

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
“ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
“МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ”

---

Кафедра оборудования металлургических предприятий

*Рассмотрено и одобрено  
на заседании кафедры*

В.Д. ЗАДОРЖНЫЙ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Методические рекомендации для выполнения контрольных работ  
для студентов специальности  
150404 – Металлургические машины и оборудование

Новотроицк  
2008

УДК 531.7:620.1:621.7

В.Д. Задорожный. Исследование машин и оборудования металлургического производства. Методические рекомендации для выполнения контрольных работ для студентов специальности 150404 - Металлургические машины и оборудование. Новотроицк: НФ МИСиС, 2008. - 32с.

Даны методические рекомендации для выполнения контрольных работ по учебной дисциплине “Исследование машин и оборудования металлургического производства”: часть I – “Экспериментальные методы исследования” (контрольная работа №1), часть II – “Основы инженерного творчества” (контрольная работа №2). Приведены необходимые теоретические сведения в области создания математических моделей машин и оборудования. Рассмотрен пример создания математической модели. Представлены необходимые теоретические сведения для подготовки материалов для публикации в научных изданиях. Приведены основные положения ГОСТ 7.32-2004, необходимые для правильного оформления материала, а также требования к содержанию отчетов о выполнении работ.

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании кафедры оборудования металлургических предприятий протокол № 6 от “20” января 2008 г.

Рецензент: зав. кафедрой машин и агрегатов металлургических предприятий МИСиС, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор техн. наук, профессор Чиченев Н.А.

## Содержание

I Контрольная работа № 1	
1 Общие сведения .....	4
2 Содержание работы.....	5
3 Порядок выполнения работы.....	6
4 Содержание отчета.....	6
5 Варианты контрольной работы.....	7
6 Блок схема унифицированного транспортного рольганга.....	7
II Контрольная работа №2	
Введение.....	12
1 Общие методические указания .....	13
2 Требования к содержанию и оформлению работы.....	14
Рекомендательный библиографический список.....	14
Приложения.....	16

## Контрольная работа № 1

### “Математическое моделирование металлургических машин и оборудования”

*Настоящая контрольная работа является небольшим самостоятельным исследованием студента в области теоретического исследования машин и оборудования металлургического производства.*

*Цель работы* – приобретение практических навыков в математическом моделировании металлургических машин и оборудования.

#### 1 Общие сведения

Математическое моделирование является неотъемлемой частью теоретического исследования металлургических машин и оборудования, которое проводится на начальных стадиях их разработки. В основе теоретических исследований лежит применение общих законов природы, научных положений, анализ процессов и взаимодействий, которые присутствуют в процессе работы любой машины.

Моделирование является одним из наиболее эффективных способов выбора на ранней стадии разработки машин правильного направления для дальнейших исследований. Математические модели позволяют методами математического и логического анализов получить формализованное описание (описание математическим языком алгоритмов) как качественных, так и количественных характеристик работы машины.

Машина – это, как правило, сложное устройство, работа которого основана на взаимодействии элементов и на сложных движениях. Разрабатывая математическую модель любой машины необходимо исходить из следующего определения: *“машина – это механическое устройство, выполняющее движения для преобразования энергии, материалов или информации в целях облегчения и повышения производительности труда человека или полной его замены”*.

Разработка математической – модели сложный процесс, который должен учитывать множество влияющих факторов, поэтому для его упрощения применяют ряд допущений и обобщающих гипотез. Сложные движения машины математически описываются дифференциальными или интегральными системами уравнений,

например, в виде уравнений Лагранжа, или в виде уравнений сохранения количества энергии, работы, теплоты и т.д. Задача исследователя состоит в выделении из общих сложных движений и взаимодействий элементов отдельных этапов (фрагментов) в общем цикле работы, а также факторов, влияющих на ее работу. Учет как можно большего числа факторов делает математическую модель более точной и надежной для дальнейшего исследования машины.

В качестве примера в методических рекомендациях приведена блок-схема математической модели разработанного на кафедре ОМП унифицированного транспортного рольганга для прокатных цехов, которая может быть использована студентами в качестве примера. Приведено также краткое описание рольганга.

## 2 Содержание работы

В связи с тем, что создание полной математической модели является сложной процедурой, требующей больших временных затрат, **в данной работе предлагается разработать блок-схему математической модели металлургической машины или агрегата.** Основное отличие блок-схемы от полной математической модели – упрощение математического аппарата, призванного дать полновесное описание процессов и взаимодействий. В блок-схеме необходимо выявить лишь основные зависимости, не применяя функции дифференцирования и интегрирования. Вторым упрощением данной работы является то, что предлагается разработать блок-схему математической модели уже существующей машины, принцип действия которой известен и достаточно полно изложен в учебной литературе.

**Работа должна включать два раздела.**

**В первом разделе,** на основании полученного варианта задания, изучается, анализируется и дается описание металлургической машины, которое включает:

- - назначение;
- - принцип действия;
- - основные технические характеристики и параметры;
- - конструктивную схему (чертеж, технический рисунок);
  - описание конструкции с указанием конструктивных и технологических недостатков;
  - изложение методики определения усилий (резанья, крутящих и изгибающих моментов и т. д.);
  - изложение рекомендаций по улучшению конструктивной схемы.

Каждый из перечисленных пунктов излагается в отчете отдельной главой.

*Во втором разделе* приводится блок-схема математической модели с описанием всех параметров, влияющих факторов и выходов (откликов). В описании желательно наличие ключевых формул для расчета основных параметров (сил, моментов и т. д.).

### **3 Порядок выполнения работы**

1 Используя рекомендательный библиографический список, необходимо выполнить описание и анализ машины или агрегата (см. “Содержание работы”).

2 Выделить составляющие элементы конструкции, их параметры, а также влияющие на них факторы. Определить выходы (отклики) каждого элемента.

3 Установить взаимосвязи между элементами машины, обозначив влияющие факторы и отклики.

4 Составить блок-схему математической модели и дать описание составляющих ее компонентов.

### **4 Содержание отчета**

1 Отчет о работе желательно выполнять с применением компьютерной техники, используя текстовые (MS Word) и чертежно-графические (AvtoCAD или Компас-График 5X) редакторы.

2 Оформление отчета должно соответствовать ГОСТ 7.32 – 2004 (см. приложение А второй части данных рекомендаций).

3 Отчет выполняется на листах формата А4.

4 Оформление титульного листа должно соответствовать приложению В.

5 Отчет должен включать:

- а) титульный лист;
- б) содержание;
- в) введение;
- г) основную часть, включающую два раздела (см. п 2);
- д) заключение;
- е) список использованных источников.

## 5 Варианты контрольной работы №1

*Вариант работы задается преподавателем каждому студенту персонально.*

- 1 Ножницы с наклонным резом.
- 2 Дисковые ножницы.
- 3 Барабанные летучие ножницы.
- 4 Маятниковые летучие ножницы.
- 5 Дисковая пила.
- 6 Листоправильная машина.
- 7 Сортоправильная машина.
- 8 Машина для правки труб.
- 9 Слитковоз.
- 10 Манипулятор блюминга.
- 11 Кантователь блюминга.
- 12 Роликовая барабанная моталка.
- 13 Машина для обвязки и пакетирования.
- 14 Машина для укладки листов.
- 15 Рабочая двухвалковая клеть.
- 16 Чистовая четырехвалковая клеть.
- 17 Шлеппер.
- 18 Клеймитель блюмов и слябов.

## 6 Блок-схема унифицированного транспортного рольганга

**Актуальность проблемы, описание конструкции, принципа работы.** Прокатные станы современных металлургических производств характеризуются поточным технологическим процессом обработки металла, при этом общая длина рольгангов весьма значительна, их масса достигает 20–30% от массы механического оборудования каждого прокатного стана. Они применяются для транспортирования металла к прокатным станам, задачи его в валки, приема из валков, а также для транспортирования металла между остальными технологическими агрегатами. От рольгангов существенно зависит надежность всего стана, а также качество прокатываемых полос.

Одной из основных проблем, связанных с эксплуатацией транспортных рольгангов прокатных цехов, является большое разнообразие их конструкций. Например, на Орско-Халиловском металлургическом комбинате (ОХМК) эксплуатируется 287 рольгангов 133 разновидностей, практически каждый из которых является

оригинальной конструкцией. Уровень агрегатирования рольгангов не выходит за рамки использования серийно выпускаемых элементов: электродвигателей, редукторов и муфт. Коэффициент агрегатирования эксплуатируемых рольгангов равен 0,1, а коэффициент стандартизации - 0,025. Производство всех деталей рольгангов единичное, или в лучшем случае, мелкосерийное. Низкий уровень унификации, стандартизации и блочно-модульного конструирования существующих рольгангов существенно снижает показатели их ремонтпригодности и безотказности. Так, например, во втором листопрокатном цехе (ЛПЦ №2) ОХМК из 53 эксплуатационных отказов металлургических машин и оборудования в 2003 году - 10 пришлось на транспортные рольганги. Продолжительность простоя узкополосного стана "800" ЛПЦ №2 по этой причине составило 19%, а толстолиствого стана "2800" первого листопрокатного цеха (ЛПЦ №1) ОХМК - 7% от общего времени простоев по вине механического оборудования. Кроме того, из-за особенностей конструкций рольгангов невозможно обеспечение полной и даже частичной централизации технического обслуживания и ремонтов (ТОиР).

Таким образом, разработка и исследование унифицированного рольганга повышенной ремонтпригодности, основанной на принципах взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов, является перспективной и необходимой. На рисунке 1 приведена конструктивная схема унифицированного рольганга повышенной ремонтпригодности. Рольганг состоит из следующих основных элементов:

- двух быстросъемных модулей подшипниковых опор (1);
- быстросъемной рамы, которая состоит из двух модульных одинаковых стоек (2), связанных между собой, варьируемой по длине, поперечной соединительной траверсой (3);
- полого ролика (4), снабженного унифицированными коническими присоединительными элементами для соединения с валами модульных подшипниковых опор;
- группового либо индивидуального унифицированного привода (5).

Работа рольганга состоит в следующем: крутящий момент от электродвигателя через понижающий и распределительный редукторы и промежуточный вал передается на шлицевой конец приводного подшипникового модуля (1) и далее ролик (4), на котором располагается транспортируемый материал. В процессе вращения роликов последовательно установленных друг за другом рольгангов осуществляется транспортировка грузов.

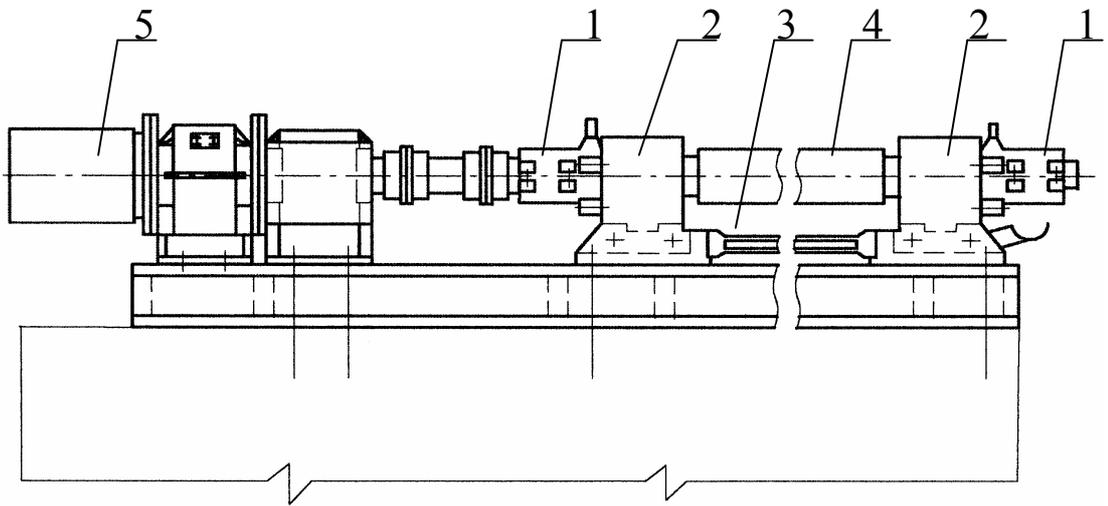


Рисунок 1- Унифицированный рольганг повышенной ремонтпригодности

**Описание математической модели рольганга.** На рисунке 2 приведена блок-схема математической модели транспортного рольганга. Исходными данными для разработки математической модели явились заданная линейная скорость перемещения металлопроката по рольгангу  $v_{прз}$  и его масса  $m_{пр}$ , зависящая от сортамента (геометрические размеры и плотность материала заготовки). Выходными данными модели являются мощность привода рольганга  $P_{пр}$ , создаваемые крутящий момент  $M_{кр}$  и угловая скорость  $\omega_p$ . Предельно допускаемое значение крутящего момента  $M_{кр\max}$ , исключаящее взаимное скольжение поверхностей конического соединения втулки подшипникового модуля и ролика рольганга, определено по формуле:

$$M_{кр\max} = \frac{f \cdot \pi \cdot d_m^2 \cdot p \cdot l_{кон} \cdot \cos(\alpha/2)}{2},$$

где  $D_m, l_{кон}, \alpha$  – средний диаметр, длина и угол конуса фрикционного соединения “ролик – втулка”.

Расчёты на прочность ролика были выполнены с использованием математической модели рольганга по допускаемым напряжениям  $[\sigma], [\tau], [\sigma]_{см}$  и с учетом массы металлопроката. Параметры конического соединения  $D_{кон}, d_{кон}, d_m, l_{кон}, \alpha$  были получены на основании экспериментальных данных по определению зависимости  $f = \varphi(R_a; v; t^\circ C)$ . Значения величин  $M_{кр}, P_{пр}, m_{рол}$  и  $m_{пр}$  определены с помощью САПР КОМПАС 3D.

В блок-схеме на рисунке 2 математической модели транспортного рольганга введены следующие условные обозначения влияющих факторов и откликов:

- $v_{прз}$  и  $v_{пр}$  - заданная и действительная линейные скорости перемещения металлопроката;
- $l_{пр}, b_{пр}, h_{пр}, \rho_{пр}$  - геометрические размеры и материала металлопроката;
- $M_{кр}$  и  $\omega_p$  - крутящий момент и угловая скорость ролика;
- $D_{рол}, L_{рол}, \rho_{рол}$  - геометрические размеры и плотность конструкционного материала ролика;
- $m_{рол}$  и  $m_{пр}$  - масса ролика и проката;
- $[\sigma], [\tau], [\sigma]_{см}$  - допускаемые напряжения для расчёта ролика на прочность;
- $D_{кон}, d_{кон}, d_m, l_{кон}, \alpha$  - геометрические характеристики конического соединения;
- $f$  – коэффициент трения фрикционной пары “сталь-сталь” конического соединения;
- $R_a, \nu, t^{\circ}C$  - параметр шероховатости (характеристика способа и вида обработки фрикционной пары), кинематическая вязкость смазки и температура нагрева конического соединения;
- $F_x$  - осевое усилие пружины прижатия втулки к ролику;
- $p$  – давление на поверхности соприкосновения фрикционной пары, создаваемое усилием пружины;
- $P_{пр}$  - мощность привода.

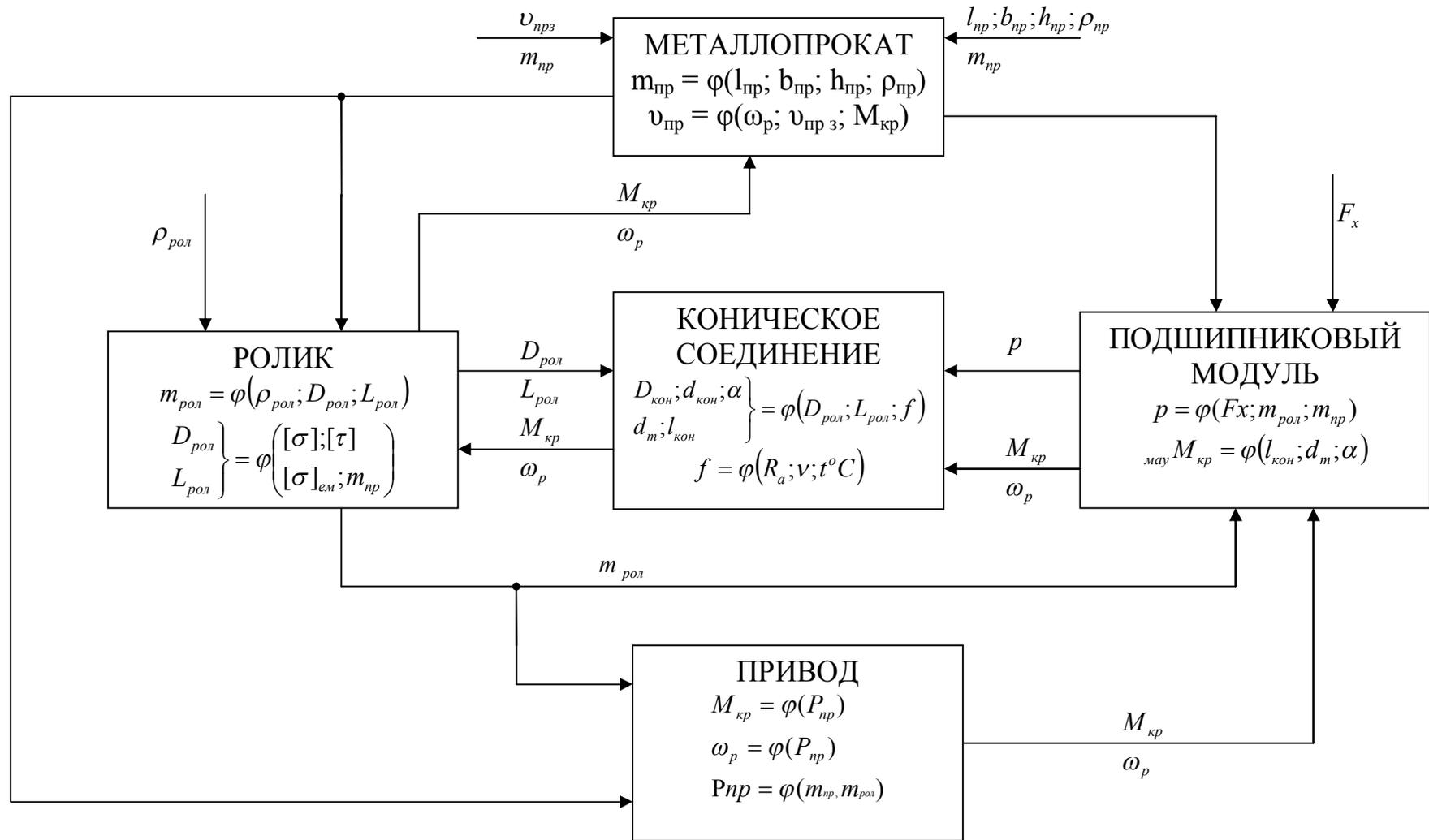


Рисунок 2 – Блок- схема математической модели унифицированного транспортного рольганга

## Контрольная работа № 2

### “Подготовка научного материала для публикации”

**Настоящая контрольная работа является небольшой научно-исследовательской работой студента по подготовке материалов для публикации в научном издании.**

#### Введение

Государственный стандарт высшего профессионального образования по направлению 150400 “Технологические машины и оборудование”, в перечень которых входит специальность 150404 “Металлургические машины и оборудование”, предусматривает следующие дальнейшие виды деятельности студента:

- проектно-конструкторскую;
- организационно-управленческую;
- эксплуатационную;
- производственно-технологическую;
- научно-исследовательскую.

В Московском институте стали и сплавов студенты данного направления подготовки пишут выпускную квалификационную работу, ориентированную на проектно-конструкторский вид деятельности. Основной целью работы является конструирование нового и модернизация существующего механического оборудования металлургического производства. Вместе с тем, будущий специалист должен шире воспринимать окружающую действительность и не замыкаться на узко-практических вопросах. Поэтому научно-исследовательское направление деятельности должно присутствовать в работе инженера независимо от вида производства, занимаемой должности, уровня подготовки и опыта.

Программа учебной дисциплины “Исследование машин и оборудования металлургического производства” предусматривает в разделе “Основы инженерного творчества” подготовку материалов для публикации в научных журналах.

**Целью данной контрольной работы является подготовка материала для научной публикации, которая должна явиться результатом научно-исследовательской деятельности студента за весь период обучения в институте.**

## 1 Общие методические указания

В связи с тем, что научная деятельность является процессом творческим, однозначных рекомендаций по подготовке научной публикации дать нельзя. Однако существуют определенные правила и критерии подготовки материала. Они заключаются в следующем.

Содержание работы должно быть актуально, иметь научную новизну и обоснованность предлагаемых решений, а также носить сугубо авторский характер.

В материале должна быть четкость и логическая последовательность изложения, краткость и точность формулировок, конкретность изложения результатов работы. В работе должна использоваться только общепринятая терминология, регламентированная государственными стандартами.

Основой для студенческой научной статьи могут быть материалы производственных практик, курсовой научно-исследовательской работы, оригинальные решения специальной части дипломного проекта и курсовых работ по специальным дисциплинам. При подготовке работы могут быть использованы материалы студенческих научно-практических конференций, на которых авторы выступали с докладами.

Материал для научной публикации должен содержать **четыре основных раздела**, которые выделяются в тексте не заголовками, а логически.

- 1 **Предисловие** (введение), где описывается состояние проблемы, приводятся аргументы по необходимости изменения сложившейся ситуации, свое видение предполагаемых решений.
- 2 **Основная часть**, где приводятся основные положения оригинального решения поставленной задачи, излагаются технические требования, необходимые расчеты, приводятся иллюстрации, теоретические выкладки, результаты экспериментов, опытов, исследований.
- 3 **Заключительная часть**, где делаются выводы о проделанной работе, приводится предполагаемый экономический эффект, сведения о повышении надежности, износостойкости и т. д.
- 4 Заканчивается статья **списком использованных источников** (библиографическим списком), на которые есть ссылки в работе. Список составляется в соответствии с установленными требованиями.

***В статье не должно быть заимствованного материала, на который нет ссылок в тексте.***

В данной контрольной работе нет вариантов, задаваемых преподавателем. Тематика работы определяется самостоятельно каждым студентом, на основании тематики КНИР и выпускной квалификационной работы.

## **2 Требования к содержанию и оформлению работы**

Несмотря на то, что требования к оформлению научных публикаций могут быть различными для каждого научного издания, они должны соответствовать действующим государственным стандартам по оформлению технической документации, основные положения которых приведены в приложении А (ГОСТ 7.32 – 2004). Содержание каждой статьи может быть оригинальным и зависеть от мнения автора, но в связи с тем, что разрабатываемый материал является учебным, его содержание регламентировано.

К научной публикации, выполняемой в данной контрольной работе, предъявляются следующие требования к содержанию и оформлению:

а) материал должен содержать заголовок, Ф.И.О. автора и сведения о нем (учебное заведение, специальность, курс, группа);

б) содержание должно соответствовать п.1 настоящих методических рекомендаций;

в) оформление должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32 – 2004;

г) в статье должно быть не менее двух иллюстраций (таблиц, рисунков, чертежей, схем, графиков, диаграмм т. д.), выполненных средствами компьютерной графики;

д) статья должна иметь объем 3 – 4 страницы формата А 4;

е) материал должен быть оформлен с помощью чертежных и графических редакторов (компьютерная верстка).

В приложении В приводятся научные статьи преподавателей МИСиС, которые могут быть использованы в качестве примера для работы.

### **Рекомендательный библиографический список**

1 Муштаев А.В., Токарев А.И. Основы инженерного творчества. М: Изд. Дрофа, 2005 – 232 с.

- 2 Задорожный В.Д. Металлургические машины и оборудование: методические рекомендации для выполнения КНИР. – Новотроицк: НФ МИСиС, 2006. – 42 с.
- 3 Задорожный В.Д., Иванов С.А., Чиченев Н.А. Дипломное проектирование: методические рекомендации. – Новотроицк: НФ МИСиС, 2005. – 60 с.
- 4 Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин. Учебник. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. 330 с.
- 5 Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением (экспериментальная механика). Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1977 – 311 с.
- 6 Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов, в 3-х томах, т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с.
- 7 Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с.
- 8 Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1987. – 480 с.

## Приложения

### Приложение А

#### Требования к оформлению работы

##### **Общие требования.**

1.1 Текст статьи пишется в безличной форме, с использованием только общепринятой терминологии, регламентированной государственными стандартами.

1.2 Текст должен быть выполнен на персональном компьютере в текстовом редакторе, например, Microsoft Word, с применением печатающих и графических устройств вывода (принтера) на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора межстрочных интервала (8 мм). Высота букв и цифр должна быть не менее 2,5 мм (кегель не менее 12 пт).

1.3 Текст следует писать (печатать), соблюдая следующие размеры полей: левое – не менее 20 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – не менее 20 мм, нижнее – не менее 20 мм.

1.4 Схемы, рисунки и графики функциональных зависимостей, диаграммы должны выполняться средствами компьютерной графики с применением чертежных редакторов (сканирование не допускается).

1.5 В тексте не допускается:

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных в русском языке;

- применять сокращения слов и словосочетаний, кроме установленных ГОСТ 7.12–93 /7/;

- применять произвольные словообразования;

- сокращать обозначения физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки;

- использовать математический знак минус "–" перед отрицательными значениями величин. Вместо математического знака "–" следует написать слово "минус";

- употреблять математические знаки без числовых значений, например, " $\leq$ " (не более), " $\geq$ " (не менее), " $=$ " (равно), " $\neq$ " (не равно), а также знаки № (номер) и % (процент);

– применять индексы стандартов (ГОСТ, ОСТ, СТП и др.) без регистрационного номера.

1.6 В названиях организаций и в других необходимых случаях можно применять аббревиатуры. При первом упоминании приводят полное словосочетание, а рядом в скобках аббревиатуру. В последующем приводят только эту аббревиатуру.

1.7 Правила для заголовка:

- переносы слов в заголовках не допускаются;
- точку в конце заголовка не ставят; если заголовок состоит из двух или нескольких предложений, то их разделяют точкой;
- расстояние (интервал) между заголовками и заголовком и текстом должно быть в два раза больше, чем между строчками текста;

### **Нумерация.**

2.1 Страницы нумеруют арабскими цифрами. Номер проставляют в центре нижней части листа без точки и дополнительных знаков (прочерков и т.п.). Нумерация страниц основной части и приложений, входящих в состав работы, должна быть сквозной.

2.2 Формулы, рисунки, таблицы (отдельно по каждой категории) следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе, кроме приложений. Рисунки, таблицы, формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельно в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения.

Например, "Рисунок Б.1" – первый рисунок второго приложения; "формула (А.12)" – двенадцатая формула первого приложения.

2.3 Нумерация ссылок на источники должна быть сквозной в пределах всего текста.

### **Иллюстрации.**

3.1 Количество иллюстраций, помещенных в текст работы, определяется ее содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать излагаемому тексту ясность и конкретность.

3.2 В качестве иллюстраций следует применять чертежи, схемы, графики, диаграммы, компьютерные распечатки и фотографии.

3.3 Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота или с поворотом текста по часовой стрелке. Иллюстрации располагают после первой ссылки на них непосредственно в тексте, или на отдельной странице, следующей за той, на которой сделано первое к ним обращение. Иллюстрации, за

исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией в пределах всей работы.

3.4 Иллюстрации могут иметь заголовки – наименование.

Иллюстрации, могут иметь пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово "Рисунок" и наименование помещают после пояснительных данных посередине строки следующим образом: Рисунок 2 – Схема гидропривода.

3.5 При ссылках на иллюстрации следует писать "...в соответствии с рисунком 2".

3.6 На все иллюстрации должны быть ссылки в тексте.

## **Таблицы.**

4.1 Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Таблицу, в зависимости от её размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на неё или на следующей странице. Таблицу размещают таким образом, чтобы её можно было читать без поворота или с поворотом текста по часовой стрелке.

4.2 Оформление таблиц выполняется по ГОСТ 2.105-95 /8/.

4.3 Каждая таблица должна иметь название. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с её номером через тире, например: Таблица 1 – Результаты эксперимента. Слово "Таблица" и её название начинают с прописной буквы. Название не подчёркивают. Переносы слов в названии не допускаются.

4.4 Заголовки граф таблицы должны начинаться с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе. Делить заголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

4.5 В таблице не разрешается:

– помещать графу "Номер по порядку (или № п/п)". При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера указывают в боковике таблицы перед их наименованием;

– помещать колонку (графу) "Единица физической величины". Единицу физической величины вписывают в колонку, строку или в наименование таблицы.

Если повторяющийся в таблице текст состоит из одного слова,

его допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении их заменяют словами "То же", а далее – кавычками.

Заменять кавычками повторяющиеся цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначение марок материалов, типоразмеров изделий, обозначение нормативных документов не допускается. Если цифровые данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

4.7 Если цифровые данные в графах таблицы выражены в различных единицах физических величин, то их указывают в заголовке каждой графы после наименования величины через запятую.

Если все параметры, размещённые в таблице, выражены в одной и той же единице физической величины, то её обозначение помещают над таблицей справа, например, "В миллиметрах".

Если в таблице помещены графы с параметрами, выраженными преимущественно в одной единице физической величины, но есть показатели с параметрами, выраженными в других единицах, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, "Размеры в миллиметрах", а сведения о других единицах дают в заголовках соответствующих граф.

Если все данные в строке приведены для одной физической величины, то обозначение единицы этой величины указывают в соответствующей строке боковика таблицы после наименования величины через запятую.

4.8 При указаниях в таблицах последовательного интервала величин, охватывающих все значения ряда, перед ними пишут "от", "св." и "до", имея в виду "до ... включительно". В интервалах, охватывающих любые значения величин, между величинами ставят тире (без пробелов до и после тире). Интервалы значений величин, как в таблице, так и в основном тексте работы записывают словами "от" и "до". Например, "...толщина образца от 0,5 до 2,0 мм" или через тире, например, "температура 150–200 °С".

4.9 Цифры в графах таблиц располагают так, чтобы разряды чисел во всей графе были точно один под другим. Числовые значения величин в одной графе должны иметь одинаковое количество десятичных знаков.

4.10 Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях, например, D – диаметр, H – высота, L – длина.

Показатели с одним и тем же буквенным обозначением

группируют последовательно, в порядке возрастания индексов, например,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  и т.п.

4.11 Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, её делят на части. При переносе таблицы на другой лист помещают заголовок только над её первой частью. Слово "Таблица" указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями таблицы слева пишут слова "Продолжение таблицы" с указанием номера таблицы.

При переносе таблицы с большим количеством строк на другую страницу необходимо:

- после головки таблицы обязательно сделать строку с номерами граф (колонок), т.е. пронумеровать графы. Для этого на листе, где начинается таблица, под ее головкой помещается дополнительная строка высотой не менее 8 мм с номерами граф таблицы (арабские цифры);

- в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят;

- на последующей странице слева вверху помещают слова "Продолжение таблицы...", повторяют строку с номерами граф, помещают оставшиеся строки, закрывают таблицу горизонтальной чертой.

Перенос таблицы можно делать много раз, сколько требуется.

Если в тексте работы одна таблица, то она должна быть обозначена "Таблица 1". На все таблицы в тексте должны быть приведены ссылки. При этом слово "таблица" пишут полностью с указанием её номера, например, "...в таблице 1". Повторные ссылки следует давать с сокращенным словом "смотри", например, "...см. таблицу 1".

### **Формулы и уравнения.**

5.1 Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения ( $\times$ ), деления ( $:$ ) или других математических знаков, причём знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак "x".

5.2 В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими межгосударственными или национальными стандартами РФ, а при их отсутствии –

общепринятые в научно-технической литературе.

Пояснение значений, символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

*Пример*

Плотность каждого образца вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность образца, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – масса образца, кг;

$V$  – объём образца, м<sup>3</sup>.

5.3 Формулы в тексте следует нумеровать арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

5.4 Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках, например, ”...в формуле (1)”.

5.5 При выполнении математических расчётов уравнение следует нумеровать только в том случае, когда на него дается ссылка в тексте работы. Нумерация расчётных уравнений сквозная по всей работе, кроме приложений. Правила нумерации в приложениях изложены в пункте 5.4.

## Приложение Б

### Примеры опубликованных научных статей

**Задорожный В.Д.**

Новотроицкий филиал МИСиС

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКОГО УГЛА ТРЕНИЯ**

Определение необходимого и достаточного числа опытов, наряду с выбором условий их проведения, является необходимой процедурой для решения поставленной экспериментальной задачи. Увеличение числа опытов дает возможность получать интерполированные результаты с более высокой степенью точности. Однако в большинстве случаев это сопровождается увеличением затрат времени и материальных ресурсов, особенно если эксперимент является невозпроизводимым. В отличие от традиционных “пассивных” статистических методов математическое планирование эксперимента является активной процедурой, которая определяет довольно жесткую схему проведения испытаний и анализа полученных данных /1/. Предлагаемый метод определения числа опытов на основании гипотезы о нормальном законе распределения результатов измерений является достаточно проверенным, точным и надежным, когда речь идет о массовом эксперименте с получением механических характеристик конструкционных материалов.

При проведении эксперимента по определению критического угла трения (угла самоторможения) для углеродистой качественной конструкционной стали 45 (ГОСТ 1050 – 74) /2/, возникла необходимость в определении минимального количества опытов, гарантирующих заданную точность определяемых параметров.

В связи с тем, что исследуемые характеристики получаются путём испытаний ограниченного числа образцов (моделей), они будут отличаться от так называемых генеральных характеристик. Генеральные характеристики могут быть найдены по результатам испытаний бесконечно большого числа образцов и, соответственно, бесконечно большого числа измерений /1/. Проведённые испытания можно считать выборкой, на основании которой оцениваются с определённой точностью значения генеральных характеристик. Данное решение основывается на гипотезе о нормальном законе распределения результатов измерений, разброс которых обусловлен погрешностью

выбранного экспериментального метода.

При проведении эксперимента получен набор значений угла клина  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ . С учетом того, что число испытаний небольшое, вычисление величины выборочного среднеквадратичного отклонения  $S_n$  без больших погрешностей можно осуществить по формуле:

$$S_n = \frac{Wn}{d_n}, \quad (1)$$

где  $W_n = (\gamma_n - \gamma_1)$  - размах варьирования, равный разности крайних значений измеряемой величины  $\gamma_i$ ;

$d_n$  - коэффициент, значение которого зависит от числа измерений  $n$  (определяется по справочным данным).

Выборочное среднеарифметическое значение набора измеряемых величин определяется по формуле:

$$\gamma_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \gamma_i, \quad (2)$$

где  $\gamma_i$  - значение измеряемой величины для  $i$  - того образца;

$n$  - число испытаний (объем выборки).

Ширина доверительного интервала  $\Delta\gamma$  для математического ожидания определяется числом измерений  $n$  и выборочными значениями  $\gamma$ ,  $S$  и определяется по формуле:

$$\Delta\gamma = \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t, \quad (3)$$

где  $t$  - коэффициент Стьюдента;

$S$  - величина выборочного среднеквадратичного отклонения (среднеквадратичная ошибка).

Величина коэффициента Стьюдента  $t$  зависит от объема выборки  $n$  и заданной доверительной вероятности  $\alpha$ . Для проводимых испытаний, учитывая то, что они являются обычными, можно ограничиться доверительной вероятностью 0,95.

Для оценки степени разброса результатов эксперимента необходимо провести предварительные эксперименты с меньшим числом измерений  $m$ . Так как проводимый эксперимент является массовым однотипным испытанием, увеличение количества предварительных опытов будет оправдано.

При оценке точности экспериментального метода по формулам (1) и (2) необходимое количество планируемых экспериментов будет следующим:

$$n = \left( \frac{Sm \cdot t_{m-1}}{\Delta\gamma} \right)^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{2m} \pm \frac{2}{\sqrt{m}} \right), \quad (4)$$

При проведении эксперимента проведены пять предварительных испытаний пары образцов стали 45 с шероховатостью по  $R_a = 0,8$ . При этом был получен набор значений угла клина  $21^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 22^\circ, 25^\circ$ . Следовательно, размах варьирования  $W_5 = 5^\circ$ , а среднеквадратичное отклонение для этой выборки, определённое по формуле (1)  $S_5 = 3,01^\circ$ , где  $d_n = 2,326$ . Ширина доверительного интервала для данного случая  $\Delta\gamma = 3,74^\circ$ , при  $t_5 = 2,78$ .

Таким образом, необходимое минимальное количество планируемых измерений угла клина с учётом формулы (4)  $n = 14$ . Это количество опытов на основании проведенных расчётов позволяет с требуемой вероятностью  $\alpha = 0,95$  и предварительным числом испытаний  $m = 5$  обеспечить получение достоверных результатов эксперимента. Увеличение числа опытов, если это не требует больших затрат времени и средств, позволяет увеличить степень достоверности получаемых результатов, что и было сделано при проведении рассматриваемого эксперимента /2/.

Применение гипотезы о нормальном законе распределения результатов измерений позволило получить экспериментальные сведения о значении угла клина  $\gamma$  фрикционной пары “сталь-сталь” с требуемой точностью при минимальных затратах средств и времени.

#### Список использованных источников

- 1 Чиченёв Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением. М., “Металлургия”, 1987.
- 2 Задорожный В.Д., Зленко А.А., Комендантова О.Н. Экспериментальное исследование влияния видов обработки стали на критический угол трения. - Региональная научная конференция “Наука и производство Урала”, сб. науч. трудов. Новотроицк, 2005.

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РОЛИКА УНИФИЦИРОВАННОГО ТРАНСПОРТНОГО РОЛЬГАНГА

**Шаповалов А.Н.**

Новотроицкий филиал

Московского института стали и сплавов

Одним из направлений при создании надёжных, простых в обслуживании и ремонте машин является применение организации машиностроения на основе полной взаимозаменяемости элементов и деталей машин. Это направление было применено при разработке унифицированного рольганга блочно-модульной конструкции для прокатных цехов.

Ролик является массовым элементом рольганга, определяющим его экономичность и надёжность работы. Условия перемещения груза по рольгангу предъявляют к ролику ряд требований:

- наименьший момент инерции вращающихся масс ролика относительно его оси;
- высокая точность изготовления ролика, в частности минимальные отклонения от цилиндрической формы.

Выполнение обоих перечисленных требований обеспечивает нормальную работу рольганга и сохранность транспортируемого груза.

Предлагаемая конструкция унифицированного рольганга даёт возможность рассматривать сам ролик, как модуль, изготавливаемый и транспортируемый до места сборки отдельно от подшипниковых блоков и других элементов рольганга.

Конические отверстия позволяют осуществить быстрое и надёжное присоединение ролика к соответствующим коническим втулкам валов заднего и переднего подшипниковых блоков, а также облегчают их отсоединение.

Основное преимущество конического соединения ролика с подшипниковыми опорами заключается в том, что оно просто в изготовлении, обеспечивает хорошее центрирование ролика, не требует специальных крепёжных деталей, может быть использовано для очень больших нагрузок, а также обеспечивает практически неограниченное число сборок и разборок соединения.

В процессе работы рольганга крутящий момент от привода через коническую втулку подшипникового блока передаётся к ролику благодаря трению-сцеплению, аналогично передаче крутящего момента коническим хвостовиком металлорежущих инструментов (свёрл,

зенкеров, фрез и т.п.).

Предлагаемая конструкция ролика позволит существенно сократить расход материала на изготовление, а также позволит осуществить его водяное охлаждение через сквозное отверстие.

Статистический анализ эксплуатации роликов показывает, что одними из основных причин его отказов является разрушение подшипника качения, износ бочки ролика, поломка опорных шеек (цапф). Отсутствие опорных шеек (с закрепляемыми на них подшипниками) у роликов унифицированного рольганга, снижает вероятность конструктивных и производственных отказов по указанным причинам. При такой конструкции ролика формы его рабочих поверхностей могут быть самыми различными. На рисунке 1 представлены ролики с различными конфигурациями рабочей поверхности, которые удовлетворяют условиям транспортирования различных грузов на всех участках прокатного стана. Представленные ролики могут иметь различные геометрические размеры, в том числе диаметры и длины бочек, однако размеры присоединительных поверхностей у них выполняются одинаковыми.

Таким образом, предлагается провести унификацию роликов всех рольгангов прокатных цехов только по присоединительным размерам. Это даст возможность совмещения роликов любых размеров и конструкций с унифицированными (одинаковыми для роликов всех типов) подшипниковыми опорными модулями.

Применение унифицированного ролика в блочно-модульной конструкции рольганга позволит качественно изменить основные характеристики надёжности металлургических машин: безотказность, долговечность и ремонтпригодность.

Ролики рольгангов прокатных станов работают в условиях воздействия высоких знакопеременных нагрузок, температур и значительных контактных напряжений, обуславливающих их износ. В этой связи они должны обладать повышенной теплостойкостью, прочностью, износостойкостью, выносливостью и вязкостью.

Для изготовления роликов применяют такие марки стали как 25X1МФ, 25X1М1Ф и др. Механические свойства этих сталей ( $\sigma_b = 820 - 840 \text{ МПа/мм}^2$ ,  $\delta = 14 - 16 \%$ ,  $\Psi = 48 - 52 \%$ ,  $KCU = 57 - 61 \text{ Дж/см}^2$ ,  $HRC = 22 - 26$ ) обеспечивают удовлетворительную работу роликов при температурах до  $550^\circ\text{C}$ . При более высоких температурах происходит изменение структуры металлической основы роликов, коагуляция карбидов, разупрочнение, приводящее к снижению теплостойкости и износостойкости.

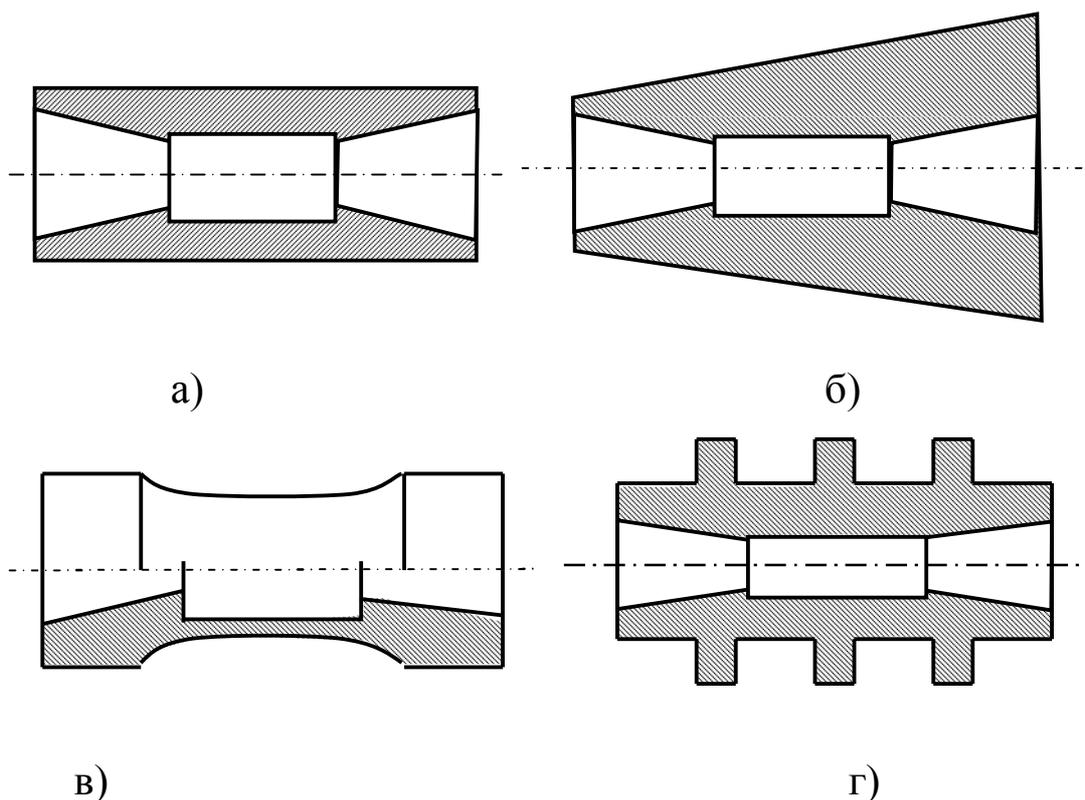


Рисунок 1 - Формы рабочих поверхностей унифицированного ролика

Износ бочки ролика является характерной причиной постепенного отказа рольганга, обусловленного естественными процессами старения и изнашивания в процессе эксплуатации. Постепенные отказы происходят в результате многократного воздействия предельных нагрузок, которые вызывают снижение прочностных свойств.

Кроме того, при установившемся процессе эксплуатации рольганга возникают эксплуатационные отказы, которые являются следствием разброса механических свойств материала, из которого изготавливается ролик.

Для качественного изменения показателей, характеризующих безотказность и долговечность ролика, необходимо оптимизировать химический состав тепло-износостойкой стали. Применяемые для изготовления роликов стали, кроме углерода, обязательно содержат хром и молибден.

Хром и молибден являются сильными карбидообразующими, что повышает износостойкость. Их одновременное введение повышает температуру рекристаллизации феррита, что ведёт к повышению теплостойкости. Количество углерода находится в пределах 0,08-0,25 %. Повышение содержания углерода сверх 0,25 % ведёт к росту

износостойкости, однако, снижает теплостойкость.

Для улучшения структуры и повышения износостойкости роликов в состав стали можно вводить такие элементы, как ванадий, титан и бор. Известно, что введение ванадия в сталь приводит к измельчению зерна, и мелкое зерно сохраняется до температуры 900 – 1000 °С. Ванадий является также карбидообразующим элементом, что повышает износостойкость сталей. Совместное присутствие в стали титана и бора позволяет эффективно управлять процессами первичной и вторичной кристаллизации стали. Измельчение структуры достигается за счёт образования в расплаве дополнительных центров кристаллизации (TiN) и ограничения роста кристаллов за счёт поверхностно активного бора. При последующей фазовой рекристаллизации стали, при термической обработке, структура ещё более измельчается.

Опытные плавки позволили установить оптимальный химический состав стали для роликов: C=0,15-0,3 %; Si=0,20-0,40 %; Mn=0,25-0,35 %; Cr=1,5-1,8%; Mo=0,3-0,5%; V=0,6-0,8%; Ti=0,1-0,12%; B=0,005-0,008%.

Стали данного состава обладают следующими свойствами: HRC = 32-35;  $\sigma_B^{+560} = 560 - 580$  МПа;  $\sigma_B = 880 - 840$  МПа; HRC<sup>+650</sup> = 30 – 33; K<sub>и</sub> = 2,1 – 2,5.

Таким образом, введение в базовый легирующий комплекс, кроме Cr и Mo, таких элементов, как V, Ti и B, позволяет значительно улучшить эксплуатационные свойства тепло-износостойкой стали для изготовления роликов: прочность, твёрдость, тепло-, жаро-износостойкость. Применение таких сталей для изготовления роликов унифицированной блочно-модульной конструкции рольгангов позволит значительно повысить надёжность всего прокатного стана, т.е. качественно изменить такие показатели безотказности и долговечности, как вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, вероятность отказа, а также средний срок службы и средний ресурс.

#### Список использованных источников

- 1 Ю.В. Жиркин. Надёжность металлургических машин. Ч.I: Основы теории надёжности: Учеб. Пособие. Магнитогорск: МГМИ, 1994.-52с.
- 2 В.Д.Задорожный, Н.А.Чиченёв / Блочная-модульная конструкция рольганга. – II Всероссийская научно-практическая конференция “Инновации в машиностроении”. Сб. статей. Пенза, 2002. – с.147-149.
- 3 Женин Е.В. Повышение свойств стали для роликов машины непрерывного литья заготовок путем комплексного воздействия на ее

структуру / Автореф. дисс. к. т. н. – Магнитогорск, 2001. – 22с.

## **Приложение В**

### **Образец титульного листа**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
“ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
“МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ”

---

Кафедра оборудования металлургических предприятий

### **ОТЧЕТ**

о выполнении контрольной работы №1  
по учебной дисциплине

**“Исследование машин и оборудования металлургического  
производства”**

**на тему: “Разработка и исследование математических моделей  
металлургических машин и оборудования”**

**Вариант 4 “Математическая модель маятниковых летучих ножниц”**

Выполнил студент группы ММиО 03-54 Николаев А.В.  
Проверил доцент кафедры ОМП Задорожный В.Д.

*ЗАДОРЖНЫЙ ВИТАЛИЙ ДМИТРИЕВИЧ*

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Методические рекомендации для выполнения контрольных работ  
для студентов специальности 150404 – Metallургические машины  
и оборудование

© Новотроицкий филиал Московского института стали и сплавов  
(Государственного технологического университета)  
462359, Российская Федерация, Оренбургская обл., г. Новотроицк, ул.  
Фрунзе, 8  
E-mail: [nfmisis@yandex.ru](mailto:nfmisis@yandex.ru)  
Контактный тел. (3537) 67-71-64