



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МОНИТО-РИНГА ДЛЯ
ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕМОНТА И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ КО-ЛЕСНЫХ ПАР
ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ
(СОКРАЩЕННОЕ НАИМЕНОВАНИЕ - ЭМКП)

Описание применения

Листов 11

2023

Ине. № подл.	Подпись и дата				Ине. № дубл.	Подпись и дата				Взам. ине. №	Ине. № дубл.				Подпись и дата
2023															
					Описание применения 76604-01 31 01										Лист
															1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата											

СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ	3
2 УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ	4
2.1 Минимальный состав технических средств	4
2.2 Минимальный состав программных средств.....	4
2.3 Перспективный состав программных средств.....	4
3 ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ	6
3.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧИ.....	6
3.2 МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ	6
4 ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
4.1 ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
4.2 ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ	8

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Описание применения 76604-01 31 01					Лист
										2

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

Программное обеспечение ЭМКП предназначено для:

- для поддержки деятельности логистических операторов железнодорожных перевозок в области планирования использования ресурсов на маршрутах следования;
- для обеспечения сбора, анализа и хранения данных, характеристик подвижного состава, прогнозирования технического состояния и износа узлов подвижного состава; - для предоставления потребителям результатов анализа технического состояния деталей, изнашиваемых элементов и узлов грузовых вагонов, позволяющих диспетчеру принимать решение о дальнейшем их использовании на конкретных маршрутах следования.

Основные категории потенциальных потребителей:

- операторы/собственники грузового подвижного состава;
- сервисные компании;
- поставщики в сфере железнодорожного машиностроения (поставщик, производитель компонентов вагона, в том числе производители колес, вагоноремонтная компания и т.п.).

Основными целями разработки программного обеспечения является повышение эффективности использования грузового парка операторских грузовых компаний за счет определения оставшихся сроков эксплуатации вагона с использованием функции износа гребня и проката в зависимости от пробега для прогнозирования предотказного состояния колесных пар грузовых вагонов.

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	Описание применения 76604-01 31 01					Лист
										3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

2 УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1 Минимальный состав технических средств

В состав минимальных технических средств должен входить персональный компьютер, включающий в себя:

- процессор с тактовой частотой, ГГц - 2, не менее;
- операционную систему Windows 7/10/11;
- оперативную память объемом, Гб - 8, не менее.

2.2 Минимальный состав программных средств

В состав минимальных средств должны входить программные компоненты, включающие в себя:

- драйверы периферийных устройств; реализации телекоммуникационных протоколов; ПО промежуточного слоя, служащее для построения распределённых компьютерных систем и решающее задачи обеспечения взаимодействия между их составляющими и управления ресурсами поверх операционных систем отдельных компьютеров; защитное и антивирусное программное обеспечение.

2.3 Перспективный состав программных средств

Для обработки больших объемов данных программное обеспечение ЭМКП должно размещаться на перспективных технических средствах.

Требования к составу и параметрам технических средств ПО ЭМКП:

Сервер приложений.

- 14 x SATA RAID 6Gb/s (3 x SFF-8643, 2 x 7-pin),
- 2x PCI-E x24, 4 x USB 3.0, 2 x 1 Gbit/s RJ-45, 2 x 1/10 Gbit/s RJ-45,
- 2 процессора с 22 ядрами и частотой 2.10 GHz,
- DVD-RW привод, 4 x SSD 3.84 ТБ SATA 2.5" в сервер,
- 4x32 ГБ DDR4-2933,
- источник бесперебойного питания.

Сервер баз данных.

- 1 x SATA 6Gb/s, 1 x M.2(NGFF), 4 x PCI,
- 2 процессора с 22 ядрами и частотой 2.40 GHz,
- контроллер SAS3 RAID 12Gbit,
- 4x SSD 960 ГБ SATA 2.5" в сервер,
- 4x32 ГБ DDR4-2933,
- источник бесперебойного питания.

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	размещаться на перспективных технических средствах.
					Требования к составу и параметрам технических средств ПО ЭМКП:
Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	Сервер приложений.
					– 14 x SATA RAID 6Gb/s (3 x SFF-8643, 2 x 7-pin), – 2x PCI-E x24, 4 x USB 3.0, 2 x 1 Gbit/s RJ-45, 2 x 1/10 Gbit/s RJ-45, – 2 процессора с 22 ядрами и частотой 2.10 GHz, – DVD-RW привод, 4 x SSD 3.84 ТБ SATA 2.5" в сервер, – 4x32 ГБ DDR4-2933, – источник бесперебойного питания.
Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	Сервер баз данных.
					– 1 x SATA 6Gb/s, 1 x M.2(NGFF), 4 x PCI, – 2 процессора с 22 ядрами и частотой 2.40 GHz, – контроллер SAS3 RAID 12Gbit, – 4x SSD 960 ГБ SATA 2.5" в сервер, – 4x32 ГБ DDR4-2933, – источник бесперебойного питания.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Описание применения 76604-01 31 01
					4

Сервер резервного копирования.

- 1x SATA 6Gb/s, 1 x M.2(NGFF), 4 x PCI,
- 2 процессора с 22 ядрами и частотой 1.7 GHz,
- 8x SSD 960 ГБ SATA 2.5",
- 2x32 ГБ DDR4-2933,
- источник бесперебойного питания.

1) Требования к параметрам технических средств клиентской части ПО ЭМКП:

Рабочая станция.

- дисплей 24",
- процессор с 4 ядрами и частотой 2000 МГц,
- оперативная память 8 ГБ,
- клавиатура USB,
- манипулятор оптический типа мышь USB,
- источник бесперебойного питания.

Име. № подл.	Подпись и дата				Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Описание применения 76604-01 31 01			Лист				
								5				

3 ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

3.1 Определение задачи

ПО ЭКП должно обеспечить обработку входных данных (данных измерений), которые представляют собой ненормализованный набор поскольку в нем не определено направление движение вагона в процессе проведения измерений геометрических параметров, и этот факт не позволяет без предварительной обработки осуществлять анализ измерений.

Для проведения анализа данных необходимо предварительно выстроить измерения таким образом, чтобы они соответствовали одинаковому направлению движения вагона. Методы анализа измерений существенно зависят от того, насколько правильно соотнесли друг с другом измерения одного и того же параметра. Если направление движения вагона определено неверно, правильного соотношения добиться невозможно. Таким образом, задача правильного определения направления движения вагона в процессе измерения является одной из ключевых.

3.2 Методы решения задачи

При выполнении работы использовались методы математического моделирования, математической статистики, теории случайных функций и теории исследования операций. Экспериментальная часть исследования выполнена с помощью компьютерного моделирования с применением технологических программ, написанных для решения поставленных задач и натурных экспериментов.

Для решения задачи выполняется анализ коэффициентов корреляции ширины обода у той части измерений, которая осталась не классифицированной на предыдущих этапах. Выявление фактов разворотов выполняется по анализу коэффициента корреляции транспонированного набора параметров. Выявление факта отсутствия разворота выполняется по анализу коэффициента корреляции исходного набора параметров. При наличии сильной корреляции факт отсутствия разворота считается выявленным.

Для повышения точности определения разворотов использовалась нейронная сеть. Для решения задачи потребовалось использовать две нейронные сети. Первая для выявления смены направления движения, вторая – для классификации измерений по другим классам. Разработаны алгоритмы ее обучения, подготовить тестовые данные для обучения и провести обучение.

С помощью подготовленной нейронной сети проводится обработка вновь получаемых наборов данных по измерениям вагонов и дальнейшим прогнозированием состояния колесных пар.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	Описание применения 76604-01 31 01					Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

4 ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

4.1 Входные данные

Входные данные для проведения анализа представляют собой файлы с измерениями ширины гребней высот ободов, дат и времени измерений, наименований станций и пробегом грузовых вагонов. Визуальное представление состава данных представлено на Рис. 1.

	A	B	C	H	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	wagnumber	to_timestamp	name	mileage	tgl1	tgr1	tgl2	tgr2	tgl3	tgr3	tgl4	tgr4	tol1	tor1	tol2	tor2	tol3	tor3	tol4	tor4
2	42382747	06.09.2020 18:43	Забитуй -	49474	31,80	32,20	32,50	31,50	32,10	32,30	31,50	31,00	72,40	72,90	72,80	73,10	73,70	73,00	75,00	75,30
3	42382747	25.09.2020 14:05	Забитуй -	51238	31,90	32,20	32,70	31,50	32,20	32,10	31,50	30,80	72,10	72,30	72,20	73,10	73,20	72,80	74,10	75,10
4	42382747	13.10.2020 7:34	Забитуй -	53002	31,70	32,10	32,10	31,70	31,90	31,80	31,40	31,40	72,20	72,00	72,50	73,00	72,50	73,10	74,30	74,70
5	42382747	15.10.2020 2:07	Туринская -	0	29,40	29,40	29,90	27,00	28,50	28,70	30,20	28,90	74,90	73,90	73,90	72,60	73,70	72,50	73,90	74,10
6	42382747	16.10.2020 7:48	Туринская -	0	32,50	33,00	32,20	32,30	32,50	32,50	31,70	31,80	72,20	71,40	72,50	71,90	72,70	72,40	74,40	74,10
7	42382747	19.10.2020 20:08	Тарская -	54926	31,10	31,30	32,30	32,50	31,80	32,30	32,60	31,70	75,10	74,30	72,90	73,00	72,90	72,60	72,10	72,20
8	42382747	20.10.2020 17:27	Новоильи -	55448	31,30	31,40	32,10	32,30	32,00	32,40	32,10	32,10	74,00	74,70	72,10	73,90	72,60	72,90	71,60	72,10
9	42382747	07.11.2020 1:02	Туринская -	0	31,80	32,50	32,80	32,10	32,20	32,10	31,20	31,30	71,80	71,20	72,40	72,60	72,70	72,00	74,10	74,20
10	42382747	11.11.2020 15:37	Тарская -	58994	31,80	30,90	32,20	32,00	31,80	32,20	32,20	31,80	74,70	74,50	72,80	73,30	73,00	72,80	71,80	71,60
11	42382747	10.01.2021 9:14	Забитуй -	62306	31,50	31,70	32,50	32,00	32,70	32,50	32,80	31,20	73,70	75,30	71,40	73,50	72,90	72,90	71,20	72,40
12	42382747	12.01.2021 20:49	Туринская -	0	31,80	31,90	32,70	32,50	32,30	32,10	32,90	31,90	74,10	72,80	72,00	72,40	72,30	71,60	71,30	71,50
13	42382747	18.01.2021 10:46	Новоильи -	64820	31,30	32,10	32,30	31,60	32,10	32,00	30,70	31,30	71,40	72,00	72,20	72,20	72,30	72,40	73,60	74,50
14	42382747	06.02.2021 1:38	Забитуй -	67340	30,60	31,00	32,20	32,00	31,70	32,30	32,50	31,40	74,20	74,80	72,10	73,30	71,80	72,90	71,40	72,10
15	42382747	08.02.2021 4:28	Туринская -	0	31,30	31,80	32,80	32,20	32,30	31,80	32,90	32,10	74,20	73,00	71,40	72,50	71,90	71,90	71,60	70,60
16	42382747	16.02.2021 6:03	Тарская -	69360	31,20	32,00	32,10	31,90	31,90	32,20	31,10	30,40	72,20	71,40	72,10	71,50	72,70	71,50	74,20	72,40
17	42382747	21.02.2021 10:44	Туринская -	0	30,90	31,30	32,60	32,30	31,90	32,20	32,50	32,00	74,70	73,10	71,70	72,00	72,60	71,80	71,40	70,70
18	42382747	14.03.2021 15:08	Надежди -	0	30,90	31,30	32,00	32,00	31,40	32,10	32,20	31,50	73,40	72,80	72,00	71,90	72,20	71,60	71,50	71,70
19	42382747	20.03.2021 9:24	Итикут - Е	0	31,60	32,70	32,10	31,60	32,30	32,10	31,20	30,60	71,70	71,90	72,00	72,90	72,60	72,20	73,90	74,40
20	42382747	22.03.2021 8:40	Тарская -	75580	31,30	32,00	31,70	31,90	32,10	31,40	30,60	30,90	71,90	71,30	71,80	71,70	72,90	71,50	74,10	73,30
21	42382747	23.03.2021 4:45	Новоильи -	76151	31,40	31,90	32,00	31,70	31,80	32,00	31,00	30,70	71,60	72,20	72,20	73,10	72,30	72,40	73,40	74,50
22	42382747	09.04.2021 16:58	Туринская -	0	30,90	31,20	32,10	31,90	31,60	31,80	32,40	31,70	75,50	74,60	73,30	73,40	73,80	72,60	73,20	72,20
23	42382747	12.04.2021 16:27	Хабаровск -	0	30,60	31,10	32,10	32,30	31,60	31,80	32,50	31,60	74,50	74,20	73,90	73,00	73,50	72,20	73,40	72,10
24	42382747	13.04.2021 20:54	Надежди -	0	30,90	30,70	31,90	31,80	31,60	31,70	32,70	31,80	73,60			73,20	72,80	72,60	72,00	71,60
25	42382747	14.04.2021 5:05	Кузнецов -	0	31,20	30,70	32,10	32,00	31,60	31,60	32,60	31,50	74,80	74,80	73,10	73,50	73,10	72,60	72,50	72,30
26	42382747	18.04.2021 17:06	Кузнецов -	0	30,70	30,80	32,50	32,10	31,40	31,50	32,50	31,10	75,40	74,60	73,10	73,30	73,30	72,20	72,60	71,40
27	42382747	13.05.2021 0:52	Итикут - Е	0	31,70	32,60	31,70	31,90	32,20	32,00	31,00	31,00	71,70	72,30	71,70	72,70	72,00	72,10	73,90	74,40
28	42382747	15.05.2021 5:57	Тарская -	84263	31,20	32,20	31,60	31,20	32,00	31,90	31,40	30,50	73,20	72,20	73,50	71,60	73,90	72,40	76,30	73,80
29	42382747	16.05.2021 2:49	Новоильи -	84834	31,60	32,70	31,40	31,90	32,00	32,20	30,60	30,60	72,50	73,30	72,20	74,10	73,10	73,10	74,30	75,00
30	42382747	19.05.2021 19:20	Сокур - И	0	31,60	32,60	31,90	31,90	32,10	32,40	31,40	30,60	71,50	71,80	72,00	71,80	72,10	72,00	74,00	73,30
31	42382747	25.05.2021 23:58	Снежиниц -	0	30,70	30,80	32,10	31,70	31,50	31,50	32,60	31,30	74,80	74,60	72,80	72,60	73,30	72,10	72,60	72,10
32	42382747	27.05.2021 10:26	Забитуй -	89134	30,30	30,30	31,90	31,60	31,20	31,20	32,10	30,80	74,40	75,30	72,90	73,50	72,40	73,10	71,90	72,60
33	42382747	10.06.2021 4:10	Новоильи -	90620	31,10	32,10	31,40	31,70	31,60	31,90	30,90	30,40	71,80	72,70	72,40	73,20	72,80	73,20	74,50	74,70
34	42382747	01.07.2021 20:02	Туринская -	0	31,40	32,10	31,50	32,10	31,50	32,10	30,80	30,50	72,50	72,10	73,20	72,60	73,30	72,30	75,10	74,30
35	42382747	30.07.2021 4:38	Туринская -	0	30,30	30,90	32,00	31,90	31,40	31,30	32,30	31,10	75,70	73,80	73,30	72,90	73,10	71,50	72,70	72,30
36	42382747	04.08.2021 15:08	Тарская -	100537	31,60	32,40	31,60	31,90	32,10	32,00	31,40	31,20	72,80	71,70	72,80	72,00	73,80	71,80	75,10	73,80
37	42382747	05.08.2021 13:19	Новоильи -	101108	31,50	32,50	31,00	31,80	31,80	32,00	30,40	30,40	71,60	72,10	72,00	73,00	72,70	73,00	73,70	74,80
38	42382747	02.09.2021 17:47	Тарская -	105924	30,60	30,70	31,90	32,20	31,60	31,10	32,30	31,30	75,40	74,10	73,00	72,90	73,40	72,20	72,80	71,20

Рис. 1 Визуальное представление входных исходных данных

Наименование полей в файлах с исходными данными:

- wagnumber – номер вагона;
- to_timestamp – время измерений;
- name – наименование ж/д станции;
- mileage – пробег в километрах.

Измерения данных по колесной паре в миллиметрах:

- четыре измерения ширины гребня левым датчиком в исходных данных обозначаются следующим образом: {tgl1, tgl2, tgl3, tgl4};
- четыре измерения ширины гребня правым датчиком в исходных данных обозначаются следующим образом: {tgr1, tgr2, tgr3, tgr4};
- четыре измерения высоты обода левым датчиком в исходных данных обозначаются следующим образом: {tol1, tol2, tol3, tol4};

Име. № подл.	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	Подпись и дата					Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Описание применения 76604-01 31 01					7

- четыре измерения высоты обода правым датчиком в исходных данных обозначаются следующим образом: {tor1, tor2, tor3, tor4}.

4.2 Выходные данные

Входные данные для проведения анализа представляют собой данные с расчетом коэффициентов корреляции.

Список атрибутов сущности «Коэффициенты корреляции»

Наименование	Код
подобие левых параметров гребней	CRC_GR_LEFT
подобие правых параметров гребней	CRC_GR_RIGHT
подобие левых и зеркальных гребней	CRC_GR_LEFT_MIRR
подобие правых и зеркальных гребней	CRC_GR_RIGHT_MIRR
подобие левых параметров ободов	CRC_OB_LEFT
подобие правых параметров ободов	CRC_OB_RIGHT
подобие левых и зеркальных ободов	CRC_OB_LEFT_MIRR
подобие правых и зеркальных ободов	CRC_OB_RIGHT_MIRR
признак валидности	CRC_IS_VALID
класс измерения	CRC_CLASS

При обработке данных по измерениям колесных пар вагонов рассчитываются четыре коэффициента корреляции:

- коэффициент корреляции параметров гребней текущего и предыдущего измерений K_g .
- коэффициент корреляции параметров ширины обода текущего и предыдущего измерений K_o .
- коэффициент корреляции транспонированного набора параметров гребней текущего измерения, и исходных параметров гребней предыдущего измерений K_{gt} .
- коэффициент корреляции транспонированного набора параметров ширины обода текущего измерения, и исходных параметров ободов предыдущего измерений K_{ot} .

В результате обработки данных получаем кубический сплайн, аппроксимирующий серию значений измерений изменяемых параметров ширины обода грузового вагона, строим прогноз износа гребня, по которым устанавливается необходимость обточки колеса (Рис. 4).

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	Описание применения 76604-01 31 01					Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

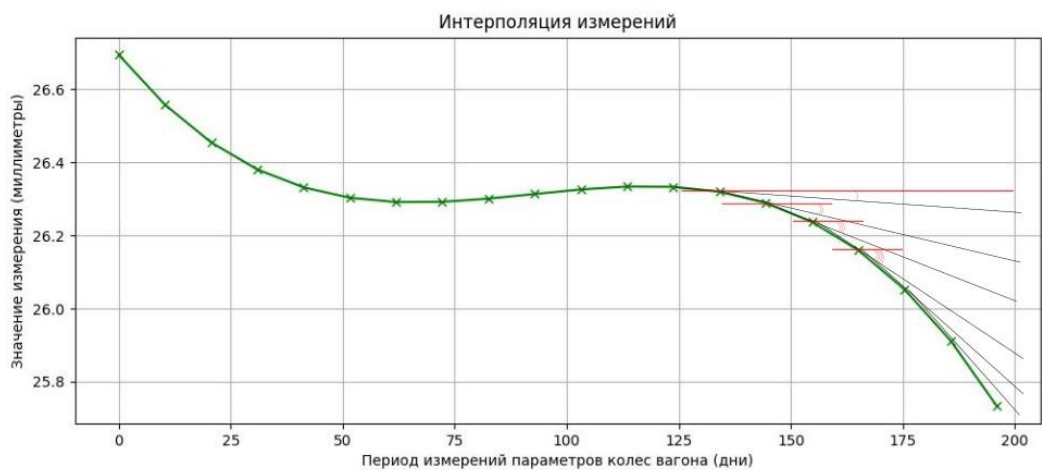


Рис. 4 Пример износа гребня

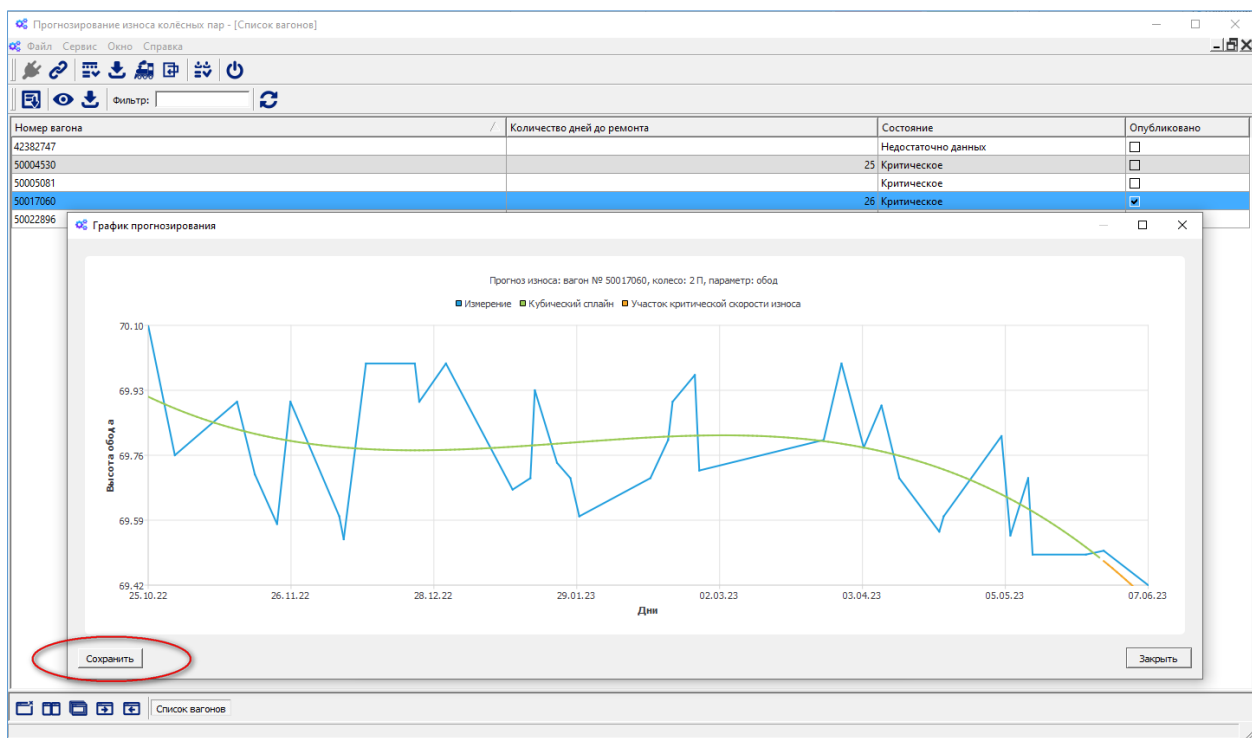


Рис. 5 Сохранение график прогнозирования состояния параметра вагона в формат pdf

Ине. № подл.	Подпись и дата
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Лист регистрации изменений

[illegible]

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Описание применения 76604-01 31 01

Пуст

11