пользования и другие сооружения, железнодорожные станции, устройства электроснабжения, сети связи, системы сигнализации, централизации и блокировки, информационные комплексы и систему управления движением и иные обеспечивающие функционирование этого комплекса здания, строения, устройства и оборудование, может быть достигнуто объединением единым центром ситуационного управления (ЦУСИ или ЦСУ).

Поставленная цель достигается при выполнении анализа:

- функциональных параметров полигонных технологий производственных процессов;
- периодичности мониторинга;
- дислокации, организационных и производственных структур подразделений;
- систем управления в части организационно оформленных уровней, функций, задач, операций;

- граф-моделей, включающих управляющие воздействия; организационно-хозяйственные связи по эшелонам; обратные связи; связи согласования и обслуживания;
- структурных изменений, проведенных в период реформирования системы;
- конфликтных ситуаций;
- показателей и их количества на входе, выходе структурного подразделения и технологического процесса;
- номенклатуры используемых ресурсов, материалов, технических средств;
- средств труда;
- номенклатуры кадров;
- программных комплексов и их функциональных возможностей на соответствие достижению целей ситуационного управления;
- отказов технических средств 1-й, 2-й и 3-й категорий, технологических процессов и задержки поездов;
- программно-аппаратных средств оценки их фактического технического состояния.

Выполним анализ эффективности центров управления перевозками, содержанием инфраструктуры и тяги с целью разработки технических и организационных решений по их совершенствованию.

3.1.2 Цель и задачи центра управления перевозками (ЦУП)

Совершенствование организации диспетчерского руководства на дороге имеет свою историю и направлено на повышение эффективности эксплуатационной работы. Объединение диспетчерских участков в центры начато в 1997 году (с момента перевода в службу перевозок диспетчерского аппарата Новосибирского отделения). За 18 лет можно выделить три основных этапа: создание единого центра диспетчерского управления в Кузбассе (1998 г. – объединение Тайгинского, Беловского и Новокузнецкого диспетчерских аппаратов в Кемеровском отделении дороги), создание единого диспетчерского центра в Новосибирске (1999 – 2000 гг. – объединение Новосибирского, Омского

и Алтайского диспетчерских аппаратов), создание Дорожного (2004 г.), а затем (при формировании движущей вертикали) Диспетчерского (2010 г.) центра управления перевозками в Новосибирске [123]. До мая 2015 г. диспетчерские участки на дороге были сгруппированы в пять районов управления по территориальному тяготению с привязкой к регионам.

В новом диспетчерском центре двадцать шесть диспетчерских участков объединены в три района управления на основе технологического принципа [123]:

– Транссибирский район управления призван организовать пропуск пассажирских и ускоренных грузовых (в том числе контейнерных) поездов, транзитного для дороги вагонопотока. В его состав вошли 10 диспетчерских участков. Протяженность главных путей Транссибирского района управления составляет 1770 км (средняя протяженность ДУ 177 км). Он включает в себя 96 станций, из которых 3 внеклассных сортировочных, 2 пассажирских (внеклассная и первого класса), 19 грузовых.

– Среднесибирский район управления обеспечивает адресный подвод на Кузбасс порожнего вагонопотока и обеспечивает вывоз с углепогрузочных станций груженого. В состав района вошли 7 диспетчерских участков. Протяженность главных путей – 2372 км (средняя протяженность ДУ 339 км). Район управления включает в себя 99 станций, из которых 1 внеклассная сортировочная, 6 грузовых.

– Роль Кузбасского района управления состоит в обеспечении большого объема местной работы, зарождении груженого вагонопотока всех назначений.

В состав района вошли 9 диспетчерских участков. Протяженность главных путей – 1319 км (средняя протяженность ДУ 147 км). Район управления включает в себя 100 станций, из которых 1 пассажирская первого класса, 42 грузовых.

Объединение диспетчерских участков позволило улучшить исполнение графика движения грузовых поездов, исключив пиковую загрузку распорядительных станций и несвоевременную передислокацию локомотивов и локомотивных бригад [92].

Инструментом для принятия управленческих решений на укрупненном районе управления является программно-аппаратный комплекс «Табло коллективного пользования» (ПАК ТКП).

Информационно табло разделено на две части: верхний ряд экранов для отображения информации общего пользования; нижний – индивидуальная зона работы поездного диспетчера.

В функции поездного диспетчера входит контроль продвижения поездов по нормативному графику на своем участке, в том числе контейнерных, тяжеловесных, соединенных и др.

Пропуск поездов осуществляется на основе прогнозных графиков, разработанных с применением АПК «Эльбрус». Расписание следования поезда поступает машинисту через систему информирования машинистов (СИМ - техническое устройство в кабине машиниста, на котором визуально отображается нормативное расписание) [92].

Применение таких технологий не только на всем полигоне Транссибирского района управления нашей дороги, но и на соседних Свердловской и Южно-Уральской позволили достичь положительных результатов в организации пропуска по расписанию всех поездов, в т.ч. тяжеловесных (весом 8 и 9 тыс. тонн) на направлении Кузбасс – Лужская [92, 92].

Работа поездных диспетчеров в новом ДЦУП организована на основе безбумажной технологии. Вся техническая документация и справочный материал, необходимый в работе поездного диспетчера, размещены на информационном портале. На рабочем столе ДНЦ находится только один документ – журнал ф. ДУ–58.

Вместе с тем, несмотря на то, что, диспетчерский центр управления перевозками и технология управления перевозочным процессом, созданные на Западно-Сибирской железной дороге, в полной мере отвечают современным требованиям ОАО «РЖД» [89, 92], в организации эксплуатационной работы остается актуальной проблема влияния человеческого фактора на надежность технических средств и время задержки поездов, исследование которых

безусловно будут способствовать повышению эффективности производственных процессов (см. таблицу 3.1).

3.1.3 Цель и задачи центра управления тяговыми ресурсами

Центр управления тяговыми ресурсами Урало-Сибирского полигона организован в 2012 году. В зону ответственности центра входит полигон трех железных дорог: Свердловской железной дороги – по стыкам Чепца и Дружинино граничит с ЦУТР Северного полигона, Южно-Уральской железной дороги – по стыкам Челябинск и Карталы граничит с ЦУТР Волжского полигона, Западно-Сибирской железной дороги – по стыкам Междуреченск и Мариинск граничит с ЦУТР Восточного полигона.

Общая протяженность железнодорожных путей в границах ответственности ЦУТР УСП – 7500 км, из которых: Южно-Уральская ж.д. – 1270 км.; Западно-Сибирская ж.д. – 3893 км.; Свердловская ж.д. – 2337км.

В центре организована работа диспетчеров центральных дирекций управления движением, тяги, а также сменных инженеров сервисных компаний по ремонту и обслуживанию локомотивов.

Задачей центра является обеспечение тяговыми ресурсами всех предъявляемых объемов перевозок.

Для оперативного принятия управленческих решений в диспетчерском зале установлено табло коллективного пользования, где в режиме реального времени отображается информация в табличном виде о количестве локомотивных бригад по пунктам оборота и домам отдыха, о локомотивах – кандидатах на ремонт, о содержании эксплуатируемого локомотивного парка на полигоне в сравнении с техническим, выполнение установленных нормативов содержания локомотивов в деповских видах ремонта содержание корпоративного парка локомотивов в границах дорог полигона в сравнении с потребностью.

Табло коллективного пользования стало эффективным инструментом для оперативного принятия управленческих решений. Но для прогнозирования ситуации и работы на опережение табло должно выдавать информацию большего

Таблица 3.1 – Основные характеристики технологических процессов, подверженные влиянию человеческого фактора

Человеческий фактор		Грузовой вагон									Контактная сеть					Пасса- жирский вагон		Всего
		Непредумышленные ошибочные действия	Низкая исполнительская дисциплина персонала	Низкая трудовая дисциплина персонала	Несоответствие типовым требованиям	Несоответствие квалификации	Несоответствие численности эксплуатационного персонала требованиям технологического процесса	Несоответствие технической оснащенности	Отсутствие необходимых знаний	ИТОГО:	Непредумышленные ошибочные действия	Низкая исполнительская дисциплина персонала	Низкая трудовая дисциплина персонала	Несоответствие квалификации	ИТОГО:	Низкая исполнительская дисциплина персонала	ИТОГО:	
отказы 1й категории	Кол-во отказов	124	65	26	18	11	1	0	1	246	8	8	2	1	19	1	1	266
	время отказа, мин.	6774	3773	1356	2157	880	87	0	20	15047	911	693	170	96	1870	10	10	16927
	Общая задержка, мин.	45861	17241	6628	8041	3104	137	0	145	81157	6085	3966	1807	817	12675	78	78	82502
Отказы 2й категории	Кол-во отказов	81	63	22	3	7	0	1	3	180	5	1	3	0	9	3	3	192
	время отказа, мин.	4784	1590	597	92	150	0	5	60	7278	259	44	137	0	440	97	97	7815
	Общая задержка, мин.	6553	5351	1579	121	450	0	37	188	14279	497	38	323	0	858	97	97	15234
ΣΣКОЛИЧЕСТВО ОТКАЗОВ		205	128	48	21	18	1	1	4	426	13	9	5	1	28	4	16	470

спектра: прогноз наличия локомотивов и локомотивных бригад с почасовой разбивкой в основных узлах глубиной прогнозирования не менее суток, с выдачей информации о возможном необеспечении готовых к отправлению поездов локомотивами или локомотивными бригадами.

Для автоматизации процесса с мая 2013 года введена в эксплуатацию автоматизированная система заявки на локомотивы. В дальнейшем она адаптирована на работу по наряд-заказам, что позволило всем участникам процесса в реальном режиме времени контролировать их выполнение. Впервые применена автоматизация заявок на ССПС и в дирекции по эксплуатации и ремонту путевых машин.

За период работы центра решены следующие задачи:

- устранен дисбаланс в содержании локомотивного парка на дорогах;
- улучшены качественные показатели использования локомотивов
- снижены непроизводительные потери рабочего времени локомотивных бригад;
- снижено количество сходов с кольца локомотивов;
- уменьшено количество локомотивов с перепробегом.

Это позволило сократить влияние человеческого фактора на техническое состояние и экономические показатели локомотивного хозяйства. Однако экспериментальные исследования (РИС или ТАБЛ) позволяют использовать резервы дальнейшего исключения влияния ЧФ.

3.1.4 Цель и задачи центра управления содержанием инфраструктуры

Центр управления содержанием инфраструктуры организован в октябре 2012 года. Его создание обусловлено происходящими структурными преобразованиями в ОАО «РЖД», в части выстраивания единой вертикальной интегрированной системы управления.

Цель его создания – повышение эффективности управления производственными процессами в хозяйствах инфраструктуры, а именно: управление плановыми работами, управление инцидентами (предотказными

состояниями), управление неотложными работами (устранение отказов в работе устройств).

Организационная структура дирекции инфраструктуры приведена на рисунке 3.1



Рисунок 3.1 – Организационная структура дирекции инфраструктуры

Центр состоит из Технологического, Аналитического и Отдела диспетчерского управления.

Для объединения участников процессов текущего содержания и ремонта объектов инфраструктуры на Западно – Сибирской железной дороге расширили рамки существовавшей структуры, территориально совместив рабочие места диспетчеров ДРП, ДПМ и ДИЦДМ. Это позволило консолидировать действия дирекции инфраструктуры и дирекции по ремонту пути при подготовительных и основных работах на объектах инфраструктуры. Оперативное руководство и координацию внутри дирекции осуществляет старший смены Центра. Он же – единое связующее звено между поездным диспетчером и диспетчерами ДИ. Благодаря данному решению удалось существенно минимизировать отвлечение поездного диспетчера от реализации его основной задачи.

При построении системы управления, основанной на внедрении процессных подходов, основной упор делается на проработку механизмов взаимодействия в рамках процесса как между структурными подразделениями, так и с клиентами и контрагентами.

При взаимодействии с движущими и локомотивщиками Центр является единым представителем всех хозяйств инфраструктуры.

Единая диспетчерская смена состоит из диспетчеров отраслевых хозяйств обеспечивающих эксплуатационную работу всего инфраструктурного комплекса. Руководство смены осуществляет старший диспетчер центра, который является связующим звеном во взаимодействии инфраструктуры с хозяйствами, обеспечивающие перевозочный процесс.

Одни из преимуществ создания Центра - это переход к полигонному планированию работ, связанных с технологическим перерывом в движении поездов (технологические «окна»), что позволило минимизировать потери в продвижении поездопотока при осуществлении ремонта инфраструктуры.

Кроме организации плановых работ на инфраструктуре в функционал центра входит реагирование на возникающие «барьеры» в продвижении поезда потока. Такими барьерами могут служить сложные метеоусловия, (организация работы снегоуборочной техники) состояние инфраструктуры (выявленное средствами диагностики или натурным осмотром) и другие чрезвычайные ситуации.

Для этого необходимо своевременно получать информацию об их возникновении. Одним из инструментов получения данной информации служит автоматизированная система управления инфраструктурой, которая представлена на табло коллективного пользования. На карте-схеме отображается полигон железной дороги. Все возникающие отклонения в работе устройств инфраструктуры в режиме реального времени выводятся в виде Аншлагов. На схеме дороги отображаются отказы технических средств, действующие предупреждения, технологические «окна».

Кроме этого на табло в режиме реального времени отображается информация о состоянии инфраструктуры: количество и протяженность действующих предупреждений, запланированные и предоставленные технологические «окна», отказы технических средств и технологические нарушения, количество задержек пассажирских, пригородных и грузовых поездов по хозяйствам дирекции, прогноз погоды и ряд других настраиваемых по необходимости параметров.

Единое информационное пространство позволяет оперативно реагировать на возникновение внештатных ситуаций, минимизировать время на принятие управленческих решений, что в результате положительно влияет на повышение качества выполнения обязательств перед клиентами ОАО «РЖД» в границах Западно-Сибирской железной дороги.

Создание Центра позволило перейти от отделенческого планирования технологических «окон» к полигонному. Введены створовые дни по всем поездоучасткам, что позволило улучшить качество использования «окон» без ущерба для продвижения поездопотока. Данный процесс взаимодействия регламентирован, систематизирован и имеет положительную динамику.

При проведении работ дирекцией по ремонту пути на закрытых перегонах планируются и совмещаются работы смежных хозяйств (рисунок 3.2)



Рисунок 3.2 – Организационная структура работы смежных хозяйств

Дополнительно на табло в режиме реального времени отображается информация о состоянии инфраструктуры (см. таблицу 3.2):

- количество и протяженность действующих предупреждений;
- запланированные и предоставленные технологические «окна»;
- отказы технических средств и технологические нарушения;
- количество задержек пассажирских, пригородных и грузовых поездов по хозяйствам дирекции;
- прогноз погоды и ряд других настраиваемых по необходимости параметров.

Таблица 3.2 – Фрагмент учета отказов технических средств

Интервалы времени по продолжительности отказов	число отказов 1-й категории	число отказов 2-й категории	Общее
1 - 51	165	409	574
52 - 102	79	85	164
103 - 153	38	8	46
154 - 204	14	1	15
205 - 255	8		8
256 - 306	1		1
307 - 357	2		2
358 - 408			0
409 - 459	2		2
460 - 510	1		1
	310	504	814

Единое информационное пространство позволяет оперативно реагировать на возникновение внештатных ситуаций, минимизировать время на принятие управленческих решений. Что в результате положительно влияет на повышение качества выполнения обязательств перед клиентами ОАО «РЖД» в границах Западно-Сибирской железной дороги.

3.2. Разработка информационно-графических моделей технологических процессов

Создание и развитие интеллектуальных транспортных систем, центров управления содержанием инфраструктуры нуждается в современных методах цифровизации технологических процессов. Для повышения своевременности и качества принимаемых решений участниками реализации производственных процессов предложено использовать их графическое моделирование.

Учитывая стохастичность информационных потоков, автор обосновала целесообразность оценки технологической и организационной надежности операций описывать оперограммами, представляющими графические модели отношений производственных процессов, представленных технологическими операциями, их исполнителями и продолжительностью, связанными последовательностью выполнения. Алгоритм проведения экспертизы при разработке оперограмм заключается в ранжировании операций технологического процесса, экспертной оценке необходимости каждой операции и последовательности их выполнения. К организационным операциям относятся информационные операции процесса, к технологическим, – например, дефектация неисправностей технических средств, установка технологических деталей, возврат из ремонта и другие технологические операции. Оперограммы позволяют регулировать информационные потоки, минимизировать продолжительность операций и повысить качество принимаемых управленческих решений. Автор дала определения элемента потока, элементарного потока, информационного потока и показала, что построение граф-модели информационных потоков определяется набором технологических операций, исполнителями тех или иных организационных и производственных структур, логикой, последовательностью и продолжительностью их выполнения. При их построении используется метод экспертных оценок. В данном разделе приведен пример построения граф-модели информационных потоков текущего отцепочного ремонта вагонов и оценка

технологической и организационной надежности. Для ее оценки целесообразно применить вероятность того, что в произвольный момент времени техническая система, описываемая оперограммой, находится в работоспособном состоянии (функция готовности). Условием организационно - технологической надежности является время выполнения технологического процесса, которое не должно превышать установленного времени с заданной вероятностью.

Автор обосновала применение граф-моделей информационных потоков, представленных оперограммами, для построения имитационных моделей и расчета потребности в исполнителях по звеньям организационно-производственных структур подразделений, реализующих технологические процессы, а также необходимой комплектации техническими средствами преобразования информации, обеспечивающими качественное управление в установленные сроки. Для инфраструктурного транспортного комплекса построены следующие граф—модели: оперограмма процесса текущего отцепочного ремонта на участке технического обслуживания и ремонта (ТОР) «Инская» эксплуатационного вагонного депо Започно-Сибирской дирекции инфраструктуры; оперограмма организации устранения неисправностей пути 3 и 4 степени; оперограмма организации устранения отказа.

Проектирование систем управления и совершенствование организации производства на железнодорожном транспорте базируется на достоверности, своевременности, полноте информации, квалификации исполнителей, определяющих так называемый «человеческий фактор» [25, 27, 96, 115]. Одним из факторов повышения эффективности принятия решений является графическое компьютерное моделирование информационных потоков, отражающее производственные процессы строительства, реконструкции и содержания инфраструктурных объектов линейных объектов, к которым относятся железные и автомобильные дороги. Создание графической модели представляет собой задачу конструирования информационных потоков и распределения операций процесса по участникам с увязкой последовательности и времени их исполнения [38, 77, 117]. Удобным представлением с возможностью компьютерного

отображения и обработки являются оперограммы. Алгоритм их построения, методика экспертных оценок целесообразности тех или иных операций, исполнителей, времени выполнения, информационных связей предложены в работах [39, 106, 127, 128]. Вместе с тем они не учитывают надежность выполнения каждой операции информационного сопровождения технологического процесса, приводящего к срыву сроков, определенных оперограммой. Теоретическое обоснование методики расчета показателей надежности операций и практической реализации в структурах интеллектуальных транспортных систем и центров управления содержанием инфраструктуры является актуальной задачей [143, 147 - 149].

Методы исследования

Нестационарность процесса организации производства при содержании и ремонтах объектов инфраструктуры железных и автомобильных дорог предъявляет повышенные требования к методике проектирования информационных потоков, поддерживающих технологические процессы. Поток информации образует информационную сеть, в которой связаны источники и потребители информации, призванные организовать управление тем или иным технологическим процессом.

Методология настоящего исследования построена на следующем представлении информационных потоков.

Набор технико-экономических показателей, которыми оперирует исполнитель при выполнении одной операции технологического процесса называется *элементом потока*.

Элементы информационного потока, описывающие все операции одного технологического процесса и передаваемые из одного звена управленческой или производственной структуры в другое, образуют *элементарный поток*.

Элементарные потоки, описывающие все или часть операций технологических процессов и связывающие одно звено управленческой или

производственной структуры с другим, образуют *информационный поток*.

Среди информационных потоков в инфраструктурном комплексе железных и автомобильных дорог выделяют регулярные и случайные. Регулярные потоки заданы технологией производственного процесса. В них выделяют периодические потоки и непериодические.

К регулярным потокам относят потоки, направляемые одному пользователю.

К случайным потокам относят потоки, возникающие, как правило, в процессе реализации технологического процесса и вызванные нестандартными ситуациями или сбоями, отказами отдельных операций, требующих принятия решения исполнителем или руководителем. Они задаются вероятностью его возникновения и характеризуются объемом и интенсивностью.

Принятые определения положены в основу графического моделирования информационных потоков, представляемых оперограммами, построение которых сводится к распределению операций по исполнителям и звеньям системы, занятых реализацией технологических процессов, и назначения информационных связей между ними. В прикладном значении эту задачу эффективнее решать методом экспертных оценок, т.к. он позволяет учесть ретроспективные события, фактическое состояние исполнения технологических процессов, квалификацию и опыт экспертов.

Результаты исследований. Построение граф-модели информационных потоков

Построение граф-модели информационных потоков определяется набором технологических операций, исполнителями тех или иных организационных и производственных структур, логикой, последовательностью и продолжительностью их выполнения. Одним из приемов оценки качества построения граф-модели может служить метод экспертных оценок [76]. Он заключается в выработке согласованного мнения экспертов.

Алгоритм проведения экспертизы при разработке оперограмм заключается в

ранжировании операций технологического процесса, экспертной оценке необходимости каждой операции и последовательности их выполнения.

Ранг указывает положение i -й операции в совокупности всех операций.

Результаты ранжирования можно представить в табличной форме (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Результаты ранжирования

Эксперты	Операции								
	1	2	3	4	5	...	i	...	n
Эксперт j	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	...	(i)	...	(n)

В заголовки 1, 2, 3, ..., i , n вносятся сформулированные разработчиками оперограмм наименования операций. В последующих строках (1), (2), (3), ..., (i), (n) каждым экспертом указывается ранг (порядковый номер) операции [25].

По каждому столбцу определяется сумма рангов, присвоенных экспертами i -й операции.

$$R_i = \sum_{j=1}^m r^{ij}, \quad (3.1)$$

где r^{ij} – ранг, присвоенный j -м экспертом i -й операции; m — число экспертов.

Коэффициентом конкордации ω оценивается согласованность экспертов относительно ранжирования операций:

$$\omega = \frac{S(d^2)}{\frac{1}{2}m^2(n^3 - n)}, \quad (3.2)$$

$$S(d^2) = \sum_{i=1}^n (R_i - R_{cp})^2 = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m \left[r^{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right] \right\}^2, \quad (3.3)$$

где n – число операций.

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{1}{2}(n+1). \quad (3.4)$$

При наличии связанных рангов (имеются одинаковые объекты) коэффициент конкордации вычисляется по формуле:

$$\omega = \frac{12S(d^2)}{m^3(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_j}, \quad (3.5)$$

Показатель связанных рангов в j -й ранжировке T_j равен:

$$T_j = \sum_{k=1}^{H_j} (h^3 - h_k), \quad (3.6)$$

где H_j — число равных рангов в k -й группе связанных рангов при ранжировке j -м экспертом; $0 \leq \omega \leq 1$.

При $\omega=0$ нет совпадения мнений экспертов (все ранжировки различны).

При $\omega=1$ существует полная согласованность мнений. Оценка значимости коэффициента конкордации [25] при $n > 7$ осуществляется по критерию χ^2 .

Для несвязанных рангов:

$$\chi^2 = \frac{12S(d^2)}{mn(n+1)}. \quad (3.7)$$

Для связанных рангов:

$$\chi^2 = \frac{12S(d^2)}{mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j} \quad (3.8)$$

Следующий шаг алгоритма разработки оперограмм состоит в оценке участия структурных подразделений организаций или отдельных исполнителей в выполнении операций и установления связей между ними. Результаты представляются в форме, подобной таблице 1. В графах 1, 2, 3, ..., i , n указываются номера операций и исполнителей. В графах (1), (2), (3), ..., (i), (n) экспертами обозначаются исполнители операций. По каждому столбцу подсчитывается максимальное число совпадений мнений экспертов. Ниже приводятся результаты итоговой ранжировки, т.е. R_i . Максимальному количеству совпадений присваивается ранг, равный 1. Следующему R_j , имеющему максимальное число совпадений (исключая R_i), присваивается ранг 2 и т.д. Рассчитывается коэффициент конкордации и анализируется достоверность результатов экспертизы. Экспертиза проводится в несколько этапов. Устойчивость имеет место, когда ответы, полученные от экспертов на различных этапах, статистически слабо отличаются друг от друга и не зависят от изменения характеристики согласия [25].

Оценку времени сбора, обработки и принятия решений исполнителями технологических процессов по технологическим операциям следует также проводить методом экспертных оценок. Результаты удобно представлять в виде рисунка 3.3.

Среднюю оценку времени преобразования информации по ψ -й операции и

среднеквадратическое отклонение будем определять известными выражениями (3.9) и (3.10).

$$\bar{\tau}^{(\psi)} = \frac{1}{nm} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \tau_{ij}^{(\psi)}, \quad (3.9)$$

где n — число технологических операций в оперограмме; m — число экспертов.

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma(\tau^{(\psi)}) = \frac{1}{nm} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sigma^2(\tau_{ij}^{(\psi)})}. \quad (3.10)$$

Шифр операций	Шифр исполнителей	ЭКСПЕРТЫ						Средняя оценка времени	Дисперсия	
		ФИО, должность			ФИО, должность				
		Минимальное время	Наиболее вероятное время	Максимальное время	Минимальное время	Наиболее вероятное время	Максимальное время			

Рисунок 3.3 – Количественные оценки решения задач (наименование функции управления)

Экспериментальные исследования. Построение граф-модели информационных потоков текущего отцепочного ремонта вагонов и оценка технологической и организационной надежности.

Операции процесса, описываемые оперограммой, подразделяются на организационные и технологические. Поэтому целесообразно оценить вероятностные характеристики граф-модели. В таблице 3.4 приведена оперограмма текущего отцепочного ремонта вагонов. В ней определены исполнители операций и статистически экспертное время проведения операций.

К организационным операциям относятся информационные операции процесса, к технологическим – передислокация вагона (состава), дефектация

Продолжение таблицы 3.4

п/п	Наименование операции процесса	Исполнители операций процесса										Срок выполнения операций		
		ОРВ	Оператор ПТО	ОАО "ГВЦ"	собственник ПС	отдел собственности ПС	бригадир ТОР	оператор ТОР	ДС станции отцепки	ВМ участка	ДС		ВРК	
19	направление КП в ремонт						○							20 мин
20	АОФ ГУ-23 на начало простоя					○								10 мин
21	направления письма собственнику о постановке на ответственный простой					○								10 мин
22	ремонт КП												○	48 часов
23	заявка на вывод вагона с участка ТОР												○	10 мин
24	вывод вагона с участка ТОР												○	12 часов
25	возврат КП из ремонта												○	20 мин
26	АОФ ГУ-23 на окончание простоя					○								10 мин
27	заявка на подачу вагона												○	10 мин
28	подача вагона на ТОР												○	12 часов
29	ремонт вагона												○	3,2 часа
30	приемка вагона (акт допуска)												○	15 мин
31	передача сообщения 1354 (ВУ-36)												○	10 мин
32	формирование ПУД (АРМ мастера)												○	в течении 24 часов с момента выпуска вагона
33	формирование ПУД (АРМ инженера)												○	в течении 48 часов с момента формирования ПУД в АРМ мастера
34	согласование ПУД собственником ПС					○								78 часов

неисправностей, установка технологической детали, возврат из ремонта и другие технологические операции.

В правом крайнем столбце указан срок выполнения операций, представляющий собой случайное время на очередную операцию. Между ними возникают случайные интервалы, связанные с процедурами, подготовки, передачи, обработки информации.

Случайное время T_B^i между очередными операциями (i -й операции) определяется суммой времени выполнения операции T_0^i и межоперационного временем T_M^i .

$$T = T_0^i + T_M^i, \quad i = 1, N, \quad (3.11)$$

где N – число операций в оперограмме.

Если случайные величины T_0^i и T_M^i независимы, то плотность распределения их суммы T_B^i равна:

$$f_B(t) = \int_0^t f(x)g(t-x)dt, \quad (3.12)$$

где $f(t)$ – плотность распределения времени выполнения операции, $g(t)$ – плотность распределения времени подготовительных процедур преобразования информации.

Поток технологических операций процесса можно представить как:

$$\omega_B(t) = f_B(t) + \int_0^t \omega_B(\tau)f_B(t-\tau)d\tau, \quad (3.13)$$

где $f_B(t)$ – плотность распределения времени между очередными технологическими операциями; $\omega_B(t)$ и $f_{Bn}(t)$ – параметры потоков технологических операций и плотность распределения времени до появления i -й технологической операции связаны соотношением:

$$\omega_B(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_{Bn}(t) \quad (3.14)$$

Продолжительность всего процесса отцепочного ремонта можно оценить по сумме времени между технологическими операциями:

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_B^i = \sum_{i=1}^m (T_0^i + T_M^i), \quad (3.15)$$

где m – число организационных мероприятий (операций) от выявления технической неисправности до восстановления технической системы (ликвидации неисправности).

Сумма времени выполнения технологических и организационных операций на восстановление составит

$$T_T = \sum_{j=1}^n T_B^j = \sum_{j=1}^n T_{T0}^j + T_0. \quad (3.16)$$

Для оценки суммарного времени процесса (таблица 3.5) целесообразно применить вероятность $\Gamma(t_1)$, - заставить в момент времени t_1 техническую систему, описываемую оперограммой, работоспособной (функция готовности). Тогда:

$P(t_1) = 1 - \Gamma(t_1)$ – вероятность того, что в момент времени t_1 техническая система неработоспособна.

$\Gamma(t_1)$ и $P(t_1)$ определяются в предположении, что при $t = 0$ объект работоспособен.

Таблица 3.5 – Оценка суммарного времени процесса

№ операции	T _о , мин	T _м , мин.	$\sum T_o^i + T_M^i$	T ⁱ	№ операции	T _о , мин	T _м , мин.	$\sum T_o^i + T_M^i$	T ⁱ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	240		240	240	16-17	4440	888	5328	17568
1-2	10	2	12	252	17-17	4440	0	4440	22008
2-2	10	0	10	262	15-18	15	3	18	22026
2-3	1440	288	1728	1990	17-27	10	2	12	22038
2-7	1640	328	1968	3958	18-19	20	4	24	22062
3-4	60	12	72	4030	19-20	10	2	12	22074
4-4	60	0	60	4090	20-21	10	2	12	22086
4-5	10	2	12	4102	19-22	2880	576	3456	25542
5-5	10	0	10	4112	19-23	10	2	12	25554
5-6	2880	576	3456	7568	23-24	720	144	864	26418
7-8	1440	288	1728	9296	22-25	20	4	24	26442
8-8	1440	0	1440	10736	25-26	10	2	12	26454
6-9	120	2	122	10858	26-33	2880	576	3456	29910
9-10	10	2	12	10870	20-33	2880	576	3456	33366
10-11	720	144	864	11734	25-27	10	2	12	33378
11-12	15	3	18	11752	27-28	720	144	864	34242
8-13	20	4	24	11776	28-29	192	39	231	34473
12-13	20	4	24	11800	29-30	15	3	18	34491
13-14	180	36	216	12016	30-30	15	0	15	34506
14-14	180	0	180	12196	30-31	10	2	12	34518
14-15	10	2	12	12208	31-32	1440	288	1728	36246
15-15	10	0	10	12218	32-33	2880	576	3456	39702
15-15	10	0	10	12228	33-34	4680	936	5616	45318
15-16	10	2	12	12240					

45318 мин = 755,3 часа = 31,5 дней. Данная величина является основой продолжительности процесса оцепочного ремонта на участке технологического обслуживания и ремонта. Аналогично выполняется нормирование других организационно-технологических процессов.

T_0 – время выполнения операций

T_m – межоперационное время (время передачи информации между операциями)

T – время выполнения всех операций в графической модели

$T_{\text{доп}}$ – допустимое время выполнения всех операций в графической модели

$$T = T_0 + T_m \quad (3.17)$$

Если $T \leq T_{\text{доп}}$, то можно считать графическую модель надежной.

Если $T > T_{\text{доп}}$, то в системе наблюдается срыв технологических и организационных процессов, приводящих к нарушению движения поездов или другим отрицательным показателям.

Введен новый показатель: коэффициент готовности системы K_r

$$K_r = 1 - \frac{T}{T_{\text{доп}}} \quad (3.18)$$

При $T \ll T_{\text{доп}}$ $K_r \rightarrow 1$ Система работоспособна с вероятностью $Q \rightarrow 1$ или $P \rightarrow 0$.

При $T = T_{\text{доп}}$ $K_r = 0$ – система находится в состоянии перехода в неработоспособное состояние с вероятностью $P \rightarrow 1$.

При $T > T_{\text{доп}}$ – система неработоспособна, коэффициент готовности принимает отрицательное значение с вероятностью $Q = 0$, $P = 1$.

$$Q + P = 1$$

Так как $T = T_0 + T_m$, то

$$K_r = \frac{T_0 + T_m}{T_{\text{доп}}} = \frac{T_0}{T_{\text{доп}}} + \frac{T_m}{T_{\text{доп}}}, \quad (3.19)$$

то можно анализировать время выполнения операций и межоперационного времени для разработки мероприятий по определению минимально необходимого времени и повышения качества системы по критерию времени.

Аналогичные рассуждения справедливы для любой группы операций.

Выполним расчет для $T_{\text{доп}} = T$ с целью анализа уменьшения T на 10, 20, 30 процентов. Полученные результаты представлены в таблице 3.6

Таблица 3.6 – Анализ уменьшения времени выполнения всех операций в графической модели

Процент снижения T	10	20	30	40
T	40786,2	36254,4	31722,6	27190,8
K_T	0,1	0,2	0,3	0,4

Оперограмма организации устранения неисправностей пути 3 и 4 степени (идеальная схема, вариант ДИЦУСИ), оперограмма организации устранения неисправностей пути 3 и 4 степени (идеальная схема, вариант ДИЦУСИ с участием ЕКАСУИ) и оперограмма организации устранения отказа ШЧ представлены в таблицах 3.7 – 3.9.

Таблица 3.7 – Оперограмма организации устранения неисправностей пути 3 и 4 степени (идеальная схема, вариант ДИЦУСИ)

п/п	Наименование операции процесса	Исполнители операций процесса										Срок выполнения операций		
		Начальник вагона	Руководитель ПЧ/ИЧ	ДСП/ДНЦ	Машинист поезда ПЧУ, ПД, ПДБ	Диспетчер ПЧ/ИЧ	Диспетчер ДИЦУСИ-П	Диспетчер ДИЦУМ	3	4	5		6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	Выявление отступлений 4-й степени	○	○								В период проведения измерений			
2	Передача информации о выявлении отступлений 4-й степени	○	○								Незамедлительно при выявлении, до 10 мин. с момента выявления			
3	Выдача предупреждений на ограничение скорости по неисправностям 4 степени	○	○	○	○						Незамедлительно при выявлении, до 5 мин. с момента получения информации			
4	Информирование о выданном ограничении скорости по неисправности 4-й степени		○			○	○	○	○		В течении 10-15 минут с момента выдачи предупреждения			
5	Выдача задания на устранение неисправностей по устранению 4-й степени		○			○					В течении 15 минут с момента выдачи предупреждения			

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	Выдача предупреждений на производство работ по устранению 4-й степени				○	○	○			В течении 1-го часа с момента выдачи предупреждения
7	Организация устранения неисправностей 4-й степени					○				В течении 1-24 часов (в среднем 4 ч) с момента выдачи предупреждения
8	Устранение неисправностей 4-й степени					○				В течении 2-24 часов (в среднем 4 ч.) с момента выдачи предупреждения
9	Информирование об устранении отступлений 4-й степени		○			○	○			Незамедлительно по окончании работ, до 10-15 мин.
10	Проверка фактического устранения отступления 4-й степени		○							В течении 1-2 часов
11	Отмена предупреждений на ограничение скоростей и производство работ		○	○	○					Незамедлительно по окончании работ, до 10 мин
12	Информирование об отмене предупреждения и устранении отступления 4-й степени		○				○	○		В течении 10-20 мин. после отмены предупреждения
13	Учет устраненных отступлений 4-й степени						○	○		В течении 15 мин. после поступления информации
14	Выдача графической диаграммы	○	○							В течении 20-ти мин. с момента завершения поездки
15	Анализ графической диаграммы состояния пути		○							В течении от 1-го до 12 часов (в среднем 2 часа) с момента получения диаграммы
16	Выдача задания на устранение отступлений		○			○				От 3 до 12 ч. с момента анализа графических диаграмм
17	Планирование устранения обнаруженных неисправностей 3-й степени					○				В течении рабочего дня (в среднем 1 - 2 час
18	Выдача предупреждений на производство работ			○	○	○	○			За 8 - 12 час. до времени начала производства работ
19	Устранение неисправностей 3-й степени					○				С момента начала работ от 20 мин. до 5 час.
20	Передача информации об устранении					○	○	○		В течении смены от 30 мин до 1 час
21	Формирование отчета о фактическом устранении отступлений					○	○	○		от 20 мин. до 2 час. в течении смены
22	Передача информации руководителю ПЧ/ИЧ						○	○		По окончании, сены с 15-30 до 16-00

Таблица 3.8 – Оперограмма организации устранения неисправностей пути 3 и 4 степени (идеальная схема, вариант ДИЦУСИ с участием ЕКАСУИ)

п/п	Наименование операции процесса	Исполнители операций процесса									Срок выполнения операций	
		Начальник вагона	Руководитель ПЧ/ИЧ	ДСП/ДНЦ	Машинист поезда	ПЧУ, ПД, ПДБ	Диспетчер ПЧ/ИЧ	Диспетчер ДИЦУСИ-П	Диспетчер ДИЦДМ	Техник околodka		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Выявление отступлений 4-й степени	○	○									В период проведения измерений
2	Передача информации о выявлении отступлений 4-й степени	○	○									Незамедлительно при выявлении, до 10 мин. с момента выявления
3	Выдача предупреждений на ограничение скорости по неисправностям 4 степени	○	○	○	○							Незамедлительно при выявлении, до 5 мин. с момента получения информации
4	Информирование о выданном ограничении скорости по неисправности 4-й степени		○			○	○	○	○			В течении 10-15 минут с момента выдачи предупреждения
5	Выдача задания на устранение неисправностей по устранению 4-й степени		○			○						В течении 15 минут с момента выдачи предупреждения
6	Выдача предупреждений на производство работ по устранению 4-й степени				○	○	○					В течении 1-го часа с момента выдачи предупреждения
7	Организация устранения неисправностей 4-й степени					○						В течении 1-24 часов (в среднем 4 ч) с момента выдачи предупреждения
8	Устранение неисправностей 4- степени					○						В течении 2-24 часов (в среднем 4 ч.) с момента выдачи предупреждения
9	Информирование об устранении отступлений 4-й степени		○			○	○					Незамедлительно по окончанию работ, до 10-15 мин.
10	Проверка фактического устранения отступления 4-й степени		○									В течении 1-2 часов
11	Отмена предупреждений на ограничение скоростей и производство работ		○	○	○							Незамедлительно по окончанию работ, до 10 мин
12	Информирование об отмене предупреждения и устранении отступления 4-й степени		○				○	○				В течении 10-20 мин. после отмены предупреждения
13	Учет устраненных отступлений 4-й степени						○	○				В течении 15 мин. после поступления информации
14	Выдача графической диаграммы	○	○									В течении 20-ти мин. с момента завершения поездки
15	Передача выявленных инцидентов (отступления) в ЕКАСУИ	○					○					В течении 1-го часа с момента завершения поездки

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	Анализ графической диаграммы состояния пути		○								В течении от 1-го до 12 часов (в среднем 2 часа) с момента получения диаграммы
17	Выдача задания на устранение отступлений		○			○					От 3 до 12 ч. с момента анализа графических диаграмм
18	Направление в работу выявленного инцидента (отступления)						○			○	В период ночной смены с 16-00 до 4-00 (3 мин. на 1-н инцидент)
19	Планирование устранения обнаруженных неисправностей 3-й степени					○				○	В течении рабочего дня (в среднем 1 - 2 час
20	Создание рабочего задания в ЕКАСУИ на устранение инцидента					○				○	От 3 до 5 мин. на одно рабочее задание
21	Выдача предупреждений на производство работ			○	○	○	○				За 8 - 12 час. до времени начала производства работ
22	Устранение неисправностей 3-й степени					○					С момента начала работ от 20 мин. до 5 час.
23	Контроль устранения выявленных неисправностей					○	○	○			В течении смены от 30 мин до 1 час
24	Передача информации о фактическом устранении отступлений					○	○	○		○	Через 20-30 мин. после окончания работ
25	Формирование отчета о фактическом устранении отступлений						○	○			от 20 мин. до 2 час. в течении смены
26	Закрытие в ЕКАСУИ рабочего задания по устранению выявленного отступления									○	От 3 до 5 мин. на одно рабочее задание
27	Передача информации руководителю ПЧ/ИЧ/Службы об устранении отступлений 3-й и 4-й степени						○	○		○	По окончании, сены с 15-30 до 16-00 или рабочего дня до 14-00

Таблица 3.9 – Оперограмма организации устранения отказа ШЧ

п/п	Наименование операции процесса	Исполнители операций процесса											Срок выполнения операций			
		Машинист поезда/ ЧДК(ДЦ)	ДС П	ДС Д	ШЧ Д	ШН, ШНС +ШЧ У	ШЧ (ШЧЗ, ШЧГ)	Диспетчер ЦУСИ, Ш	ПЧ Д	ЭЧ Ц	ВОХ Р	ЛОВД Т		Аналитик задержек поездов (ИХ)	ШЧ Э	
1	Выявление отказа в работе устр-в СЦБ	○	○													В период текущей работы
2	Передача информации об отказе		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Незамедлительно при выявлении, до ??? мин. с момента выявления
3	Уточнение информации об отказе, анализ данных мониторинга	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Незамедлительно при выявлении, до 5 мин. с момента получения информации
4	Вызов причастных работников, оповещение				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	В течении 10 минут с момента получения информации об отказе
5	Инструктаж по ОТ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	В течении 5 минут с момента прибытия ШН, ШНС на рабочее место
6	Выдача предупреждения на поезда		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	В течении 5 минут, до выхода работника на ж.д.пути
7	Контроль за ходом устранения				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	До устранения отказа, каждые 30 мин.
8	Доклад об устранении		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Немедленно, после устранения
9	Формирование документа "Техническое заключение"				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	После устранения отказа, не позднее 72ч с момента начала отказа
10	Ввод данных о причине отказа, участников расследования в КАСАНТ, АСУ-ШЗ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	После устранения отказа, не позднее 72ч с момента начала отказа
11	Получение информации о допущенных задержках				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	За отчетные сутки
12	Расчет ущерба				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	72 ч с момента начала отказа
13	Разбор отказа				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	72 ч с момента начала отказа
14	Формирование документа "Протокол разбора отказа"				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	72 ч с момента начала отказа
15	Добавление материалов по отказу в КАСАНТ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	72 ч с момента формирования оповещения в системе КАСАНТ
16	Заполнение данных о принятых мерах в АС РБ, АСУ-ШЗ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	72 ч с момента начала отказа

3.3 Модели информационных потоков, сопровождающих граф-модели в виде оперограмм.

Основным достоинством граф-моделей информационных потоков, представленных оперограммами, помимо наглядности и удобства в практическом применении, является возможность построения имитационных моделей и расчета потребности в исполнителях по звеньям организационно-производственных структур подразделений, реализующих технологические процессы, а также необходимой комплектации техническими средствами преобразования информации, обеспечивающими качественное управление в установленные сроки. В случае сложившихся технологических процессов в организации

моделирование информационных потоков целесообразно осуществлять на стадии совершенствования этапа реализации проекта.

Структуру информационных потоков, представленную граф-моделью, можно описать графом $G(X, U)$, где X — множество вершин; U — множество дуг, $X \neq \emptyset$.

Вершины графа символизируют исполнителей, реализующих технологические операции, а дуги — информационные связи между ними.

Оперограммы дают наглядное представление о структуре графа: начальных, транзитивных и поглощающих вершинах, связях между ними, определяющих информационные потоки: источники информации, ее преобразование и управляющие воздействия. Такой подход дает возможность описания технологических операций производственных процессов марковским процессом с непрерывным временем и дискретным состоянием и применить аппарат обыкновенных дифференциальных уравнений. Тогда граф модель, представленную оперограммой, можно описать следующими уравнениями:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = -x_i \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(t) + \sum_{j \neq i} \lambda_{ij}(t) x_j(t), \quad i = \overline{1, m}, \quad (3.20)$$

где $x_i(t)$ — среднее число преобразований информации по i -й операции в момент времени t ; $\lambda_{ij}(t)$ — интенсивность потока информационных заявок на обработку после выполнения i -й операции для выполнения j -й, она зависит от числа специалистов или технических средств преобразования информации, представленных в оперограмме исполнителями.

m — число исполнителей технологического процесса.

Интенсивность потока информационных заявок определяется числом специалистов или технических средств преобразования информации по i -й операции $y_i(t)$ и скоростью преобразования информации по i -й операции $\frac{v_i}{Q_i(t)}$;

$$\sum_{j=1}^m \lambda_{ij}(t) = \lambda_i = y_i(t) \frac{v_i}{Q_i(t) \eta_i}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3.21)$$

η_i — объем заявки.

Система уравнений примет вид

$$\frac{dx_i}{dt} = -x_i(t)y_i(t)\frac{v_i}{Q_i(t)\eta_i} - \sum_{j \neq i} x_j(t)\frac{v_i}{Q_j(t)\eta_j}\sigma_{ij}, \quad (3.22)$$

$$i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, m};$$

где σ_{ji} — коэффициент распределения заявок j -й операции по i -м. в той или иной операции или используемых технических средств преобразования информации. При входном пуассоновском потоке и экспоненциальном времени выполнения операции [25] он рассчитывается по нижеприведенной формуле:

$$\rho_i = \frac{\overline{n_i t_i}}{y_i}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (3.23)$$

где $\overline{n_i}$ — среднее значение числа заявок временного интервала на выполнение i -й операции; $\overline{t_i}$ — среднее время выполнения i -й операции.

$$\overline{n_i} = \sum_{j \neq i} \lambda_{ij} x_j, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, m}; \quad (3.24)$$

$$t_i = \frac{T_i}{\overline{x_i} \sum_{j=1}^m \lambda_{ij}}, \quad T_i = \int_0^T P_i(t) dt, \quad \overline{x_i} = \frac{1}{T} \int_0^T x_i(t) dt, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3.25)$$

где $\overline{x_i}$ — среднее число заявок в единицу времени на выполнение i -й операции; T_i — среднее время нахождения заявки в i -м состоянии; T — время выполнения всех операций оперограммы.

$$D_i(t) = \frac{x_j(t)}{\sum_{j=1}^m x_j(t)}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (3.26)$$

где $D_i(t)$ — вероятность нахождения технологического процесса в i -м состоянии; m — число состояний системы.

С учетом (3.24), (3.25) в (3.23)

$$\rho_i(t) = \frac{T \sum_{j=1}^m \lambda_{ji} x_j \int_0^T P_i(t) dt}{y_i \sum_{j \neq i} \lambda_{ij} \int_0^T x_i(t) dt}, \quad 0 \leq \rho_i(t) \leq 1. \quad (3.27)$$

Условием своевременного выполнения технологического процесса является время, которое не должно превышать заданного значения с вероятностью

$$P(t_3) = P(t_{\text{ооp}} < t_3) = \int_0^{t_3} f(t_{\text{ооp}}) dt. \quad (3.28)$$

Выходной информацией моделирования являются:

- количество специалистов или средств преобразования информации по технологическим операциям граф модели;
- математическое ожидание и дисперсия времени преобразования информации в контролируемых точках по заданным технологическим операциям, в том числе и времени их выполнения;
- математическое ожидание и дисперсия времени простоя средств преобразования информации по операциям.

Для инфраструктурного транспортного комплекса построены следующие граф—модели: оперограмма процесса текущего отцепочного ремонта на участке технического обслуживания и ремонта (ТОР) «Инская» эксплуатационного вагонного депо Запдно-Сибирской дирекции инфраструктуры; оперограмма организации устранения неисправностей пути 3 и 4 степени; оперограмма организации устранения отказа.

Как правило, их практической реализацией занимаются одни и те же службы и их сотрудники. Поэтому часто во времени накладываются информационные потоки различных технологических процессов, что ведет к снижению организационно-технологической надежности. Поэтому направлением дальнейших исследований является построение комплексной модели, охватывающей приоритетные оперограммы.

3.4 Методика оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом за счет сокращения потерь от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений

Дифференцированная система удельных затрат на содержание и обслуживание объектов инфраструктурного комплекса создается на основе анализа нормативных документов и существующей структуры фактических

эксплуатационных затрат на ремонты и текущее содержание объектов инфраструктуры с учетом интенсивности эксплуатации.

1. Задачами исследования в рамках создания данной методики являются следующие:

1) определение номенклатуры и объёмов работ при текущем содержании инфраструктурного комплекса;

2) анализ системы планирования работ текущего содержания объектов инфраструктуры;

3) учёт выполнения работ, сбор и обработка данных по фактическим затратам труда и финансовым средствам на текущее содержание объектов инфраструктуры;

4) статистическая обработка и анализ полученных данных;

5) определение нормативов удельных затрат на содержание и обслуживание объектов ДИ.

2. Номенклатура и объёмы работ при текущем содержании объектов инфраструктурного комплекса.

Текущее содержание объектов инфраструктурного комплекса включает надзор за их состоянием и осуществляется непрерывно в течение всего года, в том числе на участках по регионам [89, 92].

При текущем содержании объектов инфраструктурного комплекса выполняются работы, связанные с постоянным поддержанием объектов инфраструктуры в удовлетворительном состоянии.

Работы по текущему содержанию объектов инфраструктурного комплекса делятся на неотложные, первоочередные и планово-предупредительные.

Неотложные и первоочередные работы связаны с устранением неисправностей объектов инфраструктурного комплекса, которые либо сами по себе, либо при стечении неблагоприятных обстоятельств могут стать угрожающими для безопасности движения поездов или перерасти в таковые в период до очередной технической экспертизы, если их не ликвидировать. Поэтому в зависимости от степени неисправности она устраняется либо без

промедления, либо в первую очередь (в течение двух-трех дней после обнаружения). Такие неисправности возникают в отдельных местах объектов инфраструктуры, как правило, непредвиденно, и их устранение предусматривается по мере обнаружения в процессе осмотров и проверок технического состояния.

К *первоочередным* относятся работы, связанные с устранением отступлений 3 степени в содержании объектов инфраструктуры.

Планово-предупредительные работы направлены на предупреждение (профилактику) появления неисправностей объектов инфраструктуры, влияющих на основные производственные показатели.

По назначению и характеру технологических операций *планово-предупредительные работы* подразделяются на *узкоцелевые* (самостоятельные), состоящие только из одного вида работ, и *комплексные*, охватывающие несколько видов самостоятельных работ.

3. Планирование и выполнение работ текущего содержания объектов инфраструктуры.

Работы по текущему содержанию объектов инфраструктуры, носящие предупредительный характер, выполняют по планам, разработанным на основе результатов осмотров и проверок объектов инфраструктуры с использованием технических средств.

Комплексные *планово-предупредительные работы* [89], планируемые начальниками служб пути, вагонов, централизации связей и дирекцией по ремонту и эксплуатации путевых машин (П, В, Ш и ДМП) в конце каждого года на предстоящий год по результатам осмотра объектов инфраструктуры.

4. Документы, которые предполагается использовать для получения данных по планированию, учету выполнения работ, расхода материалов и денежных средств при текущем содержании объектов инфраструктурного комплекса:

1) План организации текущего содержания объектов инфраструктуры на _____ год по _____ структурным подразделениям ДИ. План утверждается начальником ДИ.

2) Журнал планирования и учета выполнения работ по текущему содержанию объектов инфраструктурного комплекса и оценка их состояния.

Журнал должен содержать следующие разделы:

- учет рабочего времени и расчет заработной платы работников;
- план выполнения работ;
- работа механизмов;
- ведомость оборота материалов по текущему содержанию объектов инфраструктуры;
- состояние и оценка объектов инфраструктуры.

3) Анализ выполнения комплекса неотложных работ по _____ структурным подразделениям ДИ.

4) Помесячные трудозатраты и объемы работ, выполняемые по подразделениям и по всему предприятию, представленные в таблицах «Анализ работы за год по подразделениям» и «Анализ работ за год по предприятию».

Все работы в таблицах должны быть скомпонованы по номерам работ из перечня типовых норм времени (ТНВ) с указанием нормативных и фактических объемов.

5) Журнал технического осмотра объектов инфраструктурного комплекса (экспертизы).

Для нормирования времени производства работ необходимо применить методику проведения хронометражных наблюдений, к реализации которой нами могут быть привлечены студенты СГУПС.

5. Организация работ по сбору данных о фактических затратах труда, расходах материалов и финансовых средств на текущее содержание объектов инфраструктурного комплекса.

Затраты необходимо собирать и анализировать за каждый год по Западно-Сибирской железной дороге в целом и детально по регионам.

Дифференциация системы нормативов содержания и обслуживания объектов инфраструктурного комплекса [96] может быть выполнена при решении следующих задач (табл. 3.10).

Таблица 3.10 – Цели и задачи содержания и обслуживания объектов инфраструктурного комплекса

Наименование	Цель, задачи
1. Применение нормативов удельных затрат для определения стоимости содержания и обслуживания объектов инфраструктурного комплекса	1.1 Создать базу данных, содержащую для конкретной группы объектов инфраструктурного комплекса данные по материально-техническим и трудовым ресурсам, интенсивности эксплуатации объектов инфраструктурного комплекса и др.
2. Разработка нормативов удельных затрат для определения стоимости содержания и обслуживания объектов инфраструктурного комплекса	2.1 Разработать ресурсно-технологические модели для формирования нормативов удельных затрат на содержание объектов инфраструктурного комплекса
	2.2 Разработать экономико-статистические модели и методы определения нормативов удельных затрат на содержание и обслуживание объектов инфраструктурного комплекса
	2.3 Разработать территориальные нормативы удельных затрат путем оптимизации стоимости содержания и обслуживания объектов инфраструктурного комплекса
3. Формирование дифференцированной системы нормативов удельных затрат на содержание и обслуживание объектов инфраструктурного комплекса	3.1 Сформировать нормативы удельных затрат с использованием ресурсно-технологических моделей в зависимости от интенсивности эксплуатации объектов инфраструктурного комплекса

Нормативы инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД» должны быть объединены в общую систему, состоящую из ряда нормативных подсистем, сгруппированных по определенным признакам. Их совокупность должна содержаться в базе данных (БД). Работа с ней обеспечивается соответствующей системой управления базами данных (СУБД). При наличии и накоплении знаний по ее эксплуатации создается база знаний (БЗ), экспертная система и система управления базой знаний (СУБЗ).

С целью оценки эффективности используемых объектов ДИ в перевозочном процессе применим следующие показатели и учтем риски отказов технических

средств и нарушения движения поездопотоков. При планировании оценочных показателей учтем вероятности рисков снижения измеряемого показателя. При фактическом измерении риски оказываются учтенными в оценочных показателях:

1. Планируемый коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в грузообороте

$$K_{ог} = \frac{C_0}{G \cdot P_p}, \quad (3.29)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

G – грузооборот, млн.ткм.нетто;

P_p – вероятность рисков снижения грузооборота за счет влияния ЧФ.

Далее приведем расчетные формулы с учтенным риском без указания вероятности возникновения риска.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{ог}$.

2. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в среднесуточном грузообороте

$$K_{ог\ ср.сут} = \frac{C_0}{G_{ср.сут}} P_{ср.сут}, \quad (3.30)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

$G_{ср.сут}$ – среднесуточный грузооборот, млн.ткм.нетто;

$P_{ср.сут}$ – вероятность рисков в среднесуточном грузообороте.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{ог\ ср.сут}$.

3. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в пассажирообороте

$$K_{оп} = \frac{C_0}{P} P_{по}, \quad (3.31)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

P – пассажирооборот, млн.пкм;

$P_{по}$ – вероятность рисков пассажирооборота.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{оп}$

4. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в обороте вагона

$$K_{об} = \frac{C_0}{V} P_{об}, \quad (3.32)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

V – оборот вагона, сут;

$P_{об}$ – вероятность рисков по обороту вагонов.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{об}$.

5. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в среднем времени простоя местных вагонов

$$K_{омв} = \frac{C_0}{MV} P_{омв}, \quad (3.33)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

MV – среднее время простоя местных вагонов, ч.;

$P_{омв}$ – вероятность рисков по обороту местных вагонов.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{омв}$.

6. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в среднем времени простоя транзитных вагонов

$$K_{отв} = \frac{C_0}{TV} P_{отв}, \quad (3.34)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

TV – среднее время простоя транзитных вагонов, ч.;

$P_{отв}$ – вероятность простоя транзитных вагонов.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{отв}$.

7. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в среднесуточной производительности вагона

$$K_{\text{ов ср.сут}} = \frac{C_0}{PV_{\text{ср.сут}}} P_{\text{ов ср.сут}}, \quad (3.35)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

$PV_{\text{ср.сут}}$ – среднесуточная производительность вагона, ткм;

$P_{\text{ов ср.сут}}$ – вероятность рисков в среднесуточной производительности вагона.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{\text{ов ср. сут}}$.

8. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в участковой скорости

$$K_{\text{оус}} = \frac{C_0}{US} P_{\text{оус}}, \quad (3.36)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

US – участковая скорость, км/ч;

$P_{\text{оус}}$ – вероятность рисков в участковой скорости.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{\text{оус}}$.

9. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в технической скорости

$$K_{\text{отс}} = \frac{C_0}{TS} P_{\text{отс}}, \quad (3.37)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

TS – техническая скорость, км/ч;

$P_{\text{отс}}$ – вероятность рисков технической скорости.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{\text{отс}}$.

10. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в численности работников во всех видах деятельности

$$K_{\text{очр}} = \frac{C_0}{NR} P_{\text{очр}}, \quad (3.38)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

NR – численность работников во всех видах деятельности, чел.;

$P_{\text{очр}}$ – вероятность рисков численности работников.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{очр}$.

11. Коэффициент остаточной стоимости объектов инфраструктурного комплекса в производительности труда

$$K_{опт} = \frac{C_0}{PT} P_{опт}, \quad (3.39)$$

где C_0 – остаточная стоимость объектов ДИ, р.;

PT – производительность труда, тыс.пр.ткм;

$P_{опт}$ – вероятность рисков снижения производительности труда из-за человеческого фактора.

Оптимизация объектов инфраструктурного комплекса должна быть направлена на максимизацию коэффициента $K_{опт}$.

Таким образом, расчет показателей эффективности использования объектов ДИ (коэффициентов) в перевозочном процессе сводим в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Сводная оценка эффективности использования объектов (коэффициенты) в перевозочном процессе по показателям объектов инфраструктурного комплекса.

Структурные подразделения ДИ	$K_{ог}$	$K_{ог}$ ср.свт	$K_{оп}$	$K_{ов}$	$K_{омв}$	$K_{отв}$	$K_{ов}$ ср.свт	$K_{оус}$	$K_{отс}$	$K_{очр}$	$K_{опт}$
П	171050	62433588	9295004	9902691176	733389468	9937621303	7028354	1107000251	10079841299	908709	8536803
Ш	3395	1239005	184461	196520572	14554237	197213766	139479	21968606	20003615	18033	169414
В	3699	1350211	201017	214159119	15860541	214914530	151998	23940381	21799023	19652	184620
Э	8482	3095816	460900	491032362	36365666	492764398	348506	54891437	49981648	45059	423304
Всего	186626	68118620	10141381	10804403228	800169912	10842513998	7668337	1207800675	1099768414	991453	9314141

Расчеты выполнены при вероятности рисков, по всем показателям, равной единице. В дальнейших исследованиях расчеты будут продолжены при различных вероятностях и статистических исследованиях.

ВЫВОДЫ

1. Нестационарный характер строительства, реконструкции и содержания инфраструктурных объектов железных дорог определяет стохастичность

параметров информационных потоков, описывающих технологические процессы организации производства.

2. С целью повышения эффективности и своевременности принимаемых решений научно-обоснованным подходом является графическое компьютерное моделирование, представляемое оперограммами технологических процессов.

3. Компьютерные граф-модели реализации производственных процессов, построенные на принципах отображения информационных потоков с оценкой основных показателей организационной и технологической надежности позволяет обеспечить контроль качества и своевременность принимаемых решений.

4. Предложена методика оценки эффективности управления инфраструктурным комплексом за счет сокращения потерь от уменьшения влияния человеческого фактора и рисков технологических нарушений, основанная на сводной оценке эффективности использования объектов в перевозочном процессе по показателям объектов инфраструктурного комплекса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инфраструктурный комплекс железной дороги призван обеспечить решение целевых задач сети по обеспечению перевозок и содержанию инфраструктуры. Его состав и структура должны соответствовать функциональным и административным потребностям деятельности основного производства.

В выполненном исследовании:

1. Выполнен системный анализ и прогноз эффективности эксплуатационной работы филиала «Западно-Сибирская железная дорога» ОАО «Российские железные дороги».

2. Приведены экспериментальные исследования влияния отказов технических средств на эксплуатационную работу железной дороги и, в частности, изучено влияние отказов технических средств на организационно-технологическую надежность производственных процессов.

3. Установлено, что наибольшее число случаев отказов и задержек поездов приходится на грузовые по первому региону, пассажирских и пригородных – по второму региону, наименьшее – по четвертому региону. Однако причины такого положения возникают в том числе в предшествующих регионах, что требует дополнительного исследования.

4. Анализом влияния ЧФ на возникновение отказов в работе технических средств первой и второй категорий установлено, что количество расследованных отказов с разделением территориально по регионам составляет 3599 шт., с разделением по виновным дирекциям центрального подчинения составляет 1155 шт. в год, с разделением по виновности других организаций 3692 отказов. Наибольшее количество эксплуатационных отказов (626 шт.) зафиксировано по виновным дирекциям и 604 отказа с разделением по регионам. Эксплуатационные отказы (357 шт.) наиболее часто наблюдаются по виновности других организаций.

5. При обработке статистической информации получены уравнения регрессии по отказам 1-й, 2-й категорий и человеческому фактору, позволяющие

прогнозировать изменение технических и экономических показателей, влияющих на основные результаты работы дороги, а также планировать мероприятия по повышению надежности технических средств и снижению технологических нарушений на Западно-Сибирской железной дороге.

6. Одним из факторов сокращения задержки поездов является ликвидация последствий отказов технических средств. С целью определения оптимальных границ допустимой задержки поездов и восстановления отказавших технических средств использована функция принадлежности Харрингтона. Показавшая, что по грузовым вагонам 1-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 791 до 986 минут, 2-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 1857 до 2376 минут, по контактной сети 1-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 820 до 1060 минут, 2-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 42,14 до 57,75 минут, для устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики по отказам 1-й категории хороший результат может быть достигнут при задержках от 696 до 857 минут и 2-й категории от 147 до 187 минут, при вероятностях их наступления в диапазоне 0,63 – 0,8.

7. Вероятностный подход к прогнозированию потенциально возможных отказов технических средств и вызванных ими задержек поездов позволяет решить ряд задач совместного взаимодействия структурных подразделений дирекций инфраструктуры, движения и тяги. Это возможно на основе информационно-графического моделирования технологических процессов. Построены и обоснованы оперограммы процесса текущего отцепочного ремонта на участке технического обслуживания и ремонта (ТОР).

8. Предложена методика оценки эффективности организации производства по показателям в виде коэффициентов остаточной стоимости объектов инфраструктуры в величине основных показателей деятельности дороги.

Направлением дальнейших исследований является развитие методологии построения интеллектуально-транспортных систем инфраструктуры железных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автономов, В. С. Модель человека в экономической науке / В. С. Автономов. – СПб.: Экономическая школа, 1998. – 230 с.
2. Базилевич, Л. А. Комплексный критерий оценки качества организационной структуры / Л. А. Базилевич // Количественные методы анализа и синтеза структур организационных систем. – М.: МНИИПУ, 1983. – С. 14 – 24.
3. Баркалов, С. А. Модели управления конфликтами и рисками: монография / С. А. Баркалов [и др.]; под ред. Д. А. Новикова. – Воронеж: Научная книга, 2008. – 495 с.
4. Блауберг, И. В. Системные исследования и общая теория систем / И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин // Системные исследования. Ежегодн. выпуск. – М.: Мысль, 1969. – С. 117–129.
5. Богданов, А. А. Тектология: всеобщая организационная наука. В 2-х кн. / под ред. Л. И. Абалкин. – М.: Экономика, 1989. – Кн. 1. – 303 с.
6. Болдырева, А. А. Основные проектные данные железной дороги Кызыл – Курагино и сценарии ее строительства / А. А. Болдырева, И. Б. Репина // Сборник «Наука и молодежь СГУПСа в третьем тысячелетии». – 2013 С. 17–19.
7. Болотин, М. М. Система автоматизации производства и ремонта вагонов / М. М. Болотин. – М.: МИИТ. – 307 с.
8. Бурков, В. Н. Механизмы стимулирования в вероятностных моделях социально-экономических систем/ В. Н. Бурков, А. К. Еналеев, Д. А. Новиков // Автоматика и Телемеханика. 1993. - № 11. - С. 3 – 30.
9. Бурносов, Д. Н. Технология и организация управления персоналом в условиях реформирования железнодорожного транспорта: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Бурносов Дмитрий Николаевич. – М.: МГУПС, 2005. – 27 с.
10. Буровцев, В. В. Дефицит трудовых ресурсов – ключевой фактор риска крупных инфраструктурных проектов Сибири / В. В. Буровцев, И. В. Мицук // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 8. – С. 60–63.

11. Величко, В. И. Система фирменного транспортного обслуживания (СФТО) при перевозках грузов по железным дорогам России / В. И. Величко Е. А. Сотников, Б. Л. Голубев. – М.: Интекст, 2001. – 183 с.
12. Величко, Д. В. Анализ технического состояния бесстыкового пути на Западно-Сибирской железной дороге / Д. В. Величко, Д. Г. Шелеметьев, Е. С. Антерейкин, А. А. Николаенко // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 3 (42). С. 5–11.
13. Верескун, В. Д. Влияние отказов технических средств на задержку поездов / В. Д. Верескун, В. С. Воробьев, И. В. Яньшина, И. Б. Репина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). 2019. №4 (76). С. 42-48.
14. Верескун, В. Д. Комплексное развитие эксплуатационной инфраструктуры железнодорожного транспорта / В. Д. Верескун, В. С. Воробьев, М. Ю. Квинт // Вестник СГУПС. – Новосибирск, 2010. – Вып. №22. – С.38–42.
15. Верескун, В. Д. Развитие теоретических основ организационно–технологической надежности и повышения эффективности функционирования производственных объектов железнодорожного транспорта: автореферат дисс. ... докт. техн. наук: 05.02.22 / Верескун Владимир Дмитриевич // Новосибирск, 2010, – 47 с.
16. Верескун, В. Д. Направления совершенствования организации производства на железнодорожном транспорте / В. Д. Верескун, И. Б. Репина // Современная наука: теоретический и практический взгляд: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С. 12 – 15.
17. Верескун, В. Д. Совершенствование управления производственными системами железнодорожного комплекса / В. Д. Верескун // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока; Научный журнал №1. – Новосибирск, 2009. – С. 30–33.
18. Влияние человеческого фактора на аварийность на транспорте [Электронный ресурс]// Режим доступа <http://studopedia.ru>

19. Воробьев, В. С. Влияние человеческого фактора на отказы технических систем железнодорожного транспорта / В. С. Воробьев, А. В. Балахонцев, Р. М. Брызгалова, С. М. Кузнецов, И. Б. Репина // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. - № 2. - С. 119 – 123.
20. Воробьев, В. С. Дифференциация надежности и рисков транспортного строительства / В. С. Воробьев, Д. В. Пингасов, О. П. Калашникова, И. Б. Репина // Сборник научных трудов SWorld «Современные направления теоретических и прикладных исследований». – 2012. - С.59 – 62.
21. Воробьев, В. С. Организационно-технические и экономические аспекты влияния «человеческого фактора» на надежность путевого хозяйства / В. С. Воробьев, М. Ю. Квинт, И. Б. Репина // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития». - 2012. - Выпуск 3. Том 2. - С. 32 – 38.
22. Воробьев, В. С. Оценка отказов технических систем железнодорожного транспорта с учетом влияния человеческого фактора / В. С. Воробьев, В. Д. Верескун, И. Б. Репина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2014. № 3 (55). с. 32-40.
23. Воробьев, В. С. Ресурсно-технологические модели в формировании плана работ по ремонту и содержанию железных дорог / В. С. Воробьев, В. Д. Верескун, И. Б. Репина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2014. - №3. - С. 97 – 101.
24. Воробьев, В. С. Формирование логистических систем транспортного строительного комплекса в районах индустриального освоения / В. С. Воробьев. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2004. – 323 с.
25. Воробьев, В. С. Формирование систем управления строительством транспортных объектов в районах нового освоения: дис. ... доктора технических наук: 05.23.11, 05.23.08 / Воробьев Валерий Степанович. Новосибирск, 2005 <http://dlib.rsl.ru>

26. Воробьев, В. С. Человеческий фактор в обеспечении организационно-технологической надежности производственных процессов инфраструктуры железных дорог / В. С. Воробьев, И. Б. Репина, Р. М. Брызгалова // Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2017.-155 с.
27. Воробьев, В. С. Человеческий фактор в системе отказов технических средств железнодорожного транспорта / В. С. Воробьев, Р. М. Брызгалова, И. Б. Репина // Наука и транспорт. - 2012. - № 3. - С. 42 – 46.
28. Гапанович, В. А. Белая книга ОАО «РЖД». Стратегические направления научно–технического развития компании / В. А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 9. – С. 165–172.
29. Гапанович, В. А. Обеспечить надежную работу технических средств / В. А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 9. – С. 2–5.
30. Гапанович, В. А. Построение и использование матриц рисков в системе управления рисками на железнодорожном транспорте / В. А. Гапанович, И. Б. Шубинский, А. М. Замышляев // Надежность - 2011. - № 04. - С. 56 – 68.
31. Гапанович, В. А. Программа научно–технического развития ОАО «РЖД» / В. А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 2. – С. 2–7.
32. Гинсберг, К. С. Человеческий фактор в управлении / К. С. Гинсберг, Д. А. Новикова; под ред. Н. А. Абрамовой. – М.: КомКнига, 2006. – 496 с.
33. Гордон, Б. М. Автоматизированная система управления безопасностью движения / Б. М. Гордон, А. М. Замышляев, Е. В. Синицина // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 9. – С. 17–19.
34. ГОСТ Р 53480–2009 Надежность в технике. Термины и определения, (статья 18) [Электронный ресурс] <http://nordoc.ru/doc/58-58964#i2066723>
35. ГОСТ Р 54505–2011 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200094215>
36. Грунтов, П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П. С. Грунтов. – М.: Транспорт, 1994. – 542 с.

37. Дейнтри Даффи, Человеческий капитал – <http://www.osp.ru./cio/2000/06/023.htm>
38. Диаграмма потоков событий – WFD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: diagrammi-potokov...WFD.html (Дата обращения 07.11.2019) 560р., -157 с.
39. Долаева, З. Н. BIM-технологии в модернизации жилищного фонда / З. Н. Долаева, З. Н. Джанибекова // Актуальные проблемы науки XXI века (3 часть): сборник статей международной исследовательской организации "Cognitio" по материалам VI международной научно-практической конференции - Москва: Международная исследовательская организация "Cognitio", 2016. – С. 28-31.
40. Дружинин, Г. В. Надежность автоматизированных систем / Г. В. Дружинин. – М.: Энергия, 1977. – 536 с.
41. Егоров, С. Человеческий фактор и экономический рост в условиях пост индустриализации / С. Егоров // Вопросы экономики. – 2004. – №5. С. 85 – 97
42. Ермаков, В. М. Оценка эффективности мер по снижению износов в системе колесо–рельс / В. М. Ермаков // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 8. – С. 64–70.
43. Заседание научно-технического совета по вопросу Об актуализации генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 г.
44. Захаревич, А. С. Анализ влияния человеческого фактора на безопасность функционирования железнодорожного транспорта (на примере технологического цикла работы локомотивных бригад) / А. С. Захаревич, Д. В. Катцын, М. Л. Маринов // Вестник СПбГУПС 2013. - № 3. - С. 32 – 39. //vestnikigps.ru
45. Зябиров, Х. Ш. Современные технологии, организация и управление эксплуатационной работой на железных дорогах (опыт, теория, практика, перспектива) / Х. Ш. Зябиров. – М., 2005. – Т. 1. – 616 с.
46. Зябиров, Х. Ш. Современные технологии, организация и управление эксплуатационной работой на железных дорогах (опыт, теория, практика, перспектива) / Х. Ш. Зябиров.– М., 2005. – Т. 2. – 426 с.

47. Канторович, Л. В. Математические методы организации и планирования производства / Л. В. Канторович. – Л.: ЛГУ, 1939. – 37 с.
48. Канторович, Л. В. Об использовании оптимизационных расчетов в АСУ отраслями народного хозяйства / Л. В. Канторович, Н. И. Чешенко // Экономико-математические методы. – 1978. – Т. XIV. – Вып. 5. – С. 821–834.
49. Канторович, Л. В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов / Л. В. Канторович. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 347 с.
50. Кизилов, В. Человеческий фактор в безопасности транспорта [Электронный ресурс], - // <http://prompolit.ru/107485> – статья в интернете
51. Ковалев, В. И. Роль Российской академии транспорта в формировании научного базиса транспортного комплекса / В. И. Ковалев // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 10. – С. 22–27.
52. Козлов, П. А. Инвестиционные риски при создании логистических центров / П. А. Козлов, В. П. Козлова // Транспорт Урала. – 2007. – № 1. – С. 48–52.
53. Козлов, П. А. Информационные технологии на транспорте. Современный этап / П. А. Козлов // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 10. – С. 38–41.
54. Козлов, Ю. П. Принципы и методология реализации основных положений Закона о транспортной безопасности / Ю. П. Козлов, В. Н. Цигичко, Д. С. Черкашин // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 9. – С. 50–56
55. Козырев, В. А. Управление персоналом на железнодорожном транспорте / В. А. Козырев. – М.: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2008. – 303 с.
56. Колесников, В. И. Задачи транспортной науки / В. И. Колесников // Транспорт Российской Федерации. – 2005. – № 1. – С. 6–8.
57. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (редакция 1.1) М. 2010. - 132 с.

58. Королева, Н. Н. Человеческий капитал как фактор эффективного развития предприятий железнодорожного транспорта / Н. Н. Королева. – Вісник економіки транспорту і промисловості № 31 – Харків УкрДАЗТ– 2010, с. 211–215.
59. Косарев, А. Б. О роли стандартизации в системе технического регулирования / А. Б. Косарев // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 3. – С. 9–13.
60. Кристеноен, Ж. Человеческий фактор. Т. 1. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина: Handbook of Human Factors / Ж. Кристеноен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. – М.: «Мир», 1991. – Т. 1. – С. 526. – 599 с.
61. Кузнецов, С. М. Обработка статистической информации / С.М. Кузнецов, В.Я. Ткаченко, Н.В. Холомеева// Научно-исследовательские публикации. Воронеж. – 214. - № 3 (7). – С. 45 – 54.
62. Кузнецов, С. М. Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве: дис. ... д-ра технических наук: 05.23.08 / Кузнецов Сергей Михайлович. – Ростов-на-Дону, 2015. - 317 с.
63. Кутыркин, А. В. Разработка моделей и алгоритмов решения функциональных задач управления транспортными системами и производством: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Кутыркин Александр Васильевич. – М.: МГУПС, 2005. – 55 с.
64. Лайкер, Джеффри Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / Джеффри Лайкер; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 402 с.
65. Лapidус, Б. М. Повышение эффективности управления железнодорожным транспортом на основе системного подхода: дис. ... д-ра экон. Наук: 05.12.10 / Лapidус Борис Моисеевич. – М., 2000. – 310 с.
66. Лapidус, Б. М. Теория и практика управления эксплуатационными затратами железнодорожного транспорта / Б. М. Лapidус, Д. А. Мачерет А. Л. Вольфсон; под ред. Б.М. Лapidуса. – М.: МЦФЭР, 2002. – 256 с.

67. Лapidус, Б. М. Экономические проблемы управления железнодорожным транспортом России в период становления рыночных отношений (системный анализ) / Б. М. Лapidус. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 288 с.
68. Лёвин, Б. А. Актуальные научные проблемы развития транспорта России // Второе дыхание Транссиба / Б. А. Лёвин. – М.: Изд-во МИИТа, 2003. – С. 23–31.
69. Лёвин, Б. А. Инвестиционное взаимодействие субъектов перевозочного процесса / Б. А. Лёвин, Э. А. Мамаев // Мир транспорта. – 2005. – № 1. – С. 60–67.
70. Левитин, И. Е. Маршрут в XXI век / И. Е. Левитин // Транспорт Российской Федерации. – 2005. – № 1. – С. 2–3.
71. Мамаев, Э. А. Моделирование региональных транспортных систем в условиях конкуренции: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Мамаев Энвер Агапашаевич. – М.: МГУПС, 2006. – 48 с.
72. Манаков, А. Л. Человеческий фактор в технологических процессах железной дороги / А. Л. Манаков, В. С. Воробьев, И. В. Яньшина, И. Б. Репина // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2018. № 4 (47). с. 5-14.
73. Мачерет, Д. А. Взаимное влияние институциональных и транспортных факторов экономического развития: ретроспективный анализ / Д. А. Мачерет, И. А. Епишкин // JOURNAL OF INSTITUTIONAL STUDIES. – 2017. – Том 9. № 4. – С. 80-100.
74. Мачерет, Д. А. Экономические проблемы грузовых железнодорожных перевозок / Д. А. Мачерет, И. А. Чернигина. – М.: МЦФЭР, 2004. – 240 с.
75. Медведев, В. И. Профессиональный отбор работников железнодорожного транспорта на примере электромонтера контактной сети / В. И. Медведев, А. А. Басалаев, Е. А. Сорокина, Д. Л. Раенок // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 4 (43). С. 81–90.
76. Методика потоков данных DFD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://emirs.miet.ru/oroksmiet/upload/ftp/pub/2011/4ee9041dd8591/lect10_m1_kitis_kitis_pis_230700.62_niy20.pdf (Дата обращения 07.11.2019)
77. Методология DFD [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/pris/lecture/tema6/tema6_3

(Дата обращения 07.11.2019)

Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко – 2-е изд. – М.: Наука, 1978. – 399 с.

78. Монден, Я. Тойета: методы эффективного управления / Я. Монден. – М, – Экономика, 1989 -288с.

79. Морозов, В. Н. Взаимодействие ОАО «РЖД» с компаниями–операторами/ В.Н. Морозов // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 12. – С. 8–12.

80. Нестеров, В. Л. Методологические основы организации кадрового обеспечения железнодорожного транспорта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.22 / Нестеров Валерий Леонидович. – М.: МГУПС, 2005. – 47 с.

81. Павлов, Л. Н. Обеспечение безопасности движения: Европейский опыт / Л. Н. Павлов, Т. Н. Зайцева, О. Л. Целищева, В. Г. Майорова // Железнодорожный транспорт. – 2007. - № 5. – С. 74-77

82. Переселенков, Г. С. Перспективы Всемирной транспортной системы / Г. С. Переселенков // Трансп. стр-во. – 1995. – № 2. – С. 3–7.

83. Персианов, В. А. Станции и узлы в современной транспортной системе (проблемы, мнения, идеи) / В. А. Персианов // Железнодорожный транспорт. – 1980. – № 2. – С. 48–56.

84. Петухова, А. В. Цифровое моделирование рельефа как элемент содержания учебного курса «ВМ-технологии в проектировании генеральных планов и объектов инфраструктуры» / Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы» (27 марта 2015 г., Брест) // Отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2015. С. 229-235.

85. Петухова, А. В. ВМ в области промышленного и гражданского строительства и новые перспективы инженерно-графической подготовки студентов вузов // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической

- конференции 20 апреля 2016 года Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. Т. Н. Базенков. – Брест: БрГТУ, 2016. – 188 с.
86. Пешков, А. М. Целевое управление и сквозные технологии / А. М. Пешков, В. А. Шаров // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 6. – С. 24–27.
87. Положение о порядке учета, расследования и анализа случаев отказов в работе технических средств ОАО «РЖД»// Распоряжение ОАО «РЖД» от 1 июля 2008 г. 1384р.
88. Постановление правительства Новосибирской области от 27 декабря 2016 г. № 450-п «Об утверждении прогноза социально-экономического развития Новосибирской области на 2016 – 2030 годы» (с изменениями и дополнениями
89. Правила и технологии выполнения основных работ при текущем содержании ПКТИ, утвержденные МПС РФ № ЦПТ – 52 // Распоряжение от 30.11.2018 г. 1511р
90. Попов, В. А. Гарантированной безопасности перевозочного процесса – функциональную стратегию / В. А. Попов // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 4. – С. 2–7.
91. Проблемы эффективного использования и развития транспорта / Л. В. Канторович, Н. В. Паенсон, Е. Ф. Тихомирова; под ред. В. Н. Лившица. – М.: Наука, 1989. – 304 с.
92. Раенок, Д. Л. Экономическое управление объектами инфраструктуры железнодорожного транспорта: дис. ...канд. эконом. наук: 08.00.05 / Раенок Дмитрий Леонидович – С.-П., 2014. – 167 с.
93. Рахимжанов, Д. М. Процессное управление эксплуатационной работой / Д. М. Рахимжанов // Железнодорожный транспорт. – 2015. - № 11. – С. 8-15.
94. Резер, С. М. Взаимодействие транспортных систем / С. М. Резер. – М., 1985. – 246 с.
95. Резер, С. М. Оптимизация процессов грузовых перевозок/ С. М. Резер.– М.: 1989. – 296 с.
96. Репина, И. Б. Учет влияния человеческого фактора на организационно-технологическую надежность производственных процессов инфраструктуры

железных дорог: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Репина Ирина Борисовна. – М., 2015. – 174 с. (Репина И.Б. Учет влияния человеческого фактора на организационно-технологическую надежность производственных процессов инфраструктуры железных дорог / автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук по специальности 05. 02.22 – Организация производства (транспорт). (технические науки). М.МИИТ 2015 – 24 с.)

97. Репина, И. Б. Экономическая оценка учета влияния человеческого фактора на отказы технических средств при выполнении технологических процессов на железнодорожном транспорте / И. Б. Репина, И. В. Яньшина // Инновационные факторы развития транспорта. Теория и практика: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 19–20 октября 2017 г.): в 3 ч. Ч. 1. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2018. с. 322-331

98. Розенберг, Е. Н. Система КАСАНТ: задачи, возможности, перспективы развития / Е. Н. Розенберг, И. Н. Розенберг, А. М. Замышляев, Г. Б. Прошин // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 9. – С. 6–16.

99. Самсонкин, В. Н. Разработка моделей оценки влияния человеческого фактора на инновационное развитие предприятия железнодорожного транспорта / В. Н. Самсонкин, М. Н. Аджавенко // Проблемы экономики 2014. - №1. - С. 77 – 79.

100. Сапожников, В. В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Шаманов. – М.: Маршрут, 2003. – 263 с.

101. Сай, В. М. Планетарные структуры управления на железнодорожном транспорте / В. М. Сай. – М.: Изд-во ВИНТИ. – 2003. – 336 с.

102. Сай, В. М. Формирование организационных структур управления / В. М. Сай. – М.: Изд-во ВИНТИ, 2002. – 437 с.

103. Самсонкин, В. Н. Разработка моделей оценки влияния человеческого фактора на инновационное развитие предприятия железнодорожного транспорта / В. Н. Самсонкин, М. Н. Аджавенко // Проблемы экономики 2014. - №1. - С. 77 – 79.

104. Свинцов, Е. С. Регионально–транспортные исследования в современных условиях / Е. С. Свинцов. – М.: Маршрут, 2005. – 301 с.
105. Семенов, В. Т. Состояние и перспективы развития путевого хозяйства / В. Т. Семенов, Н. И. Карпущенко. – Новосибирск: Изд–во СГУПС, 2000. – 206 с.
106. Сеницына, А. С. Аналитико-методические подходы и модели бизнес-процессов в управлении инвестиционно-строительной деятельностью: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.08 / Сеницына Анастасия Сергеевна. – Ростов-на-Дону, 2019.
107. Синьчэн, Ч. Экономическая реформа в Китае: достижения и задачи / Ч. Синьчэн // Проблемы теории и практики управления. – 1997. – №2. – С.19.
108. Спиридонов, Э. С. Надежность реализации организационно–технологических решений и ее определение на модели / Э. С. Спиридонов, Т.В. Шепитько // Сб. научн. тр. / МИИТ. – Вып. 925. – М., 1999. – С. 51–52.
109. Стандарт ОАО «РЖД» управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРРАН). Системы, устройства и оборудование хозяйства автоматики и телемеханики. Требования надежности и функциональной безопасности. СТО РЖД 02.042-2011 – 37 с.
110. СТО РЖД 02.042-2011. Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРАН). Системы, устройства и оборудование хозяйства автоматики и телемеханики. Требования надежности и функциональной безопасности. – М.: ОАО «РЖД», 2012. – 37 с.
111. СТО РЖД 02.044–2011 Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН). Термины и определения М., ОАО «РЖД», 2012, 35 с.
112. Ткаченко, В. Я., Перцев, В. П. Сухопутный транспорт Сибири. – Новосибирск: Наука, 2003. – 312 с.
113. Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем / А. И. Уемов. – М.: Мысль, 1978. – 272 с.
114. Ульянов, В. А. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе снижения негативных воздействий человеческого фактора:

- дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Ульянов Владимир Андреевич.– Москва, 2013.– 143 с.
115. Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН) СТО РЖД 02.044-2011 (часть 8) от 22 марта 2012 г. N 560р., -157 с.
116. Федеральный закон от 10 января 2003 г. № 17–ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» (с изменениями от 7 июля 2003 г. №115–ФЗ)
117. Функциональные диаграммы процессов [Электронный ресурс]. – Режимдоступа:https://studref.com/311808/informatika/funktsionalnye_diagrammy (Дата обращения 07.11.2019)
118. Харрингтон, Д. Управление качеством в американских корпорациях <http://www.twirpx.com/file/118817/>
119. Хлынов, В. Формы и методы экономического стимулирования труда на предприятиях Японии / В. Хлынов // Проблемы теории и практики управления. – 1998. – №2. – С.111.
120. Холл, А. Опыт методологии для системотехники / А. Холл пер. с англ. – М.: Советское радио, 1975. – 447 с.
121. Человеческий фактор в управлении / под ред. Н. А. Абрамовой, К. С. Гинсберг, Д. А. Новиков. – М.: Комкнига, 2006 – 496с.
122. Человеческий фактор. URL: aviafond.ru~userfiles/131111_2.doc.
123. Чуркин, Ю. В. Планирование и организация движения поездов / Ю. В. Чуркин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 7. – С. 32–36.
124. Шабалин, Н. Г. Принципы организации систем управления техническим состоянием инфраструктуры железнодорожного транспорта для обеспечения безопасности движения поездов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Шабалин Николай Григорьевич – Новосибирск: СГУПС, 2004. – 39 с.
125. Шанайца, П. С. Управление безопасностью движения в условиях реформирования железнодорожного транспорта / П. С. Шанайца // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 9. – С. 13–17.

126. Швецов, В. А. Разработка моделей и методов управления региональным строительством / В. А. Швецов. – М.: Фонд «Новое тысячелетие». 2002. – 264 с..
127. Шейн, П. Э. Методы и модели оптимизации организационно-технических решений // Интернаука: научный журнал. № 15(97). Часть 2. – М., Изд. «Интернаука», 2019. – С. 34-37.
128. Шейн, П. Э. Организационные функции транспортных систем // Сборник статей по материалам XLIV международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке» № 8(44). – М., Изд. «Интернаука», 2019. – С. 189-196.
129. Шенфельд, К. П. Развитие системы содержания инфраструктуры / К. П. Шенфельд, В. А. Иваницкий, Н. В. Кондрахина // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 4. – С. 18–23.
130. Шепитько, Т. В. Методология выбора организационно–технологических решений при переустройстве железных дорог: Дис. ... д–ра техн. наук. – М.: МИИТ, 2000. – 281 с.
131. Шепитько, Т. В. Выбор организационно–технологических решений при переустройстве железных дорог/ Т. В. Шепитько, Э. С. Спиридонов. – М.: МИИТ, 2000 – 220 с..
132. Шеремет, Н. М. Производственные транспортные системы: качество и организованность / Н. М. Шеремет, И. Х. Измайлов // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 8. – С. 74–77.
133. Щепотин, Г. К. Эксплуатационная надежность железнодорожного пути / Г. К. Щепотин. – Екатеринбург: Изд–во УрГУПС, 2008. – 144 с.
134. Якунин, В. И. Мы делаем ставку на человеческий капитал / В. И. Якунин // Гудок. – 2007. – 3 авг. – С. 3.
135. Якунин, В. И. Формирование геостратегий России. Транспортная составляющая / В. И. Якунин. – М.: Мысль, 2005. – 153 с.
136. Яньшина, И. В. Влияние отказов технических средств на задержку поездов / И. В. Яньшина, В. С. Воробьев, И. Б. Репина // Международный «Сибирский

транспортный форум». Национальная конференция «Наука, образование, кадры» (Новосибирск, 24 мая 2019 г.)

137. Яньшина, И. В. Состояние, показатели и критерии оценки человеческого фактора в структуре отказов технических средств путевого комплекса железной дороги / И. В. Яньшина, И. Б. Репина // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2019. №3 (50). С. 53 – 58.

138. Яньшина, И. В. Оценка надежности организационно-технологических процессов инфраструктурных объектов железнодорожного транспорта // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. №3 (58). С. 60 – 70.

139. Aoki, M. A new paradigm of work organization and co-ordination? Lessons from Jap. experience // The golden age of capitalism – Oxford, 1990)

140. Appelbaum, E., Batt, R. The new Amerikan workplace: Transforming work systems in the United States. – Ithaka; L.: ILR press; Cornell Univ. Press. – 1994)

141. Cole, R. E. Strategies for learning: Small-group activities in American, Japanese and Swedish industry – Bercley etc.: Univ of California press – 1989

142. Ioannou, A., Angus, A., Brennan, F. A lifecycle techno-economic model of offshore wind energy for different entry and exit instances (2018) Applied Energy, 221, pp. 406-424.

143. Fabián, R. Narváez, Diego F. Vallejo, Paulina A. Morillo, Julio R. Proaño (Eds.) Smart Technologies, Systems and Applications First International Conference, SmartTech-IC 2019 Quito, Ecuador, December 2–4, 2019

144. Gabb, A. A vision of the future // Management today – L., 1994 – №4 – P 64–67

145. Gorgun, E., Benlice, C., Abbas, M. A., Steele, S. Experience in colon sparing surgery in North America: advanced endoscopic approaches for complex colorectal lesions (2018) Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques, 32 (7), pp. 3114-3121.

146. Hiltrop J–M. A framework for diagnosing human resource management practices // Europ. Management. – Oxford – 1996)

147. ec.europa.eu; Railway Gazette International, 2015, № 4 pp 38 - 41.

148. ec.europa.eu; Railway Gazette International, 2015, № 9 pp 58 - 61.
149. Pierre Marquis, Odile Papini, Henri Prade Editors A Guided Tour of Artificial Intelligence Research Volume III: Interfaces and Applications of Artificial Intelligence, July 2018
150. www.ixpos.de; Eisenbahntenische Rundschau, 2015, № 7/8, s 26 – 33.
151. Maricourt, R. De Paternalism au Japon et en occident // Etudes,– P.,1996– T 384, №2
152. Vorobyov, V. Bases of The Methodology of Monitoring the Impact of the Human Factor on the Reliability of the Railway Infrastructure / V. Vorobyov, A. Manakov, I. Yanshina, I. Repina // Advances in Intelligent Systems and Computing, VIII International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia 2019, Volume 2 Volume 1116 (2020) DOI: 10.1007/978-3-030-37919-3 <https://www.springer.com/us/book/9783030379186>
153. Vorobyov, V. Organization of Production Processes for Operation of Rail and Road Infrastructure / V. Vorobyov, I. Yanshina, A. Konkin, K. Gromenko, E. Shepilova // Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020, LNCE 130

Статистическая оценка отказов и линии тренда

Таблица А.1 – Распределение случайной величины для отказов 1–й категории по грузовым вагонам

Диапазон	Граница		Частость		Плотность распределения
	левая	правая	эмпирическая	теоретическая	
1	1.00000	48.44444	0.589431	0.425116	0.012424
2	48.44444	95.88889	0.223577	0.271727	0.004712
3	95.88889	143.33333	0.073171	0.191831	0.001542
4	143.33333	190.77778	0.056911	0.084128	0.001200
5	190.77778	238.22222	0.032520	0.022901	0.000685
6	238.22222	285.66667	0.008130	0.003865	0.000171
7	285.66667	333.11111	0.004065	0.000404	0.000086
8	333.11111	380.55556	0.004065	0.000026	0.000086
9	380.55556	428.00000	0.008130	0.000001	0.000171

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа)

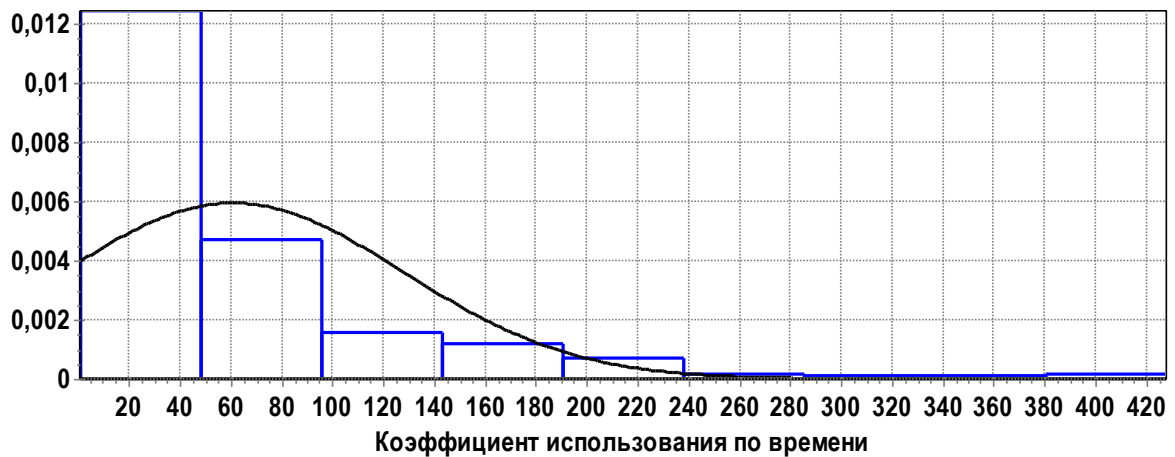


Рисунок А.1 – Плотность распределения отказов (в минутах)

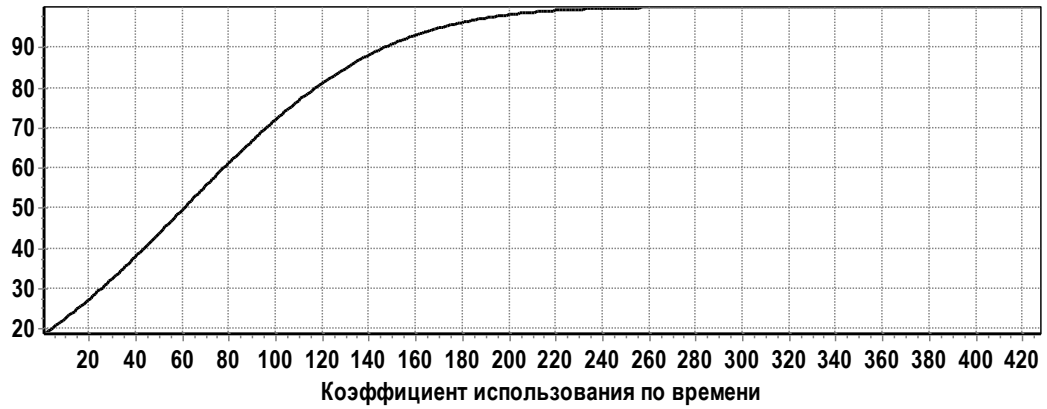


Рисунок А.2 – Вероятность наступления рискованного события на интервале времени (в минутах)

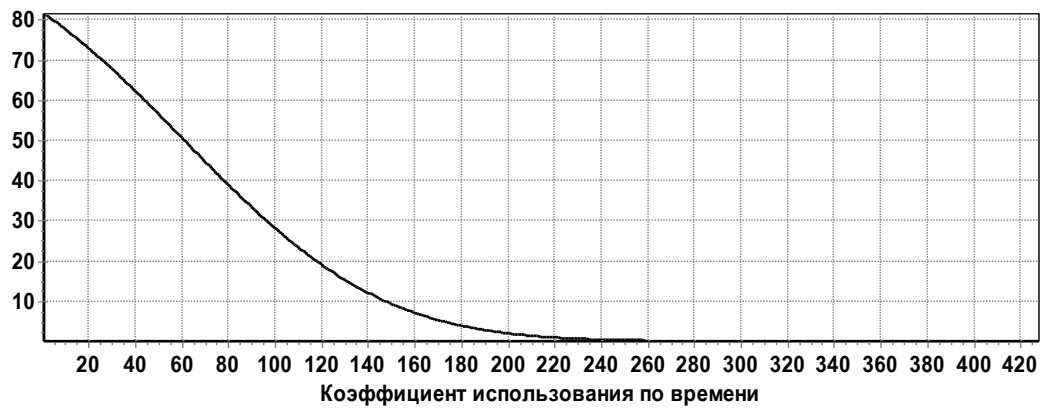


Рисунок А.3 – Вероятность возникновения отказов (в минутах)

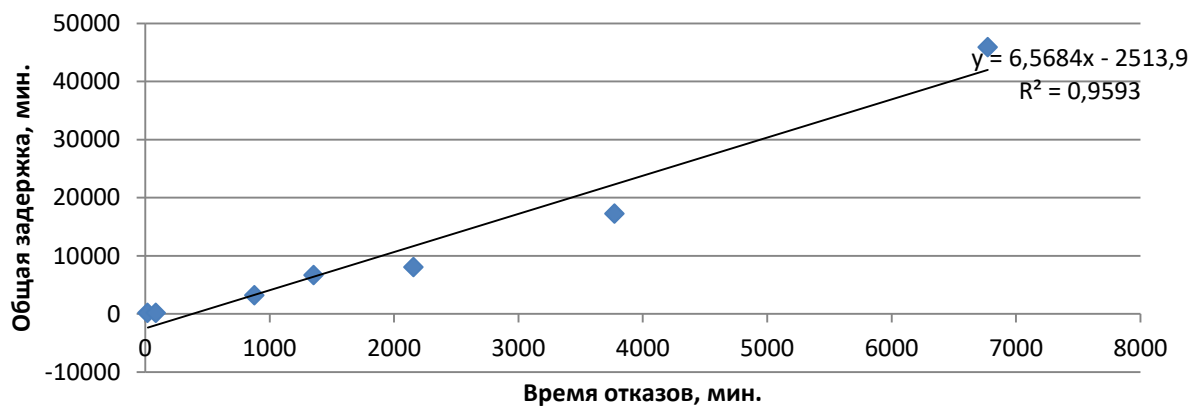


Рисунок А.4 – Линия тренда отказов по грузовым вагонам 1-й категории (число отказов от продолжительности)

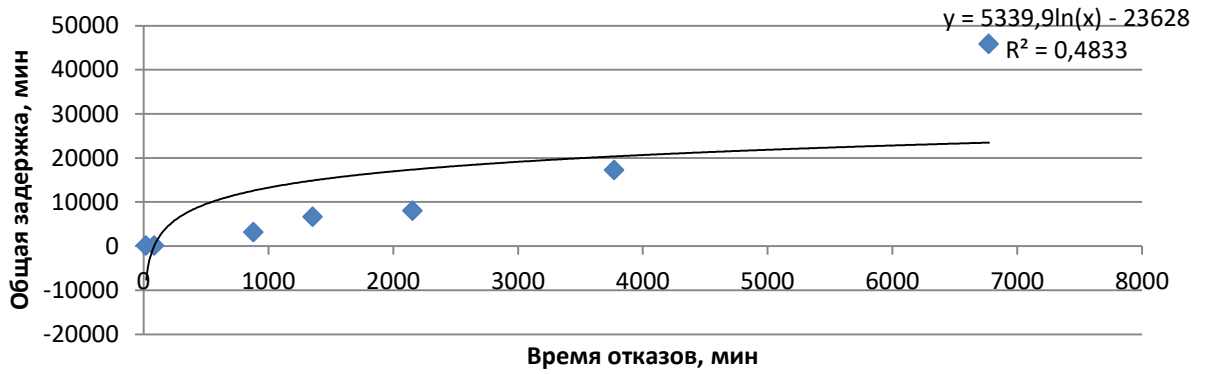


Рисунок А.5 – Логарифмическая линия тренда по грузовым вагонам 1-й категории (число отказов от продолжительности)

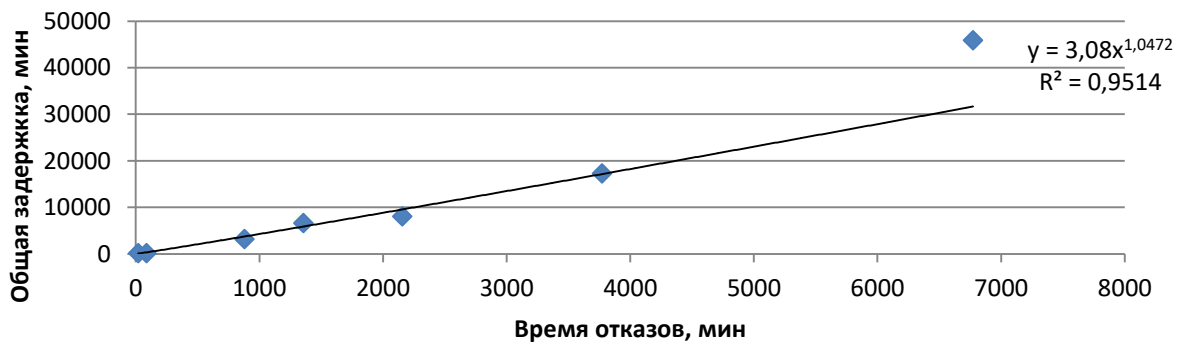


Рисунок А.6 – Степенная линия тренда по грузовым вагонам 1-й категории (число отказов от продолжительности)

Таблица А.2 – Распределение Вейбулла случайной величины для отказов 2-й категории по грузовым вагонам

Диапазон	Граница		Частость эмпирическая	Частость теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	1.00000	2416.87500	0.994444	0.999999	0.000412
2	2416.87500	2762.00000	0.005556	0.000001	0.000016
Итого:			1.000000	1.000000	

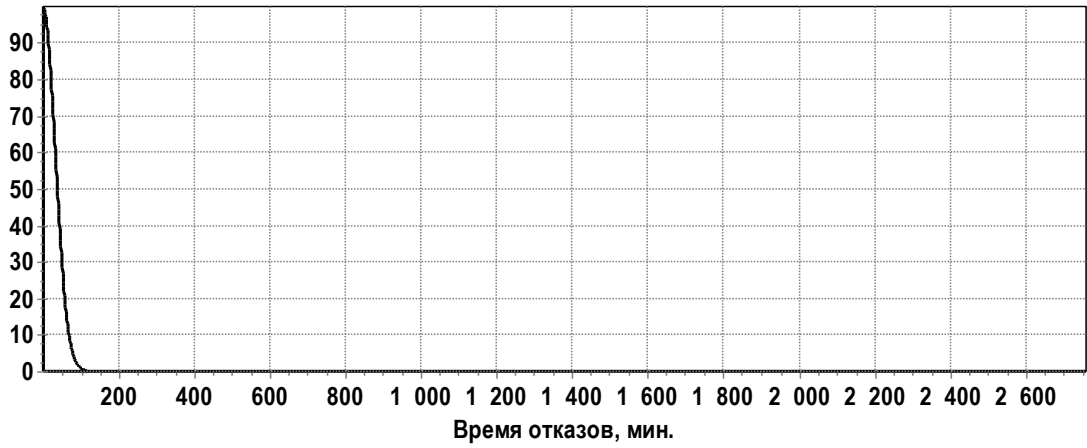


Рисунок А.7 – Вероятность наступления рисковогó события на интервале времени (в минутах)

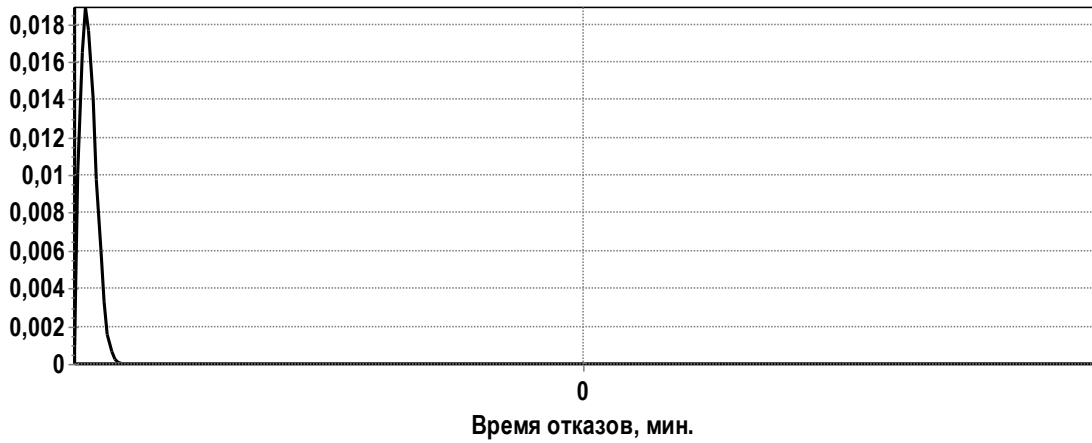


Рисунок А.8 – Плотность распределения отказов (в минутах)

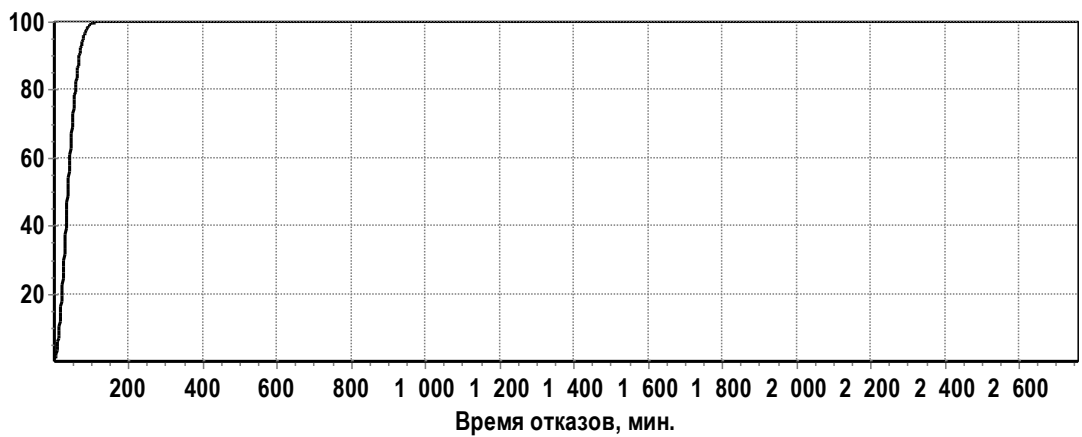


Рисунок А.9 – Вероятность наступления рисковогó события на интервале времени (в минутах)

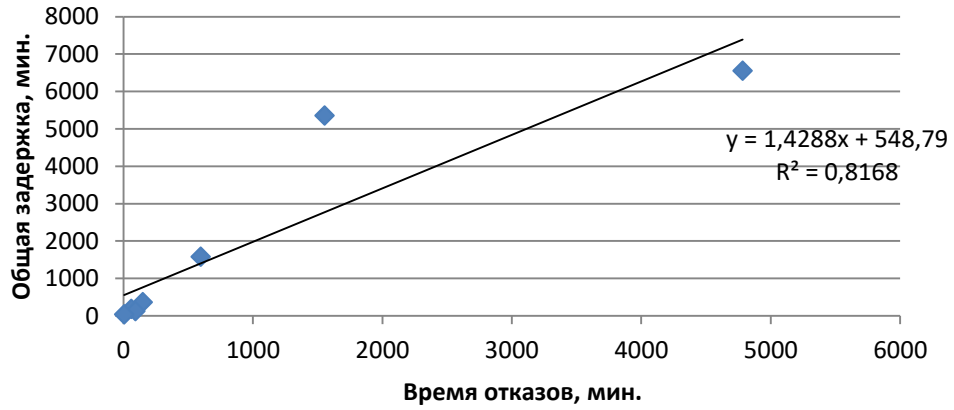


Рисунок А.10 – Линия тренда отказов по грузовым вагонам 2-й категории (число отказов от продолжительности)

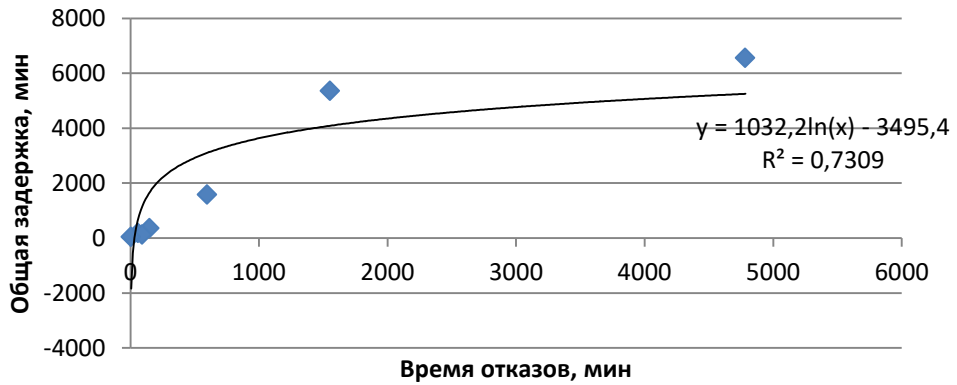


Рисунок А.11 – Логарифмическая линия тренда по грузовым вагонам 2-й категории (число отказов от продолжительности)

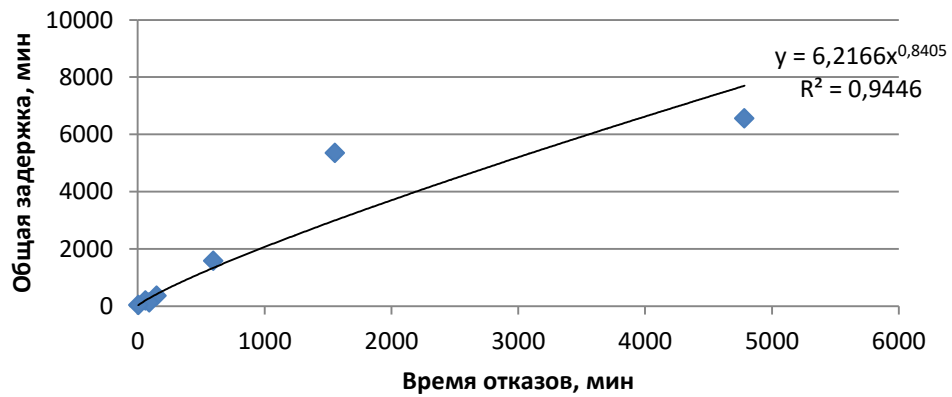


Рисунок А.12 – Степенная линия тренда по грузовым вагонам 2-й категории (число отказов от продолжительности)

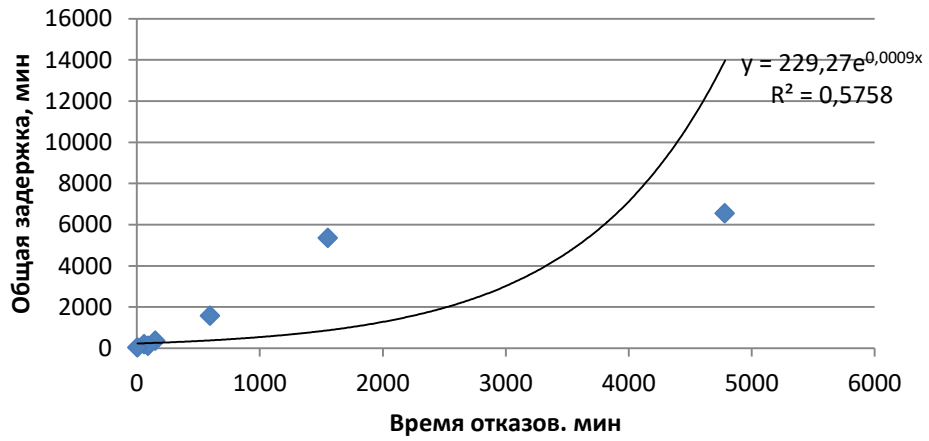


Рисунок А.13 – Экспоненциальная линия тренда по грузовым вагонам 2-й категории (число отказов от продолжительности)

Таблица А.3 – Распределение случайной величины для отказов 1-й категории контактной сети

Диапазон	Граница		Частота эмпирическая	Частота теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	29.00000	67.20000	0.263158	0.242000	0.006889
2	67.20000	105.40000	0.368421	0.303348	0.009645
3	105.40000	143.60000	0.210526	0.277875	0.005511
4	143.60000	181.80000	0.105263	0.135980	0.002756
5	181.80000	220.00000	0.052632	0.040796	0.001378
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа)

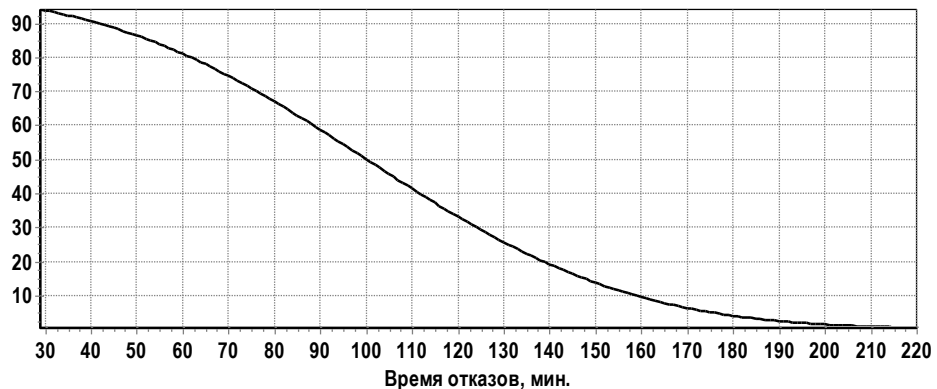


Рисунок А.14 – Вероятность возникновения отказов (в минутах)

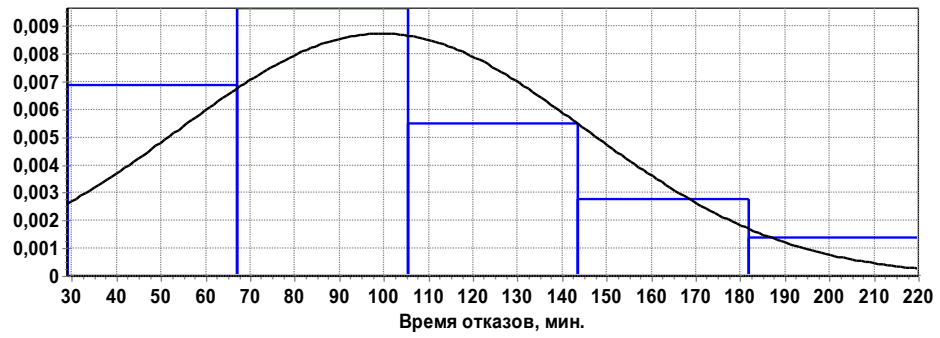


Рисунок А.15 – Плотность распределения отказов (в минутах)

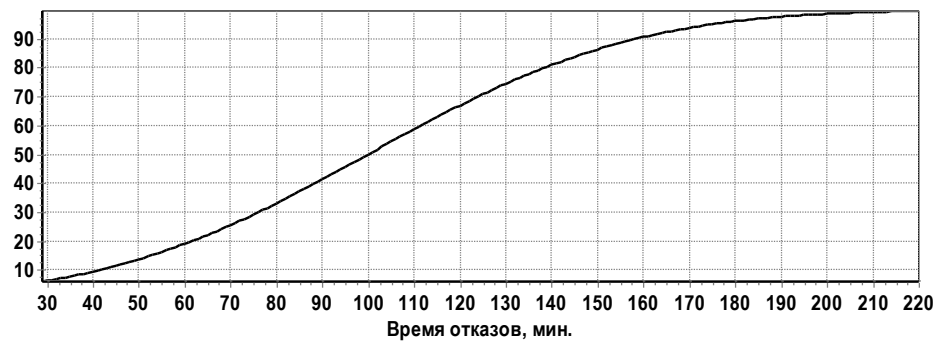


Рисунок А.16 – Вероятность наступления рискового события на интервале времени (в минутах).

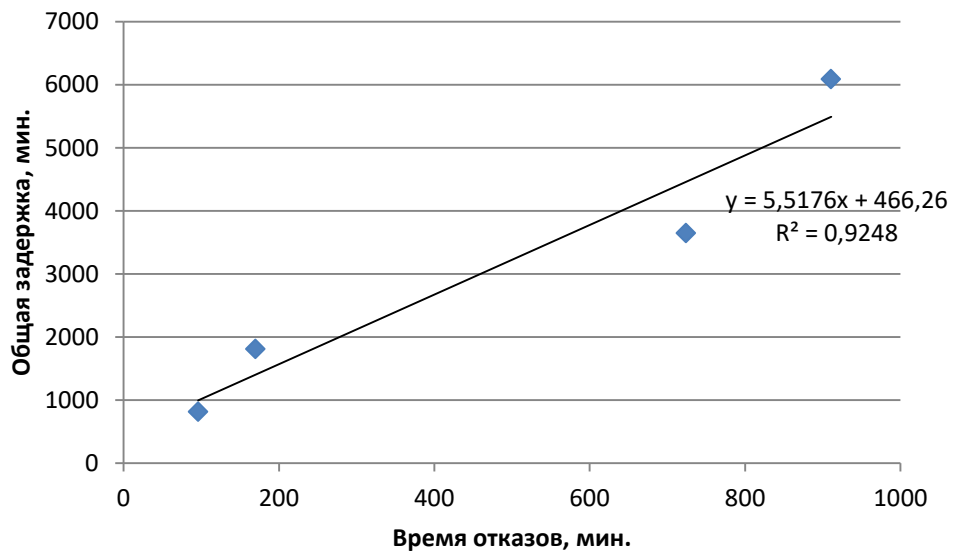


Рисунок А.17 – Линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 1-й категории)

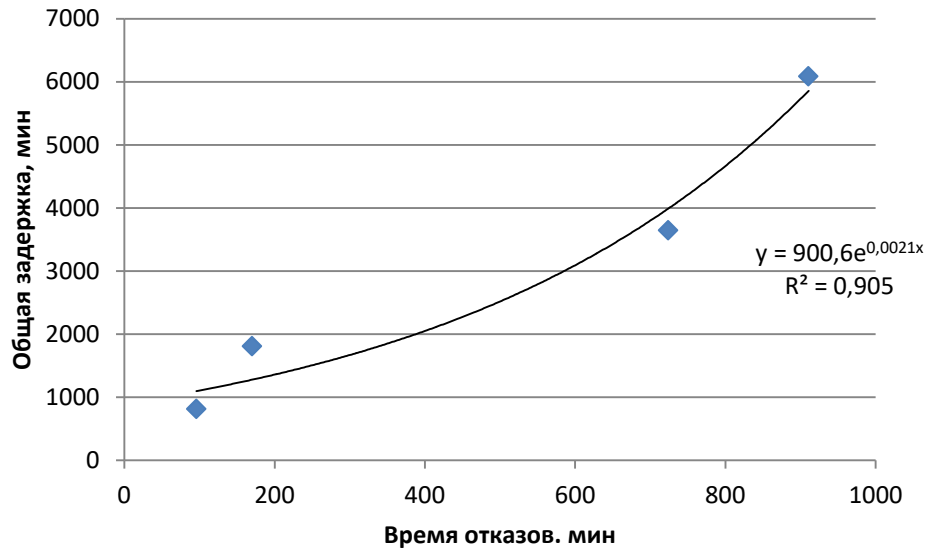


Рисунок А.18 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 1-й категории)

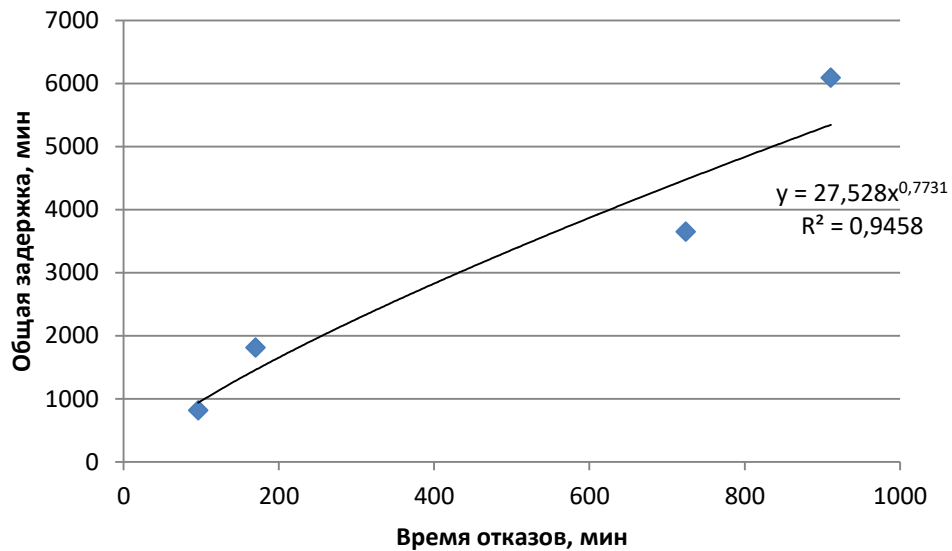


Рисунок А.19 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 1-й категории)

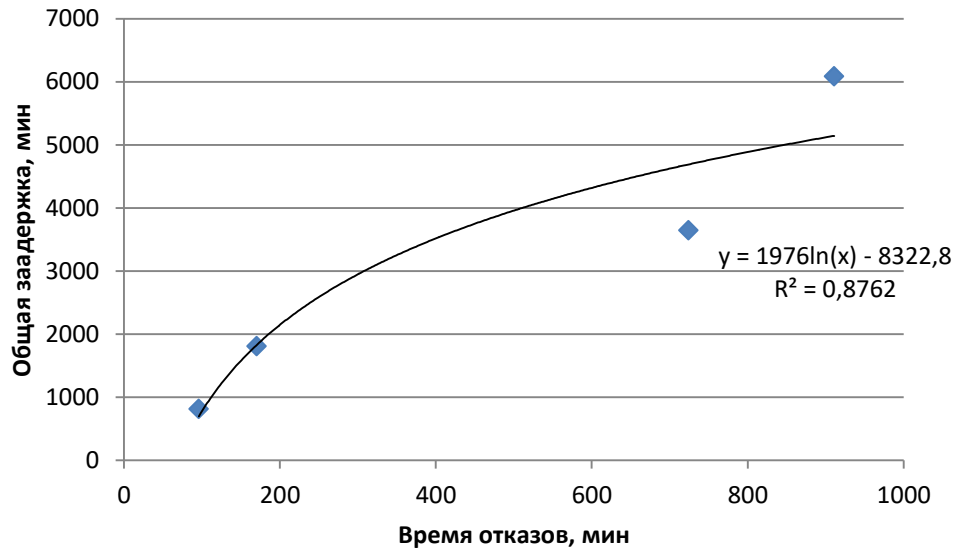


Рисунок А.20 – Логарифмическая линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 1-й категории)

Таблица А.4 – Распределение случайной величины для отказов 2-й категории контактной сети (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частота эмпирическая	Частота теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	14.00000	34.25000	0.333333	0.282338	0.016461
2	34.25000	54.50000	0.222222	0.305017	0.010974
3	54.50000	74.75000	0.333333	0.258164	0.016461
4	74.75000	95.00000	0.111111	0.154481	0.005487
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа)

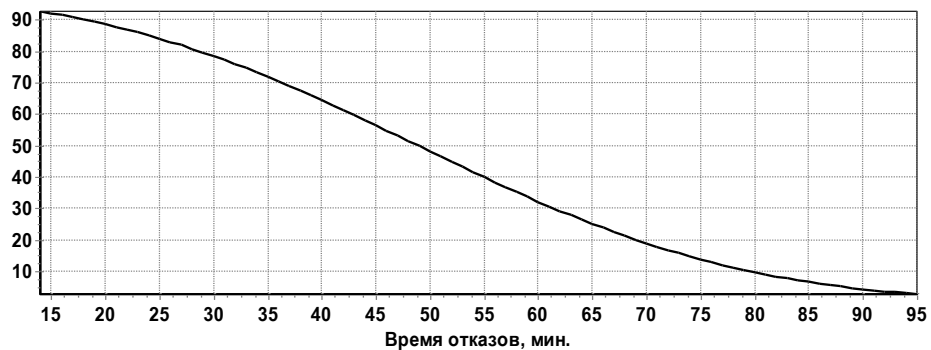


Рисунок А.21 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

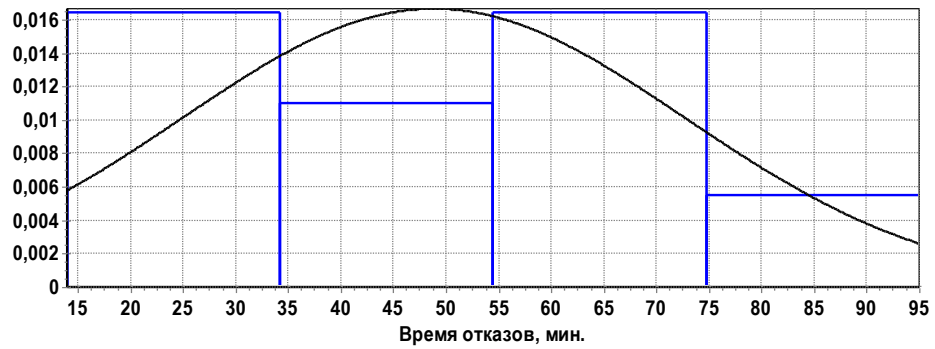


Рисунок А.22 – Плотность распределения отказов (в минутах).

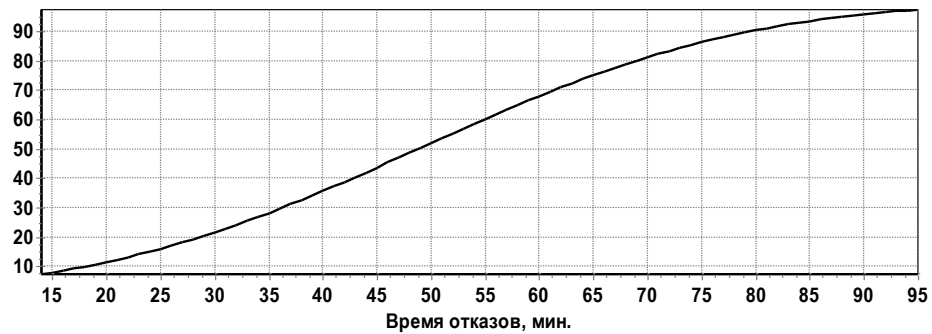


Рисунок А.23 – Вероятность наступления рисковогго события на интервале времени (в минутах).

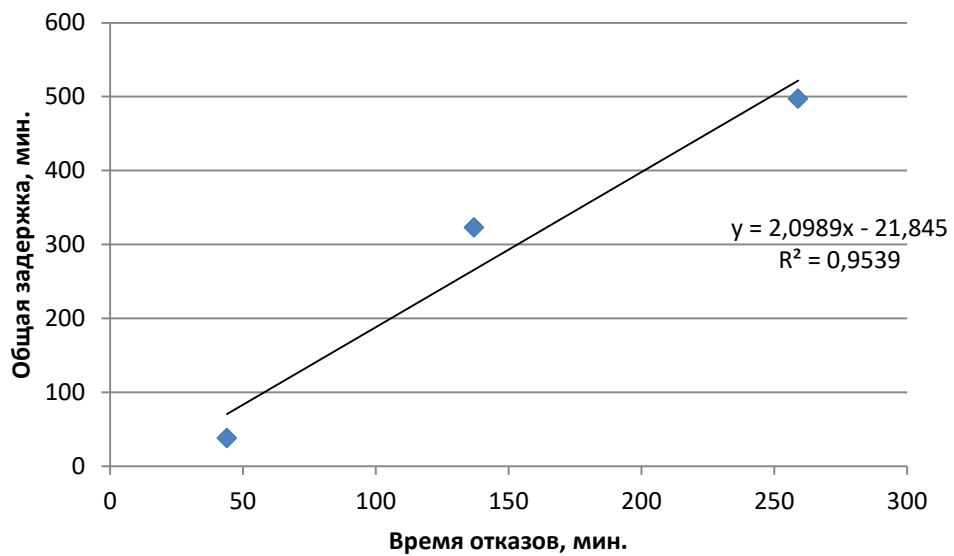


Рисунок А.24 – Линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 2-й категории)

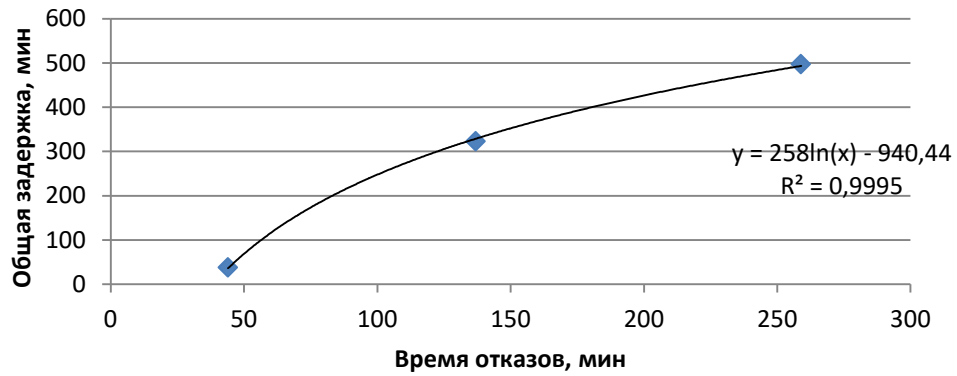


Рисунок А.25 – Логарифмическая линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 2-й категории)

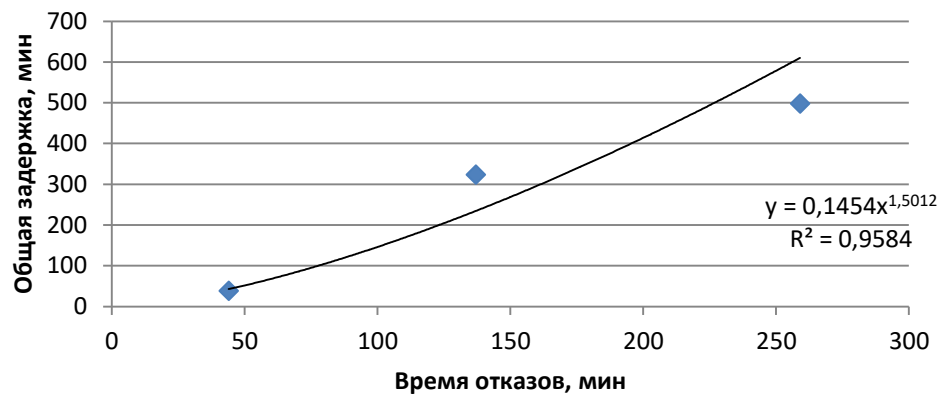


Рисунок А.26 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 2-й категории)

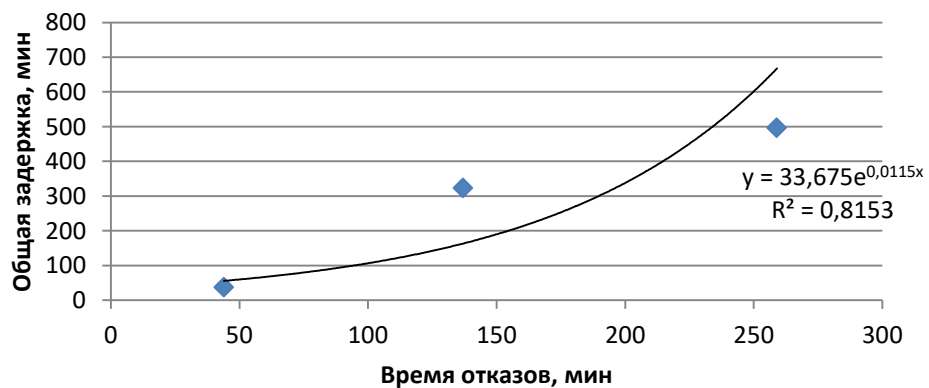


Рисунок А.27 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (контактная сеть, отказы 2-й категории)

Таблица А.5 – Распределение случайной величины для отказов 1–й категории по тяговым электрическим машинам локомотива, МВПС (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частость эмпирическая	Частость теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	35.00000	90.00000	0.333333	0.479064	0.006061
2	90.00000	117.50000	0.333333	0.251292	0.012121
3	117.50000	145.00000	0.333333	0.269645	0.012121
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа).

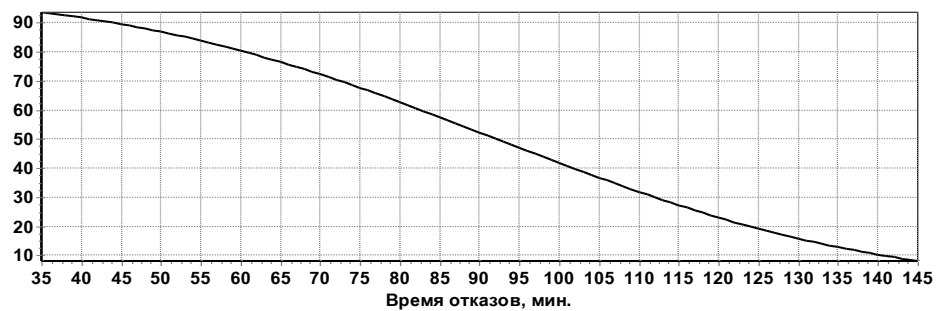


Рисунок А.28 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

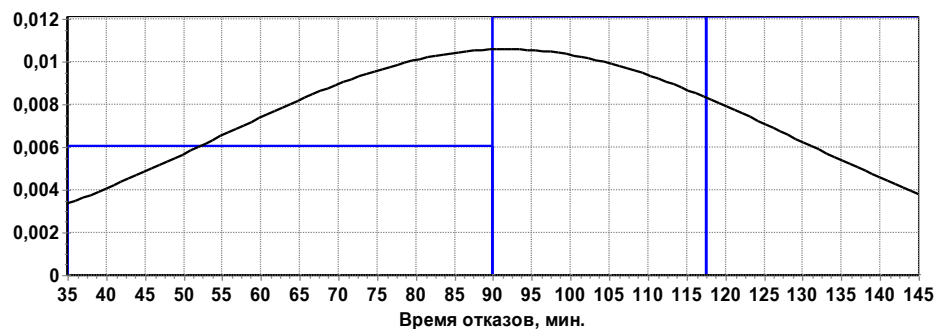


Рисунок А.29 – Плотность распределения отказов (в минутах).

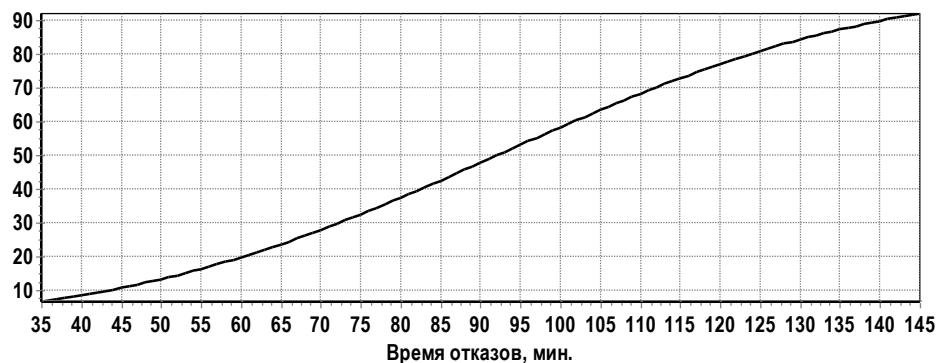


Рисунок А.30 – Вероятность наступления рискованного события на интервале времени (в минутах).

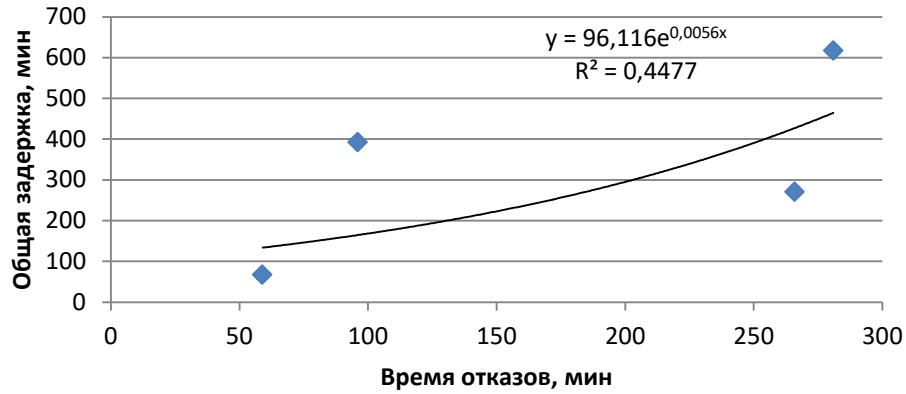


Рисунок А.31 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (тяговым электрическим машинам локомотива, МВПС, отказы 1-й категории)

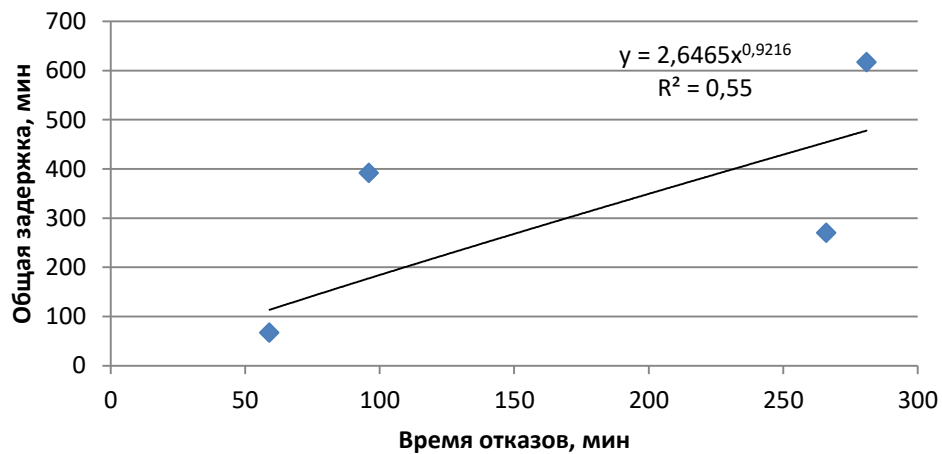


Рисунок А.32 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (тяговым электрическим машинам локомотива, МВПС, отказы 1-й категории)

Таблица А.6 – Распределение случайной величины для отказов 2-й категории по тяговым электрическим машинам локомотива, МВПС (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частота эмпирическая	Частота теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	5.00000	39.60000	0.650000	0.545792	0.018786
2	39.60000	143.40000	0.300000	0.451393	0.002890
3	143.40000	178.00000	0.050000	0.002815	0.001445
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа).

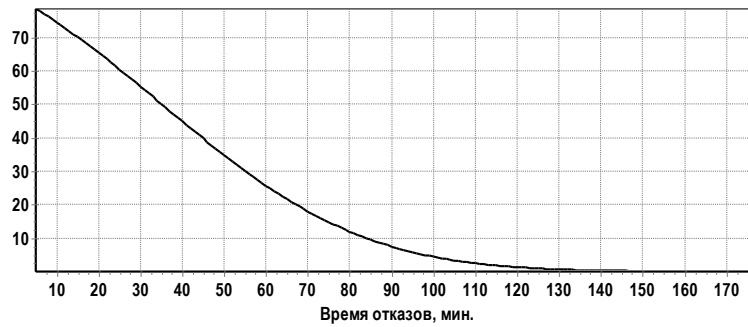


Рисунок А.33 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

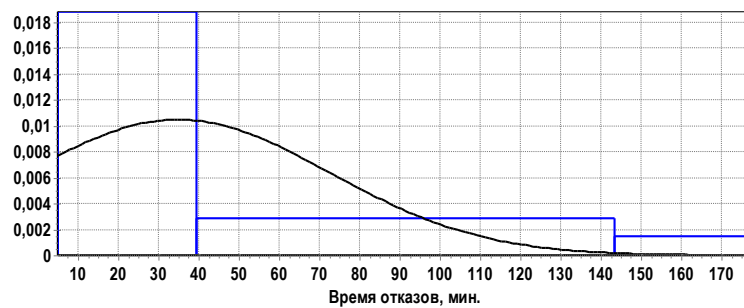


Рисунок А.34 – Плотность распределения отказов (в минутах).

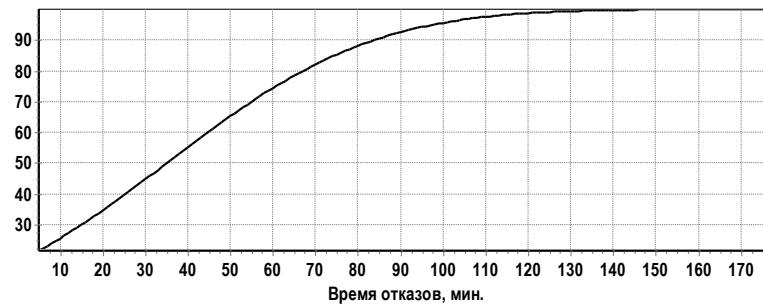


Рисунок А.35 – Вероятность наступления рисковогго события на интервале времени (в минутах).

Таблица А.7 – Распределение случайной величины для отказов 1-й категории пути (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частость эмпирическая	Частость теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	58.00000	385.00000	0.833333	0.909324	0.002548
2	385.00000	494.00000	0.166667	0.090676	0.001529
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа).



Рисунок А.36 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

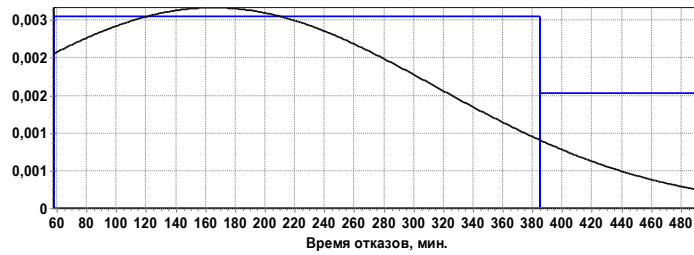


Рисунок А.37 – Плотность распределения отказов (в минутах).



Рисунок А.38 – Вероятность наступления рисковогго события на интервале времени (в минутах).

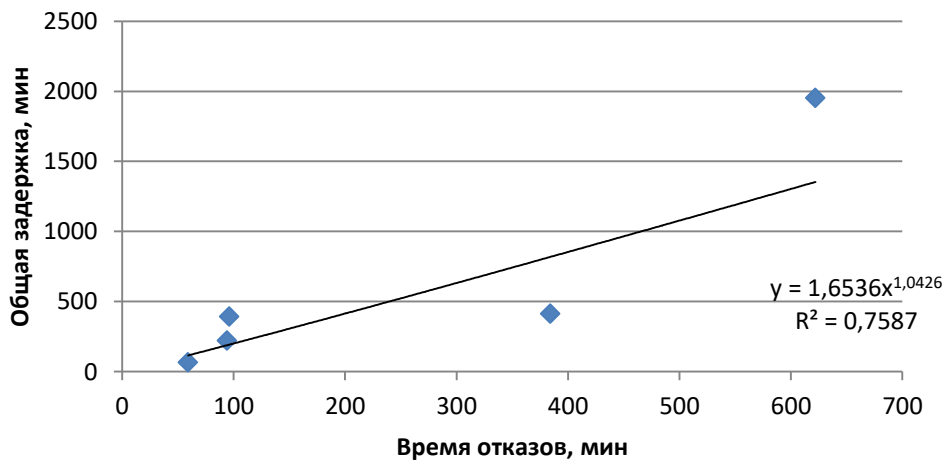


Рисунок А.39 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (тяговым электрическим машинам локомотива, МВПС, отказы 2-й категории)

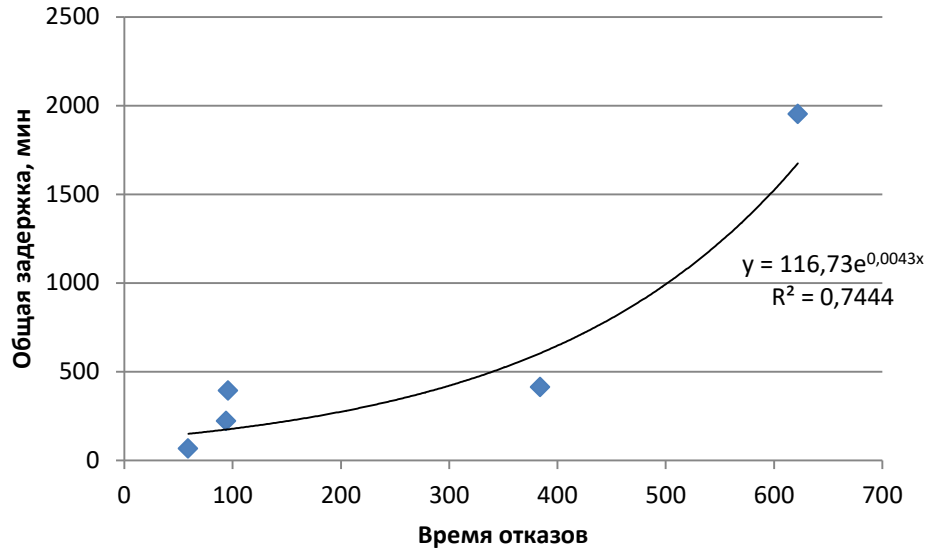


Рисунок А.40 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (тяговым электрическим машинам локомотива, МВПС, отказы 2-й категории)

Таблица А.8 – Распределение случайной величины для отказов 2-й категории пути (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частота эмпирическая	Частота теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	9.00000	33.20000	0.500000	0.378324	0.020661
2	33.20000	57.40000	0.357143	0.314098	0.014758
3	57.40000	105.80000	0.071429	0.290908	0.001476
4	105.80000	130.00000	0.071429	0.016671	0.002952
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа).

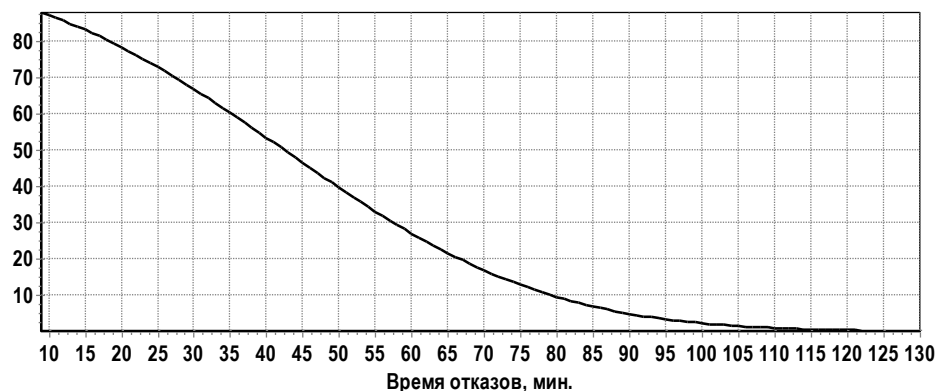


Рисунок А.41 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

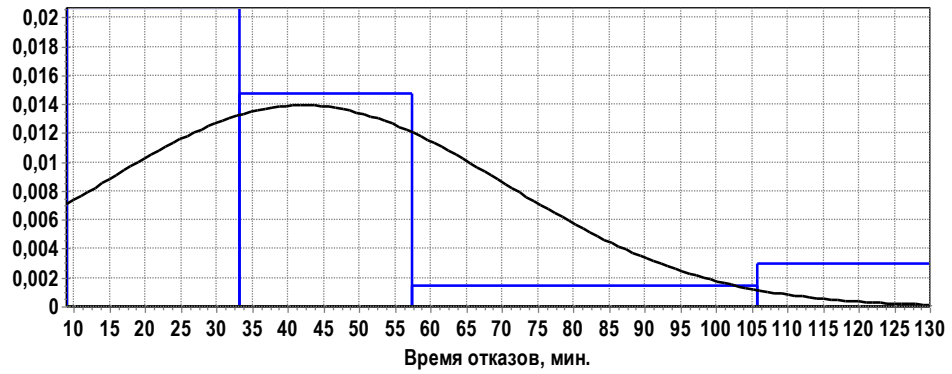


Рисунок А.42 – Плотность распределения отказов (в минутах).

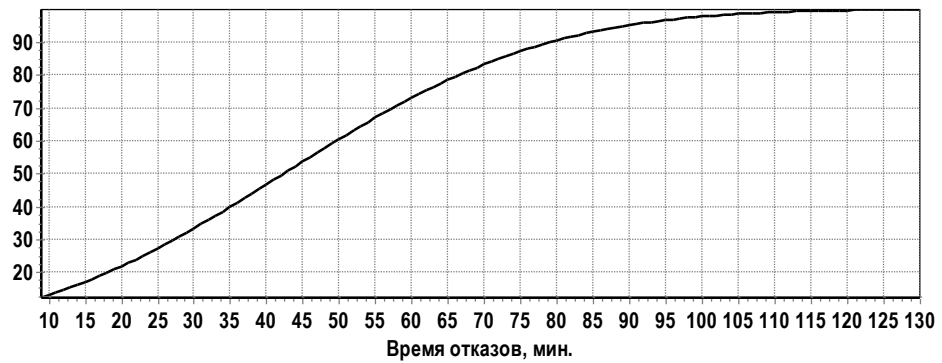


Рисунок А.43 – Вероятность наступления рисковогго события на интервале времени (в минутах).

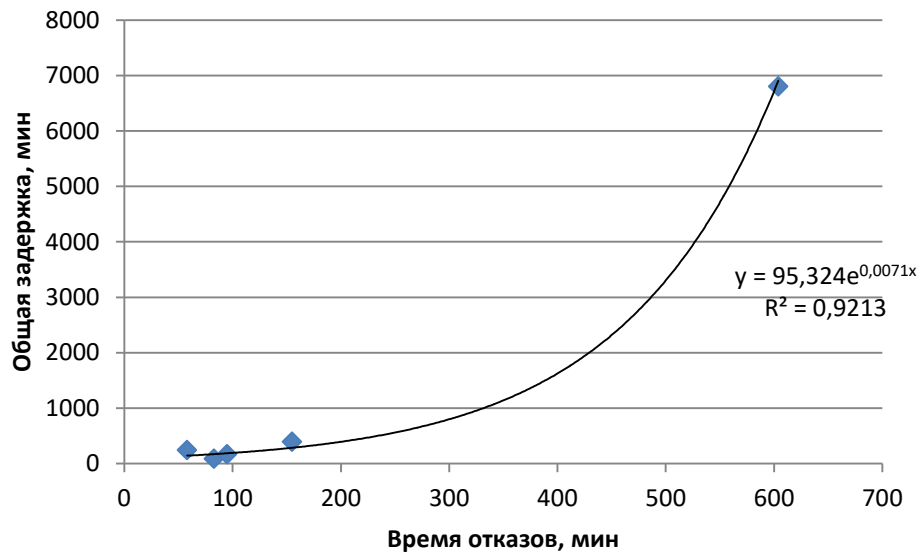


Рисунок А.44 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (путь, отказы 1-й категории)

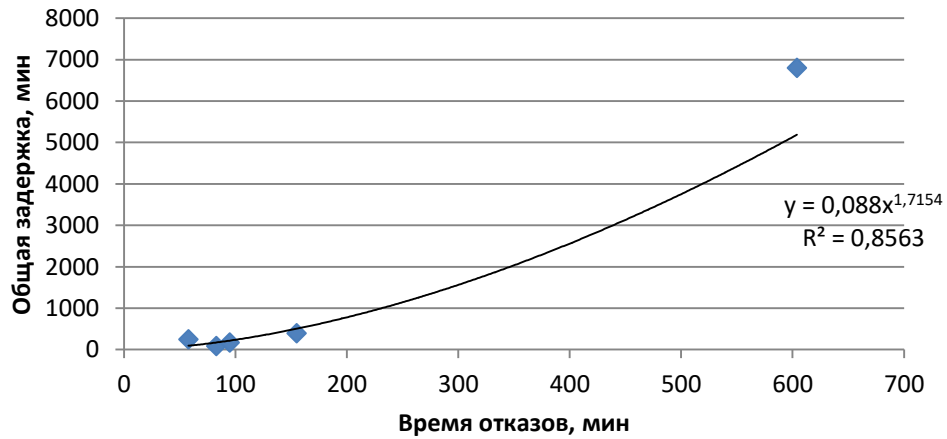


Рисунок А.44 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (путь, отказы 1-й категории)

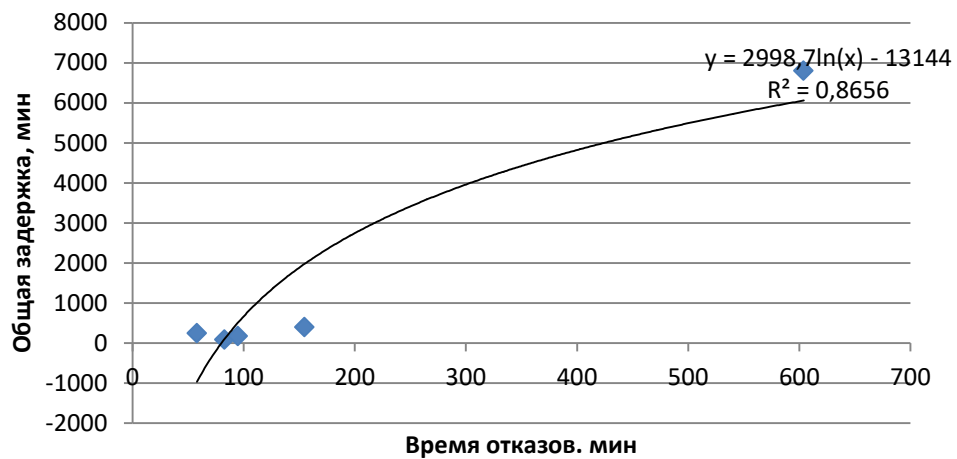


Рисунок А.45 – Логарифмическая линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (путь, отказы 1-й категории)

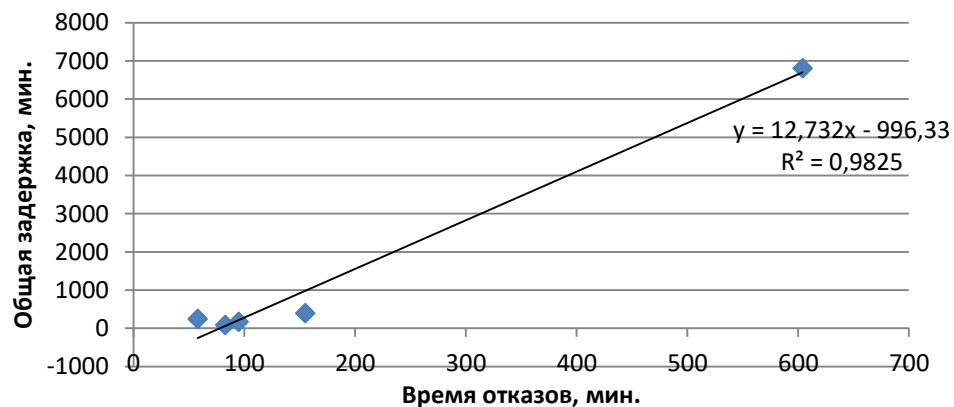


Рисунок А.46 – Линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (путь, отказы 1-й категории)

Таблица А.9 – Распределение случайной величины для отказов 1–й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частость эмпирическая	Частость теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	2.00000	51.20000	0.428571	0.352042	0.008711
2	51.20000	100.40000	0.333333	0.333423	0.006775
3	100.40000	149.60000	0.142857	0.225365	0.002904
4	149.60000	198.80000	0.047619	0.075573	0.000968
5	198.80000	248.00000	0.047619	0.013597	0.000968
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 1-й категории (по времени отказа).

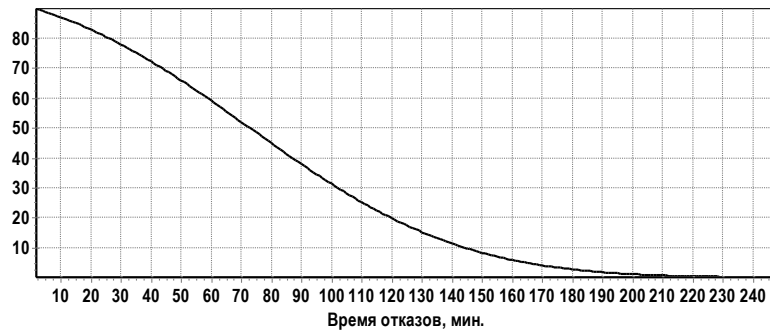


Рисунок А.47 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

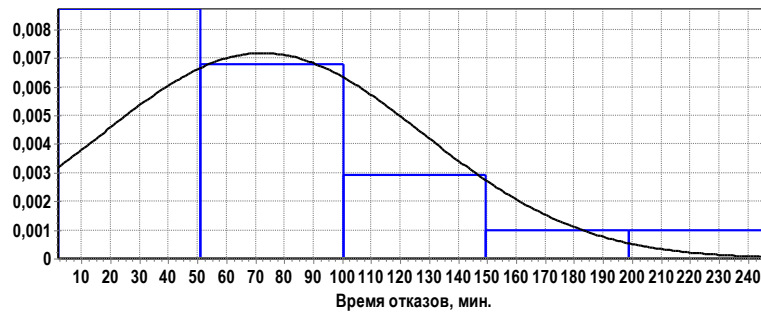


Рисунок А.48 – Плотность распределения отказов (в минутах).

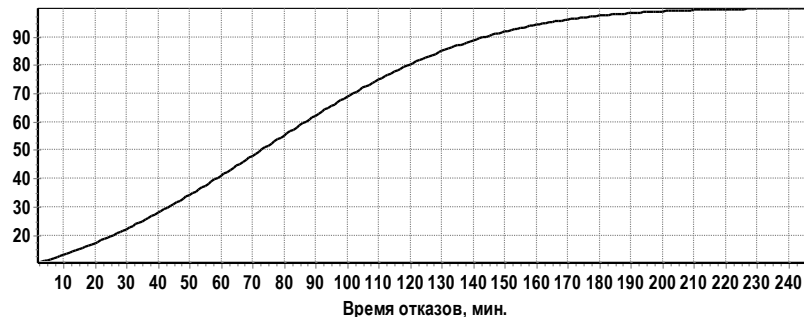


Рисунок А.49 – Вероятность наступления рискованного события на интервале времени (в минутах).

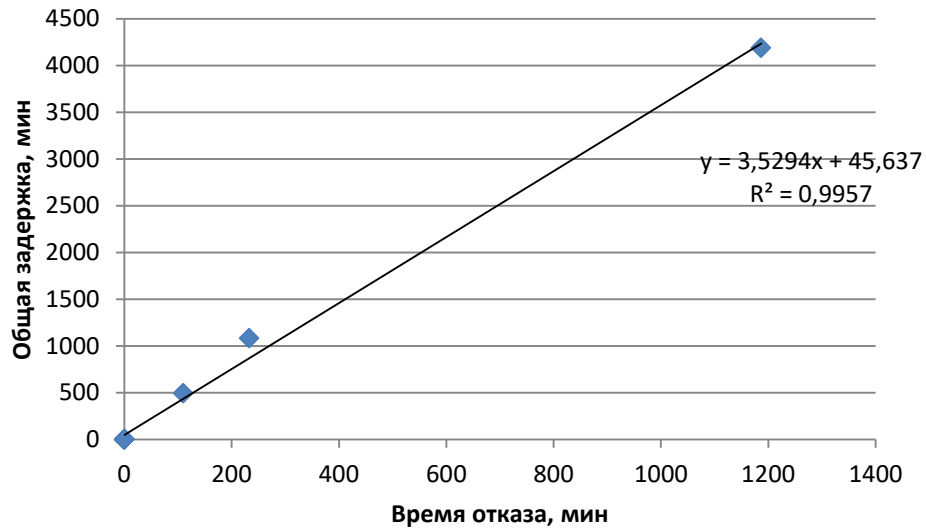


Рисунок А.50 – Линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 1-й категории)

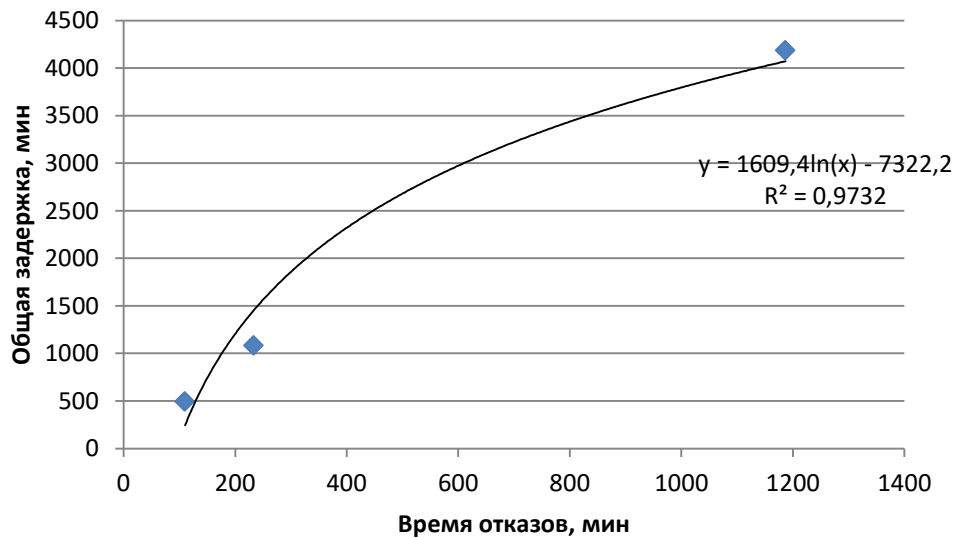


Рисунок А.51 – Логарифмическая линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 1-й категории)

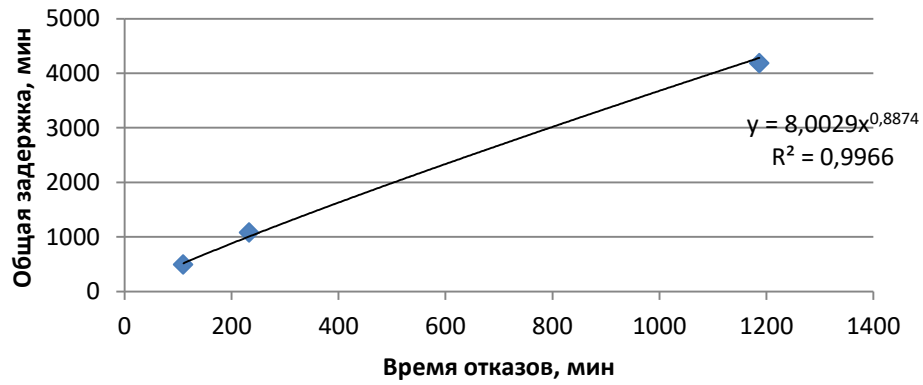


Рисунок А.52 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 1-й категории)

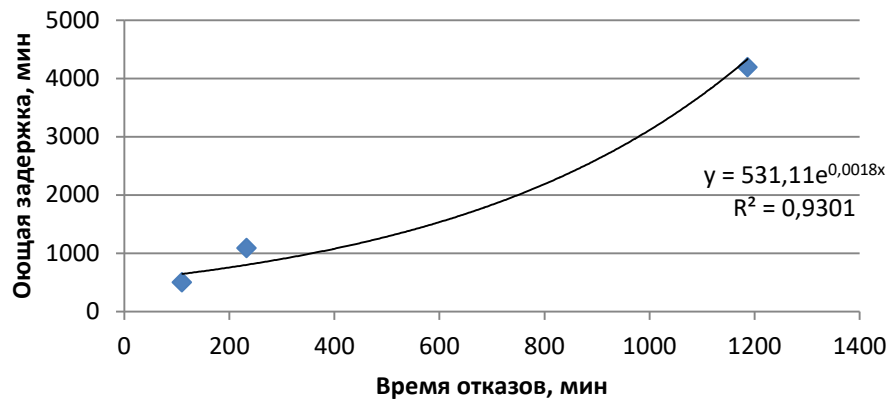


Рисунок А.53 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 1-й категории)

Таблица А.10 – Распределение случайной величины для отказов 2-й категории устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики (нормальное распределение).

Диапазон	Граница		Частость эмпирическая	Частость теоретическая	Плотность распределения
	левая	правая			
1	2.00000	16.33333	0.228916	0.198342	0.015971
2	16.33333	30.66667	0.261044	0.198402	0.018212
3	30.66667	45.00000	0.176707	0.230283	0.012328
4	45.00000	59.33333	0.200803	0.191499	0.014010
5	59.33333	73.66667	0.052209	0.114087	0.003642
6	73.66667	88.00000	0.032129	0.048685	0.002242
7	88.00000	102.33333	0.024096	0.014877	0.001681
8	102.33333	116.66667	0.016064	0.003254	0.001121
9	116.66667	131.00000	0.008032	0.000571	0.000560
Итого:			1.000000	1.000000	

Законы распределения, графики для отказов технических средств 2-й категории (по времени отказа).

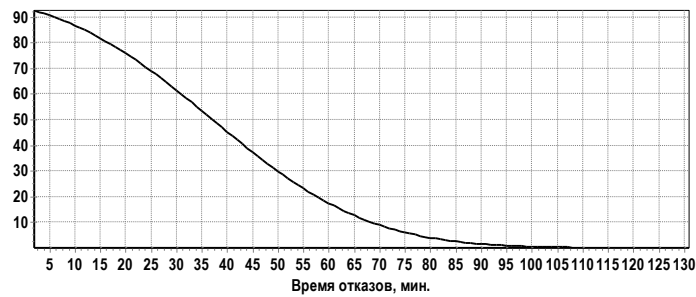


Рисунок А.54 – Вероятность возникновения отказов (в минутах).

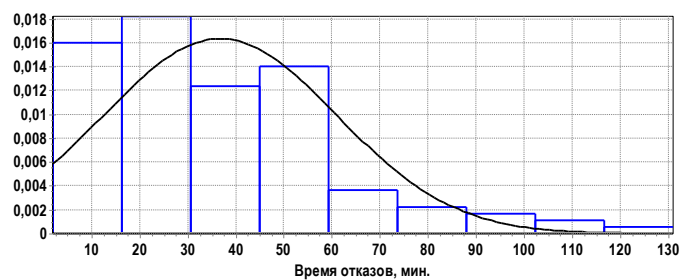


Рисунок А.55 – Плотность распределения отказов (в минутах).

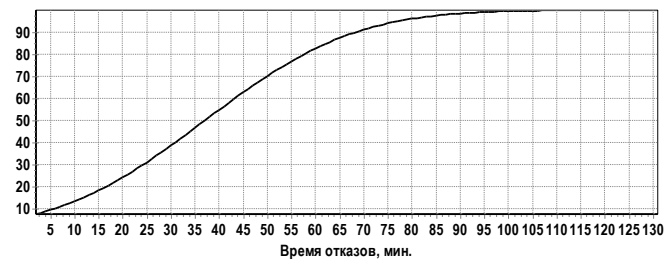


Рисунок А.56 – Вероятность наступления рисковогго события на интервале времени (в минутах).

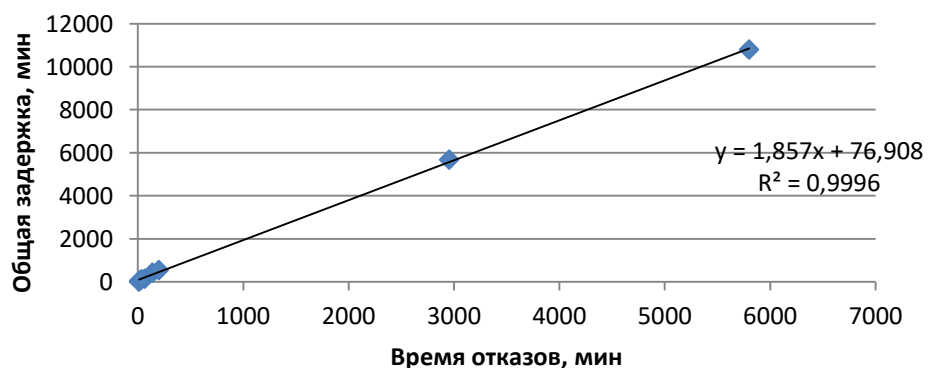


Рисунок А.57 – Линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 2-й категории)

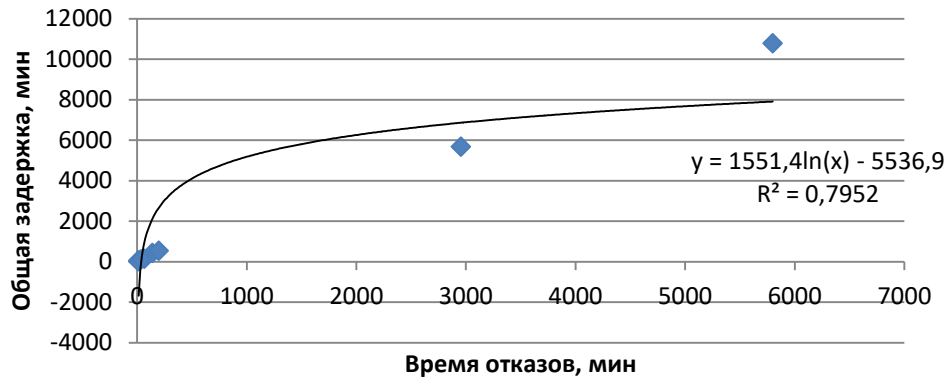


Рисунок А.58 – Логарифмическая линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 2-й категории)

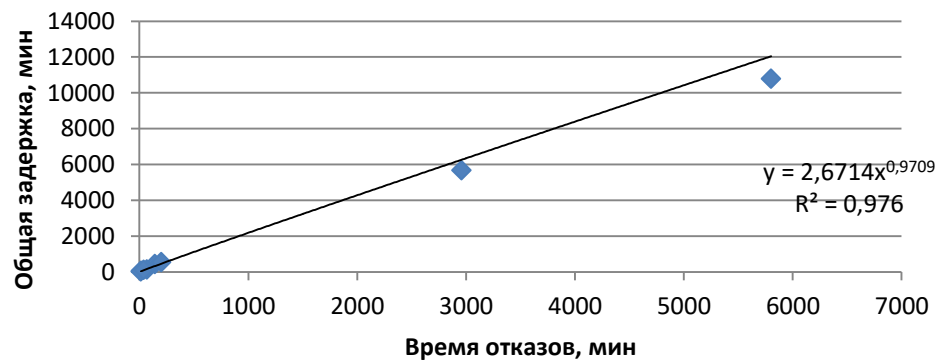


Рисунок А.59 – Степенная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 2-й категории)

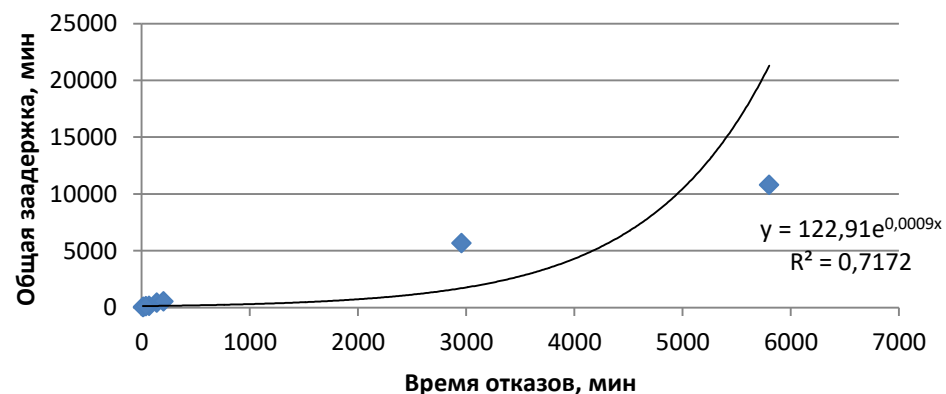


Рисунок А.60 – Экспоненциальная линия тренда общей задержки поездов от суммарной продолжительности отказов технических средств (устройства СЦБ, железнодорожной автоматики и телемеханики, отказы 1-й категории)

Расшифровка сокращений и подразделений ОАО «РЖД»

- БД – База данных;
- БЗ – База знаний;
- В – Служба вагонного хозяйства;
- ВМ участка – Вагона-моторный участок;
- ВРК – Вагонно-ремонтная компания;
- ВРП – Внутренние региональные продукты;
- ДЖВ – Дирекция железнодорожных вокзалов;
- ДИ – Дирекция инфраструктуры;
- ДКРЭ – Дирекция капитального ремонта и реконструкции объектов электрификации и электроснабжения железных дорог;
- ДМ – Моторвагонная дирекция;
- ДМВ – Дирекция моторвагонного подвижного состава;
- ДММ ОКТ
- ДМП – Дирекция по ремонту путевых машин;
- ДМТО – Дирекция по материально-техническому обеспечению;
- ДПО – Дирекция пассажирский обустройств;
- ДРП – Дирекция по ремонту пути;
- ДРТ – Дирекция по ремонту тяги;
- ДС – Диспетчерская служба;
- ДТВ – Дирекция по тепловодоснабжению;
- ДУ – Диспетчерский участок;
- ДЦУП – Диспетчерский центр управления поездов;
- ЗСЖД – Западно-Сибирская железная дорога;
- ИВЦ – Информационно-вычислительный центр;
- ИТЦ – Информационно-технологический центр;
- НС – Дирекция связи;
- НТЭ – Дорожный топливно-энергетический центр;

ОАО «РЖД» - Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»;

ОРВ – отдел ремонта вагонов;

Оператор ПТО – оператор производственно-технологического отдела;

ОТН – Организационно-технологическая надежность;

П – Служба пути;

ПАК – программно-аппаратный комплекс

ПАК ТКП – программно-аппаратный комплекс «Табло коллективного пользования»

ПС – Подвижной состав;

ПЧ – Дистанция пути;

ТКП – «Табло коллективного пользования»;

РДМО – Дирекция медицинского обеспечения;

РЦКУ – региональные центры корпоративного управления;

СИМ - система информирования машинистов;

СУБД – система управления базами данных;

Т – Дирекция тяги;

ТОР – Техническое обслуживание и ремонт;

ЦУСИ или УСУ – центр ситуационного управления;

ЦУП – центр управления перевозками;

ЦУТР - центр управления тяговыми ресурсами;

ШЧ – дистанция сигнализации, автоматизации и блокировки;

Акты и справки о внедрении



РОСЖЕЛДОР
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**“СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ” (СГУПС)**
 ☒ Дуси Ковальчук ул., д. 191 ☎ тел.: (383) 328-04-70, 328-05-75 ✉ e-mail: public@stu.ru
 г. Новосибирск, 630049 ☎ факс: (383) 226-79-78 http://www.stu.ru
 ОГРН 1025401011680 ИНН / КПП 5402113155 / 540201001 ОКПО 01115969

14.01.22 № 62
 на № _____ от _____

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы
 Яньшиной Ирины Викторовны

Основные результаты диссертационной работы Яньшиной Ирины Викторовны на тему «Оценка надежности организационно-технологических процессов инфраструктурных объектов на транспорте», используются в учебном процессе СГУПС в курсе лекций «Управление инвестиционными проектами» на кафедре «Технология, организация и экономика строительства» в дисциплине «Управление инвестиционными проектами» для студентов учебных заведений обучающихся по специальности 23.05.06 – Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей, а так же аспирантов СГУПС обучающихся по направлению Строительство, по профилям – «Организация производства на транспорте» и «Строительство дорог, аэродромов, метро, мостов и транспортных тоннелей».

Проректор по учебной работе,
 канд. техн. наук, доцент



А.А. Новоселов

Декан факультета «СЖД»,
 д-тр техн. наук, профессор

В.С. Воробьев



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ДИРЕКЦИЯ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЕМ
ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Вокзальная магистраль 14 к.1,
г.Новосибирск, 630004,
Тел.: (383) 229-46-55, факс: (383) 229-21-24
E-mail: cusi_ZabirovaMM@wsr.ru

«*И*» *января* 2022 г. № *23/ЗСОС/УСЧ*

На № _____ от _____

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы
Яньшиной Ирины Викторовны, полученных в диссертации
«Оценка надежности организационно-технологических процессов
инфраструктурных объектов на транспорте»

Настоящая тема исследования определена распоряжением начальника Западно-Сибирской железной дороги в 2016 г. для совместного выполнения Сибирским государственным университетом путей сообщения и центром ситуационного управления. Ее научное обоснование выполнено Яньшиной И.В.

Обоснованы необходимость и целесообразность оценки надежности эффективности организации содержания инфраструктуры в системе диспетчерских центров управления за счет создания информационно-графических моделей производственных процессов.

Предложены экономико-математические модели оценки влияния человеческого фактора на отказы технических средств, при выполнении технологических процессов и задержки поездов на железных дорогах.

Разработаны информационно-графические модели, представленные оперограммами технологических процессов, как инструментов повышения эффективности эксплуатационной работы в рамках деятельности информационно технологического центра.

Информационно-графические модели производственных процессов в системе диспетчерских центров управления обеспечивают повышение эффективности организации содержания инфраструктуры.

Математические модели влияния человеческого фактора на отказы технических средств инфраструктурного комплекса позволяют прогнозировать

задержки поездов на железных дорогах и своевременно принимать решения по их снижению.

Информационно-графические модели, представленные оперограммами информационных потоков, являются инструментарием повышения надежности организационно-технологических процессов в рамках деятельности ДИЦУСИ.

Считаю целесообразным продолжить мониторинг отказов по хозяйствам дороги, произошедших под влиянием человеческого фактора с учетом сезонности и других особенностей подразделений с последующей разработкой, в случае необходимости, мероприятий по их снижению, а так же разработку информационно-графических моделей в виде оперограмм по основным технологическим процессам дирекции инфраструктуры.

Заместитель начальника
центра



Диль Виктор Александрович