

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра автоматизация и управление

Султан Бейбарс Ералыулы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка системы управления процессом резки металлов»

5B070200 - Автоматизация и управление

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра автоматизация и управление



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка системы управления процессом резки металлов»

По специальности 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнил
Султан Б.Е.

Научный руководитель
канд. техн. наук,
ассистент профессор
М.М. Орынбет
(подпись)

« 08 » 05 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра автоматизация и управление

5B070200 - Автоматизация и управление

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ
д-р. техн. наук, профессор

Б.А. Сулейменов

« 08 » 05 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Султан Б.Е.

Тема «Разработка системы управления процессом резки металлов».

Утвержден Ученым советом института № 4428 от " 14 " 11 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта: " 17 " мая 2019 г.

Исходные данные дипломному проекту: проектная и эксплуатационная документация технологического процесса и системы автоматизации, отчеты по научно-исследовательской работе, научно-техническая литература и каталоги технических средств автоматизации и управления.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломной работы: а) описание схемы процессов резки металла; б) описание функциональной схемы автоматизации, определение математической модели ОУ; в) вопросы безопасности и охраны труда; г) экономическая эффективность разработки САУ по резанию металла.

Рекомендуемая основная литература: техническая литература по автоматизации технологических процессов и математическому моделированию в автоматизации.

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	1 марта 2019г	
Специальный раздел	20 марта 2019г	
Безопасность и охрана труда	30 апреля 2019г	
Экономическая часть	30 апреля 2019г	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	к.т.н., асс. проф. М.М. Орынбет	28.04.2019	
Специальный раздел	к.т.н., асс. проф. М.М. Орынбет	28.04.2019	
Экономическая часть	к.т.н., асс. проф. М.М. Орынбет	23.04.2019	
Безопасность и охрана труда	к.т.н., асс. проф. М.М. Орынбет	23.04.2019	
Нормоконтролер	Ассистент-профессор Н.С. Сарсенбаев	04.05.2019	

Научный руководитель _____ М.М. Орынбет
(подпись)

Задание принял к исполнению бакалавра, обучающийся _____ Султан Б.Е.
(подпись)

Дата "02" мая 2019 г.

Raport podobieństwa



Uczelnia:	Satbayev University
Tytuł:	Разработка СУ процессом резки металла
Autor:	Султан Б.
Promotor:	Марат Орынбет
Data Raportu Podobieństwa:	2019-05-08 11:32:48
Współczynnik podobieństwa 1: ?	11,8%
Współczynnik podobieństwa 2: ?	3,8%
Długość frazy dla Współczynnika Podobieństwa 2: ?	25
Liczba słów:	5 306
Liczba znaków:	41 874
Adresy stron pominiętych przy sprawdzaniu:	
Liczba wykonanych sprawdzeń pracy dyplomowej: ?	33



Uwaga, w niektórych wyrazach w tym dokumencie pojawiają się litery z różnych alfabetów. Wystąpienia tych liter zostały wyróżnione. Może to świadczyć o próbie ukrycia niedopuszczalnych zapożyczeń. System zamienił te litery na ich odpowiedniki w alfabecie łacińskim a fragmenty, w których występują, zostały poprawnie sprawdzone. Prosimy o dokonanie szczególnie wnikliwej analizy tych fragmentów raportu.

Liczba wyróżnionych wyrazów 12

>>

Najdłuższe fragmenty zidentyfikowane jako podobne

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Автор: Султан Б.Е.

Координатор: Сәрсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 2: 3.8

Тревога: 25

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе не обладают признаками плагиата, но из чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Благодаря за помощта

08.05.2019.

Дата

Подпись заведующего кафедрой / начальника
структурного подразделения

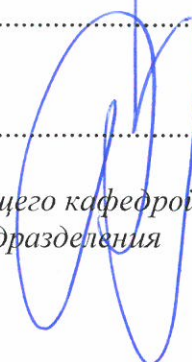
Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

к защите допущен

08.05.2013_г

Дата

Подпись заведующего кафедрой / начальника
структурного подразделения



Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения в отношении работы:

Автор: Султан Б.Е.

Название: «Разработка системы управления процессом резки металлов»

Координатор: Сәрсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 11.8

Коэффициент подобия 2: 3.8

Тревога: 25

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе не обладают признаками плагиата, но из чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
08.05.2013г.
.....

Дата

.....
Подпись Научного руководителя

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломную работу
(наименование вида работы)

Султан Бейбарс
(Ф.И.О. обучающегося)

5B070200 – Автоматизация и управление
(шифр и наименование специальности)

Тема: Разработка системы управления процессом резки металлов

Дипломная работа посвящена процессу резки металлов. В работе приведена полная информация по нынешнему состоянию процесса резки, о существующих методах и технологии процессов по каждому виду. Дипломант отдельно остановился на лазерной резке металла, привел алгоритм управления процессов процессом. А также, представил процесс резки металлов как объект управления, обозначив входные и выходные переменные процесса. Привел структурную систему адаптивного управления. В среде моделирования Matlab построил математическую модель управления скоростью вращения двигателя. Привел переходные характеристики.

В процессе написания дипломной работы дипломант Султан Бейбарс выполнил все требования предъявляемые руководителем. Показал себя как ответственный, грамотный специалист. Еще одной особенностью работы является то, что дипломант искал информацию в англоязычных источниках и перевел их очень грамотно.

Учитывая вышесказанное, считаю что Султан Бейбарс заслуживает оценки «отлично» и достоин присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление.

Научный руководитель

Ассистент профессора, к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Орынбет М.М.

(подпись)

«08» 05 2019 г.

АНДАТПА

Бұл диссертацияда адаптивті басқару теориясы қолданылатын металл кесу үдерісін басқару саласындағы зерттеулер сипатталған. Біріншіден, металл кесудің технологиялық бөлігі сипатталды, сондай-ақ металл кесудің жіктелуі, әдістері, түрлері мен қолданылуы қарастырылды, металл кесу жұмыстарындағы технологиялық бақылау мәселесі қарастырылды. Осы бағыттар бойынша зерттеулер қорытындыланады, ал кейбір нәтижелері математикалық модель ретінде ұсынылады.

АННОТАЦИЯ

В этой дипломной работе описываются исследования в области управления процессами резки металла, где в которых применяется теория адаптивного управления. Во-первых, описана технологическая часть резания металла, а также были рассмотрены классификация, методы, виды и применение резания металла а также рассмотрена проблема управления процессом в металлорежущих операциях. Исследования в этих областях суммируются, и некоторые результаты представлены в качестве математической модели.

ANNONTATION

This thesis paper describes research in the field of metal cutting process management, in which the theory of adaptive control is applied. Firstly, the technological part of metal cutting was described, as well as the classification, methods, types and application of metal cutting were considered, and the problem of process control in metal-cutting operations was considered. Studies in these areas are summarized, and some results are presented as a mathematical model.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1. Технологическая часть	12
1.1 Технологический процесс системы управление резки металла	12
1.2 Классификация резки металла	13
1.3 Применение механической резки металла	14
1.4 Метод лазерной резки	15
1.4.1 Преимущества лазерной резки	16
1.4.2 Применение лазерной резки металла	17
1.4.3 Возможности лазерной резки	18
1.4.4 Потребляемая мощность	18
1.4.5 Темпы производства и резки	19
1.5 Метод плазменной резки	20
1.5.1 Основы процесса	20
1.5.2 Источник питания	21
1.5.3 Состав газа	21
1.5.4 Качество резки	21
1.5.5 Двойной газ	22
1.5.6 Воздушная плазма	23
1.5.7 Преимущества и недостатки плазменной резки	23
1.6 Метод гидроабразивной резки металла	24
1.6.1 Гидроструйное давление	25
1.6.2 Водоструйные насосы: усилитель против прямого привода	26
1.6.3 Основные преимущества резки металлов водоструйной резкой	27
2 Расчётная часть. Синтез адаптивной системы управления процессом шлифования по силе резания.	28
2.1 Анализ технологического процесса как объекта управления	28
2.1 Обзор управления процессом резки металла	30
2.2 Определение математической модели ОУ и управляющего устройства основного контура	31
2.4 Электрическая часть двигателя автоматического резания металла	34
2.5 Механическая часть двигателя автоматического резания металла	35
2.6 Обоснование необходимости адаптивного управления	38
2.7 Выбор класса адаптивной системы управления	39
2.8 Анализ системы по результатам компьютерного моделирования	40
3 Экономическая часть	42
3.1 Техничко-экономическое обоснование	42
3.2 Расчет затрат на разработку и внедрения системы автоматического управления	43

3.2.1 Заработная плата разработчиков с отчислением на социальные нужды	44
3.2.2 Затраты на отладку программы	45
3.3 Расчет экономии	47
4 Охрана труда	49
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	49
4.2 Организационные мероприятия	49
4.3 Технические мероприятия	50
4.4 Безопасность труда при резке, уборке и охлаждении металла	50
4.5 Техника безопасности при правке, фрезеровании и сверлении металла	53
4.6 Производственная вентиляция	55
4.7 Метеорологические условия на производстве	56
4.8 Основные меры электробезопасности	57
4.9 Противопожарные и взрывопредупреждающие мероприятия	57
4.10 Расчет магистрального противопожарного трубопровода	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	62

ВВЕДЕНИЕ

Происхождение резки металла можно проследить до средневековья. Не было до Середина 18-го века, что основные события в области резки металла были найденный. Внедрение парового двигателя привело к появлению первой промышленной революций. Это привело к созданию станкостроительной промышленности, которая генерируемые отрезные станки для изготовления цилиндров и плоских поверхностей, резьбы, пазы, прорези и отверстия.

Управление станками для резки металла началось в конце 1940-х годов с простых контроллеров щитов и копировальных машин, которые использовали сервоприводы для отслеживания и увеличения движения на модели требуемой детали. Постепенно эти ранние устройства превратились в станки с числовым программным управлением.

Токарный станок, фрезерный станок, формователь, пила и др. машины были разработаны для удовлетворения потребностей промышленности в массовом производстве при низких затратах и высокая точность.

Сегодня резка металла стала очень крупным сегментом промышленности и незаменим для современного человека. Везде, где металл используется в любых искусственных объектах, можно быть уверенным, что он достиг конечной стадии путем обработки станков. С точки зрения ежегодных расходов, обработка является наиболее важным производственные процессы.

Производители по всему миру постоянно стремятся к более дешевым решениям для сохранения своей конкурентоспособности на обработанных компонентах и изготовленных товаров. В целом, качество деталей было найдено на приемлемом уровне, и это продолжает улучшаться, в то время как давление на стоимость продукта огромно и постоянно находится под влиянием конкуренции и стратегией покупателей.

Целью данного дипломного проекта является разработка системы управления процессом резки металла

В первой главе будет описан технологический процесс, технологический процесс резки металла, их классификация, виды, а его также применение.

Во второй главе описан синтез адаптивной системы управления процессом шлифования по силе резания, были рассмотрены функциональные схемы, была изучена математическая модель объекта управления и управляющего контура.

1 Технологическая часть

1.1 Технологический процесс системы управление резки металла

Резка металла - одно из древнейших искусств, практиковавшихся в каменном веке, но резка металлов была невозможна до 18-го века, и его детальное изучение началось около ста лет назад. Это «процесс целью которого является удаления листового или сортового металла, на части и заготовки с помощью режущего инструмента». Этот процесс является основой всей металлообрабатывающей отрасли. Различные типы резки обязательным образом применяются также в ремонте и обслуживании любой механической и даже электронной техники. На сегодняшний день резка металла представлена несколькими методами с применением специального оборудования. Каждый из вариантов отличается своими особыми качествами и свойствами, и применение того или иного метода обработки металла требует некоторых знаний данных методик. Для небольших работ по резке могут использоваться ручные инструменты, включая ручные ножницы и ножовки для резки металла до желаемой формы. Этот метод резки лучше всего подходит для проектов, в которых используются более гибкие металлы, такие как алюминий более тонкого калибра. Использование ручных инструментов для резки металла не рекомендуется, если металл необходимо разрезать на очень маленькие кусочки, потому что сила, необходимая для резки металла, может просто сломать его, вместо того, чтобы разрезать его по назначению. Для более крупных проектов или проектов, в которых используются более толстые или более прочные металлы, ручная резка не всегда практична[1].

Основные элементы, вовлеченные в этот процесс:

- металлический блок (заготовка);
- режущий инструмент;
- станок;
- режущая жидкость;
- скорость резания (первичное движение);
- подача (Вторичное движение);
- микросхем;
- поверхностная обработка.

Основными условиями успешной резки металла являются:

- относительное движение между работой и режущим инструментом;
- материал инструмента должен быть тверже рабочего материала;
- острая режущая кромка режущего инструмента;
- первичное движение (скорость резания);
- вторичное движение (режущая подача).

Основными недостатками процесса являются потеря материала в виде микросхемы.

1.2 Классификация резки металла

Методы резки металла - позволяют подбирать лучший вариант для каждого отдельного условия. В некоторых случаях при выполнении работы в жилых массивах, учитывается также фактор шумового, светового и пылевого загрязнений. Особенности резки металлов важно учитывать, так как это основной залог успеха в работе и экономии, так и времени. Правильно выбираемый тип резки гарантирует сохранение технических характеристик заготовки и детали. На данный момент есть два типа резки металла это механическая резка металла и промышленные виды резки металла.

Механическое разделение основано на прямом контакте обрабатываемого металла с режущим инструментом. Материал инструмента, как правило, тоже металл, но более высокой твердости. В процессе резки металла инструмент деформирует материал заготовки до тех пор, пока он не сорвется в виде сколов. Процесс деформации требует значительных затрат энергии, и инструмент выдерживает различные механические, термические, химические и трибологические нагрузки. Эти нагрузки в конечном итоге приводят к износу и износу инструмента. Следовательно, цель хорошего применения резки металла заключается в том, чтобы сбалансировать энергию, необходимую для удаления металла, со способностью инструмента надежно выдерживать нагрузки, возникающие на нем. Трибология - это исследование поверхностей, соприкасающихся друг с другом, чтобы определить, как они будут геометрически изменять друг друга при определенных температурах и давлениях. Механическое давление ускоряет износ и поломку инструмента. Прерывистые порезы, возникающие при обработке деталей, имеющих пустоты или включения, создают ударные нагрузки, которые могут привести к поломке или поломке инструмента. Тепловые нагрузки возникают из-за того, что деформация материала заготовки генерирует тепло, что приводит к повышению температуры в диапазоне 800-900°C что может вызвать деформацию инструмента и затупление.

Термическая резка представляет собой семейство процессов, в которых тепло электрической дуги, энергия излучения или экзотермическая реакция используются для плавления или окисления металла с ускоренной скоростью для достижения резания. Существует ряд процессов, которые используют тепло дуги для резки металлов, и они включают в себя экранированную металлическую дугу, воздушно-углеродную дугу, плазменную дугу, газо-вольфрамовую дугу и газо-металлическую дугу. Электронный луч и лазерный луч используют энергию излучения для достижения резки металлов. Пламя газообразного кислородного топлива в сочетании со струей кислорода, используется для инициирования и поддержания экзотермической реакции окисления, которая генерирует

достаточно тепла и влияет на расслоение металлов, особенно низкоуглеродистых железных сплавов. Из этих процессов оксиацетилен, воздушно-углеродная дуга и плазменная дуга являются тремя основными процессами термической резки, используемыми в промышленности.

1.3 Применение механической резки металла

В каждом механическом цехе можно найти множество станков для обработки металлических деталей, эти режущие станки широко используются во многих областях машиностроения[9]. Принципиально все станки удаляют металл и могут быть разделены на следующие категории:

1. Токарные станки;
2. Сверлильный станки;
3. Фрезерные станки;
4. Расточные станки.

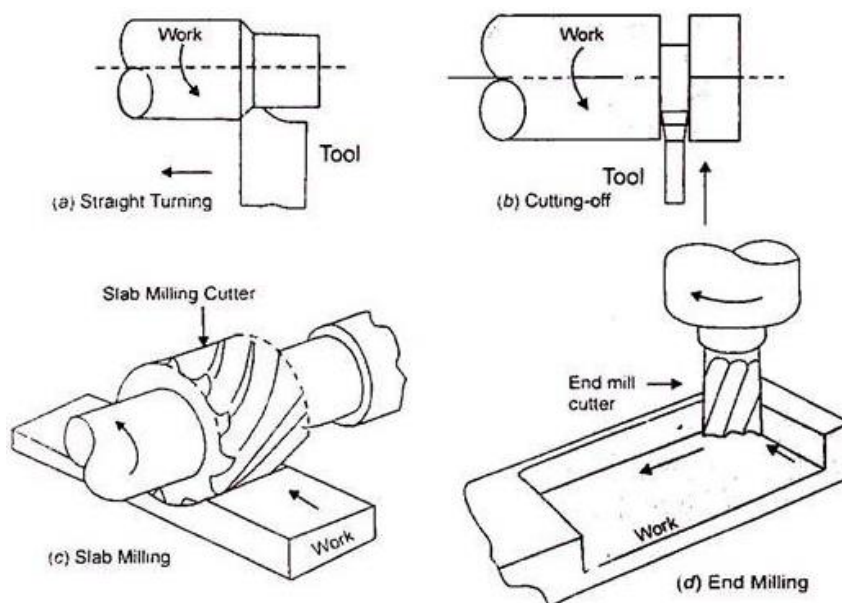


Рисунок 1.1 - Общие процессы резки металла

Токарный станок – Используется для создания цилиндрической формы. В этом процессе обрабатываемая деталь вращается, а режущий инструмент удаляет нежелательный материал в виде стружки. Используя заостренный режущий инструмент против быстро вращающегося куса материала, токарный станок нарезает кусок металла до желаемой формы. Этот станок очень распространен в обрабатывающей промышленности, поскольку он обеспечивает более высокую степень точности.

Сверлильный станок - устройство для получения гладких и точных отверстий, для создания круглого отверстия. Которое может иметь один режущий наконечник из стали, цементированного карбида или алмаза или может быть небольшим шлифовальным кругом. В этом процессе режущий инструмент вращается и подается к заготовке, закрепленной в удерживающем устройстве. Режущий инструмент обычно имеет две или более режущих кромок. Инструмент подается в направлении, параллельном его оси вращения, в заготовку для образования круглого отверстия.

Фрезерные станки - это инструменты, предназначенные для обработки металла, дерева и других твердых материалов. Зачастую автоматизированные фрезерные станки могут располагаться в вертикальной или горизонтальной ориентации для вырезания материалов на основе уже существующей конструкции. Эти конструкции часто ориентированы на САПР, и многие фрезерные станки работают на станках с ЧПУ, хотя фрезерные устройства с ручным и традиционным управлением также распространены. В основном, процесс фрезерования используется для получения плоской или прямой поверхности. Используемый режущий инструмент имеет несколько режущих кромок. Скорость движения обеспечивается вращающимся фрезером.

Отрезание используется для резки металла на две части. В этой операции заготовка вращается, и режущий инструмент перемещается радиально внутрь, чтобы отделить компоненты.

Расточные станки - Расточка используется для увеличения уже пробуренной скважины. Это чистовая операция, используемая на заключительном этапе производства продукции.

1.4 Метод лазерной резки

Лазерная резка - это технология, в которой для резки материалов используется лазер, и обычно она используется для промышленного производства, но также начинает использоваться малыми предприятиями и любителями. Лазер - это сфокусированный луч света, концентрирующий много энергии на очень маленькой площади. Когда это происходит, материал перед лазером сгорает, плавится или испаряется, образуя отверстие. Добавьте к этому немного ЧПУ, и вы получите станок, который может вырезать или гравировать очень сложные детали из дерева, пластика, резины, металла, пены или других материалов.

Каждый материал имеет свои ограничения и преимущества, когда дело доходит до лазерной резки. Например, вы можете подумать, что лазер может прорезать что угодно, но это просто не тот случай.

Не каждый материал подходит для лазерной резки. Это потому, что каждый материал требует определенного количества энергии для резки. Например, энергия, необходимая для резки бумаги, намного меньше, чем энергия, необходимая для стальной пластины толщиной 20 мм.

К примеру, лазер мощностью 40 Вт может прорезать бумагу, картон, пену и тонкий пластик, а лазер мощностью 300 Вт - тонкую сталь и более толстый пластик. Если нужно будет разрезать стальные листы толщиной 2 мм или более, потребуется не менее 500 Вт.



Рисунок 1.2 - Оборудование для лазерной резки металла

Лазерная резка по металлу имеет преимущества перед плазменной резкой: она более точная и требует меньше энергии при резке листового металла; однако большинство промышленных лазеров не могут прорезать большую толщину металла, чем плазма. Новые лазерные машины, работающие на более высокой мощности (6000 Вт, в отличие от ранних станков с лазерной резкой мощностью 1500 Вт), приближаются к плазменным машинам по своей способности резать толстые материалы, но капитальные затраты на такие машины намного выше, чем у плазменных. Режущие машины, способные резать толстые материалы, такие как стальная пластина.

1.4.1 Преимущества лазерной резки

Лазерный луч может разрезать, все без исключения разновидности металла. По сравнению с механической резкой включают в себя более простую фиксацию и меньшее загрязнение заготовки (поскольку отсутствует режущая кромка, которая может быть загрязнена материалом или загрязнить материал). Точность может быть лучше, поскольку лазерный луч не изнашивается во время процесса. Кроме того, снижается вероятность коробления разрезаемого материала, поскольку лазерные системы имеют небольшую зону термического влияния. Некоторые материалы также очень трудно или невозможно разрезать более традиционными способами.

1.4.2 Применение лазерной резки металла

Лазерный луч - это столб света очень высокой интенсивности, одной длины волны или цвета. В случае типичного СО₂-лазера эта длина волны находится в инфракрасной части светового спектра, поэтому она невидима для человеческого глаза. Диаметр луча составляет всего около 3/4 дюйма, поскольку он проходит от лазерного резонатора, который создает луч, по траектории луча машины. Он может отражаться в разных направлениях несколькими зеркалами или «лучевыми изгибами», прежде чем он, наконец, сфокусируется на пластине. Сфокусированный лазерный луч проходит через отверстие сопла непосредственно перед тем, как попасть в пластину. Через этот канал сопла также течет сжатый газ, такой как кислород или азот. Фокусировка лазерного на рисунке 1.3 – процесс лазерной резки металла луча может быть сделана специальной линзой или изогнутым зеркалом, и это происходит в лазерной режущей головке. Луч должен быть точно сфокусирован так, чтобы форма пятна фокусировки и плотность энергии в этом пятне были идеально круглыми и последовательными и центрировались в сопле. При фокусировке большого луча до единой точки плотность тепла в этом месте чрезвычайно велика[3].

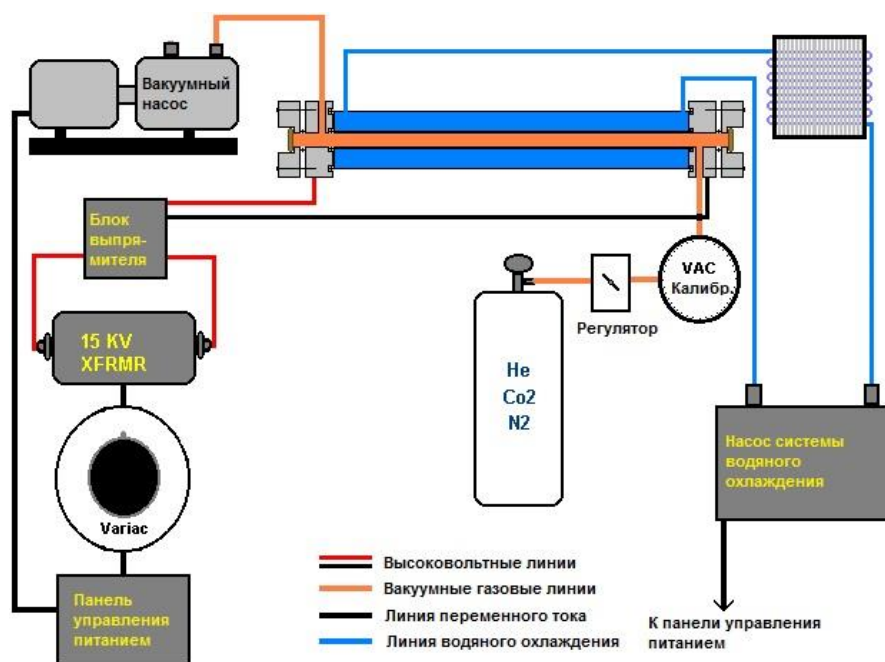


Рисунок 1.3 - Процесс лазерной резки металла

Высокая плотность мощности приводит к быстрому нагреву, плавлению и частичному или полному испарению материала. При резке мягкой стали тепла лазерного луча достаточно, чтобы запустить типичный процесс сжигания «кислородного топлива», и газ для лазерной резки будет чистым кислородом, подобно кислородно-топливной горелке. При резке нержавеющей стали или алюминия лазерный луч просто расплавляет

материал, а азот под высоким давлением используется для выдувания расплавленного металла из пропила.

На лазерном режущем станке с ЧПУ лазерная режущая головка перемещается по металлической пластине в форме желаемой части, таким образом, вырезая часть из пластины. Емкостная система контроля высоты поддерживает очень точное расстояние между концом сопла и режущей пластиной. Это расстояние важно, потому что оно определяет, где фокус находится относительно поверхности пластины. На качество резки можно повлиять, поднимая или опуская фокусную точку чуть выше поверхности пластины, на поверхности или чуть ниже поверхности.

1.4.3 Возможности лазерной резки

Лазерная резка включает удаление материала для придания формы заготовке в процессе, который, как правило, сокращает объем отделочных работ после изготовления. Например, при резке термически обработанного материала лазерное тепло может вызвать затвердевание на внешних кромках реза. Закалка может быть полезна для многих применений, потому что она увеличивает долговечность изделия, но также ограничивает объем обрабатываемой обработки, что затрудняет нарезание резьбы после обработки или удаление заусенцев.

Большинство систем лазерной резки автоматизированы по параметрам ЧПУ. Эти компьютерные элементы управления обеспечивают высокий уровень точности и повышенную скорость резки. Некоторые программы ЧПУ предлагают возможности «летающей оптики», которые позволяют лазеру формировать материал, когда режущая головка находится в движении. Подвижный лазер может выполнять быстрые операции резки, сохраняя точность, и очень эффективен для тонкого листового металла. Программирование ЧПУ также может регулировать выходную мощность, позволяя лазеру изменять настройки в зависимости от контуров и толщины разрезаемого материала. Кроме того, некоторые лазеры с ЧПУ оснащены сенсорными устройствами, которые могут регулировать расстояние между режущей головкой и обрабатываемой деталью, чтобы уменьшить вероятность деформации.

1.4.4 Потребляемая мощность

Основным недостатком лазерной резки является высокая потребляемая мощность. Эффективность промышленного лазера может составлять от 5% до 45%. Потребляемая мощность и эффективность любого конкретного лазера будет варьироваться в зависимости от выходной мощности и рабочих параметров. Это будет зависеть от типа лазера и от того, насколько хорошо

лазер подходит для работы под рукой. Величина требуемой мощности лазерной резки, известная как подвод тепла, для конкретной работы зависит от типа материала, толщины, используемого процесса (реактивный / инертный) и желаемой скорости резки[2].

Количество подводимого тепла для различных материалов различной толщины с использованием CO₂ -лазера [Вт]

Таблица 1.1 – Чистоты реза металла

материал	Толщина материала				
	0,51 мм	1,0 мм	2,0 мм	3,2 мм	6,4 мм
Нержавеющая сталь	1000	1000	1000	1500	2500
алюминий	1000	1000	1000	3800	10000
Мягкая сталь	-	400	-	500	-
титан	250	210	210	-	-
фанера	-	-	-	-	650
Бор / эпоксидная смола	-	-	-	3000	-

1.4.5 Темпы производства и резки

Максимальная скорость резки (производительность) ограничена рядом факторов, включая мощность лазера, толщину материала, тип процесса (реактивный или инертный) и свойства материала. Общепромышленные системы (1 кВт) позволяют резать металл из углеродистой стали толщиной от 0,51 до 13 мм. В любом случае, лазер может работать в тридцать раз быстрее, чем стандартное пиление[2].

Скорость резания с использованием CO₂ -лазера [см / сек]

Таблица 1.2 – Скорость резания металла

Материал заготовки	Толщина материала					
	0,51 мм	1,0 мм	2,0 мм	3,2 мм	6,4 мм	13 мм
Нержавеющая сталь	42,3	23,28	13,76	7,83	3,4	0,76
алюминий	33,87	14,82	6,35	4,23	1,69	1,27
Мягкая сталь	-	8,89	7,83	6,35	4,23	2,1
титан	12,7	12,7	4,23	3,4	2,5	1,7
фанера	-	-	-	-	7,62	1,9
Бор / эпоксидная смола	-	-	-	2,5	2,5	1,1

1.5 Метод плазменной резки

Плазменная резка - это процесс, который разрезает электропроводящие материалы с помощью ускоренной струи горячей плазмы. Плазменная резка работает путем подачи инертного газа на высокой скорости. Электрическая дуга создается одновременно и вокруг продуваемого газа, образуя плазму. Эта плазма достаточно горячая, чтобы резать металл очень быстро и точно. Типичные материалы, нарезаемые плазменной горелкой, включают сталь, нержавеющую сталь, алюминий, латунь и медь, хотя могут также резаться и другие проводящие металлы. Плазменная резка часто используется в производственных цехах, ремонте и реставрации автомобилей, промышленном строительстве, а также в утилизации отходов.

1.5.1 Основы процесса

Процесс плазменной резки показан на рис.1.4. Основным принципом заключается в том, что дуга, образованная между электродом и заготовкой, сужена медным соплом с тонким отверстием. Это увеличивает температуру и скорость плазмы, выходящей из сопла. Температура плазмы превышает 20 000 °C, и скорость может приближаться к скорости звука. При использовании для резки поток плазменного газа увеличивается, так что глубоко проникающая плазменная струя прорезает материал, и расплавленный материал удаляется в истекающей плазме.

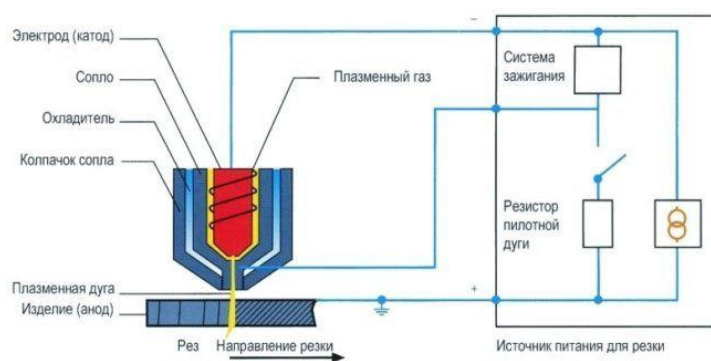


Рисунок 1.4 - Процесс плазменной резки

Процесс отличается от кислородно-топливного процесса тем, что плазменный процесс работает с использованием дуги для плавления металла, тогда как в кислородно-топливном процессе кислород окисляет металл, а тепло от экзотермической реакции плавит металл. Таким образом, в отличие от кислородно-топливного процесса плазменный процесс можно применять для резки металлов, которые образуют тугоплавкие оксиды, такие как нержавеющая сталь, алюминий, чугун и цветные сплавы.

1.5.2 Источник питания

Источник энергии, необходимый для процесса плазменной дуги, должен иметь понижающую характеристику и высокое напряжение. Рабочее напряжение для поддержания плазмы как правило составляет от 50 до 60 В, напряжение холостого хода, необходимое для разогреть дуги, может составлять до 400 В постоянного тока.

При иницировании вспомогательная дуга образуется внутри корпуса горелки между электродом и соплом. Для резки, дуга должна быть перенесена на заготовку в так называемом «перенесенном» режиме дуги. Электрод имеет отрицательную полярность, а заготовка - положительную полярность, так что большая часть энергии дуги (приблизительно две трети) используется для резки.

1.5.3 Состав газа

В обычной системе, использующей вольфрамовый электрод, плазма инертна и образуется с использованием аргона, аргона-Н₂ или азота. Однако, как описано в вариантах способа, могут быть использованы окисляющие газы, такие как воздух или кислород, но электрод должен быть из меди с гафнием. Поток плазменного газа является критическим и должен быть установлен в соответствии с текущим уровнем и диаметром отверстия сопла. Если поток газа слишком низкий для текущего уровня или текущий уровень слишком высок для диаметра отверстия сопла, дуга будет разрушаться, образуя две дуги последовательно, электрод к соплу и сопло к заготовке. Эффект «двойной дуги» обычно катастрофичен при расплавлении сопла.

1.5.4 Качество резки

Качество кромки плазменной резки аналогично тому, которое достигается при использовании кислородно-топливного процесса. Однако, поскольку плазменный процесс режет путем плавления, характерной особенностью является большая степень плавления в направлении верхней части металла, что приводит к закруглению верхней кромки, плохой прямоугольности кромки или скосу на кромке разреза. Поскольку эти ограничения связаны со степенью сужения дуги, имеется несколько конструкций горелок для улучшения сужения дуги для обеспечения более равномерного нагрева в верхней и нижней частях реза. Чтобы получить плазму используются такие газы как:

- воздух;

- аргон;
- кислород;
- водяной пар;
- водород;
- азот.

Плазма является четвертым состоянием вещества, после более известных состояний твердого тела, жидкости и газа. Плазма - это эффективно перегретый газ. Когда газ достигает достаточно высокой температуры, он становится ионизированным и способен проводить электричество. Плазменные резаки используют это явление для резки любого типа проводящего металла. Они направляют очень тонкий пучок ионизированного газа на металл при температуре до 30000 °F (16650°C), который расплавляет металл, прорезая его или в него.

При работе с плазменным резаком необходимо всегда носить защитные очки, чтобы не повредить глаза, и аппарат может быть шумным. Плазменная резка также может быть опасной, если перед использованием машины не будут приняты надлежащие меры предосторожности.

Плазма способна резать металлы различной толщины от 1 до 80 мм, а также резать со скоростью 20 метров в минуту. С точки зрения специальной области резки, плазменная обработка лучше всего подходит для резки толстого металла.

Некоторые плазменные резаки имеют систему, которая автоматически отводит сопло от поверхности, которую нужно резать, в то время как на других моделях вам придется делать это вручную; если оставить сопло на поверхности, оно будет повреждено.

1.5.5 Двойной газ

Процесс работает в основном так же, как и в обычной системе, но вокруг сопла вводится защитный экран от газа, рис.1.5 Благотворное влияние вторичного газа заключается в увеличении сужения дуги и более эффективном «выдувании» шлака.

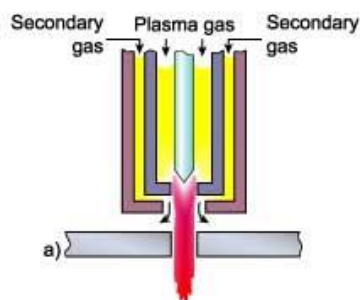


Рисунок 1.5 - Двойной газ

Плазмообразующим газом обычно является аргон, аргон-Н₂ или азот, а вторичный газ выбирается в зависимости от разрезаемого металла.

1.5.6 Воздушная плазма

Инертный или нереакционноспособный плазмообразующий газ (аргон или азот) можно заменить воздухом, но для этого требуется специальный электрод из гафния или циркония, смонтированный в медном держателе, рис.1.6. Воздух также может заменить воду для охлаждения горелки. Преимущество воздушно-плазменной горелки состоит в том, что она использует воздух вместо дорогих газов.

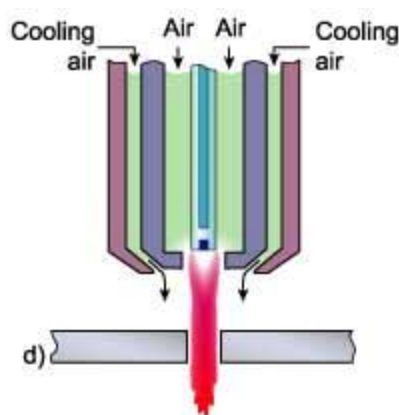


Рисунок 1.6 - Воздушная плазма

Следует отметить, что хотя электрод и сопло являются единственными расходными материалами, электроды с гафнием наконечником могут быть дорогостоящими по сравнению с вольфрамовыми электродами.

1.5.7 Преимущества и недостатки плазменной резки

Плазменная резка позволяет производить резку высокого качества намного быстрее, чем плазменная резка. Углубление некоторых систем плазменной резки также может быть намного меньше. Плазменная резка может использоваться на большинстве металлов, которые проводят электричество относительно хорошо. Это означает, что плазменная резка не ограничивается сталью и чугуном, как резка пламенем. Скорее, плазменная резка может быть использована для резки алюминия, нержавеющей стали, меди, титана и многих других типов металлов. Процесс также легко автоматизируется.

Тем не менее, плазменная резка не может резать такие толстые материалы, как те, которые можно резать пламенной резкой. Как правило,

плазменная резка не является хорошим выбором для материалов толщиной более нескольких дюймов. Плазменная резка также может резать только те материалы, которые могут быть частью ее электрической цепи.

1.6 Метод гидроабразивной резки металла

Основы гидроабразивной резки - водоструйная резка использует поток воды сверхвысокого давления, чтобы нести абразивный песок. Абразив выполняет резку посредством механического распила, оставляя гладкую, точную поверхность резания.

Гидроабразивная обработка является наиболее универсальным процессом, потому что он способен резать практически любой тип материала. Ограничения включают материалы, которые являются очень хрупкими, такие как закаленное стекло и некоторые керамические изделия. Струя воды - очень точный процесс резки. Он имеет узкую ширину прорези, что позволяет обрезать тонкие контуры и изготавливать детали с высоким допуском. Однако это очень медленный и дорогой процесс по сравнению с плазмой на большинстве металлов.

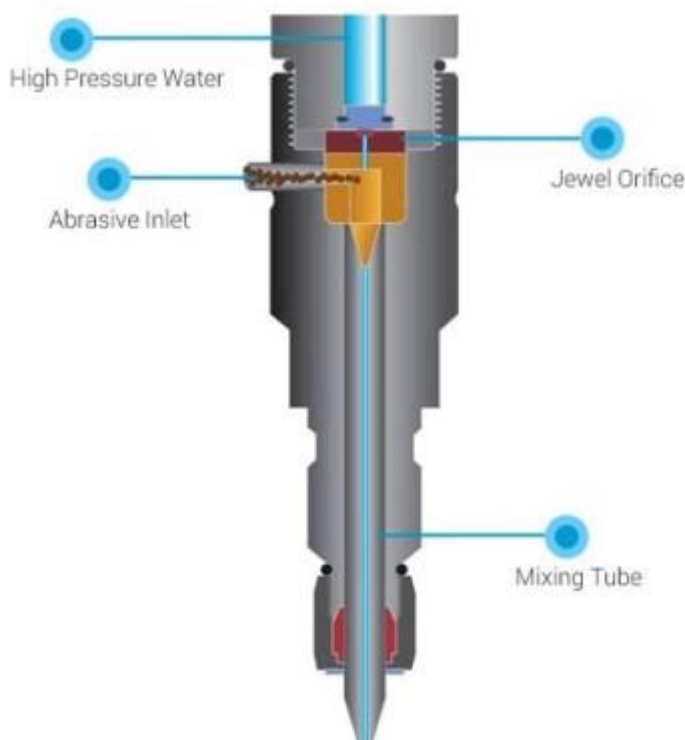


Рисунок 1.7 - Абразивно-водоструйное сопло.

Резак обычно соединяют с водяным насосом высокого давления (местный водопровод не обеспечивает достаточного давления), где вода затем выбрасывается из сопла, разрезая материал, бомбардируя его потоком высокоскоростной воды. В этом процессе могут помочь добавки в форме

взвешенных частиц или других абразивов, таких как гранат и оксид алюминия. Есть немного материалов, которые не могут быть эффективно разрезаны водоструйным резаком; одним из них является закаленное стекло, которое разбивается при резке независимо от используемой технологии резки.

1.6.1 Гидроструйное давление

Один из способов понять абсолютное количество давления, связанного с гидроабразивной резкой, - сравнить его с другими источниками воды с точки зрения максимальных фунтов на квадратный дюйм.

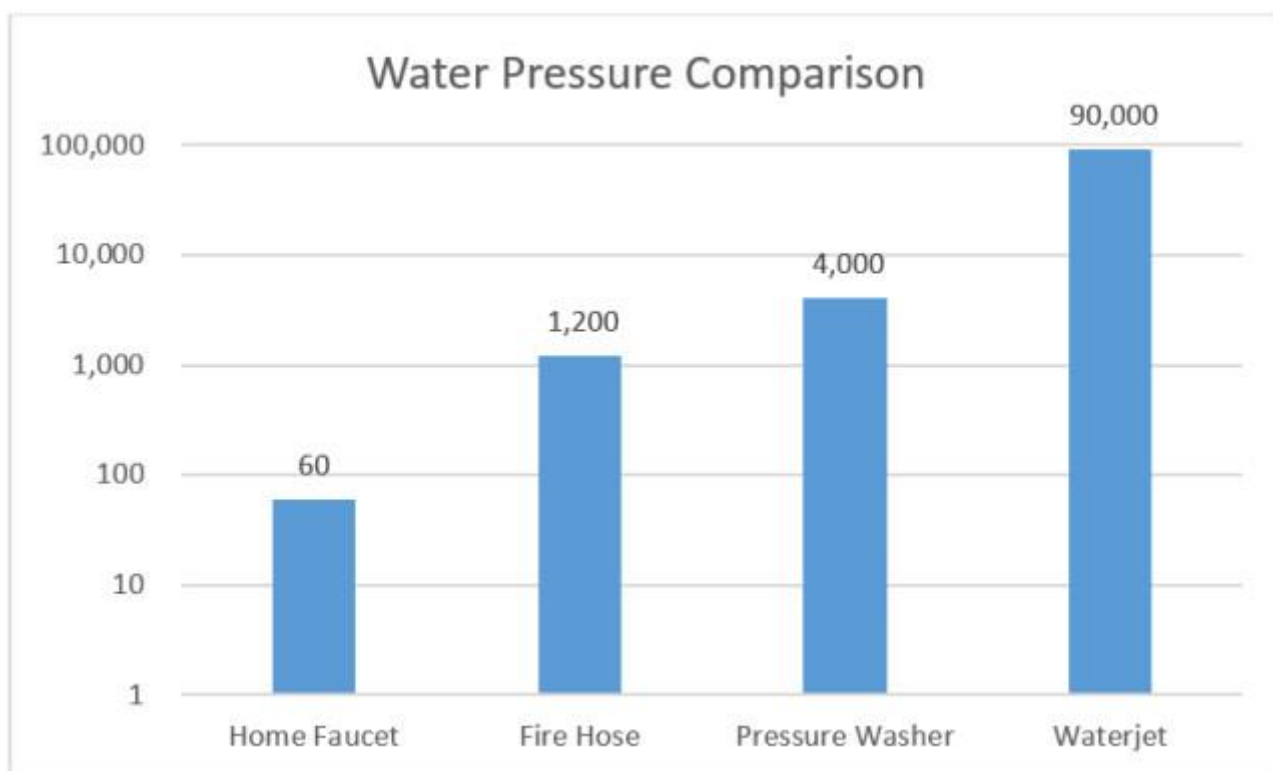


Рисунок 1.8 – График абсолютного давления

home faucet – водопроводный кран;

fire hose – пожарный кран;

pressure washer – промывной аппарат высокого давления

waterjet – струя воды.

Логарифмическая шкала сравнения четырех источников воды по верхним пределам давления.

Как видно из этого графика, давление может иметь огромное значение. Но изменение давления внутри водоструйного двигателя намного уже, обычно 60 000 - 90 000 фунтов на квадратный дюйм.

1.6.2 Водоструйные насосы: усилитель против прямого привода

Как работает водоструйный насос-усилитель

Процесс водоструйной резки начинается с насоса-усилителя, который создает давление воды сверхвысокого давления (до 90 000 фунтов на квадратный дюйм), необходимое для резки твердых материалов.

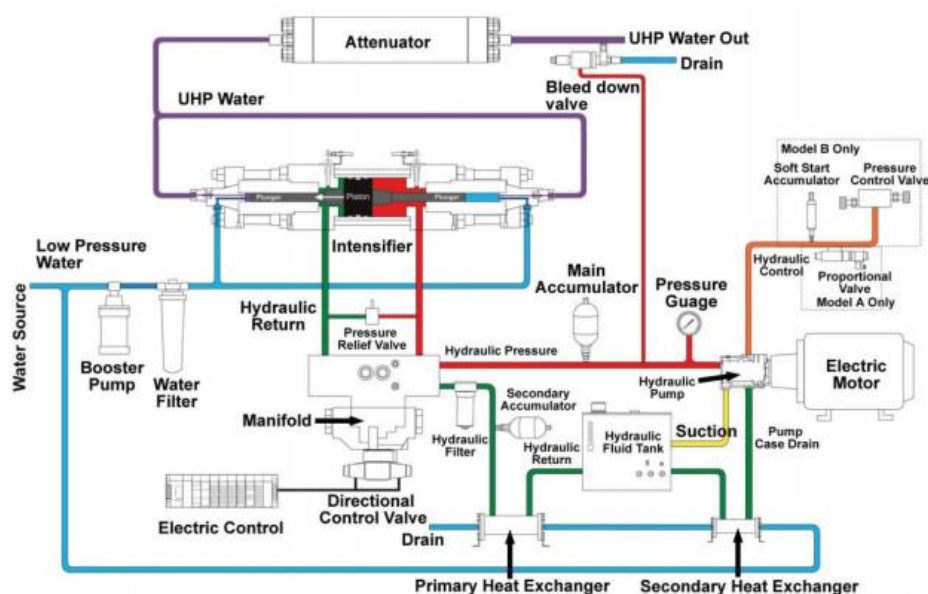


Рисунок 1.9 - Схема гидравлического усилительного насоса.

В водоструйном насосе есть два основных типа насосов: прямой привод и усилитель. Насосы с прямым приводом используют коленчатый вал для перемещения плунжеров, которые создают давление воды, в то время как усилители используют гидравлические цилиндры.

Насос-усилитель использует гидравлическое давление над водой. Мотор большой мощности приводит в движение гидравлический насос, создавая гидравлическое давление, которое приводит поршень в цилиндр:

- 1) вход воды низкого давления;
- 2) бустерный насос;
- 3) водяной фильтр;
- 4) впускные обратные клапаны;
- 5) гидравлический насос;
- 6) усилитель поршневой;
- 7) аккумуляторный;
- 8) вода от клапана;
- 9) режущая головка;
- 10) система измерения абразива.

Чистая вода поступает через входное отверстие для воды низкого давления (1) и подается через входной фильтр (3), затем в усилитель через входные обратные клапаны (4). Гидравлический насос (5) создает давление в гидравлической жидкости и переключает давление назад и вперед между

двумя сторонами гидравлического поршня (6), что, в свою очередь, повышает давление воды в усилителе. Вода под давлением вытекает из усилителя в аккумулятор (7), который помогает сгладить пульсации давления. Затем он проходит через трубки высокого давления к режущей головке (9). Поток воды к режущей головке контролируется запорным клапаном (8), позволяющим ЧПУ запускать и останавливать процесс резки в соответствующее время. В режущей головке (9) гранатовый абразив смешивается с водой под высоким давлением в смесительной камере.

1.6.3 Основные преимущества резки металлов водоструйной резкой

Важным преимуществом струи воды является способность резать материал, не влияя на его внутреннюю структуру, так как нет зоны термического влияния (ЗТВ). Минимизация теплового воздействия позволяет резать металлы без вреда или изменения внутренних свойств. Возможны острые углы, скосы, отверстия для прокалывания и формы с минимальными внутренними радиусами.

Водоструйные резак также способны производить сложные надрезы в материале. С помощью специализированного программного обеспечения и трехмерных обрабатывающих головок могут быть получены сложные формы.

- отсутствие деформации материала, вызванной теплом;
- нет затвердевания материала по краю разреза;
- никаких изменений в структуре металла;
- нет зон термического влияния;
- нет опасных паров и испарений;
- нет или только минимальная потребность в переработке.

2 Расчётная часть. Синтез адаптивной системы управления процессом шлифования по силе резания.

2.1 Анализ технологического процесса как объекта управления

На рисунке 2.1 задана схема системы управления реза металла

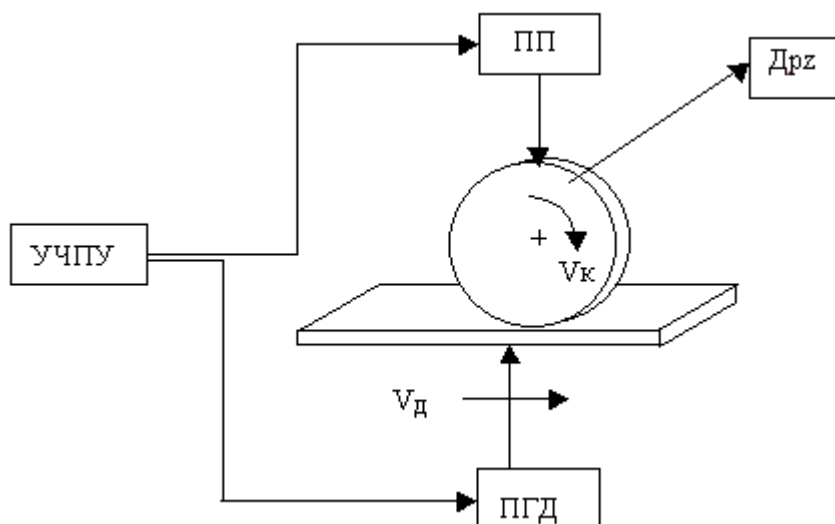


Рисунок 2.1 - Функциональная схема системы автоматического реза металла

Управление силовыми координатами процесса резания как правило выполняется изменением разреза среза ($s \cdot t$). Более восприимчивы силы и мощность резания к изменению глубины резания t . Однако данный параметр связан с припуском в обрабатывание, и изменяет его возможно только лишь при многопроходному обрабатыванию.

Таким образом, в основном управляющим воздействием для динамического звена «процесс резания» в САУ силовыми координатами является скорость, а выходной координатой – сила резания. Подобным способом, в одном из главных управляющих воздействиях является динамическое звено, "процесса резания металла" в САУ силовым положением считается ускорение, а выходной положение - сила резания[11].

В приведённый функциональной схеме здесь

- v_d – скорость круга;
- ПВД-привод главного движения;
- D_{pz} – датчик силы;
- v_k – скорость движения детали;
- ПП – привод подачи;
- УЧПУ – устройство числового программного управления.

Основная часть силы резания обуславливается согласно формуле:

$$P_z = C_{pz} * v^{0.7} * s^{0.7} * t^{0.6} \quad (2.1)$$

где C_{pz} – показатель, характеризующий материал шлифуемой детали ($C_{pz} = 22$ для закаленных сталей).

Данное представление демонстрирует, то что процесс резания предполагает собою непростое динамическое звено, согласно управляющему воздействию, так и согласно возмущающему воздействию.

Входными координатами, позволяющими результативно регулировать процессом резания, считаются:

-скорость подачи (V_s);

-глубина резания (t_n).

В данном случае процесс резки металла как объект управления можно предоставить последующим образом:

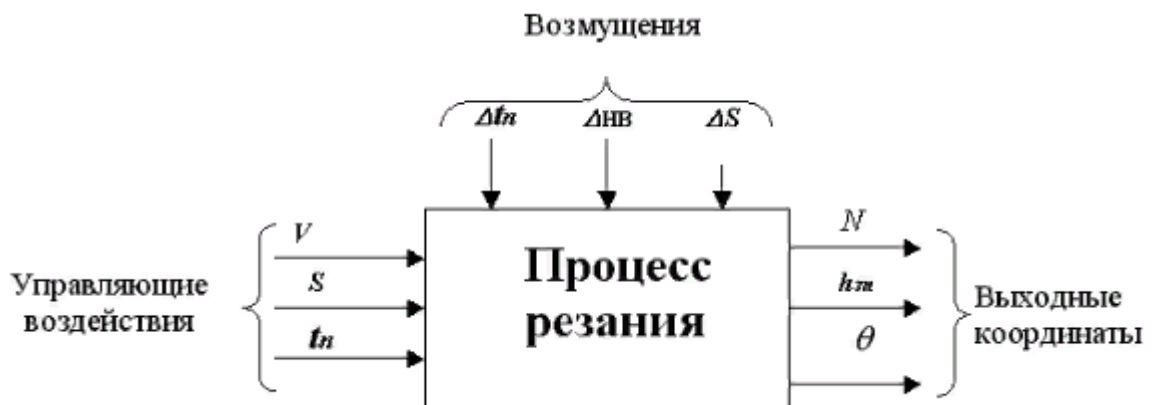


Рисунок 2.2 – Ключевые воздействия характеристики

Данное уравнение (1) показывает, что благодаря скорости резания металла эффективнее влияет на температуры возле зоны резания. Управляющее положение скорости резания примем как – V .

2.1 Обзор управления процессом резки металла

Система является примером того, что обычно называют адаптивной системой оптимизации управления. Система была успешно внедрена в лаборатории, но никогда не работала хорошо в промышленной среде. За возможным исключением рис. 2.3 - системы измельчения, которая используется в автономном режиме в промышленности. Плохое признание таких систем в промышленности в первую очередь связано с необходимостью использования датчика износа инструмента в режиме онлайн для реализации стратегии оптимизации адаптивного управления.

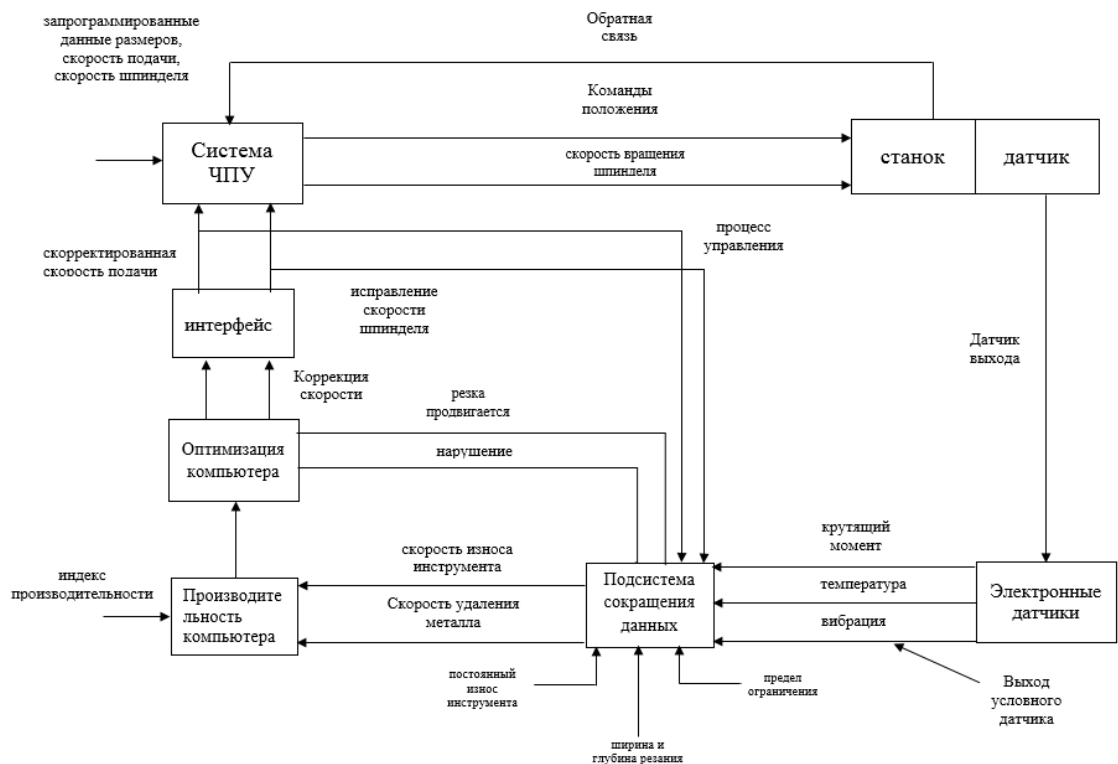


Рисунок 2.3- Система оптимизации адаптивного управления

Система пытается обойти эту проблему, оценивая по измерениям крутящего момента и температуры. Эта проблема оценки износа инструмента породила значительные исследования в течение последних двух десятилетий. Большинство коммерческих систем управления процессами в промышленном использовании сегодня используют адаптивное управление с ограничениями. Эти системы используют тот факт, что при определенных условиях резания задача оптимизации процесса имеет оптимальное решение, которое происходит на границе ограничения в операциях черновой резки в функции экономической цели обычно преобладает необходимость максимизировать, в свою очередь, требует максимально возможных скоростей подачи, соответствующих ограничению поломки инструмента.

Таким образом, для конкретной геометрии инструмента, это может быть выражено в виде следующей задачи управления технологическим процессом: «регулировать скорость подачи для поддержания силы резания в качестве

ссылки, которая определяется как максимально возможной силы резания таким образом, что инструмент не находится в опасности разрыва». В продаже имеются системы для токарной обработки, фрезерования и сверления, но они не очень широко используются. Причиной их плохого промышленного принятия являются потенциальные проблемы неустойчивости контроллера и поломки инструмента, которые могут возникнуть из-за изменений параметров процесса. Эти проблемы породили значительный объем исследований. Аналогичным образом, в операции чистовой обработки в задаче оптимизации процесса преобладает необходимость поддерживать качество продукта (например, точность размеров и качество поверхности). В этих ситуациях большая часть преимуществ системы оптимизации адаптивного управления может быть получена путем использования геометрического адаптивного управления. Если можно измерить размеры детали и шероховатость поверхности, то стратегию управления процессом можно выразить следующим образом: «на основе измерения размеров введите коррекцию на инструмент, чтобы компенсировать износ инструмента, и отрегулируйте скорость подачи для получения деталей с эталонным значением шероховатости поверхности определяется из максимально допустимого ограничения шероховатости поверхности».

2.2 Определение математической модели ОУ и управляющего устройства основного контура

Для заданной пары инструментальный и обрабатываемый материал выбираем значения коэффициентов и показателей степени: $C_N=0.59$

Режим резания: $V_{ном}=30$ мм/мин, $S=0.5$ мм/об, $t=0.3$ мм

В данной системе необходимо стабилизировать силу резания на уровне $P_z=200$ Н.

Таблица 2.1 – Данные для расчетов двигателя.

Вид	2ПН132LUXA4
Напряжение	U 220В
КПД	86%
Сопротивление обмотки якоря	0,08Ом
Момент инерции	0,048кг*м ²
Постоянная времени	Tду 0с
Мощность, Р 14,кВт	Р 14кВт
Постоянные времени	
Звено 1	T1 0,142с
Звено 2	T2 0,341с

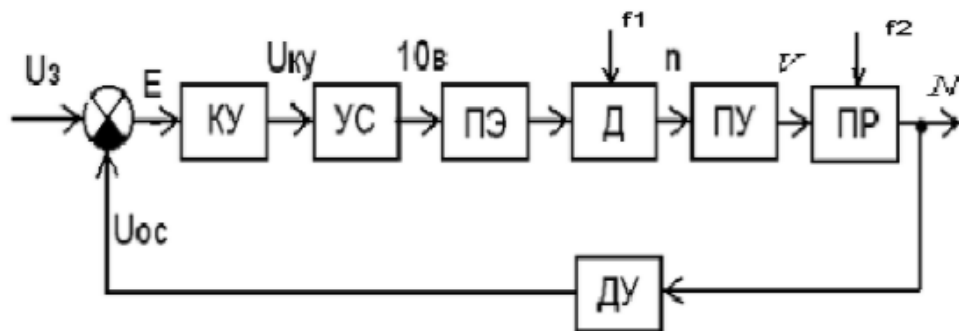


Рисунок 2.4 - Функциональная схема основного контура

Преобразователь энергии – это динамический процесс преобразователя, энергии которая является апериодическое звено 2-го порядка. Передаточная функция:

$$W_{\text{ПЭ}}(p) = \frac{U_{\text{я}}}{U_{\text{yc}}} = \frac{K_{\text{ПЭ}}}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}, \quad (2.2)$$

Значение постоянных времени T_1 и T_2 берем из таблицы, а значимость к коэффициента передачи определим из условия номинального значения усилия якоря двигателя:

$$K_{\text{ПЭ}}(p) = \frac{U_{\text{я}}}{U_{\text{yc}}} = \frac{220\text{В}}{10\text{В}} = 22, \quad (2.3)$$

$$W_{\text{ПЭ}}(p) = \frac{22}{(1 + 0.142p)(1 + 0.341p)}, \quad (2.4)$$

Согласно системе уравнений:

$$U = E + IR - L \frac{dl}{dt}, \quad (2.5)$$

$$E = C_e \Phi \omega, \quad (2.6)$$

$$M = M_c + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.7)$$

$$M = C_M + \Phi I, \quad (2.8)$$

где

$I_{\text{я}}$ – ток в обмотке якоря

$P_{\text{н}}$ – номинальная мощность двигателя

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение на обмотке якоря

J – момент инерции двигателя

$R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря

$n_{\text{НОМ}}$ – номинальная частота вращения
 ω_H – номинальная угловая скорость вращения
 $L_{\text{Я}}$ – индуктивность цепи якоря
 Φ – поток возбуждения двигателя
 C_M, C_E – конструктивные коэффициенты

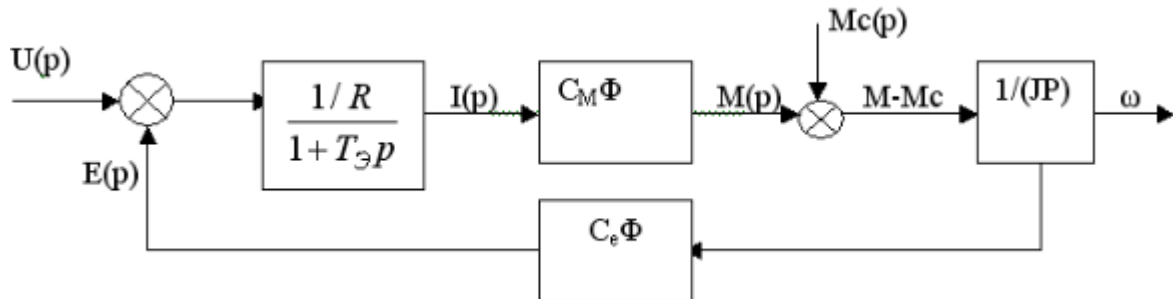


Рисунок 2.5 - Универсальная схема системы автоматического регулирования

Согласно начальным данным двигателя 2ПН132МУХЛ4 рассчитаем характеристики его механической и электромеханической данных.

$$E = C_e \Phi \omega \quad (2.9)$$

$$C_e \Phi \omega = k_e = \frac{E_H}{\omega_H} \quad (2.10)$$

Рассчитаем номинальный режим работы двигателя:

$$W_H = 2\pi n = \frac{2\pi \times n_H}{60} = \frac{2 \times 3.14 \times 3150}{60} = 329.7 \frac{1}{c}, \quad (2.11)$$

где n_H – это частота вращения двигателя.

$$E_H = U_H - I_H \times R_{\text{я}}. \quad (2.12)$$

I_H - сила тока, протекающего через якорь двигателя,
 $R_{\text{я}}$ - сопротивление якоря,
 U_H - напряжение на якоре двигателя.

$$I_H = \frac{P_H}{\eta \times U_H} = \frac{1400 \text{ Вт}}{0.86 \times 220 \text{ В}} = 7.39 \text{ А} \quad (2.13)$$

$$E_H = U_H - I_H \times R_{я.} = 220 - 7.39 \times 0.08 = 219.4B \quad (2.14)$$

где В - номинальный ЭДС

$$C_e \Phi = k_e = \frac{E_H}{w_H} = \frac{219.4}{329.7} = 0.67B * c, \quad (2.15)$$

$$M_H = \frac{P_H}{w_H} = \frac{1400}{329.7} = 4.2H * м, \quad (2.16)$$

где M_H — момент на валу двигателя,

P_H — номинальная мощность двигателя.

$$C_m \Phi = k_m = \frac{M_H}{I_H} = \frac{4.24H*м}{7.39A} = 0.57 \frac{H*м}{A}. \quad (2.17)$$

2.4 Электрическая часть двигателя автоматического резания металла

Запишем равенство электрического равновесия с целью якорной цепи двигателя:

$$U = I_{я} R_{я} + L \frac{dl}{dt} + E, \quad (2.18)$$

где $\frac{dl}{dt}$ - оператор Лапласа,

Проведя преобразование Лапласа, получаем:

$$U(p) = I_{я}(p) R_{я} + L * p * I_{я}(p) + E(p), \quad (2.19)$$

где

$$E(p) = C_e \Phi * w(p), \quad (2.20)$$

$$U(p) = I_{я}(p) * (R_{я} + L * p) + E(p) + C_e \Phi * w(p), \quad (2.21)$$

где $L = L_{\text{я}}$ индуктивность якорной цепи.

Получаем передаточную функцию Д:

$$W_{\text{ЭЧД}}(p) = \frac{I_{\text{я}}(p)}{U(p) - E(p)} = \frac{1}{R_{\text{я}} + L_{\text{я}}p} = \frac{\frac{1}{R_{\text{я}}}}{1 + \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}}p} = \frac{12.5}{1 + 0.02p}. \quad (2.22)$$

2.5 Механическая часть двигателя автоматического резания металла

Внесем уравнение механической части двигателя:

$$M = M_c + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.23)$$

где $\frac{d}{dt}$ – оператор Лапласа.

Момент инерции зависит от времени, т.е. $M(t), w(t)$.

Преобразовав оператор Лапласа, получаем:

$$M(p) = M_c(p) + J * p * w(p), \quad (2.24)$$

выходной координатой механической составляющей двигателя считается скорость вращения двигателя, а входной – момент (разность моментов).

Получаем передаточную функцию МЧД:

$$W_{\text{МЧД}}(p) = \frac{w(p)}{M - M_c(p)} = \frac{1}{J * p} = \frac{1}{0.048 * p} = \frac{20.83}{p}, \quad (2.25)$$

Принимаем во внимание, то что на входе ЭЧД сила тока, а на выходе МЧД период. Получаем блок, обладающий передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{M(p)}{I_{\text{я}}(p)} = C_m \Phi = 0.57, \quad (2.26)$$

Передаточная функция ЭДВ.

$$\begin{aligned} w_{\text{дв}}(p) &= \frac{W_{\Pi}}{W_{\Pi} * W_{\text{ос}} + 1} = \frac{\frac{12.5}{1 + 0.02p} * 0.57 * \frac{20.83}{p}}{\frac{12.5}{1 + 0.02p} * 0.57 * \frac{20.83}{p} * 0.67 + 1} \\ &= \frac{148.41}{p + 0.02p^2 + 99.44} = \frac{1.49}{0.0002p^2 + 0.0101p + 1}, \end{aligned} \quad (2.27)$$

Передаточное устройство является линейным звеном.

$$W(p) = K = \frac{V_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}} = \frac{30}{3150} = 0.0095, \quad (2.28)$$

Процесс резания описывается уравнением:

$$P_z = C_{pz} * v^{0.7} * s^{0.7} * t^{0.6}, \quad (2.29)$$

Предположим апериодическое звено 1-го порядка $W_{\text{пр}} = \frac{K_{\text{пр}}}{1 + 3.1p}$,

$$\text{где } K_{\text{пр}} = \frac{P_z}{V(p)} = \frac{200}{30} = 6.67, \quad (2.3)$$

Датчик обратной связи.

$$W(p) = \frac{K_{\text{ду}}}{T_{\text{ду}}p + 1}, \text{ где } T_{\text{ду}} = 0, \quad (2.31)$$

$$W_{\text{ду}}(p) = K_{\text{ду}} = \frac{U_{\text{ос}}}{N_{\text{НОМ}}} = \frac{5}{200} = 0.025, \quad (2.32)$$

Усилитель УС.

С целью предоставления необходимых качеств САР его коэффициент получаем 358,39.

Корректирующее устройство:

С целью предоставления необходимых свойств, используем корректирующее устройство следующего типа:

$$W_{\text{кУ}}(p) = K = \frac{(0,341p+1)*(0,142p+1)}{(1,123p+1)*(0,043p+1)}, \quad (2.33)$$

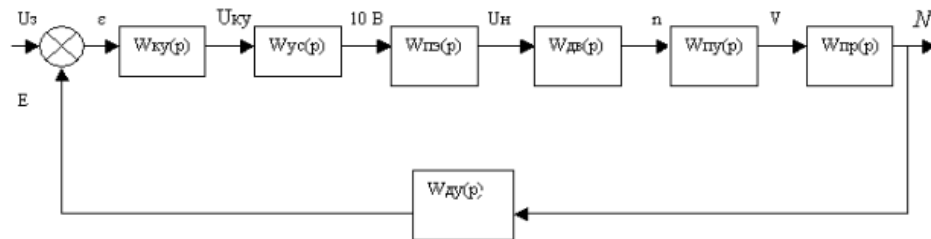


Рисунок 2.6 – Структурная схема САР

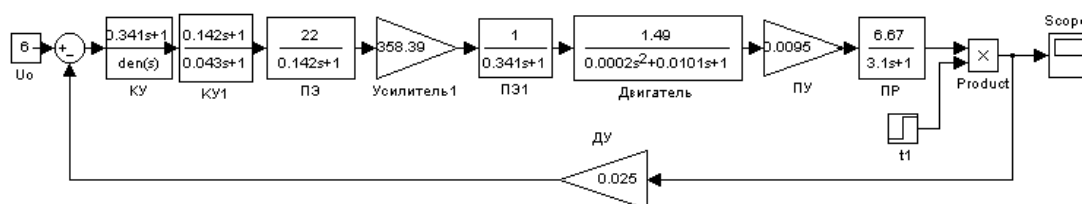


Рисунок 2.7 – Математическая модель САР

Переходный процесс — в теории систем представляет реакцию динамической системы на приложенное к ней внешнее воздействие с момента приложения этого воздействия до некоторого установившегося состояния[8].

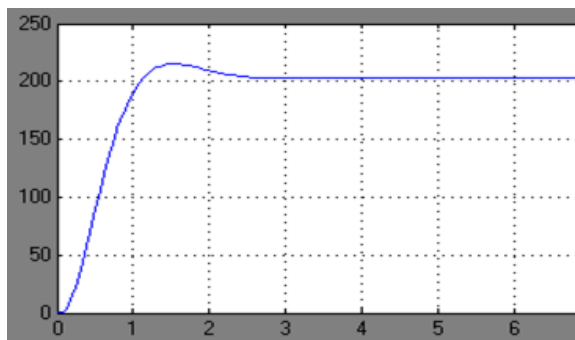


Рисунок 2.8 – Переходной процесс примет вид

Задание мгновенного значения ошибки в течение всего времени работы регулируемого объекта позволяет наиболее полно судить о свойствах системы регулирования. Однако в действительности, вследствие случайности задающего и возмущающего воздействий, такой подход не может быть реализован.

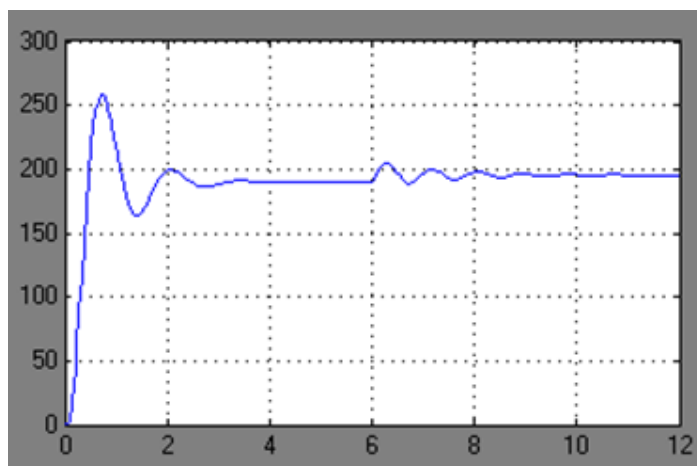


Рисунок 2.9 – При действиях возмущений

2.6 Обоснование необходимости адаптивного управления

Процесс шлифования может протекать устойчиво с образованием сливной стружки и относительно постоянной силой резания или неустойчиво с образованием прерывистой элементной стружки, при наличии срывающегося, неустойчивого нароста с периодически изменяющейся силой резания. Непостоянство сил резания может быть вызвано различными причинами. Вследствие этого меняется и мощность процесса резания. Коэффициент передачи процесса резания может изменяться более чем в 100 раз.

При таких вариациях коэффициента передачи процесса резания обычные САУ стабилизации усилия резания с постоянными параметрами корректирующих и управляющих элементов не смогут обеспечить требуемые условия точности в изменяющихся условиях процесса резания. Например, при изменении $K_{\text{лр}}$ в 5 раз обычная САУ не справляется с возмущениями, система идёт «вразнос»:

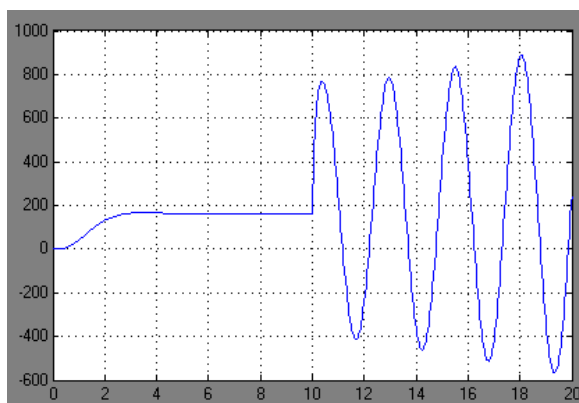


Рисунок 2.10 – Мощность процесс резания

С целью предоставления необходимых качеств системы следует синтезировать структуру АдСУ, инвариантную к изменению коэффициента передачи объекта управления.

2.7 Выбор класса адаптивной системы управления

Системы адаптивного управления отличаются:

- по виду контура адаптации (разомкнутые, замкнутые и смешанные);
- по методу адаптации (поисковые и непоисковые);
- по характеру настройки контура
- по цели (системы с стабилизацией качества и с оптимизацией качества).

По виду контура адаптации подбираем замкнутую систему, т.к. в ней имеется возможность анализа реакции системы. Таким образом математическая модель процесса течения известна, в таком случае адаптационная система управления обязана приблизить движение реальной системы управления к движению «эталонной модели», т.е. подбираем адаптационную систему управления с прямой адаптацией. Таким образом математическая модель процесса течения известна, в таком случае адаптационная система управления обязана приблизить движение реальной системы управления к движению «эталонной модели», т.е. выбираем адаптивную систему управления с прямой адаптацией. Задача системы адаптации – стабилизация качества. Согласно характеру настройки устройства контура выбираем самонастраивающуюся систему.

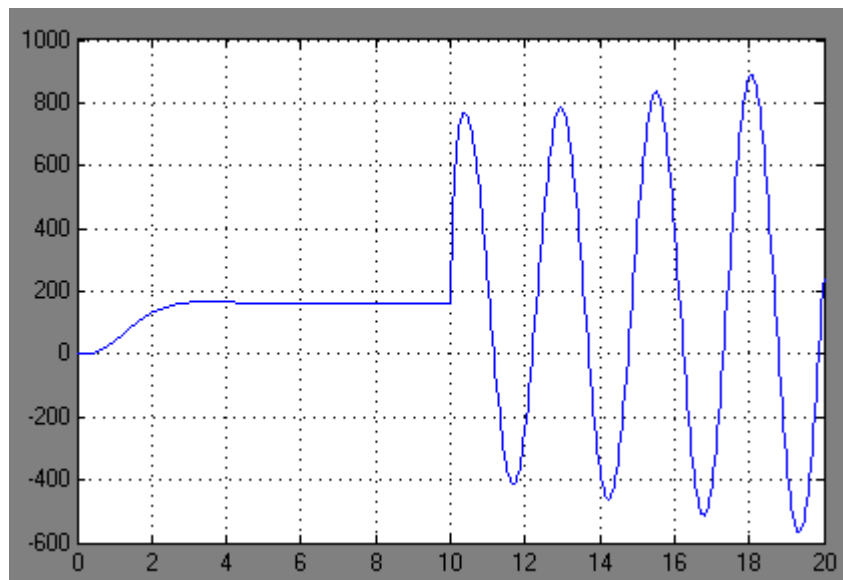


Рисунок 2.13 - Переходной процесс с возмущением

Переходный процесс с возмущением (изменение $K_{пр}$ в 10 раз) с включенным контуром адаптации:

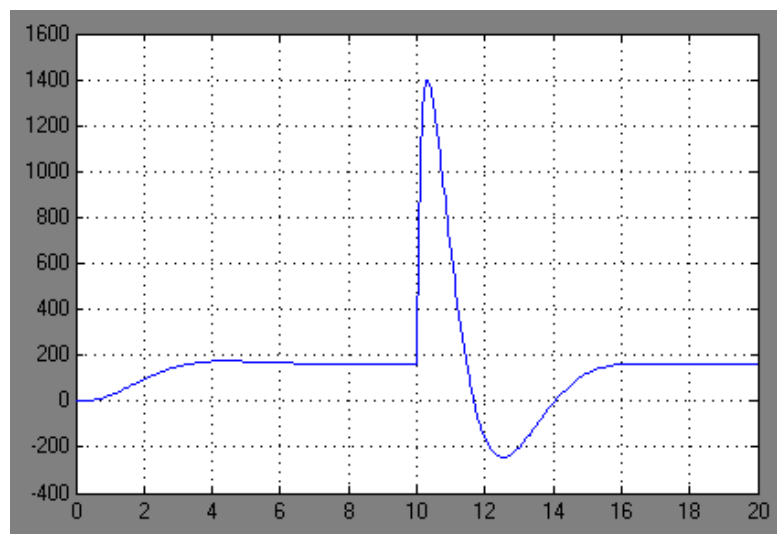


Рисунок 2.14 – Переходной процесс при отключенном контуре

Из графиков переходных процессов заметно, что при отключенном контуре адаптации при скачкообразном изменении коэффициента резания система обретает колебательный характер. При включенном контуре адаптации система никак не теряет устойчивости, снижается перерегулирование и существенно сокращается время стабилизации, при изменении коэффициента передачи процесса резания в 10 раз переходный процесс обладает следующие характеристики: длительность переходного процесса 6с, отклонение выходной координаты от начального значения 0.1Н, т.е. система удовлетворяет поставленным требованиям.

3 Экономическая часть

3.1 Техничко-экономическое обоснование

Развитие автоматизации на резания металлов (и газодобывающих) предприятиях неразрывно связано с совершенствованием техники и технологии резания металлов, применением высоконадежного автоматизированного оборудования, рациональной централизацией технологических объектов.

Экономический эффект от применения системы управления обуславливается прежде всего повышением эффективности автоматизируемого производства, определяемым повышением качества и надежности управления, снижением потерь, повышением производительности и т.п.

Основными источниками экономии при создании системы управления являются:

- 1) оптимальное планирование работы объекта;
- 2) повышение технико-экономических показателей за счет расширения полноты состава и качества выполнения функций АСУТП с применением современных технических средств на базе микропроцессорной техники и новых программных средств;
- 3) повышение качества управления и общего организационного уровня производства;
- 4) снижение трудоемкости управления, повышение производительности труда работников станции;
- 5) оперативный расчет основных технико-экономических показателей объекта;
- 6) лучшее использование оборудования, увеличение сроков его службы, устранение аварий и предусмотренных планом остановок;
- 7) увеличение загрузки оборудования по мощности и времени, в связи с этим увеличение объема производства;
- 8) сокращение непроизводственных расходов.

Система управления предназначена для обеспечения наиболее благоприятных условий протекания процесса производства продукции на всех его переходах и стадиях, что достигается поддержанием параметров этого процесса на заранее заданном уровне или нахождением оптимального варианта. Экономическая эффективность промышленного производства отражает сопоставление конечного результата хозяйственной деятельности промышленного предприятия с затратами на его достижение.

Конечный результат хозяйственной деятельности характеризуется различными стоимостными и натуральными показателями. Например, объемом производства продукции, экономией по отдельным элементам затрат, общей экономией от снижения себестоимости продукции, качеством продукции. Сегодня суть перемен в перенесении центра внимания с

количественных показателей на качественные, и эффективность, с промежуточных на конечные результаты, с расширения производственных фондов на их обновление, на ускорение развития наукоемких отраслей производственной и социальной инфраструктуры. Предусмотрено направить на реконструкцию и техническое перевооружение производства свыше 200 миллиардов тенге капитальных вложений - больше, чем за предшествующие 10 лет.

Ясно, что эффективность реконструкции, темпы экономического роста в решающей мере зависят от машиностроения. Именно в нем материализуются основополагающие научно-технические идеи, создаются новые орудия труда, системы машин, определяющие прогресс в других отраслях народного хозяйства.

Здесь закладываются основы широкого выхода на принципиально новые, ресурсосберегающие технологии, повышение производительности труда и качества продукции.

Затраты на проектирование растут с увеличением времени на поиск технологом-проектировщикам лучшего решения в режиме диалога с электронными машинами. Если действительны затраты времени на технологию, а процесс проектирования будет больше регламентированным, то это может привести к срыву плановых заданий, либо к перерасходу машинного времени.

При совершенствовании процесса проектирования выделяют две обобщенные подцели:

- 1) повышение производительности труда технолога - проектировщика;
- 2) улучшение качества операций.

Приведенные ниже затраты на автоматизированное проектирование и внедрение в производство разработанного технологического процесса, отражающие затраты в сфере производства, в сфере проектирования, что соответствует указанным подцелям.

Все затраты, связаны с достижением экономического эффекта, подразделяются на текущие и единовременные. К единовременным затратам можно отнести затраты на покупку оборудования, к текущим – заработную плату оператора, амортизацию оборудования и затраты на электроэнергию.

3.2 Расчет затрат на разработку и внедрения системы автоматического управления

Затраты на создание системы автоматизации складываются из следующего:

- а) заработная плата разработчиков (с отчислением на социальные нужды);
- б) затраты на отладку программы;
- в) затраты на монтаж;

3.2.1 Заработная плата разработчиков с отчислением на социальные нужды

Для разработки и внедрения системы автоматизации с использованием программного продукта MATLAB требуется следующий персонал (таблица 3.1). Также представлен срок работы для каждого из них, т.к. идет повременное начисление.

Таблица 3.1 – Требуемый персонал

Должность	Количество	Мес. оклад, тг	Срок, мес.	Общая сумма, тг
Инженер-разработчик	3	45 000	3	405 000
Руководитель проекта	1	52 000	3	156 000
Консультант	1	37 000	3	111 000
Прямой Фонд				672 000 тг.

Заработная плата с отчислениями на социальные нужды:

$$C_{\text{нач}} = \text{МРП} * N_{\text{мес.}},$$

где $C_{\text{нач}}$ – сумма налога, тг.;

$\text{МРП} = 1168 * 15 = 17\,520$ тг. – 15-ти кратный расчетный показатель;

$N_{\text{мес}}$ - количество рабочих месяцев = 3

$$C_{\text{нач}} = 17\,520 * 3 = 52\,560 \text{ тг.},$$

$$(15 * 1168 * 3 * 5 - 1168 * 3 * 5) * 0,2 = 49\,056 \text{ тг.},$$

Социальные отчисления:

$$\text{СО} = (672\,000 - 245\,280) * 0,15 = 64\,008 \text{ тг.},$$

Налог на социальные нужды:

$$H_{\text{соц}} = 49\,056 + 64\,008 = 113\,064 \text{ тг.},$$

Общие расходы по заработной плате составят:

$$З_{\text{разр}} = 672\,000 + 113\,064 = 805\,764 \text{ тг.},$$

3.2.2 Затраты на отладку программы

На наладку системы требуется 160 часов машинного времени. Машинное время рассчитывается как отношение суммы затрат на амортизацию, ремонт, электроэнергию, заработную плату оператора с отчислениями к общему фонду времени работы оборудования.

Таблица 3.2 - Затраты на внедрение средств автоматизации

Наименование	Тип	Цена тг.	Кол-во шт.	Всего
Управляющий модуль	Microface Evolution	155 000	1	155 000
Компьютер	INTEL Pentium IV	85 000	4	340 000

Расчет стоимости машинного часа:

1) Амортизационные отчисления составляют 10 % от стоимости оборудования:

$$З_{ам} = 495000 * 0,1 = 49500 \text{ тг.},$$

2) Заработная плата оператора составляет 32000 тг., годовая заработная плата с отчислениями на социальные нужды оператора составит:

$$ЗП_{опр} = 32000 * 2 * 12 = 768000 \text{ тг.},$$

$$Н_{соц} = (15 * 1168 * 12 * 2 - 1168 * 12 * 2) * 0,2 = 78490 \text{ тг.},$$

$$(768000 - 392448) * 0,15 = 56332 \text{ тг.},$$

$$СО = 78490 + 56332 = 134822 \text{ тг.},$$

$$ЗП_{опр} = 768000 + 134822 = 902822 \text{ тг.},$$

3) Затраты на ремонт составляют 10% от стоимости оборудования:

$$З_{рем} = 495000 * 0,1 = 49500 \text{ тг.},$$

4) Расчет энергозатрат:

$$З_{э/э} = \Phi K_э * C_э .,$$

где Φ – годовой фонд рабочего времени;

K_3 – количество энергии потребляемый компьютером и энергии затраченной на освещение рабочего места оператора 0,3 кВт;

C_3 – стоимость электроэнергии = 8,02 тг/Вт.

$$\Phi = (52 \cdot 40 - 10 \cdot 8) = 1800 \text{ часов.},$$

$$Z_{3/3} = 1800 \cdot 8,02 \cdot 0,3 = 4331 \text{ тг.},$$

Таким образом, стоимость машинного часа определяется:

$$C_{\text{м.ч.}} = (Z_{\text{ам}} + 3P_{\text{опр}} + Z_{\text{рем}} + Z_{3/3}) / \Phi.,$$

$$C_{\text{м.ч.}} = (49500 + 902822 + 49500 + 4331) / 1800 = 558 \text{ тг.},$$

Время на отладку программы 160 часов, следовательно, затраты на её отладку составляют:

$$Z_{\text{отл}} = 160 \cdot 558 = 89280 \text{ тг.},$$

5) Прочие затраты составляют 2% от заработной платы оператора

$$Z_{\text{проч}} = 902822 \cdot 0,02 = 18056 \text{ тг.},$$

В результате работы над устройством регулятора были затрачены материальные средства, представленные в таблице 3.

Таблица 3.3 - Стоимость комплектующих регулятора

Наименование	Цена, тг.	Количество, шт.	Сумма, тг.
Заслонка	12455	1	12455
Пневмопривод	47000	1	47000
Болты	5,67	120	680,40
Гайки	3,70	87	321,90
Шайбы	2,60	107	278,20
Провод	458	14	6412
Всего			67147

Итоговая суммарная стоимость материальных затрат составляет 67 147 тенге

Затраты на монтаж: $67147 \cdot 0,1 = 6715$ тенге

Итого сумма всех затрат разработчиков, т.е. капитальное вложение K_B на разработку программного обеспечения:

$$K_B = Z_{\text{раз}} + Z_{\text{мат.з}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{отл.}}$$

$$K_B = 805764 + 89280 + 67147 + 6715 = 968906 \text{ тг.},$$

3.3 Расчет экономии

Применение регулятора давления препятствует аварийным ситуациям на магистральных трубопроводах посредством оперативного управления. Данный регулятор позволяет минимизировать большие перепады давления из-за которых образуются трещины в трубопроводе и возникают весьма ощутимые утечки. Это дает возможность сэкономить в среднем на 1,2% транспортируемого количества станков.

$$\mathcal{E}_H = V_H \cdot 0,012 \cdot C_H,$$

где V_H - потеря объема из-за утечек;

C_H - цена одной тонны, тенге.

$$\mathcal{E}_H = 5310 \cdot 0,012 \cdot 9000 = 573480 \text{ тг.},$$

Уменьшение утечек снизит затраты на сварку, так как затраты на сварку прямо пропорциональны количеству составит 2100 тенге на каждый километр трубопровода, общая длина трубопровода составляет 560 км. Снижение затрат на сварку позволит получить дополнительную прибыль.

$$\mathcal{E}_D = \mathcal{E}_H \cdot D_T,$$

где $\mathcal{E}_H$ - экономия, тенге;

D_T - длина трубопровода, км.

$$\mathcal{E}_D = 2100 \cdot 560 = 1176000 \text{ тг.},$$

Годовая экономия составит

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_H + \mathcal{E}_D = 1176000 + 573480 = 1749480 \text{ тг.},$$

Годовой экономический эффект рассчитывается по формуле

$$\Theta_{\text{эф}} = \Theta_{\Gamma} - E_{\text{н}} * K_{\text{д}},$$

где $E_{\text{н}}$ - нормативный коэффициент эффективности;

$K_{\text{д}}$ - дополнительные капиталовложения, тенге.

$$\Theta_{\text{эф}} = 1749480 - 0,15 \cdot 2691217 = 1345797 \text{ тг},$$

Срок окупаемости рассчитывается по формуле

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{в}} / \Theta_{\Gamma} = 968906 / 1749480 = 0,6,$$

Таким образом, внедрение данного регулятора экономически целесообразно, так как расчетный срок окупаемости значительно ниже нормативного.

4 Охрана труда

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Непрерывность технологического процесса требует одновременного выполнения различного по характеру операций.

Анализ труда в металлорежущих станциях характеризуется наличием вредных и опасных производственных факторов. Основными являются следующие:

- 1) механические травмы;
- 2) опасности возникновения пожаров;
- 3) производственные шумы и вибрации;
- 4) запыленность и загазованность воздуха;
- 5) опасность поражения электрическим током.

4.2 Организационные мероприятия

К организационным мероприятиям для оператора относятся: обучение противопожарным правилам, правилам техники безопасности при работе с приборами и устройствами. Обучение правилам охраны труда производится за счет проведения инструктажей. Вводный инструктаж проводят при приеме на работу оператора и раз в полгода проводится повторный инструктаж.

Все рабочие и ИТР должны ознакомиться с инструкторами по технике безопасности. Ответственность возлагается на начальников цехов. При проведении инструктажа на руки рабочим выдается инструкции по технике безопасности, которые являются основными документами при инструктаже и обучении правилам безопасности работы.

Инструктаж по технике безопасности производится по следующим видам:

- вводный, проводится со всеми рабочими и ИТР, поступившими на работу;
- первичный, проводится со всеми вновь поступившими и переводимыми с других подразделений;
- повторный, проводится периодически в один месяц каждого квартала;
- внеплановый, проводится руководителями при нарушении рабочими правил техники безопасности;
- дополнительный, проводится перед выполнением особо опасных работ.

Предупреждение заболеваний обеспечивается медицинским контролем за состоянием здоровья рабочих. Кроме того, предусматриваются ежегодные отпуска и проведение культурно-массовых мероприятий.

4.3 Технические мероприятия

К техническим мероприятиям на металлорежущих станциях относятся соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления и вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Также должны соответствовать нормам безопасности конструкции технологического оборудования насосных станций. Важную роль в создании безопасных условий труда играет соблюдение сроков планово-предупредительного ремонта.

Правила по технике безопасности содержат требования технического характера, направленные на защиту работающих от воздействия предметов и средств труда, безопасную работу оборудования.

Нормы по производственной санитарии и гигиены труда определяют устройство производственных и бытовых помещений, рабочих мест в соответствии с физиологией и гигиеной труда, а также безопасные пределы содержания в воздухе производственных помещений пыли, газов, паров и другие.

Правила и нормы по технике безопасности и производственной санитарии необходимо соблюдать как при проектировании, так и при эксплуатации промышленных объектов.

Правила и нормы по технике безопасности и производственной санитарии закрепляют важнейшие гарантии безопасности и гигиены труда.

При эксплуатации электрических сетей и установок может возникнуть опасность поражения человека электрическим током. Эта опасность вызвана тем, что при работе человек взаимодействует с техникой, или находится в электрическом поле.

4.4 Безопасность труда при резке, уборке и охлаждении металла

Для резки проката применяют ножницы нескольких типов. Поперечную резку заготовок и профилей квадратного и прямоугольного сечения перед прокаткой или после прокатки, а также холодную резку мелких профилей производят на ножницах с параллельными ножами. Для холодной и горячей резки листов, полос, сутунки, штрипсов, а также для резки сортового металла пачками применяют ножницы с наклонными ножами [14]. Дисковые ножницы применяют для обрезки кромок у листов и ленты и для разрезания широкой полосы вдоль на узкие ленты. Летучие ножницы применяют для резки металла, движущегося после прокатки с большой скоростью (резание на ходу), и устанавливают на непрерывных сортовых и листовых станах.

Обрезку концов и резку на части двутавровых балок, рельсов и других фасонных профилей, которые невозможно резать на ножницах из-за смятия или изгиба тонких полок и стенок этих профилей, производят дисковыми пилами. На пилах режется также и заготовка, если необходимо получить ровный рез, перпендикулярный оси заготовки. Резка осуществляется вращением зубчатого диска с одновременной подачей его в направлении резания.

В прокатных цехах применяют пилы трех типов: салазковые, маятниковые и рычажные. По условиям безопасности хорошо зарекомендовали себя в работе и в последние годы получили широкое распространение дисковые салазковые пилы. Дисковые маятниковые пилы в настоящее время не изготавливаются, так как их конструкция неустойчива и ограничена величиной хода диска. Рычажные дисковые пилы имеют ручную малопроизводительную подачу и применяют только для отрезки проб от прокатанного металла.

Как правило, ножницы для резки металла устанавливают в потоке механизированной подачи и уборки металла рольгангами, транспортерами и т.п. Механизм управления ножницами размещают на специальном пульте. Работа летучих ножниц горячей резки сортового и другого металла должна быть автоматизирована.

Для безопасного обслуживания ножниц необходим постоянный контроль за правильной установкой ножей, которые крепят таким образом, чтобы между ними был зазор, исключающий возможность образования заусенцев в местах разрыва.

Основными видами травм при резке, уборке и охлаждении сортовой стали являются следующие: захватывание рук вращающимися частями привода ножниц, разрыв диска пил, порезы зубьями пилы; удары и ожоги горячим металлом на холодильниках и придавливание контргрузами и эксцентриками механизмов холодильников; ожоги при уборке горячего металла; удары концом горячего раската при его сматывании в мотки; ожоги при увязке мотков горячей проволоки вручную. Тяжелые травмы могут быть в результате вылета ножей летучих ножниц.

Для предотвращения порезов рук и захватывания рабочих вращающимися частями привода ножниц ограждают вращающиеся части и оборудуют ножницы прижимными устройствами части, что устраняет ручную подправку металла [5,15]. Конструкция и состояние отдельных узлов оборудования ножниц должны исключать возможность неожиданных и сдвоенных ударов ножей. Шестерни ножниц ограждают предохранительными кожухами.

На ножницах обычно применяют пусковые устройства кнопочного типа. Если применяется педальное включение, то педали закрывают сверху предохранительными щитами во избежание случайного включения ножниц. Пол вокруг ножниц выстилается рифлеными или металлическими плитами с точечной наваркой. Ко всем частям ножниц обеспечивается удобный и безопасный доступ. Если обслуживающий персонал работает в непосредственной близости от ножниц горячей резки, то защиту от теплоизлучения осуществляют с помощью изолирующих цепных или водяных завес или специально устроенных экранов.

При работе на дисковых ножницах в потоке устанавливают кромкокрошительные ножницы. Кромки и концы толстых и средних листов обрезают, а также режут их на мерные длины гильотинными и дисковыми ножницами, расположенными в технологическом потоке.

У гильотинных ножниц устраивают специальные предохранительные линейки перед ножами, применение которых исключает возможность попадания рук рабочих в опасную зону. Линейки прикрепляют к раме ножниц, оставляя только щель, необходимую для подачи металла. При установке гильотинных ножниц в потоке взамен предохранительных линеек иногда применяют проводки типа приемных воронок. Если ножницы стоят не в потоке, доставлять листы к ним следует механизированным способом (магнитными кранами, электрокарами и т. п.). Подачу листов в эти ножницы необходимо механизировать при помощи транспортеров, подъемных столов, качающихся магнитов и т. п. Кроме того, ножницы снабжают надежными тормозами для предотвращения падения суппорта при выключенном механизме, а также обеспечивают приспособлениями, исключающими удвоенные и преждевременные удары.

На современных непрерывных тонколистовых станах резку листов осуществляют летучими ножницами. Подавать концы рулонов в приемные ролики размоточного барабана летучих ножниц следует магнитами, присосками или другими механизмами. Агрегат летучих ножниц должен иметь механический стопоукладчик. Смазка шестерен ножниц и пил горячей и холодной резки металла производится централизованно. На ножницах старой конструкции для безопасного выполнения операций смазки шестерен устанавливают масленки с вынесенными в сторону головками.

На рельсо-балочных станах для резки металла применяют дисковые пилы, диски которых на случай разрыва закрывают кожухами, оставляя минимально открытую часть диска. Для защиты рабочих от попадания под диск пилы кожух обеспечивается защитной надставкой, автоматически поднимающейся при выдвижении пилы во время резки. Для защиты от отлетающих искр кожух снабжается защитными козырьками и вокруг пил устанавливают предохранительные щиты. Для безопасной подправки рельсов и балок во время резки пилы оборудуют направляющими и прижимными устройствами. А ремни, шкивы, соединительные муфты и выступающие части валов пилы также закрывают предохранительными кожухами. Сшивать ремни встык не допускается. Вертикальные маятниковые пилы имеют в верхней части площадки с перилами и постоянные наклонные лестницы.

Резка металла на пилах сопровождается неприятным сильным шумом. Для уменьшения этого шума диски пил крепят в шайбах с прокладками из резины, войлока или асбестовой ткани. Для защиты от задевания рельсами или балками подводящие рольганги оборудуют бортами высотой не менее 400 мм, а перед пилами устанавливают предохранительные щиты.

Диск пилы необходимо ежедневно осматривать и при обнаружении трещин немедленно заменять. Заварка трещин на диске не допустима. Большую опасность представляет работа на пилах с поврежденными зубьями диска. Запрещается резать холодный металл пилой, предназначенной для горячей резки.

Для безопасного управления пилой пульт управления смещают относительно плоскости вращения диска. Это исключает вероятность

попадания осколков пилы в пульт управления при ее разрыве. Для быстрой остановки диска пилы электродвигатель пилы снабжают системой электродинамического торможения. Кроме того, механизм подачи пилы связывают единой системой блокировки, которая исключает возможность удара в диск пилы следующей заготовки в момент резки предыдущей, а также исключает возможность сталкивания отдельных заготовок в процессе их резки.

Для защиты от раскаленных искр металла и теплоизлучений перед ножницами устанавливают экраны из прочной густой сетки. Блюмы и слябы после резки клеймят с помощью клеймовочной машины, которая на многих металлургических заводах имеет дистанционное управление [5].

4.5 Техника безопасности при правке, фрезеровании и сверлении металла

После прокатки и резки часто необходима еще и правка металла, т. е. придание ему ровной и гладкой поверхности (для листов) или правильной геометрической формы по длине (для сортовых профилей). В зависимости от назначения правильные машины разделяются на две группы: листоправильные и сортоправильные. Для правки листового проката наибольшее распространение получили многороликовые правильные машины. Сортоправильные машины применяются для холодной правки сортового металла всех сечений: рельсов, балок, квадратов, уголков, швеллеров и т. д.

Для предотвращения захватывания рук или ног рабочих перед валками правильной машины устанавливают предохранительные щиты или вводные проводки, которые надежно закрывают зев валков. Соединительные шпиндели правильных машин по бокам и сверху ограждают сплошными или сетчатыми кожухами. Все движущиеся и вращающиеся части привода правильных машин (шестерни, соединительные муфты и т. п.) также ограждают.

В случае применения для подачи и уборки от правильной машины индивидуальных приводных роликов промежутки между ними с обеих сторон ограждают барьерами. Для перехода через рольганги или ролики спереди и сзади правильных машин устраивают специальные мостики.

Задача металла в правильные машины и уборка его от машин производится с помощью рольгангов. Применение ручной задачи с помощью холостых роликов не допускается. Во избежание выхода металла в сторону с задней стороны правильной машины устраивают прочные борта. Верхняя часть правильной машины перекрывается сплошным щитом. Управление нажимными болтами роликов правильной машины делают отдельным для левой и правой сторон машины. Манипулирование нажимными болтами производится с помощью штурвалов. Для доступа к штурвалам, если они находятся на высоте, устраивают площадки с лестницами и перилами. Кантовку рельсов в процессе правки производят с помощью

механизированных кантователей. Кантовка вручную может производиться только в исключительных случаях в старых цехах.

Подкладки, применяемые при правке, должны иметь длинные ручки. Для защиты ног правильщика от падающих подкладок правильную машину оборудуют ограждающим устройством.

Места между опорами стеллажей на пути шлеппер-ной дорожки, где рабочие подают рельсы в правильные машины, ограждают откидными устройствами. Кроме того, места колебания концов рельсов также следует ограждать. Для экстренной остановки машины у рабочего места старшего правильщика устанавливают кнопку «стоп». Такая остановка нужна, например, в случае остановки шлеппера, передвигающего рельсы, если машинист почему-либо не остановит их.

Площадка у правильной машины со стороны подачи и со стороны выдачи должна содержаться в чистоте и быть достаточно просторной [28]. Загружать эти площадки годными или бракованными деталями нельзя. Рабочие места у машины и посты управления рольгангами и шлепперами оборудуют звуковой сигнализацией. Машинисты управления этими механизмами обязаны полностью подчиняться распоряжениям старшего рабочего у машины.

Рабочее место оператора, подающего рельсы или балки к правильно-штемпельным прессам, ограждают от рольганга прочным бортом. При проектировании новых прокатных цехов уборочные шлепперы от правильных машин располагают на расстоянии не менее самой большой длины рельсов или балок.

Правильные машины для правки тонких листов устанавливают в потоке с другими агрегатами и обеспечивают механизированную подачу и уборку металла. Если же правильная машина расположена отдельно, то перед ней устанавливается приемный стол, а подача в правильные валки механизмуется с помощью роликов или транспортеров.

Раздирка пакетов листов осуществляется механизировано. При раздирке пакетов вручную (в старых цехах) раздирщики обеспечиваются кожаными рукавицами и наушниками. Расстояние между рабочими местами раздирщиков должно быть не менее 2 м. Проходы между рабочими столами и стеллажами с уложенными на них листами должны иметь ширину не менее 800 мм, а столы сортировочные должны быть просторными, ПРОЧНЫМИ и устойчивыми. Пачки листов при укладке должны тщательно выравниваться, а высота стопы не должна превышать 1 м. Для удобства работы сортировщиков следует внедрять автоматические стопоукладчики или другого рода приспособления для укладки листов в стопы. При ручной сортировке рабочих следует снабжать специальными приспособлениями: присосками, ладошками из прочного эластичного материала [15].

Передвижение рельсов от правильных прессов к фрезерным и сверлильным станкам для нарезания отверстий, обеспечивающих крепление подошвы рельса к шпалам, осуществляется путем применения клинкен-шлепперов с подламывающимися пальцами, установленными один от другого на расстоянии, кратном расстоянию между стенками.

Задачу рельсов в станки и их выдачу по направлению оси рельса осуществляют при помощи применения индивидуальных приводных роликов. Механизация сверлильных станков ликвидировала ряд неудобных и опасных ручных операций, значительно облегчила труд сверловщиков и повысила производительность станков. Фрезерные и сверлильные станки должны иметь автоматическую подачу режущего инструмента [15].

Рабочее место у фрезерных и сверлильных станков необходимо предохранять щитами от попадания смазочных веществ, воды, стружек и т. д. Пол покрывают частой деревянной решеткой. Прилегающие к проходам и рабочим местам движущиеся части фрезерных и сверлильных станков ограждают предохранительными коробками и кожухами, укрепленными прочно на своих местах. В качестве оградительных устройств нельзя применять случайные предметы (листы железа, ящики и т. д.). Для защиты от отлетающей стружки перед фрезами и сверлами станков устанавливают предохранительные щитки. Кроме того, работающие у станков обеспечиваются предохранительными очками с корригирующими стеклами. Все люки, расположенные около рабочих мест и проходов, должны быть закрыты приспособленными для них крышками.

После правки и другой механической обработки прокат направляется на инспекторские стеллажи. Перемещение рельсов и других видов проката между инспекторскими стеллажами производят электромагнитными кранами с подхватами. Проемы для выдачи готового проката с инспекторских стеллажей на склад оборудуют воздушно-тепловой завесой. Температура воздуха в отделочном отделении в холодное время года должна быть не ниже 14°C.

Осмотр готового проката на стеллажах производят с помощью переносных ламп напряжением не выше 36 в, оборудованных предохранительной арматурой. Передача металла на склады осуществляется через проемы, снабженные воздушно-тепловой завесой. Сортовую сталь, прошедшую отделку и приемку, укладывают в штабеля по видам, размерам, заказам и плавкам. Рельсы укладывают в штабеля с прокладками или крест-накрест. Высота рельсовых штабелей не превышает 4 м. Так же укладывают в штабеля балки и швеллеры. Крупносортовую сталь укладывают в штабеля крест-накрест связанными пачками. Высота штабеля должна достигать 4 м. Среднесортовую и мелкосортовую сталь укладывают связанными пачками в штабеля крест-накрест или в стойках, расстояние между которыми составляет 2 м. Проволоку укладывают в штабеля в несколько горизонтальных рядов. Высота штабеля в этом случае не должна превышать 3 м. Между штабелями оставляют проходы не менее 1 м [5].

4.6 Производственная вентиляция

Производственная вентиляция - система санитарно технических устройств и сооружений для удаления производственной вредности, и создания в рабочей зоне НПС воздушной среды, отвечающей гигиеническим требованиям.

В данном случае используется общеобменная, местная и искусственная вентиляция. Местная вентиляция используется для удаления вредных веществ непосредственно на месте их образования. Можно представить следующие виды местных укрытий:

- полностью закрытые кожухи, укрывающие источники выделения вредных веществ, из которых отсасывается воздух;
- открытые воздухоприемники, представляющие собой отсосы той или иной конструкции, приближенные к источнику поступления вредности.

Для обеспечения эффективной работы системы вентиляции важен контроль за состоянием воздуховодов, полностью присоединения отдельных отрезков. Наиболее совершенным видом механической вентиляции является кондиционирование воздуха, когда автоматически поддерживаются заданные условия воздушной среды независимо от изменений наружного воздуха и режима помещений.

4.7 Метеорологические условия на производстве

Работу на металлорежущих станциях часто ведут на открытом воздухе, поэтому она связана с воздействием на работающих различных метеорологических условий (температуры, влажности воздуха, ветра, естественных излучений). Метеорологические условия подвержены сезонным и суточным колебаниям. Внутри производственных помещений они в значительной степени зависят от характеристики зданий и технологических процессов, происходящих в них.

Неблагоприятные метеорологические условия могут явиться причиной несчастных случаев. При высокой температуре воздуха понижается внимание, появляются торопливость и неосмотрительность; при низкой - уменьшается подвижность конечностей вследствие интенсивной теплоотдачи организма.

На основе результатов исследования влияния метеорологических условий на работающих разработаны санитарные нормы. В холодный и переходной периоды года при температуре наружного воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ температура воздуха в помещении с незначительными тепловыделениями ($20\text{ ккал/м}^3\text{ч}$ и менее) допускается в пределах $17-22^{\circ}\text{C}$ при легкой работе и $13-18^{\circ}\text{C}$ при тяжелой. В помещениях со значительным тепловыделением (более 20 килокалорий на кубический метр час) в тот же период года допускается температура $17-24^{\circ}\text{C}$ при легкой работе, $13-17^{\circ}\text{C}$ при тяжелой работе.

Влияет на теплоотдачу организма и влажность воздуха. В холодный и переходной периоды года при температуре наружного воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ относительная влажность должна быть не больше 70%. В теплый период года при температуре наружного воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше при температуре в помещении $+28^{\circ}\text{C}$ относительная влажность должна быть не более 55% и при температуре $+24^{\circ}\text{C}$ и ниже - не более 70%. При меньшей относительной влажности воздух считается сухим, при большем - с повышенной влажностью, что отрицательно сказывается на организме человека. Сухой воздух приводит к повышенному испарению, в

связи с чем появляется ощущение сухости слизистых оболочек и кожи. Очень влажный воздух, наоборот, затрудняет испарение.

В связи с тем, что основные производственные процессы на металлорежущих станциях идут на открытом воздухе, "Правилами безопасности в станковой промышленности" предусмотрены мероприятия по защите рабочих от воздействия неблагоприятных метеорологических факторов:

- снабжение рабочих спецодеждой и спецобувью;
- устройство укрытий;
- зонтов над рабочими местами;
- помещений для обогрева рабочих.

Во время сильных морозов, ветров, ливней работы запрещены. К числу мероприятий по улучшению условий труда при работе на открытом воздухе относится также создание микроклимата на рабочих местах с помощью агрегатов и устройств.

4.8 Основные меры электробезопасности

Одно из основных мер - это заземление, то есть соединение электрической установки с заземляющим устройством; изоляция, выравнивание потенциалов, применение изолирующих средств, указателей напряжения, тока, переносных заземлений, временных ограждений.

Основные изолирующие защитные средства в электроустановках напряжением выше 1000 вольт относятся: оперативные и измерительные штанги; изолирующие и токоизмерительные клещи; указатели напряжений, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ. Их изготавливают из изоляционных материалов с устойчивыми диэлектрическими характеристиками (фарфор, бакелит, эбонит).

Все защитные средства должны храниться в строгом соответствии с правилами и подвергаться периодическим контрольным осмотрам, электрическим и механическим испытаниям в сроки и по нормам, установленным правилами.

4.9 Противопожарные и взрывопредупреждающие мероприятия

Безопасность людей при пожарах и взрывах, а также сокращение возможного ущерба от них достигается обеспечением пожарной безопасности производственных объектов и взрывобезопасности производственных объектов.

Предприятия станковой промышленности нередко отмечают повышенной пожарной опасностью, так как их характеризует сложность производственных установок, значительное количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, сжиженных горючих газов, разветвленная сеть трубопроводов с запорно-пусковой и регулирующей арматурой, большая оснащенность электроустановками.

Для предупреждения пожаров и взрывов от коротких замыканий, перегрузок и других причин, связанных с эксплуатацией электроустановок, необходим правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических цепей, машин, аппаратов, а также электрических средств автоматизации и связи.

Здание считается правильно спроектированным в том случае, если наряду с решением функциональных, санитарных и других технических и экономических требований обеспечены условия по пожарной безопасности.

При проектировании станковой станций необходимо учесть возможные пути эвакуационных выходов. В системе вентиляции предусматриваются каналы, прекращающие доступ воздуха при пожаре.

В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие принципы прекращения горения: изоляция очага горения от воздуха, охлаждение очага горения ниже определенных температур, интенсивное торможение скорости химической реакции в пламени, механический срыв пламени в результате воздействия на него сильной струи воды, создание условий огнепреграждения.

Вода, применяемая для тушения, обладает свойствами, ограничивающими область ее применения. Так при тушении водой металлопродукты и многие другие горючие жидкости всплывают и продолжают гореть на поверхности, поэтому вода может оказаться малоэффективной при их тушении. Огнетушащий эффект при тушении водой в таких случаях может быть повышен путем подачи ее в распыленном состоянии.

Огнетушители по виду огнетушащих средств подразделяются на жидкостные, углекислотные, химпенные, воздушно-пенные, хладоновые, порошковые и комбинированные.

В металлорежущих станциях применяют огнетушители типа: химпенные, воздушно-пенные, хладоновые, комбинированные. Способность конструкций задерживать распространения огня оценивается пределом их огнестойкости, выражаемым временем (в часах) от начала испытания строительной конструкции на огнестойкость до возникновения в них одного из следующих признаков: образования сквозных трещин; повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на 140°C или в любой точке этой поверхности более чем на 180°C по сравнению с температурой до испытания или более 210°C независимо от температуры конструкции до испытания.

Здания и сооружения по огнестойкости подразделяются на пять степеней, характеризуемых пределами огнестойкости основных строительных конструкций и распространения огня по этим конструкциям.

Возможность быстрой ликвидации возникшего пожара во многом зависит от своевременного извещения о пожаре. Наиболее быстрым и надежным видом пожарной связи и сигнализации является электрическая система и телефонная связь. Противопожарное водоснабжение рассчитано на подачу необходимого для тушения пожара количества воды под соответствующим напором.

4.10 Расчет магистрального противопожарного трубопровода

Расчет магистрального противопожарного трубопровода для тушения одного развивающегося пожара на откаточном горизонте в 400 метров от ствола шахты. Отметка горизонта 520 метров, а устья ствола шахты и насосной станции, находящейся на берегу естественного водоема 2680 метров от ствола - 710 метров. Сечение откаточного штрека 8 метров в квадрате, а скорость вентиляционного потока в нем 4 метров в секунду.

Расход воды на тушение пожара принимается из расчета одновременной работы одной водяной завесы на исходящей струе и одного пожарного ствола КР-Б с расходом воды $Q=30$ кубических метров в час. Расход воды на одну винтовую насадку ВВР-1 при давлении 0,4 мегапаскаль составляет 16,2 кубических метров в час, тогда завесу следует оборудовать $56,84 \div 16,2 = 3,5$, то есть четырьмя винтовыми насадками диаметром 16 миллиметров.

При этом фактический расход воды на завесу будет равен

$$Q_2 = 16,2 \cdot 4 = 64,8 \text{ м}^3/\text{час},$$

а общий расход воды на пожаротушение и изоляцию

$$Q = Q_1 + Q_2 = 30 + 64,8 = 94,8 \text{ м}^3/\text{час},$$

Внутренний диаметр трубопровода

$$d = 0,0188 \sqrt{\frac{Q}{V}} = 0,0188 \sqrt{\frac{9,48}{2,5}} = 0,115 \text{ м}$$

где $V=2,5$ метров в секунду - скорость движения воды в нем.

Полученную величину округляем до ближайшего стандарта $d=125$ миллиметров.

Необходимый напор у водозабора будет равен:

$$H = K \cdot L A Q^2 - H_r + H_n = (1,05 \cdot 2680 + 190 + 400) 6,7 \cdot 10^{-6} \cdot 94,8^2 - 190 + 16 = 56,$$

где K - коэффициент, учитывающий потери напора за счет местных сопротивлений;

A - удельное сопротивление трубопровода диаметром 125 миллиметров;

L - общая протяженность трубопровода;

H_r - геодезический перепад высот между насосной станцией и местом тушения пожара;

H_n - длина компактной водяной струи пожарного ствола КР-Б.

По рассчитанным данным выбираем насос погружного типа ЭНЦВ с регулируемым диапазоном производительности $Q_n=1,8 \div 152$ метров кубических в час и напором $H_n=0,16 \div 2,2$ мегапаскаль.

Так как глубина ствола равна 190 метров, то при давлении воды по нему самотеком могут возникнуть гидравлические удары. Поэтому на сопряжении ствола с откаточным горизонтом следует предусмотреть мембранный редуцирующий клапан марки КР-1М.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе описана управления процессом резки металла, представлены соответствующие концепции и дан обзор технологического развития. Во-первых, были представлены основные идеи в управлении производственным процессом, и системы управления процессом были классифицированы на системы адаптивного управления, системы адаптивного управления. Одной из основных трудностей при реализации более общей схемы оптимизации адаптивного управления является отсутствие надежного метода определения износа инструмента в режиме реального времени.

Таким образом, было проведено значительное количество исследований, направленных на эту проблему обнаружения износа инструмента. Описаны исследования, направленные на измерение износа инструмента в режиме реального времени с использованием измерения силы и адаптивной оценки состояния.

Основная трудность, связанная с управлением процессом в металлорежущих операциях, связана с нестабильностью контроллера или поломкой инструмента, которая может возникнуть из-за изменений параметров процесса. В последние годы были проведены значительные исследования в данной области, и несколько исследователей продемонстрировали применение методов адаптивного управления к системам. Здесь мы описали адаптивные системы управления процессами, одна из которых предназначена механической резки а другая – термической резке. Эксперименты четко продемонстрировали целесообразность использования системы адаптивного управления для управления процессом резки металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 [http://www.technolaser.ru/russian/album cut.htm](http://www.technolaser.ru/russian/album%20cut.htm)
- 2 O'Neill W., Gabzdyl J.T. New developments in laser-assisted oxygen cutting// Optics and Lasers in Engineering // 2000. Vol. 34. pp. 355-367.
- 3 Зайцев А.В., Ковалев О.Б., Маликов А.Г., Оришич А.М., Шулятьев В.Б. Лазерная резка толстых стальных листов при использовании сверхзвуковой струи кислорода // Квантовая электроника. 2007.Т. 37, №6. С 891- 892.
- 4 Афонин Ю.В., Голышев А.П., Иванченко А.И., Малов А.Н., Оришич А.М., Печурин В.А., Филев В.Ф., Шулятьев В.Б. Генерация излучения с качеством ТЕМ₀₀ моды в непрерывном СОг- лазере мощностью 8 кВт. // Квантовая электроника. 2004. Т. 31, No 4. С.307-310.
- 5 Макашов Н.К., Асмолов Е.С., Блинков В.В. и др. Газогидродинамика резки металлов непрерывным лазерным излучением в инертном газе. // Квантовая электроника. 1992. Т. 19, № 9. С. 910-915.
- 6 Ковалев О.Б., Оришич А.М., Фомин В.М., Шулятьев В.Б. Сопряженные задачи механики сплошных сред в процессах газолазерной резки металлов // ПМТФ. 2001. Т.42, №6. С. 106-116.
- 7 Голубев В.С. О механизмах удаления расплава при газолазерной резке материалов // Е-принт ИПЛИТ РАН, № 3, 2004
- 8 <https://studfiles.net/preview/951010/page:4/>
- 9 Автоматизация типовых технологических процессов металлообработки. Расчет и проектирование/Шапарев Н.К. – Киев ;Головное изд-во, 1984 – 312с.
- 10 Г.И.Грановский, В.Г.Грановский. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
- 11 Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. М., «Машиностроение»,1975. – 304с.
- 12 Основы автоматизации и управления технологическими процессами в машиностроении: Уч пособие д/студентов тех-х вузов/В.Ц. Зориктуев, Н.С. Буткин, А.Г. Лютов – Уфа: УГАТУ,2000 – 406с.
- 13 Справочник технолога-машиностроителя./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Т.2. М.: Машиностроение. 1985. - 656с.
- 14 Справочник по электрическим машинам. В 2 т. Под общ. ред. И.П.Копылова и Б.К. Клюкова. Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
- 15 Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования. М., «Машиностроение», 1975 – 176с