

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

ФАКУЛЬТЕТ Металургійний

КАФЕДРА Металургійного обладнання

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему: Дослідження та удосконалення приводу сталевоза установки піч-  
КОВШ

Спеціальність 8.05050311 Металургійне обладнання  
(найменування)

Виконавець \_\_\_\_\_ Шиканов М.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи Малишев Г.П., зав. каф., к.т.н., проф.  
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Розглянуто на засідання кафедри

Металургійного обладнання  
(найменування кафедри)

Рекомендовано до захисту в ДЕК

Протокол № 8 від 10 грудня 2015 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Малишев Г.П.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Запоріжжя  
2016р.

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з 7 аркушів креслення формату А1, одного креслення А2х5, трьох плакатів А2, та розрахунково-пояснювальної записки, яка містить: 131с, 24 рис, 18 таблиць.

Бібліографічний список містить 22 джерела.

Об'єктом дослідження та вдосконалення є сталевоз установки піч-ковш.

Метод дослідження об'єкту – теоретичний аналіз розрахункових даних.

Мета роботи – дослідження, підвищення якості роботи та експлуатаційних показників сталевоза.

В технологічній частині описана технологія отримання сталі агрегатами позапічної обробки сталі установками піч-ковш. Розглянуті особливості конструкції цих агрегатів. Пояснюється призначення сталевоза та описується його будова.

В прикладній частині приведена будова приводу сталевоза. Визначено максимальне прискорення при якому не відбувається вихлюпування металу. Розрахований механізм пересування, в якому підібрані електродвигун, редуктор та муфти на тихохідному та швидкохідному валах. Визначена кількість запасних частин для редуктора.

В дослідницькій частині була розрахована динаміка приводу сталевоза за допомогою програми MatLab. Проведено розрахунок надійності редуктора. Виконано аналіз поміжного вала, розраховано болти муфти на зріз та розраховано зварне з'єднання.

В електричній частині наведені розрахунки потужності двигуна приводу механізму переміщення сталевоза та описана електрична схема його управління.

В організаційній частині описані організаційні заходи, що забезпечують ефективну роботу механослужби дільниці.

В частині "Техніко-економічне обґрунтування" наведені розрахунки економічної ефективності від запровадження удосконалення у виробництво.

В частині "Охорона праці та техногенна безпека" описані основні заходи щодо безпечних умов праці персоналу та охорони навколишнього середовища. Вибрана система для видалення надлишкового тепла та розрахована площа ліхтарів.

Результати роботи можуть бути рекомендовані для впровадження в сталеплавильного цеху №3 ПАТ «Дніпроспецсталь» на сталевозі установки піч-ковш, а також на інших аналогічних візках металургійної промисловості.

УСТАНОВКА ПІЧ-КОВШ, СТАЛЕВОЗ, МЕХАНІЗМ ПЕРЕСУВАННЯ, РЕДУКТОР, ПРОМІЖНИЙ ВАЛ, ДИНАМІКА ПРИВОДУ, ЗАПАСНІ ЧАСТИНИ, ДАТЧИК КРУТНОГО МОМЕНТУ.

## ВСТУП

Перехід на безперервне розливання, з одного боку, і безперервне підвищення вимог до якості сталі, з іншого, привели до необхідності створення спеціальної установки доведення сталі. Що став звичайним і обов'язковим варіант установки передбачає можливість завершення процесу розкислення - легування сталі в більш сприятливих умовах, ніж у сталеплавильному агрегаті під час випуску плавки, і регулювання температури металу шляхом його охолодження. Для цього установка обладнується засобами: продувки металу аргоном; введення в метал розкислюючих і легуючих присадок, включаючи у вигляді звичайної дроту (алюміній) і порошкового дроту (ЩЗМ, РЗМ) за допомогою трайб-апарата.

Однак такий варіант установки ківшевого доведення сталі вимагає дуже високого перегріву металу до кінця окисного рафінування його у сталеплавильному агрегаті, що негативно позначається на стійкості футеровки агрегату і ковша, а також на газонасиченості металу. Тому з'явилася необхідність забезпечити нагрівання металу в ковші, використовуючи електричну енергію. Були випробувані індукційний, дугового і плазмово-дугового варіанти нагріву. Найбільш прийнятним варіантом виявився електродугового нагрівання.

Установка доведення сталі в ковші з нагріванням металу з'явилася більше 40 років тому і отримала назву піч-ківш.

В процесі позапічної обробки сталі відбувається охолодження металу, що негативно впливає на тривалість обробки сталі. Щоб компенсувати теплові втрати використовують різні способи. Агрегати, які використовуються для позапічної обробки сталі, можна поділити на декілька груп:

- 1) з електричним підігрівом;

2) підведення тепла здійснюється в результаті окислення заліза і домішок при продуванні киснем (конвертери типу VODC, RHO, AOD, RH-OB та інші розглянуті вище);

3) без додаткового підігріву або подачі тепла в процесі обробки (установки для обробки вакуумом різними методами, для введення в метал реагентів у вигляді дроту, порошку, блоків, установки типу накритого кришкою ковша при продувці металу інертним газом).

Поступово у світовій практиці набуває поширення процес, названий процесом піч-ківш (в зарубіжній літературі процес одержав назву LF-процес). Процес включає перемішування продувкою металу аргонем в ковші, дуговий підігрів і обробку металу синтетичним шлаком в процесі його перемішування аргонем. Процес забезпечує не тільки отримання заданого хімічного складу і температури металу, а й зниження кількості неметалевих включень в результаті видалення сірки і кисню, що призвело до значного поліпшення механічних властивостей. Такий агрегат може встановлюватися в будь-якому сталеплавильному цеху.

## 3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок динаміки приводу

При проектуванні і експлуатації сучасних швидхідних і важких машин необхідно приділяти особливу увагу динаміці систем з пружними зв'язками, тобто, проблемі пружних коливань.

Основним засобом теоретичного дослідження є математичне моделювання, яке, в загальному випадку, наближено відображає властивості системи або процесу, що моделюються.

За допомогою математичного моделювання здійснюються розрахунки об'єкту дослідження з метою вибору раціональних або оптимальних значень параметрів, прогнозування надійності його роботи та аналіз критичних режимів.

При динамічному навантаженні в машинах виникають коливання, які в одних випадках перешкоджають нормальній роботі, в інших випадках можуть викликати стомленість і пошкодження найбільш навантажених вузлів. Поява резонансу супроводжується різким зростанням амплітуди коливань і, отже, деформацій, що взагалі може призвести до руйнування машини.

Об'єктом дослідження служить привод сталевозу (рис. 3.1), який складається з електродвигуна, який в свою чергу з'єднаний через муфту з швидхідним валом редуктора, з іншого кінця цього вала встановлене гальмо. Тихохідний вал через муфти приєднаний до приводних колес.

Вхідними параметрами для моделювання будуть слугувати маси, діаметри, моменти інерції, які були отримані з трьохмірної моделі приводу.

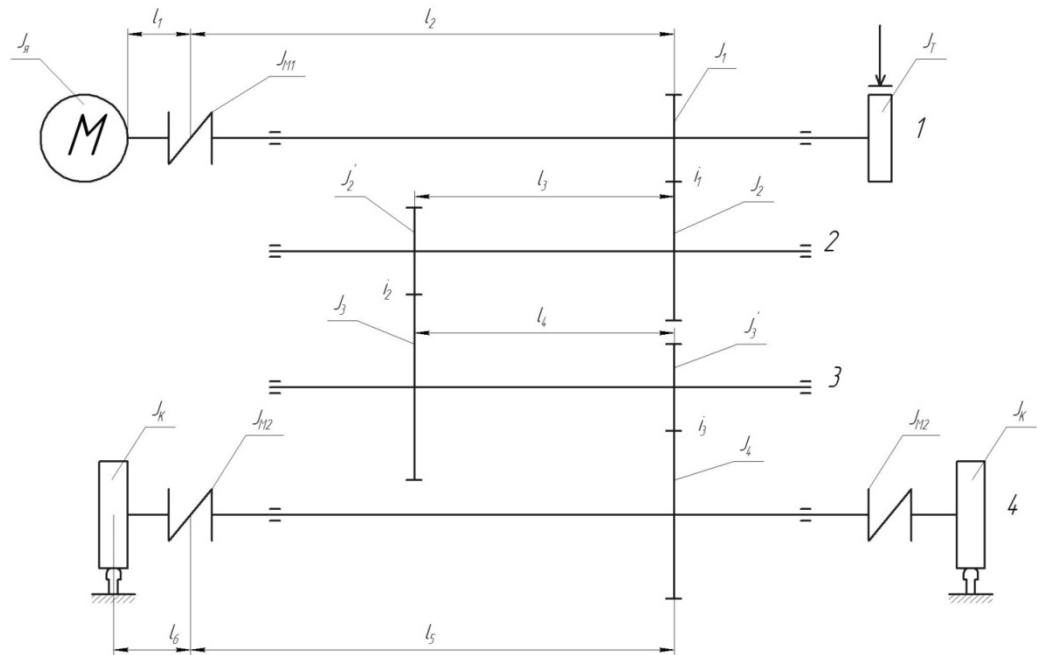


Рисунок 3.1 - Кінематична схема приводу

Для розрахунку динаміки приводу будемо користуватися програмою Matlab.

Дана модель являє собою систему диференційних рівнянь, складену на основі фундаментальних фізичних законів, для розв'язання яких складається алгоритм, що являє собою схему розв'язання рівнянь, представлених у стандартному вигляді, і вказує на послідовність виконання математичних операцій.

Складемо основну частину програми для приводу стелевоза:

```
clc
clear
global w J J5 c4 M Md;
w=850*2*pi/60; V=0.28;
g=9.81;
i1=5.53; i2=5.18; i3=5.08; %Передаточні відношення
G=81*10^9; %Модуль упругості - Н/м2
Rk=0.8%м - радіус колеса
m1=33; m2=56; m3=31; m4=135; m5=56; m6=400; m7=430; %Маси
валів - кг
mm=90000; msh=2000; mc=22300; mk=15089; %Масса тележки шлака
стелевоза ковша - кг
```



```

d1=0.7; d2=0.415; d3=0.09; d4=0.498; d5=0.1; d6=0.66;
d7=0.84; %Діаметри тіл обертання - м
D1=0.064; D2=0.09; D3=0.11; D4=0.135; D5=0.18;
D50=0.14;%Діаметри валів - м
l1=0.66; l2=0.2; l3=0.01; l4=1.135; l5=0.53; %Длини валов -
м
jy=0.484;
jm1=0.2; %Моменти інерції кг*м2
disp('Моменти інерції');
j1=(0.66*m1*d1^2)/4
j2=(0.66*m2*d2^2)/4
jt=0.0413
j2a=(0.66*m3*d3^2)/4
j3=(0.66*m4*d4^2)/4
j3a=(0.66*m5*d5^2)/4
j4=(0.66*m6*d6^2)/4
jm2=16.5
jk=(0.55*m7*d7^2)/4
J1=(jy+jm1+jt)*g; %Групи моментів інерції Н*м2
J2=(j1+j2/i1^2)*g;
J3=(j2a/i1^2+j3/(i1^2*i2^2))*g;
J4=(j3a/(i1^2*i2^2)+j4/(i1^2*i2^2*i3^2))*g;
J5=((w^2/(i1^2*i2^2*i3^2))*(2*(jm2+jk)+(mm+msh+mc+mk)/Rk^2))
*g;
J=J1+J2+J3+J4;
M=156.6; Md=16978; %Момент на двигуні та тихохідному валу
disp('Жесткости валов');
c1=(3.14*G*D1^4)/(32*l1); %Жерсткості валів
c2=(3.14*G*D2^4)/(32*i1^2*l2);
c3=(3.14*G*D3^4)/(32*i1^2*i2^2*l3);
alp=D50/D5;
c4=((3.14*G*D4^4)/(32*i1^2*i2^2*i3^2*l4))+((3.14*G*(1-
alp^4)^4)/(32*i1^2*i2^2*i3^2*l5))
x0=0; x10=x0; x20=x0; x30=x0; x40=x0;
[t,x]=ode23('sist2',[0:0.001:100],[x10,x20,x30,x40]);
plot(t,(x(:,1)-x(:,3)),'b','LineWidth',2);

```

```

grid;
xlabel('t');
ylabel('fi');
title('Динаміка привода');

```

Створимо підпрограму (sist4.m) для рішення диференційного рівняння типу

$$J_1 \cdot \varphi''_1 = (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot C_4 + M \cdot \sin(w \cdot t);$$

$$J_5 \cdot \varphi''_5 = -(\varphi_1 - \varphi_1) \cdot C_4 - M_d.$$

Текст програми:

```

function dx=sist2(t,x);
global w J J5 c4 M Md;
    dx(1)=x(2);
    dx(2)=( (x(3)-x(1))*c4+M*sin(w*t) )/J;
    dx(3)=x(4);
    dx(4)=(- (x(3)-x(1)) *c4-Md)/J5;
    dx=[dx(1);dx(2);dx(3);dx(4)];
end

```

Після запуску програми та її компіляції ми отримаємо модель динаміки руху (рис. 3.2). Звичайно, що розроблена модель не може на 100% відтворювати реальну картину і, певна річ, вносить певні похибки в результати досліджень.

Проаналізувавши даний графік, можна побачити, що на початку руху спостерігається скачок амплітуди, а потім показники стабілізуються і спостерігається встановлення руху. Це відбувається не тому, що на початку руху відбувається резонанс, а тому, що діє пусковий момент, значення якого перевищує моменту встановленого.

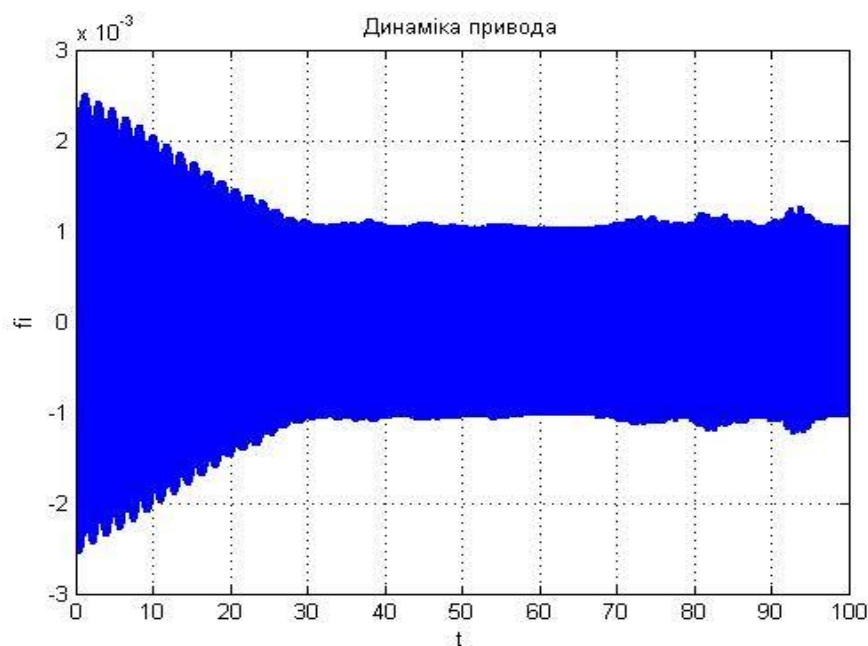


Рисунок 3.2 - Графік динаміки руху

Таким чином, одним із основних напрямків математичного моделювання є моделювання динаміки механічних об'єктів, що базується на теорії коливань.

### 3.2 Розрахунок надійності редуктора

Надійність – властивість об'єкта зберігати в часі, у встановлених межах, усі параметри, що забезпечують виконання заданих функцій за певних умов експлуатації.

Розрахунок надійності вертикального трьохступінчатого циліндричного редуктора ВКУ-950 будемо проводити в програмі "Программа определения безотказной работы n-ступенчатого редуктора".

Таблиця 3.1 - Вхідні данні

Умовні запаси міцності по середнім значенням несучої здатності та навантаження		Несучі здібності передачі підшипників та валів			
Зубчата передача n1	1,5	Vr1	0,1	Навантаження по редукторам	
Зубчата передача n2	1,5	Vr2	0,1	VF	0,1
Зубчата передача n3	1,5	Vr3	0,1	Задайте навантаження	
Підшипник вх. вала n4	1,4	Vr4	0,1	AF	1,3
Підшипник вх. вала n5	1,4	Vr5	0,1	BF	1,1

### Продовження таблиці 3.1 - Вхідні данні

Підшипник пром. вала n6	1,5	Vr6	0,1
Підшипник пром. вала n7	1,5	Vr7	0,1
Підшипник пром. вала n8	1,5	Vr8	0,1
Підшипник пром. вала n9	1,5	Vr9	0,1
Підшипник вих. вала n10	1,6	Vr10	0,1
Підшипник вих. вала n11	1,6	Vr11	0,1
Вх. валів n12	1,8	Vr12	0,1
Пром. валів n13	1,9	Vr13	0,1
Пром. валів n14	1,9	Vr14	0,1
Вих. валів n=15	2,0	Vr15	0,1

Введемо вхідні данні (табл.3.1) до програми (рис. 3.3) та отримаємо результати надійності редуктора .

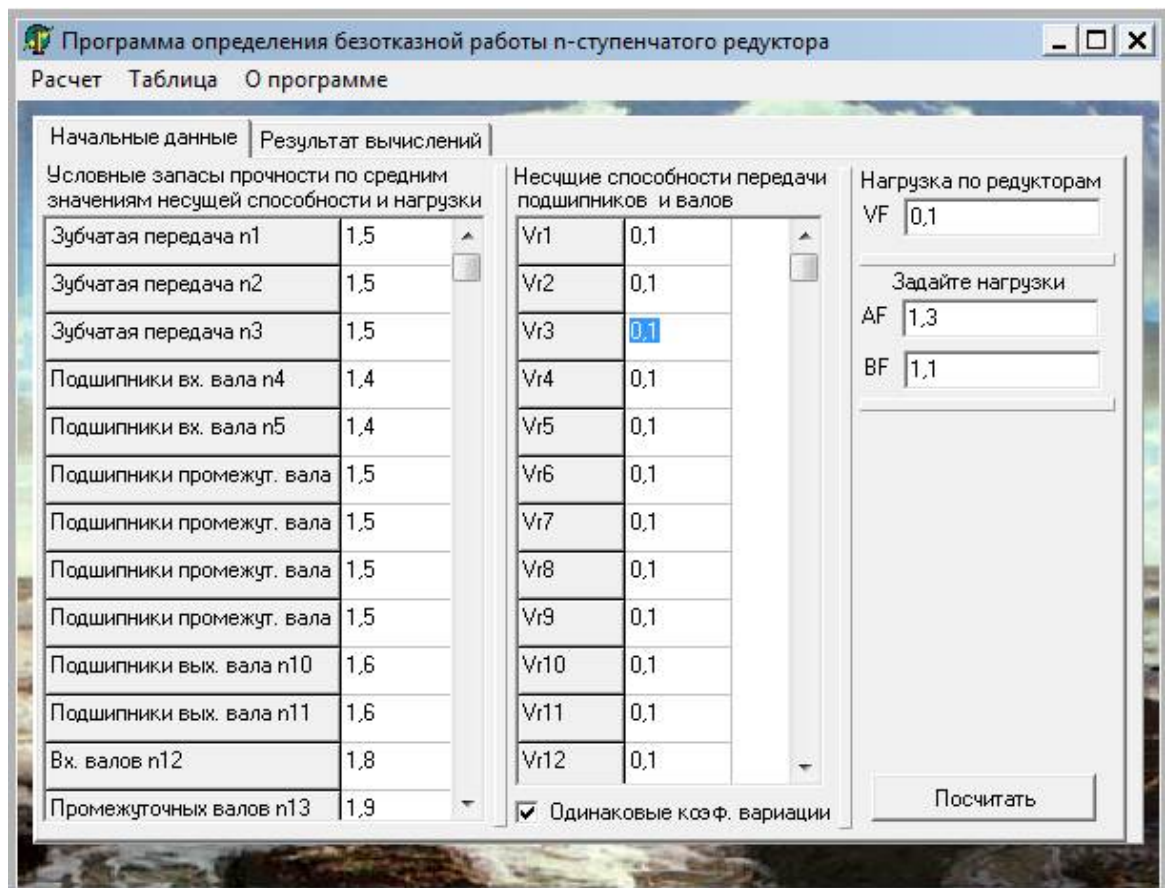


Рисунок 3.3 - ввід вхідних параметрів

Таблица 3.2 - Результаты обчислень

	<b>UpA</b>	<b>P(R&gt;=FA)</b>	<b>UpB</b>	<b>P(R&gt;=FB)</b>
1	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
2	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
3	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
4	-0,7143	0,7576	-2,1429	0,9820
5	-0,7143	0,7576	-2,1429	0,9820
6	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
7	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
8	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
9	-1,3333	0,9027	-2,6667	0,9960
10	-1,875	0,9637	-3,125	0,9990
11	-1,875	0,9637	-3,125	0,9990
12	-2,7778	0,9970	-3,8889	1,0000
13	-3,1579	0,9990	-4,2105	1,0000
14	-3,1579	0,9990	-4,2105	1,0000
15	-3,5	0,9998	-4,5	1,0000
	<b>P(R&gt;=FA)</b>	0,2588734	<b>P(R&gt;=FB)</b>	0,9356
	<b>MR</b>	1,3	<b>VR</b>	0,1025
	<b>Up</b>	0,9640989		

Імовірність безвідказної роботи редуктора  $P(R \geq F_A)$  та  $P(R \geq F_B)$  при фіксованих навантаженнях оцінюємо, як добуток імовірностей безвідказної роботи елементів(формула №1 ), отримаємо:

$$P(R \geq F_A) = 0,2588;$$

$$P(R \geq F_B) = 0,9356;$$

Зіставляючи величі з діапазоном припустимих значень можна побачити, що імовірності знаходяться у цих межах.

### 3.3 Аналіз деталей приводу за допомогою АРМ

Для аналізу деталей приводу будемо використовувати програму АРМ WinMashine. Так як програма російськомовна, то результати аналізів будуть на російській мові.

### 3.3.1 Аналіз проміжного вала

Розрахунок проміжного вала будемо проводити в APM Shaft.



Таблица: Нагрузки

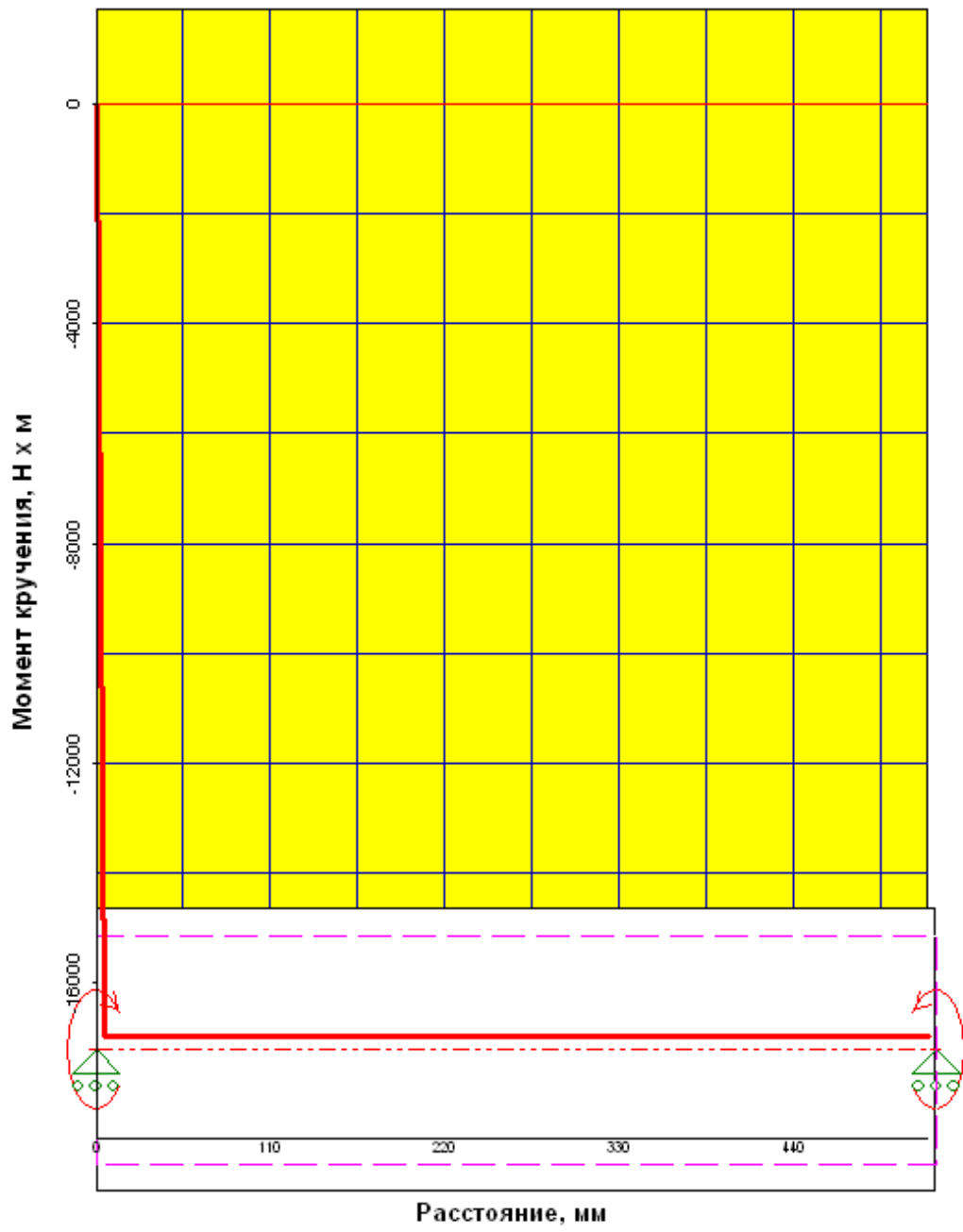
Моменты кручения

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, Нм
0	530.00	16978.00
1	0.00	-16978.00

Реакции в опорах

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Реакция верт., Н	Реакция гориз., Н	Реакция осевая, Н	Модуль, Н	Угол, град
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	530.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

# Момент кручения

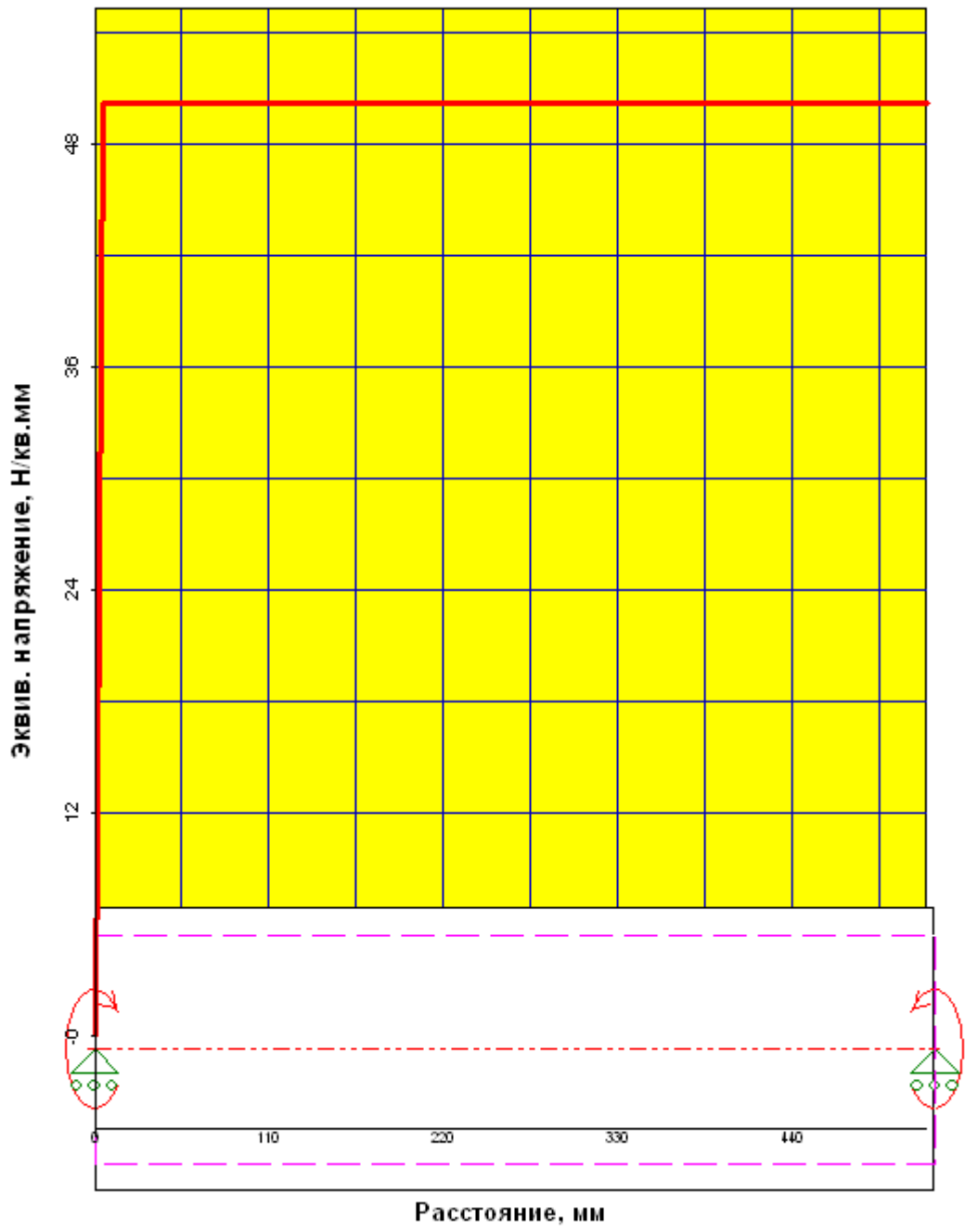


# Угол кручения

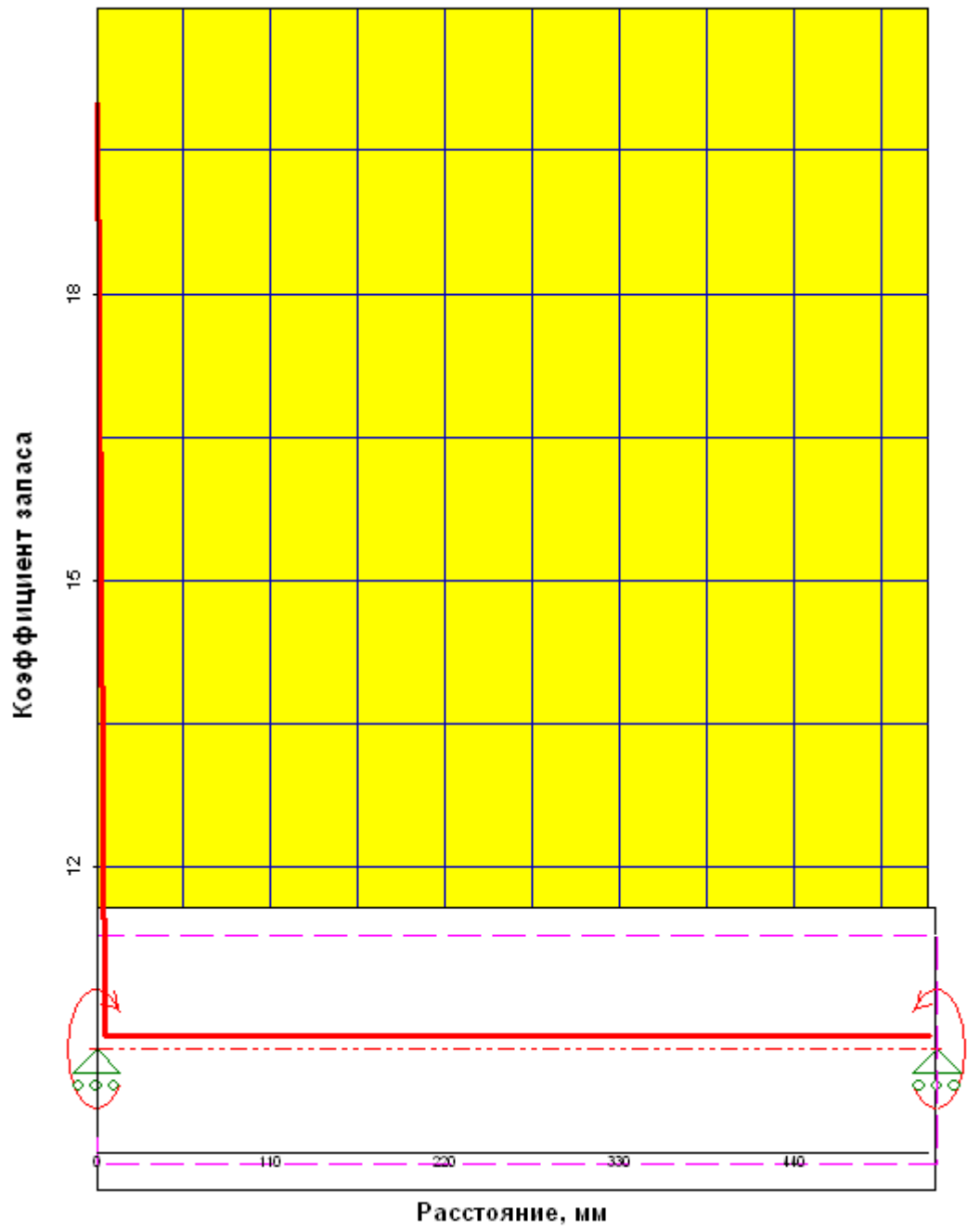




# Эквивалентное напряжение



# Коэффициент запаса по усталостной прочности



### 3.3.2 Розрахунок болтів на зріз

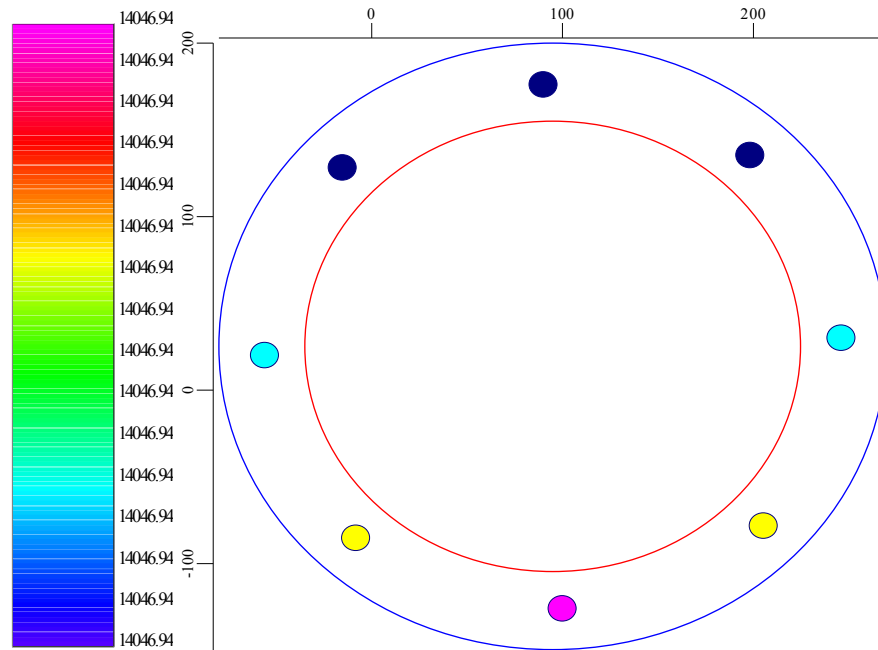
Розрахунок болтів на зріз будемо проводити в APM Joint.

Тип соединения: Болтовое без зазора

Тип расчёта: Проектировочный

Стандарт: ГОСТ

Основной



Диапазон цветов нагрузок болтов [Н]

Суммарные результаты:

Центр масс поверхности стыка:  $X=94.94$   $Y=24.94$  мм

Площадь поверхности стыка	43111.266	кв.мм
Момент инерции стыка относительно центральных осей:		
относительно горизонтальной оси	512167555.98	мм <sup>4</sup>
относительно вертикальной оси	512167555.98	мм <sup>4</sup>
Угол наклона главных центральных осей	0.000	град
Макс. сдвигающая нагрузка на болт	14046.937	Н
Диаметр стержня болта	15.104	мм
Минимальная толщина пластины	5.272	мм

### Постоянные параметры:

Предел текучести материала деталей крепления	196.000	МПа
Количество поверхностей среза/трения	1	

Таблица: Моменты

N	Координаты [мм]			Макс. проекции момента [Нм]		
	x	y	z	на x	на y	на z
0	95.00	25.00	0.00	0.00	0.00	16978

### 3.3.3 Розрахунок зварного з'єднання

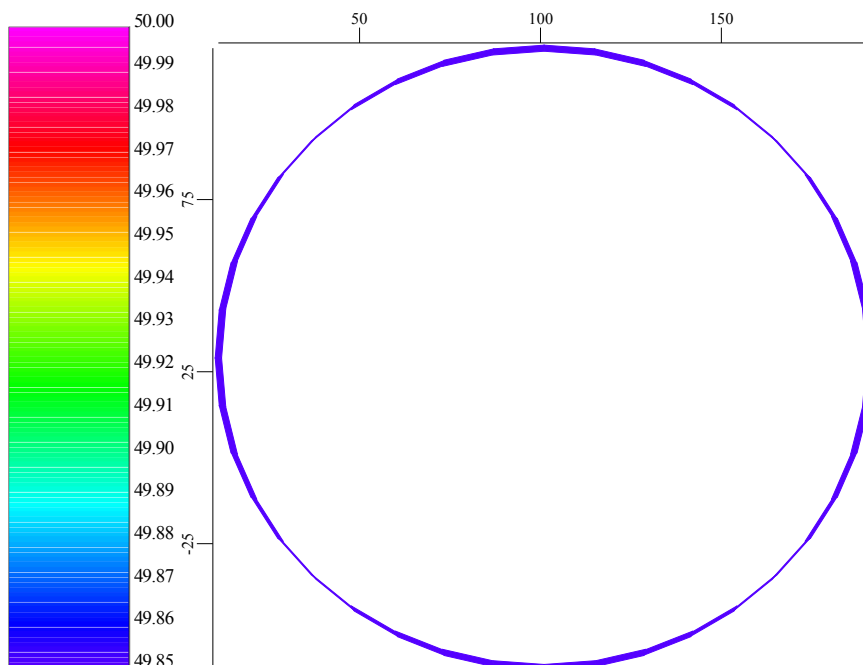
Розрахунок зварного з'єднання будемо проводити в APM Joint.

Тип соединения: Тавровое односторонним швом

Тип расчёта: Проектировочный

Стандарт: ГОСТ

Основной



Диапазон цветов напряжений [МПа]

Суммарные результаты:

Центр масс сварного шва: X= 101.00 Y= 29.00 мм

Площадь шва в опасном сечении	3772.889	кв.мм
Момент инерции шва относительно центральных осей		
относительно горизонтальной оси	15280200.000	мм <sup>4</sup>
относительно вертикальной оси	15280200.000	мм <sup>4</sup>
Угол наклона главных центральных осей	0.000	град
Макс. касательное напряжение	50.000	МПа
Катет	9.531	мм

#### Постоянные параметры:

Коэффициент запаса текучести деталей крепления	3.000	
Предел текучести материала деталей сопряжения	250.000	МПа

#### Таблица: Моменты

N	Координаты [мм]			Макс. проекции момента [Нм]		
	x	y	z	на x	на y	на z
0	101.00	29.00	0.00	0.00	0.00	16978.0

### 3. 4 Вимірювання крутних моментів на проміжному валу

Для вимірювання крутного моменту на проміжному валу будемо використовувати датчик фірми MAGTROL серії TF фланцевого типу TF218 (рис. 3.4), у котрого номінальний момент для вимірювання - 20 кН, допустиме перевантаження - 200%, клас точності - 0,20..0,25%, максимальна частота обертання - 3000 об/хв, жорсткість на кручення -  $2,86 \times 10^7$ , кут деформації -  $0,040^\circ$ , вагу - 42,7 кг.

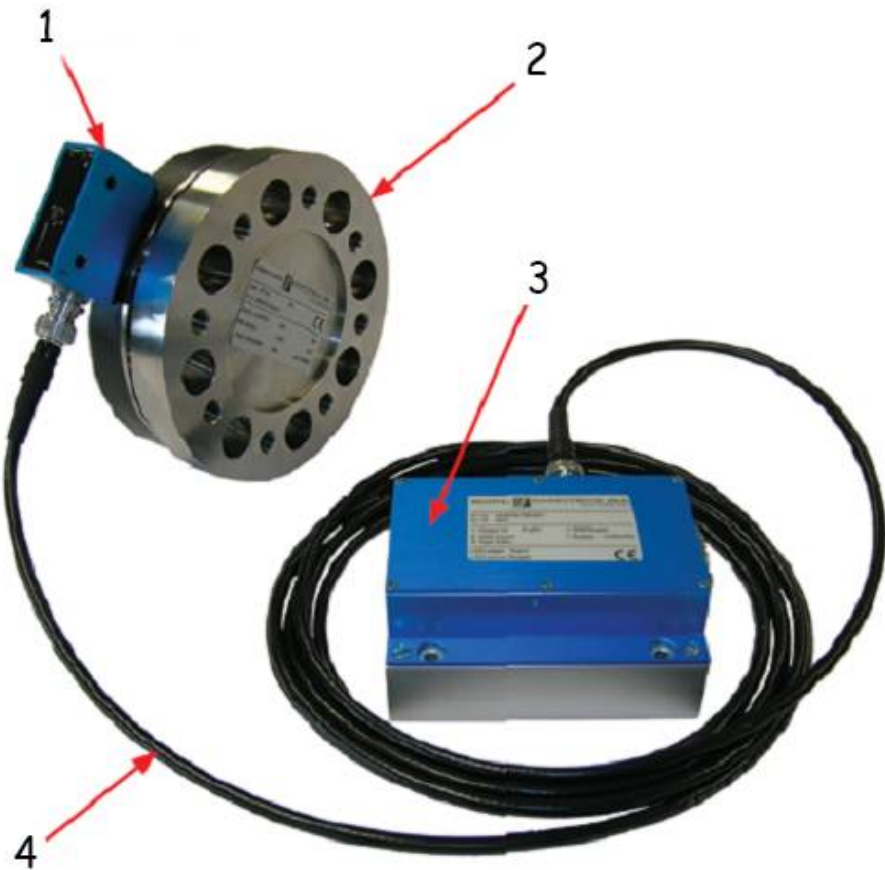


Рисунок 3.4 - Датчик TF218

- 1 - ВЧ передатчик; 2 - Вимірювальний фланець;  
3 - Перетворювач; 4 - Коаксиальний кабель.

Даний датчик крутного моменту зі своєю компактністю, відсутністю підшипників та необхідності обслуговування має ряд переваг для використання при вимірюванні моменту. Це дозволяє полегшити установку в систему, де буде проводитись випробування, та знизити витрати.

Телеметрична система датчика TF дозволяє з високою точністю передавати сигнал, заснований на тензометричній технології. Підсилювач сигналу, встановлений на валу, котрий вимірюємо, підсилює вимірний сигнал, модулюючи його до високої частоти, передає його індукційно (через ВЧ передатчик) на перетворювач. В перетворювачі оцифрований сигнал моменту переходить в аналоговий вихідний сигнал  $\pm 5$  В.

Завдяки безконтактному виконанню датчика моменту, допустимий проміжок між вимірювальним фланцем та ВЧ передатчиком до 5 мм (в

основному 1 - 3 мм) дозволяє проводити прийом сигналу незалежно від осьових та радіальних переміщень. Також перевагою датчика TF є відсутність інтерференції сигналу і на відміну від інших датчиків, TF не потребує кругової антени на вимірювальному фланці. Додатково, датчик може бути закритий кожухом, який не буде впливати на сигнал.

Датчик крутного моменту фланцевого типу може вимірювати статичний та динамічний моменти на стаціонарному або валу, що обертається. Зазвичай вони використовуються на стендах двигунів внутрішнього згорання, електродвигунів та редукторів, а також можуть бути встановлені в лінію для безпосереднього контролю моменту трансмісії, приводів, вітрогенераторів та інше.

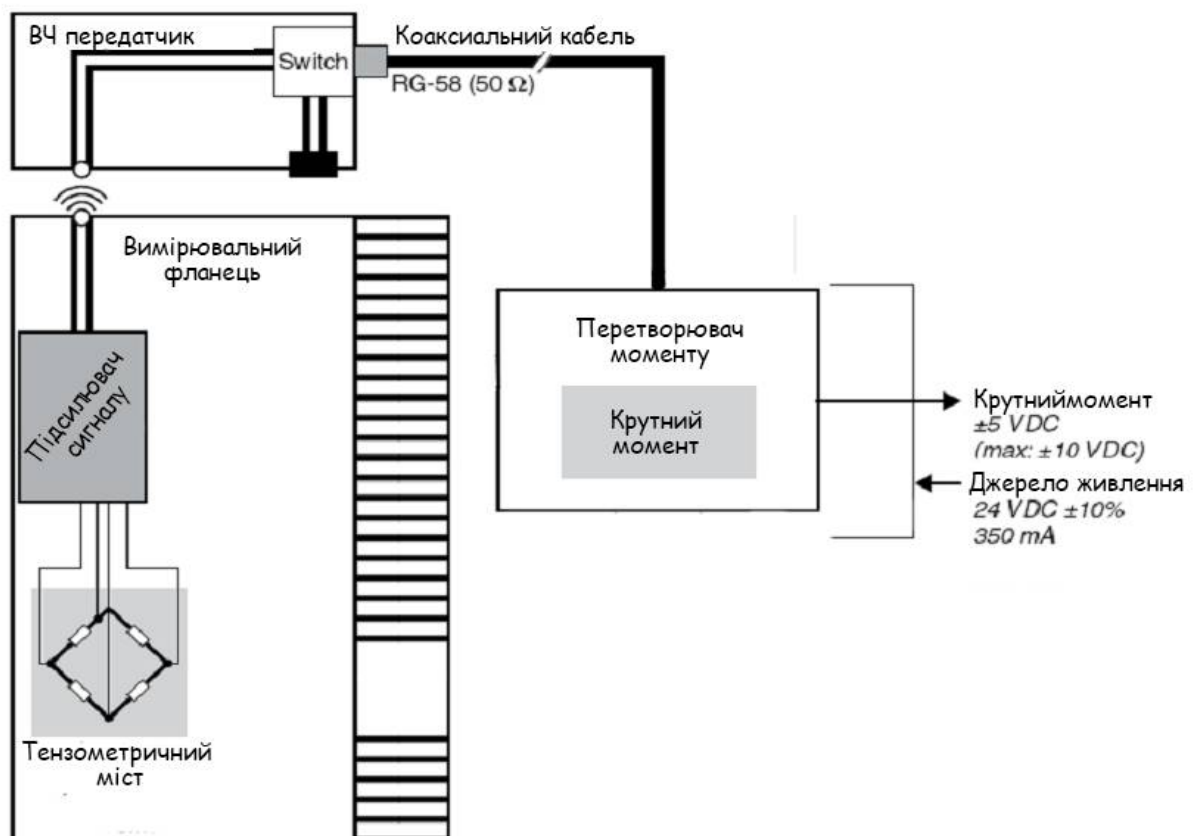


Рисунок 3.5 - Блок схема

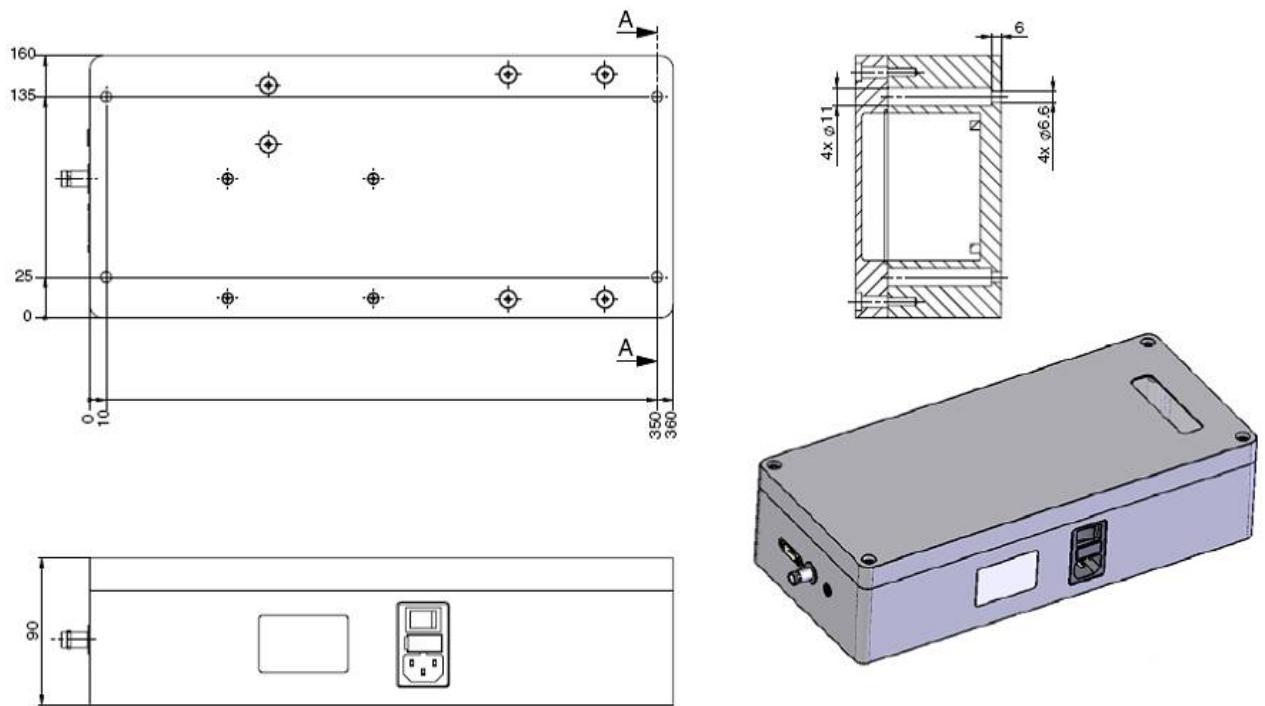


Рисунок 3.6 - Перетворювач (5 Вт)

Так як отвори фланців проміжного валу та датчика не співпадають - будемо встановлювати датчик по середині проміжного валу, попередньо розрізавши, та приваривши фланці, необхідні для встановлення датчика.

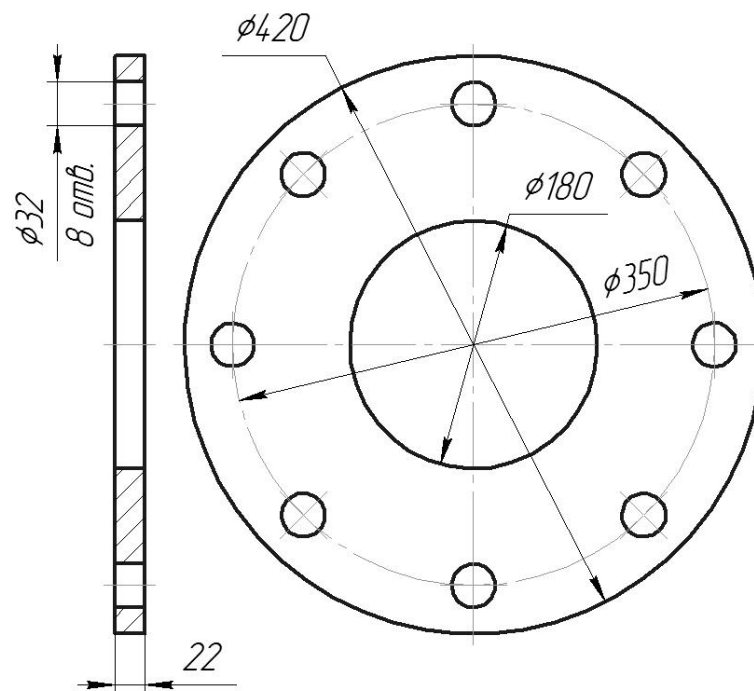


Рисунок 3.7 - Фланець для встановлення датчика



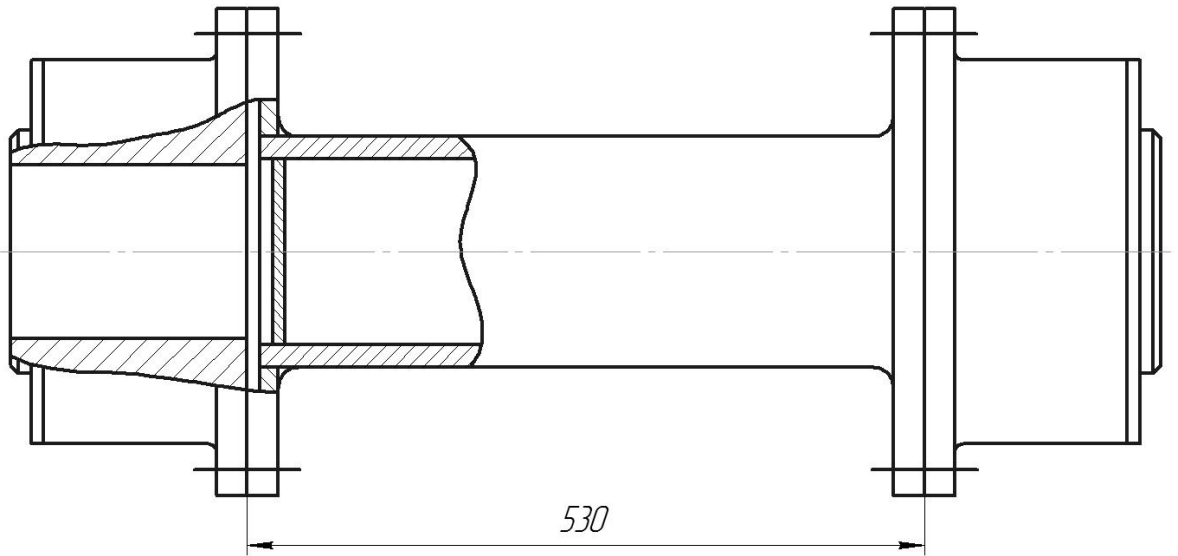


Рисунок 3.8 - Проміжний вал без датчика

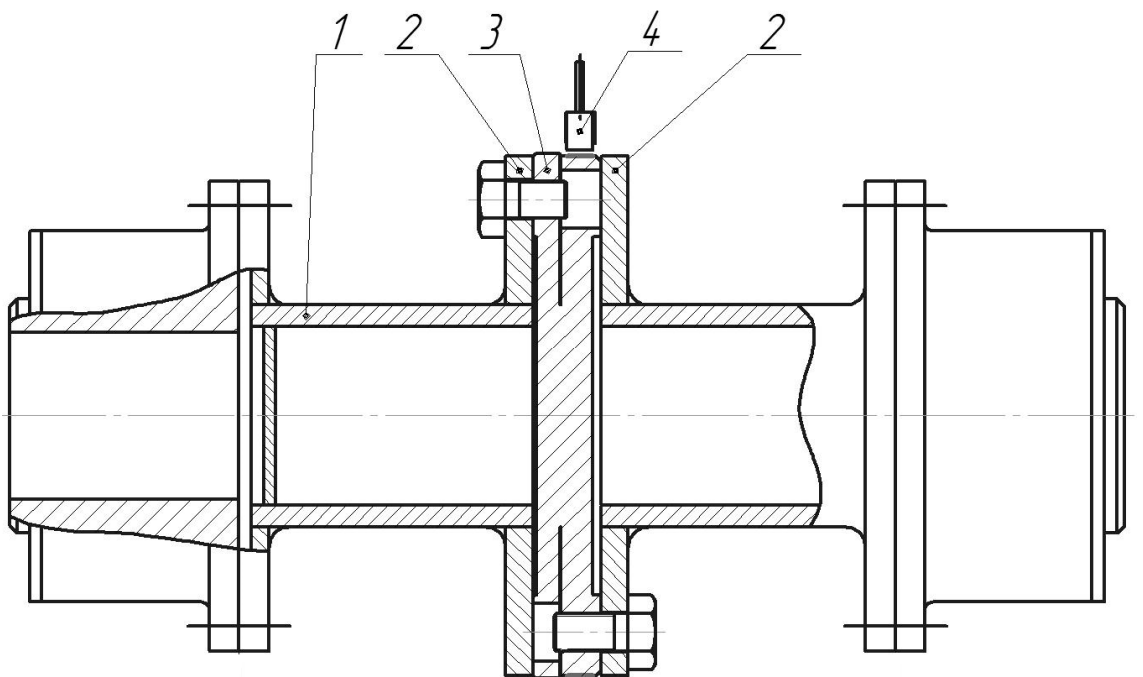


Рисунок 3.9 - Проміжний вал з датчиком

1 - проміжний вал; 2 - фланець; 3 - датчик;

4 - ВЧ - передатчик.

### МЕТОДИКА УСТАНОВКИ

Оскільки датчик ТФ двохсторонній, кріпиться з двох сторін окремо, в першу чергу необхідно закріпити вимірювальний фланець зі сторони антени.

Вимірювальний фланець повинен буди закріплений болтами з класом міцності 10.9, затягнутими моментом  $M=1775$  Нм при коефіцієнті тертя  $\mu=0,1$ , або моментом  $M=2274$  Нм при коефіцієнті тертя  $\mu=0,4$ .

Болти повинні бути затягнуті в певній послідовності (рис. 1.8).

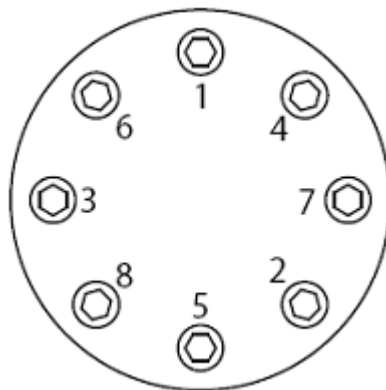


Рисунок 3.10 - Послідовність затягнення болтів

При змінних навантаження для уникнення послаблення затяжки болтів використовують фіксатор різьби.

### **ВЧ ПЕРЕДАТЧИК**

Установка ВЧ передатчика відбувається відповідно наступної специфікації:

1. ВЧ передатчик повинен бути встановлений зі сторони кругової антени та відцентрований на одній вісі з нею;
2. Для найкращої передачі сигналу відстань між ВЧ передатчиком та антеною повинна бути витримана 3 мм;
3. ВЧ передатчик повинен бути закріплений на скобі, яка дозволить легко проводити налаштування передатчика по вертикалі та горизонталі. Для попередження перешкод сигналу, що передається, скоба повинна бути мінімум в 10 мм від краю датчика. Для уникнення вібрацій передавача та проблем з електромагнітним зв'язком між передавачем та антеною скоба повинна бути закріплена жорстко та стійко.

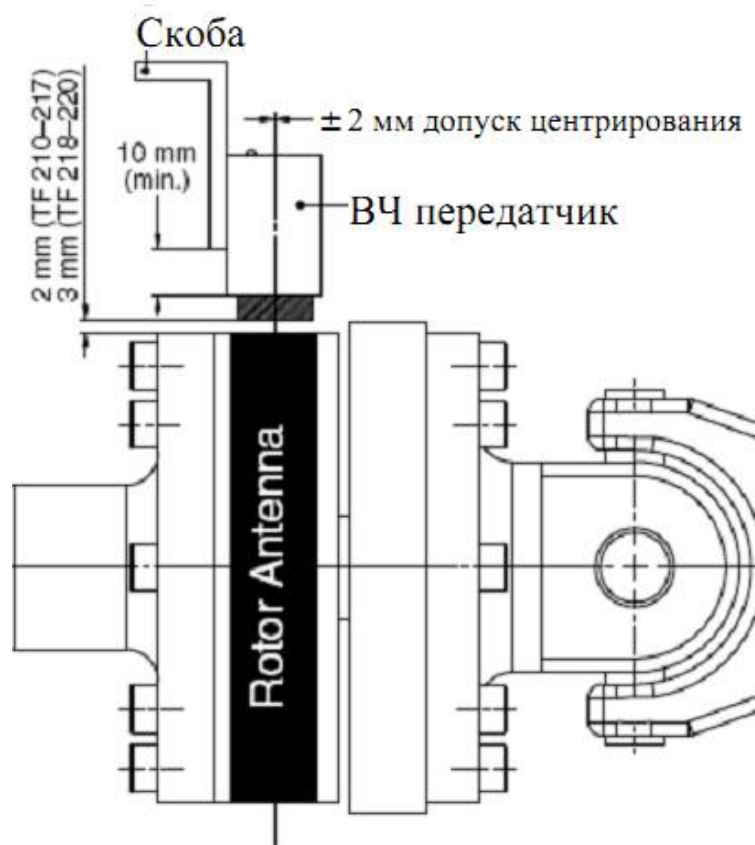


Рисунок 3.11 - Встановлення ВЧ передатчика

### ВИЗНАЧЕННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ

Проведемо вимірювання крутного моменту на проміжному валу за допомогою датчика моменту, знімемо показники та запишемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати вимірювання

Номер вимірювання	Значення, Нм
1	17115
2	17 090
3	17 185
4	16 995

Розрахуємо середнє значення:

$$T_{\text{п}} = (17115 + 17090 + 17185 + 16995) / 4 = 17096,25 \text{ Нм.}$$

Визначимо похибку вимірювання, якщо відомо, що розрахунковий момент дорівнює -  $T_{\text{р}} = 16978 \text{ Нм.}$

$$\varepsilon = \frac{|T_p - T_{\Pi}|}{T_p} \cdot 100\% = \frac{|16978 - 17096,25|}{16978} \cdot 100\% = 0,7\%.$$

Отримані результати не співпадають з розрахунковим значенням лише на 0,7%. Це зумовлено такими факторами: неточність та не ідеальне положення датчика, ККД, який зазвичай відрізняється від практичного значення.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Ознайомлено з технологічним процесом та обладнанням позапічної обробки сталі агрегатом піч-ковш цеху СПЦ-3 заводу "Дніпроспецсталь" показало, що установка піч-ковш служить своєрідним амортизатором між процесом виплавки та розливання металу з високою точністю за вимогами до температури і допускам щодо хімічного складу. У піч-ковші можна ще раз нагріти метал, задати необхідний температурний режим і контролювати властивості металу. Також можна задавати точні параметри остаточного хімічного складу сталі при мінімальних витратах на її виробництво.

2. На основі проведеного огляду й аналізу технічної літератури, а також виходячи з можливостей цеху було визначено максимальне прискорення сталевоза щоб не відбувалось вихлюпування металу, розраховано та підібрано елементи приводу, а саме електродвигун, редуктор, муфти на швидкохідному та тихохідному валах та гальмо. Проведено розрахунок проміжного валу, зварного з'єднання та болтів на муфті. Розрахована динаміка приводу сталевоза та визначена оптимальна кількість запасних частин.

3. У ході проведення роботи було отримано розрахунки які відповідають усім параметрам міцності зі значним запасом.

4. Описано основні заходи щодо безпечних умов праці персоналу та охорони навколишнього середовища.

5. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ПАТ «Дніпроспецсталь», але й на інших підприємствах чорної та кольорової металургії, де функціонують сталевози схожої конструкції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузьмин А.В., Марон Ф.Я. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Минск: Высшая школа, 1983. – 350с.
2. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов. - М.: Металлургия, 1990 - 346 с.
3. Бринза В.Н., Зиньковский М.М. Охрана труда. Охрана труда в черной металлургии. М.:Металлургия, 1982.336 с.
4. Единые правила выполнения конструкторской документации в вузе/ А.Я.Жук, Н.К.Желябина.- Запорожье: ЗГИА, 1999.- 123с.
5. Жук А.Я., Желябина Н.К. Теория и практика приводов. Учебное пособие в 3-х книгах. Кн.2 / Запорожье: издательство ЗГИА, 2001. - 220с.
6. Иванов М.Н. Детали машин. Учебник для студентов высш. техн. учеб. заведений. - 5-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1991. - 383с.
7. Каталог нормативних документів 2010: У 3-х т. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2010. –Т. 1. – Кн. 2. – 296 с.
8. Азиков Б. А., Зинуров И. Ю. Механизация работ в электросталеплавильных цехах. - М.: Металлургия, 1982 -136 с.
9. Временное положение о техническом обслуживании и ремонтах (ТО и Р) механического оборудования предприятий системы Министерства черной металлургии СССР. - Тула: МЧМ СССР, 1982. – 389 с.
10. Каракаш А. И. Справочник производственного мастера по охране труда. Днепропетровск, Проминь, 1988.
11. Ловчиновский Э. В., Вагин В. С. Машины и механизмы сталеплавильного производства. - М.; Металлургия, 1982. - 271 с.
12. Механическое оборудование сталеплавильных цехов: Учеб. для вузов / М.З. Левин. В. Я. Седуш, В. И. Мачикин и др. - Киев; Донецк: Выща школа, 1985. -165 с.
13. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

14. Жук А.Я. Механическое оборудование цехов металлургического передела. Учебное пособие для студентов ЗГИА специальности 7.090218 «Металлургическое оборудование» - Запорожье: изд-во ЗГИА, 2003. - 196с.
15. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов.-4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. - 496с.
16. Румянцев В.Р., Панасенко С.П., Ткаліч І.О. Охорона праці та техногенна безпека. Методичні вказівки до виконання розділу дипломних проєктів. Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 44с.
17. Таратута К.В., Попов О.М. Організаційно та економічні частини дипломного проєкту. Методичні вказівки до виконання дипломного проєкту. Запоріжжя, ЗДІА, 2006. – 51с.
18. Бабалов А.Ф. Промышленная теплозащита в металлургии. «Металлургия», Москва, 1971. – 360с.
19. Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007 - система менеджмента охорони праці. Вимоги.
20. <http://www.dnopr.kiev.ua> - Офіційний сайт Державного комітету України з промислової охорони праці та гірничого нагляду (Держгірпрац нагляду).
21. Роздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность - М.: Экзамен, 2008 - 510с.
22. Бринзе В.Н., Зиньковський М.М. Охрана труда в черной металлургии. - М.:Металлургия, 1982.