

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра метрологии, приборостроения и управления качеством

**Выпускная квалификационная работа**

Тема работы: Модернизация метрологического обеспечения тепловоза серии ТЭМ2УМ Предприятия технологического железнодорожного транспорта ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

Автор: студент гр. МО-17 Гороховская Д.А.

(шифр группы) (Ф.И.О.)

Руководитель работы: доцент

Ивкин А.Е.

(должность)

(Ф.И.О.)

Санкт-  
Петербург  
2021

# Актуальность

В настоящее время на первый план при маневровых работах выходит экономия дизельного топлива.

Предприятие технологического железнодорожного транспорта (ПТЖТ) ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», являясь непосредственным потребителем дизельного топлива заинтересовано в экономии бюджетных средств.

Достичь этого можно, в том числе, путем модернизации метрологического обеспечения средств учета топлива тепловоза.

**Актуальность данной работы обусловлена** возможностью практического применения результатов исследования непосредственно на Предприятии технологического железнодорожного транспорта.

# Цель

Разработка проекта модернизации метрологического обеспечения средств учета топлива тепловоза серии ТЭМ2УМ Предприятия технологического железнодорожного транспорта ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

# Задачи

- Проанализировать теоретические сведения об устройстве топливной системы;
- Проанализировать текущее состояние метрологического обеспечения измерений расхода топлива тепловозов серии ТЭМ2УМ на ПТЖТ;
- Рассмотреть альтернативные системы контроля расхода топлива;
- Предложить план модернизации метрологического обеспечения измерений расхода топлива;
- Оценить эффективность модернизации метрологического обеспечения;

# Анализ современного состояния метрологического обеспечения измерения расхода топлива на ПТЖТ

1. Измерение уровня топлива в баке производится машинистом тепловоза путем прямого измерения уровня топлива с помощью топливо-замерной рейки.
2. В качестве итогового значения расхода топлива за смену принимается фактический расход, равный разности топлива в баке в начале и конце смены.
3. Теплотехником осуществляется нормирование расхода топлива по виду и времени выполняемой маневровой работы.



# **Анализ современного состояния метрологического обеспечения измерения расхода топлива на ПТЖТ**

*Недостатки метода:*

Во-первых, отсутствуют данные о погрешностях топливо-замерных реек.

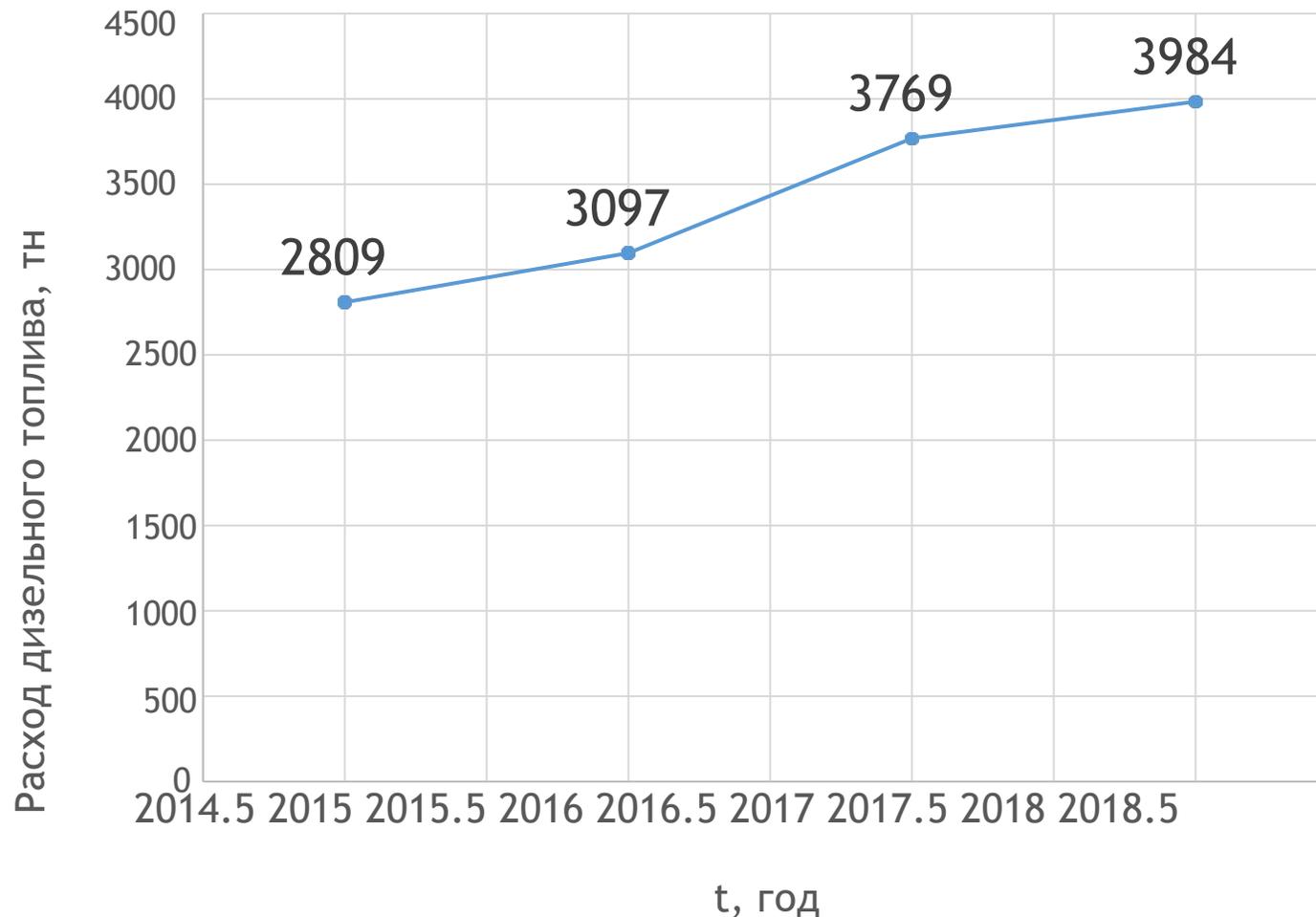
Во-вторых, не исключен человеческий фактор.

В-третьих, отсутствует возможность оценки реального расхода топлива по фактически выполненной работе.

**В результате несоответствие нормированного расхода топлива фактическому может достигать 70%**

# Анализ современного состояния метрологического обеспечения измерения расхода топлива на ПТЖТ

Расход дизельного топлива 2015-2018 гг.

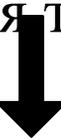


Увеличение расхода дизельного топлива в 2018 году по отношению к 2015 году составляет 42%.

значительные погрешности определения количества топлива в баках тепловозов



Искусственное завышение нормативов расхода топлива локомотивами;



Необходимость осуществления контроля фактического расхода топлива



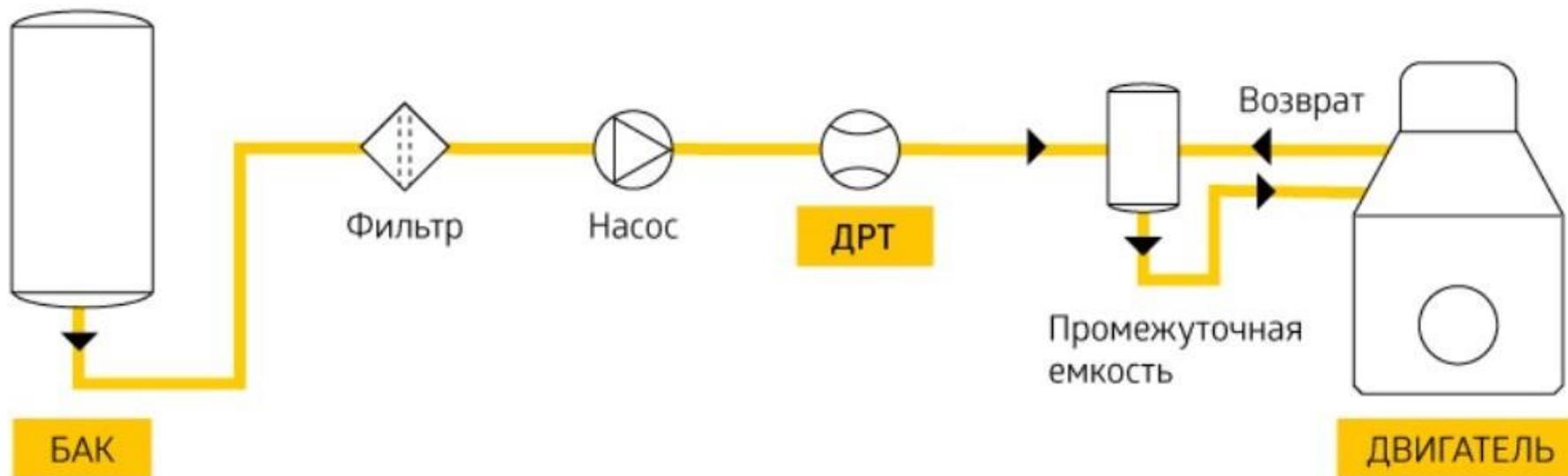
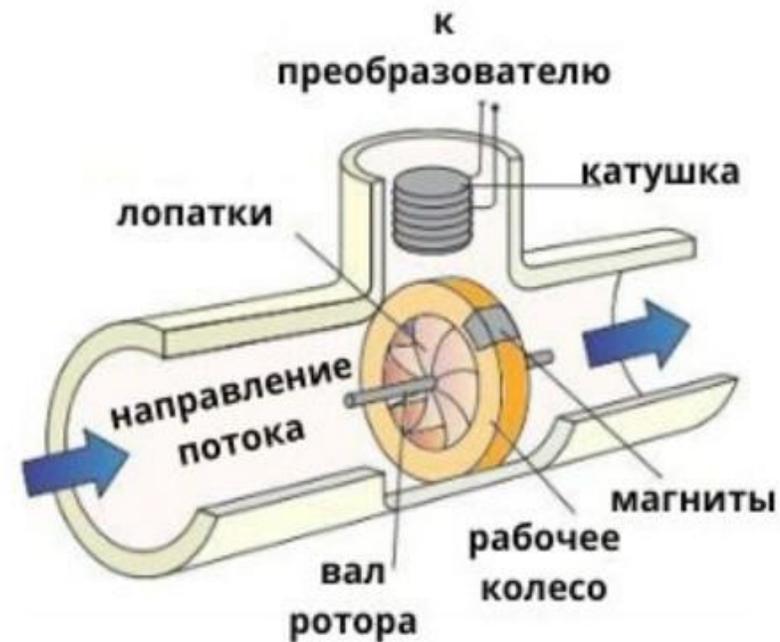
**расходомеры и уровнемеры**

невозможность анализа расхода топлива фактически выполненной работы с учетом технического состояния и локомотивов



# Расходомеры

Расходомеры, устанавливаемые в топливную магистраль дизеля контролируют топливный трафик непосредственно в напорной и сливной магистралях, но не позволяют контролировать поступление топлива при экипировке и сливах.



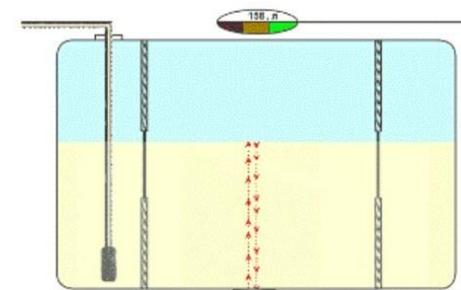
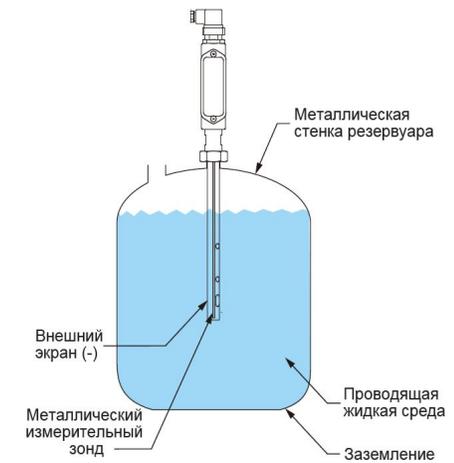
# Уровнемеры

**Уровнемеры, устанавливаемые в бак тепловоза, учитывают все возможные изменения количества топлива без разделения на потребление его дизелем и прочие потери.**

Поплавковый – при измерении уровня топлива, изменяется положение поплавка

Емкостной – подсчет времени заряда конденсатора

Ультразвуковой – свойство ультразвуковых волн отражаться на границе двух сред, которые имеют различные физические свойства



## Виды уровнемеров

Тип уровнемера	Измеряемая среда	Характеристики среды	Диапазон измерений, м	Достоинства уровнемера	Недостатки уровнемера
Емкостные	Жидкая (в т.ч. масла, жидкие хладагенты)	от -40 до 80 °С	от 0,2 до 20	надежность, высокая точность	ограниченность работы в вязких (налипающих) средах
Кондуктометрические	проводящие жидкие среды	до плюс 350 °С до 6,3 Мпа	до 25	возможность измерять при высоком давлении и температуре, нечувствительность к турбулентности, прочность и простота использования	невозможность измерять при наличии диэлектриков и клейких веществ
Ультразвуковые	парящие, бурлящие, дымящие жидкости, жидкости с пеной	от - 30 до 60 °С от 0,3 до 3 бар	от 0,2 до 12	высокая помехозащищенность, удобство расположения на резервуаре.	неудобство измерений пенообразующих жидкостей
Гидростатические	Однородные, вязкие жидкости	от - 10 до 16 °С от 0,1 до 16 бар	от 2 до 100	низкая цена; простота конструкции	низкая точность измерений, ограниченность применения
Поплавковые	жидкости (в т.ч. с низкой плотностью)	от - 40 до 130 °С до 25 бар	до 25	высокая точность; независимость показаний от состояния поверхности продукта	сложность монтажа, зависимость показания от плотности среды, сложность измерения колеблющихся жидкостей

# Предложение по модернизации метрологического обеспечения

- В топливную магистраль установить расходомер для диагностики потребления топлива тепловозом.
- В топливный бак тепловоза установить 2 уровнемера для получения точных данных об экипировках и расходе, для предотвращения несанкционированного использования топлива.

# Расчет погрешностей средств измерений

Расчет погрешности производился на основе топливной ведомости за 10 дней.

Норма расхода топлива в заданный период составляла 300 литров за смену.

*Таблица 2*

Принято топлива, л	Сдано топлива, л	Расход, л
3300	3000	300
2700	2300	400
4400	4050	350
3750	3400	350
3000	2750	250
5350	5000	350
4700	4300	400
4000	3650	350
3350	3050	300
2750	2400	350
Среднее значение $x_{\text{ср}}$		340

# Расчет погрешностей топливо-замерной рейки

Абсолютная приборная погрешность:

$$\Delta p_{\text{приб}} = \frac{50}{2} = 25 \text{ л}$$

Абсолютная случайная погрешность (при норме расхода 300 л):

$$\Delta p_{\text{случ}} = \tau_{\alpha}(N) \cdot S_x = 1,87$$

Полная абсолютная погрешность:  $35,84 + 28,67 = 64,51 \text{ л} \approx 65 \text{ л}$  Относительная погрешность:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{случ}} + \Delta p_{\text{приб}}$$

$p$

л

$$\delta p = \frac{\Delta}{x}$$

$$\delta p = \frac{90}{300} * 100 \% = 30$$

% 0

Величина погрешности обуславливается тем, что при данном методе измерения не учитываются внешние факторы, такие как:

- человеческий фактор;
- режимы работы дизель-генераторной установки;
- температурный режим;
- изношенность топливной аппаратуры и пр.

# Расчет погрешностей датчика-уровнемера LLS 20160

Из описания типа средства измерения известны:

— нормирующее значение ;

— пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений уровня ;

— пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности измерений уровня, вызванной изменением температуры окружающей среды от (205) до температуры в диапазоне от минус 60 до +60 , на каждые 10 .

# Расчет погрешностей датчика-уровнемера

Предельное значение основной абсолютной погрешности:

$$\Delta y_{\text{мм}} = \pm \frac{\gamma \cdot x}{100} = \pm \frac{1,0 \cdot 300}{100} = \pm 3 \text{ мм}$$

Предельная допускаемая дополнительная абсолютная погрешность:

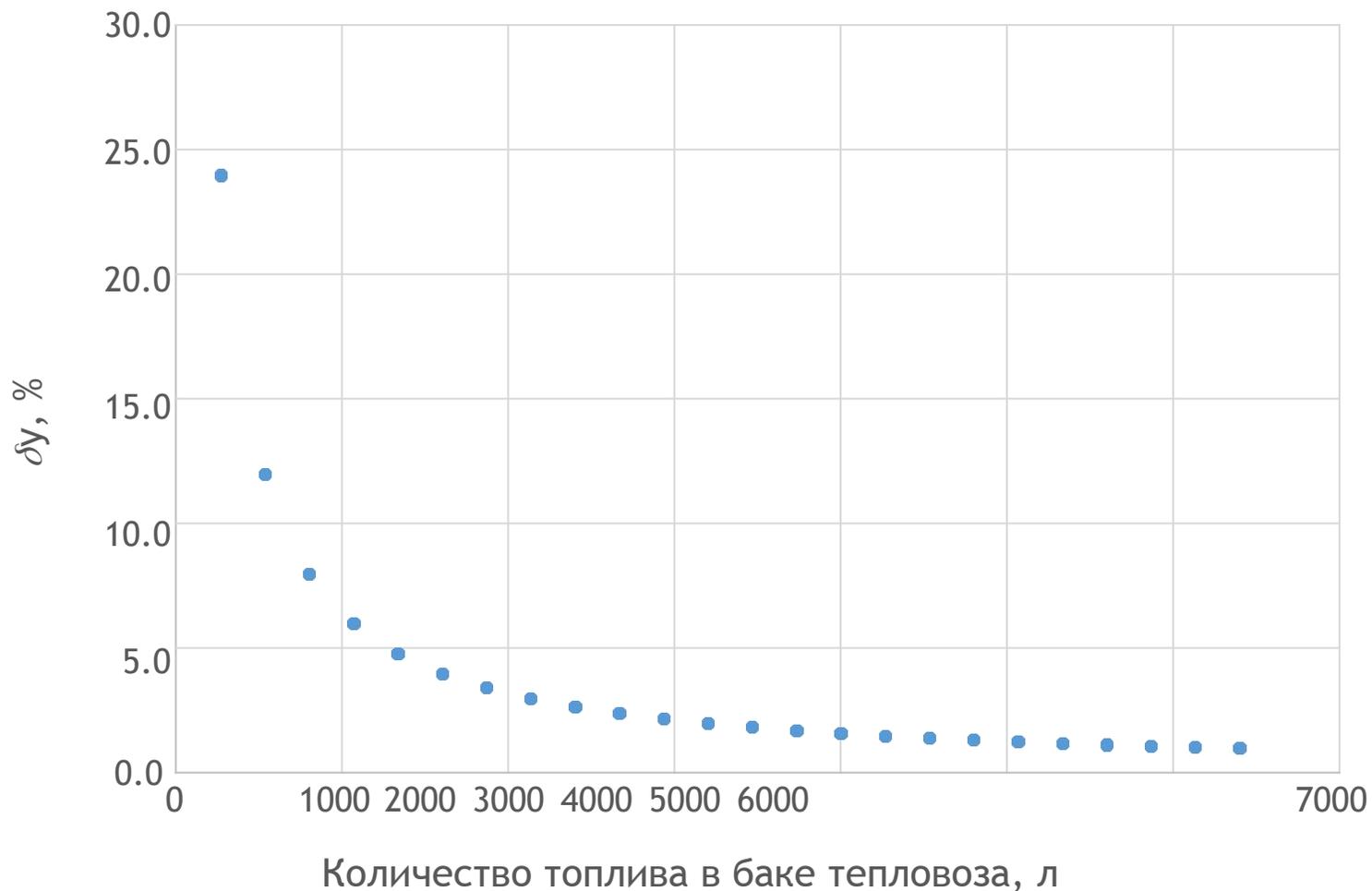
$$\Delta y_{\text{мм доп}} = \pm \frac{\gamma_{\text{доп}} \cdot x}{100} = \pm \frac{0,05 \cdot 300}{100} = \pm 0,15 \text{ мм}$$

# Расчет погрешностей датчика-уровнемера

Таблица 3

Зависимость от объема или высоты уровня

## Относительная погрешность



№ п/п	Высота уровня топлива, мм	Объем топлива в баке, л	Относительная погрешность, %
1	50	267	24,0
2	100	533	12,0
3	150	800	8,0
4	200	1067	6,0
5	250	1333	4,8
6	300	1600	4,0
7	350	1867	3,4
8	400	2133	3,0
9	450	2400	2,7
10	500	2667	2,4
11	550	2933	2,2
12	600	3200	2,0
13	650	3467	1,8
14	700	3733	1,7
15	750	4000	1,6
16	800	4267	1,5
17	850	4533	1,4
18	900	4800	1,3
19	950	5067	1,3
20	1000	5333	1,2
21	1050	5600	1,1
22	1100	5867	1,1
23	1150	6133	1,0
24	1200	6400	1,0

# Расчет погрешностей датчика-расходомера DFM50AP

Из описания типа средства измерения известны:

- нормирующее значение ;
- пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений уровня .

# Расчет погрешностей датчика-расходомера

Предельное значение основной абсолютной погрешности:

$$\Delta p_{л/ч} = \pm \frac{\gamma \cdot x_{н1} \cdot 50}{100 \cdot 100} = \pm 0,5 \text{ л / ч} = \pm 6 \text{ л / смену}$$

Предельная основная относительная погрешность:

$$\delta_{л/смену} = \frac{\Delta p_{л/смену}}{x_{cp}} \cdot 100\% = \frac{6}{34,0} \cdot 100\% = 17,6\%$$

Соответственно, устанавливая оба вида датчиков компенсируются почти все возможные влияющие величины и повышается точность измерений, а также достоверность получаемой информации.

# Заключение

При анализе настоящего состояния метрологического обеспечения, было установлено, что топливо-замерные рейки не обеспечивают достаточную точность измерений;

Рассмотрены альтернативные системы контроля расхода топлива. Установлено, что оптимальными средствами измерений будут являться датчика-уровнемера и датчик-расходомер;

Предложен план модернизации обеспечения измерений метрологического расхода топлива.

**Спасибо за внимание**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра метрологии, приборостроения и управления качеством

**Выпускная квалификационная работа**

Тема работы: Модернизация метрологического обеспечения тепловоза серии ТЭМ2УМ Предприятия технологического железнодорожного транспорта ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

Автор: студент гр. МО-17 Гороховская Д.А.

(шифр группы) (Ф.И.О.)

Руководитель работы: доцент

Ивкин А.Е.

(должность)

(Ф.И.О.)

Санкт-  
Петербург  
2021