МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ профессиональноеУЧРЕЖДЕНИЕ

 «Норильский техникум промышленных технологий и сервиса»

научно-исследовательская работа

**Тема: «Математическое моделирование скорости резания»**

Работу выполнил:

Краснов Артур

Руководитель:

Преподаватель математики

Нистеренко Елена Дмитриевна.

Норильск, 2022

**Оглавление**

**Введение**…………………………………………………………………3-4

1. **Качество обработки деталей машин. Общие сведения.**
	1. Показатели качества………………………………………..4-6
	2. Производственно-технические показатели качества…….6-8
2. **Математическое моделирование**
	1. Аналитический (расчетный) метод определения режима резания……………………………………………………………8
	2. Вычисление скорости резания по эмпирической формуле.

…………………………………………………………………8-11

* 1. Расчёт числа оборотов………………………………………11

**Заключение**…………………………………………………………….…12

**Литература**……………………………………………………...……...…13

**Введение**

Машиностроение можно назвать главной отраслью народного хозяйства, которая определяет уровень развития экономики всего государства. Действительно, если страна не производит свои станки, свои машины, свои агрегаты, а пользуется только сугубо импортной продукцией, то такую страну трудно назвать подлинно независимой и экономически успешной.

Руководство нашей страны прекрасно понимает эту истину: именно поэтому в последние годы был принят ряд мер, направленных на поощрение и развитие собственного машиностроения. И одно из первых по значимости мест в этом крайне нужном деле занимает подготовка квалифицированных кадров. Ведь не подлежит никакому сомнению тот факт, что техника без грамотного специалиста превращается просто в "кусок железа". Именно для того, чтобы установленные на российских заводах станки и механизмы не превращались в такие "куски железа", и нужна профессия «Станочник (металлообработка)».

Машиностроение тесно связано с приборостроением, материаловедением, металлообработкой и многими другими техническими дисциплинами и с предметами естественнонаучного цикла. Но у меня возник вопрос: Насколько важна математика в моей профессии?

**Цель работы**: Выяснить, насколько важна математика в профессии станочника.

**Предмет исследования:** влияние скорости резания на качество обработки деталей.

**Объект исследования:** формулы расчёта скорости резания.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Изучить специальную литературу.
2. Определить какие математические вычисления применяются в технологии машиностроения и как они влияют на качество изготавливаемых деталей.
3. С помощью разных формул вычислить скорость резания и сравнить результат.

**Актуальность:**

Изготовление деталей не терпит ошибок и не позволяет их исправить, а значит, точно как и математика.

На сегодняшний день очень часто слышны такие новости как: « По техническим неисправностям произошло обрушение самолёта», или «Произошла авария, которая унесла огромное количество жизней», а ведь этого могло бы и не случиться, если бы не эти технические неисправности.

Самолет, автомобиль и т.д. должен быть сделан точно по чертежу, из определенного материала, обязан точно попадать в систему допусков: отклонения от расчетных значений могут обойтись слишком дорого. И если при выполнении математических расчётов будет допущена ошибка, соответственно на производстве будут изготовлены бракованные детали. Не получится ли, что надо будет отправлять детали на переплавку, повторять весь производственный цикл?

Ведь от того как правильно выполнены расчёты, зависит техническое состояние изделия.

1. **Качество обработки деталей машин. Общие сведения.**

Под качеством промышленной продукции понимают совокупность свойств продукции, обусловливающих её пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии со своим назначением.

* 1. **Показатели качества.**

Показатели качества изделия, установленные ГОСТ 15467-79, обычно разделяют на три группы: определяющие технический уровень, эксплуатационные и производственно-технологические.

К показателям, определяющим технический уровень, относят мощность, точность работы и производительность (например, станка), КПД, удельный расход горюче-смазочных материалов (например двигателя), степень механизации и автоматизации, экономичность, экологичность и т.д.

Относительными показателями качества изделий, характеризующими их технический уровень, считают количество энергии, расходуемой на выпуск единицы продукции, отношение массы транспортного средства к его грузоподъемности, удельный расход горючего (отношение объема истраченного топлива к пройденному пути) и др.

Показатели качества изделия с течением времени изменяются. В длительно работающем двигателе, например, возрастает расход топлива, а мощность его при этом падает; снижается точность металлорежущих станков, появляются утечки в гидроагрегатах и т. п.

Важнейшим эксплуатационным показателем качества изделия является надежность. Надежность - свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в определенных пределах в течение требуемого промежутка времени или наработки. Например, отечественные заводы гарантируют бесперебойную работу холодильников в течение трех лет; автомобилей - в течение одного года эксплуатации или 20 тыс. км пробега и т.д. Это значит, что в процессе наработки или в указанные периоды эксплуатации все показатели качества изделия должны находиться в пределах, указанных в гарантийных обязательствах.

Надежность машин во многом определяется прочностью и жесткостью их конструкций: правильным выбором схемы нагружения, рациональной расстановкой опор, приданием конструкциям жестких форм и т.п.

Надежность - это комплексный показатель, который в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации может включать в себя безотказность, сохраняемость, ремонтопригодность и долговечность изделия и его частей.

Безотказность - свойство изделия сохранять работоспособность в заданных условиях эксплуатации в течение некоторого времени или при выполнении определенного объема работы без вынужденных перерывов. В технологии машиностроения под работоспособностью понимают состояние изделия, при котором в данный момент времени его основные (рабочие) параметры находятся в пределах, установленных требованиями технической документации.

Сохраняемость - свойство изделия сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Ремонтопригодность - свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению в нем отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Ремонтопригодность характеризуется затратами труда, времени и средств на поддержание и восстановление работоспособности машин и оборудования. Например: нормальная работа современных ЭВМ быстро восстанавливается, путем замены отказавших блоков; колесо автомобиля с проколотой шиной тут же заменяют другим. Для поддержания оборудования в работоспособном состоянии на машиностроительных предприятиях составляют, а затем строго выполняют график планово-предупредительных ремонтов и т.д.

Эти и другие примеры свидетельствуют о том, что конструкторы, как правило, достаточно заботятся о ремонтопригодности своих изделий.

Долговечность - свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Понятию долговечности тождественно понятие ресурса машины (изделия), т. е. общее время работы в часах до первого капитального ремонта.

К основным факторам, снижающим долговечность и надежность изделий, относятся: износ трущихся поверхностей; повреждение поверхностей в результате действия контактных напряжений; наклеп, коррозия и старение; пластическое деформирование деталей, вызываемое местным и общим переходом напряжения за предел текучести или ползучести (при повышенных температурах).

Качество и надежность изделий непосредственно зависят от точности их изготовления. Под точностью в технологии машиностроения понимают степень соответствия производимых изделий их заранее установленным эталонам или образцам. Точность - понятие комплексное, которое характеризует не только геометрические параметры изделий и их элементов, но и единообразие различных свойств: упругих, динамических, электрических и т.д. Одним из основных показателей, определяющих точность машины, является точность относительных движений рабочих органов, т.е. максимальное приближение действительного характера движения исполнительных поверхностей к теоретическому закону движения, выбранному исходя из служебного назначения изделия.

Точность характеризует единообразие и многих других качественных показателей машин, например, развиваемой мощности, давления, производительности, КПД, и чем уже разброс этих показателей, тем точнее они выдерживаются.

За меру точности принимают величину отклонений отдельных показателей (параметров) от их заранее установленных значений.

Разность между действительными (фактическими) и теоретическими (расчетными) значениями каких-либо показателей называют погрешностью.

Сокращение погрешностей или повышение точности изготовления часто способствует повышению надежности и долговечности изделий. Например, установлено, что повышение точности изготовления деталей подшипника и сокращение зазора между телами качения и беговыми дорожками с 20 до 10 мкм способствует увеличению срока службы подшипника почти вдвое (с 740 до 1 210 ч). Одновременно всякое повышение точности влечет за собой рост производственных затрат. Поэтому подход «чем точнее, тем лучше» в общем случае считается ошибочным, свидетельствующим об отсутствии знаний действительных условий эксплуатации изделия.

Задача установления показателей точности решается конструктором на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований с учетом опыта эксплуатации прототипов и экономически обосновывается. Обширный материал с необходимыми требованиями к точности изделий, соединений и отдельных деталей машин приводится в справочниках для конструкторов и в другой технической литературе. Технологи на всех этапах изготовления изделий должны стремиться к последовательному достижению точности и выполнению всех других технических требований, определенных технической документацией.

К прочим эксплуатационным показателям качества изделия относят эргономические показатели, характеризующие степень учета антропометрических, биохимических, физиологических и других свойств человека в системе человек - машина - среда (удобство, простота и безопасность обслуживания, уровень шума, вибраций и др.), и эстетические показатели (композиция, внешнее оформление и пр.).

* 1. **Производственно-технические показатели качества.**

Производственно-технические показатели, или показатели технологичности конструкции, устанавливают эффективность конструктивных решений с точки зрения обеспечения оптимальных затрат труда и средств на изготовление изделия, его эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт. Качество изделия, заложенное в конструкцию на стадии проектно-конструкторских разработок, обеспечивается на заданном уровне при производстве и поддерживается в течение определенного времени при эксплуатации. Каждый показатель качества должен тщательно прорабатываться методически. Всякое ужесточение допусков показателей качества вызывает увеличение затрат на изготовление и эксплуатацию изделий. Рациональное значение допуска устанавливают на основе технико-экономических расчетов.

Например, исследование работы компрессора ГАВ-8 показало, что зазор между поршнем и цилиндром должен быть 0,093... 0,7 мм. Меньший зазор не позволяет компенсировать тепловые деформации поршня и цилиндра, имеющих различную температуру, их силовые деформации, порождаемые нагрузками и др. При зазоре более 0,7 мм компрессор теряет производительность. Была установлена посадка поршня в цилиндр диаметром 80H8/d8 с наименьшим зазором 100 мкм, что близко к расчетной величине. При этих условиях на увеличение зазора, связанного с износом деталей, остается около 0,5 мм. Если за год эксплуатации компрессора зазор возрастает на 0,08...0,12 мм, то это значит, что до максимально допустимого зазора компрессор должен проработать 5 - 6 лет вместо 3 - 4 лет при существовавшей практике назначения допусков. Экономичность такого решения не вызывает сомнений. Заметим, что часть допуска может идти на изготовление, сборку и регулирование, а другая - на компенсацию износа.

Указанную точность все труднее обеспечивать резанием. Дело в том, что режущий клин инструмента (лезвийного и абразивного) имеет скругления режущей кромки с радиусами в единицы и десятки микрометров, и не может обеспечить требуемой точности. При изготовлении прецизионных деталей все чаще отказываются от резания, связанного с удалением материала, и все чаще для достижения точности размеров, форм и расположения прибегают к наращиванию поверхностей.

Наращивание выполняют разными методами. В одном случае на подложку наносят тонкий слой жидкого материала, который затем затвердевает, в другом - слой порошка, который преобразуется в монолит под действием лазерного излучения. Входит в обиход термин «выращивание». Проблему размерной точности решают с помощью ионной обработки: напыление на деталь тончайших слоев изменяет размер, исчисляемый с точностью до тысячных долей микрометра. Такие процессы составляют суть нанотехнологии.

Производство прецизионных деталей требует особой организации производства и больших материальных затрат. Окончательную доводку таких деталей производят в термоконстантных помещениях (цехах) со среднегодовой температурой (20 ± 0,5) °С, как правило, при отсутствии дневного света, и при повышенных требованиях к содержанию пыли в воздухе и т. п.

Основные показатели качества изделия вместе с техническими условиями и нормами точности на приемку изделий могут утверждаться в виде государственных стандартов, например государственные стандарты на подшипники, электродвигатели, металлорежущие станки и др. Качество изделий во многом определяется качеством деталей и сборочных единиц, а также качеством сборки.

1. **Математическое моделирование**

Сейчас нет области науки, в которой не использовалось математическое моделирование. Применение математических методов стало традиционным во многих областях деятельности человека.

Применение математики в той или иной области знания – не простое дело. Для того, чтобы математика могла быть использована в данной отрасли знаний, необходимо выработать систему понятий, допускающих математическую обработку.

При проектировании технологических процессов механической обработки или режущих инструментов возникает необходимость в определении и назначении элементов режима резания. В практике механической обработки накоплен огромный нормативно - справочный материал, с помощью которого можно назначить любой режим резания для любого вида механической обработки. Однако, табличный метод назначения режимов резания является весьма громоздким, так как требует анализа большого количества справочной информации. Более того, все режимные параметры взаимосвязаны и при изменении хотя бы одного из них автоматически изменяются и другие, что еще более усложняет процесс назначения режимов резания.

* 1. **Аналитический (расчетный) метод определения режима резания.**

Аналитический (расчетный) метод определения режима резания менее трудоёмок и более предпочтителен при проектировании технологических процессов механической обработки резания. Он сводится к определению, по эмпирическим формулам, скорости, сил и мощности резания по выбранным значениям глубины резания и подачи.

Для проведения расчетов необходимо иметь паспортные данные выбранного станка, а именно - значения подач и частот вращения шпинделя, мощности электродвигателя главного движения. При отсутствии паспортных данных расчет выполняется приблизительно, в пределах тех подач и частот вращения шпинделя, которые указаны в справочной литературе.

**2.2.Вычисление скорости резания по эмпирической формуле.**

Скорость резания - длина пути, которую проходит в одну минуту точка обрабатываемой поверхности детали.

Режимом резания называется совокупность элементов, определяющих условия протекания процесса резания. К элементам режима резания относятся – глубина резания, подача, период стойкости режущего инструмента, скорость резания, частота вращения шпинделя, сила и мощность резания.

Рациональная эксплуатация режущего инструмента заключается в назначении таких режимов резания, при которых инструмент выдерживал бы заданную норму экономической стойкости. [3]

Стойкость инструмента, соответствующая экономической скорости, при которой себестоимость изготавливаемых изделий является минимальной, называется экономической стойкостью. [3]

Точное определение скорости экономических режимов для конкретных условий обработки требует большого числа опытных данных. Поэтому их определяют приближённо, по справочным данным, а затем корректируют в цеховых условиях. [1]

Для расчёта скорости резания при различных условиях обработки используется эмпирическая формула:

$v=\frac{C\_{v}}{T^{m}t^{x}s^{y}} K\_{v}$ (1),

$$K\_{v}=K\_{м}∙K\_{q}∙K\_{сож}$$

где $C\_{v}$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от вида обработки, обрабатываемого материала и от угла $φ$ резца (определяется по справочнику). Чем меньше угол $φ$, тем большая длина режущей кромки участвует в работе, тем лучше отвод теплоты от лезвия в державку; стойкость резца повышается, что позволяет повысить скорость резания;

**m** – показатель степени, характеризующий интенсивность падения стойкости при увеличении скорости; для быстрорежущих резцов m=0,2;

$K\_{м}$ – коэффициент, учитывающий механические свойства обрабатываемого материала – с увеличение предела прочности коэффициент уменьшается;

$K\_{q}$ – коэффициент, учитывающий сечение державки резца (только для быстрорежущих резцов) – при большом сечении державки коэффициент увеличивается;

$K\_{сож}$ - коэффициент, зависящий от качества смазочно-охлаждающей жидкости (только для быстрорежущих резцов); чем лучше охлаждается резец, тем выше коэффициент.

t – глубина резания, находится в знаменателе формулы: это означает, что с увеличением площади сечения стружки увеличивается сила, действующая на резец, и расходуемая мощность резания, соответственно растёт теплота резания, вызывающая размягчение и износ резца. Чтобы сохранить заданную стойкость, уменьшают скорость резания.

 s- величина подачи, также находится в знаменателе формулы, это означает, что с увеличением подачи также растёт площадь сечения среза и соответственно падает скорость резца.

На скорость резания влияет различное значение элементов.

Показатель степени при глубине резания всегда меньше, чем показатель степени при подаче, т. е. x<y. Отсюда следует важная закономерность резания при точении: *для повышения скорости резания при неизменной стойкости или для повышения стойкости при неизменной скорости резания следует увеличить глубину резания, соответственно уменьшив подачу*. [3]

 Расчет режима резания (токарная обработка).

Произвести обточку валика с одной стороны (черновая) из заготовки, полученной методом горячей штамповки **Ø**90 х 725 мм с припуском по шейкам вала 5 мм на сторону, материал заготовки сталь 40Х, σв=72 кг/мм2, станок токарно-винторезный - 1К62, η=0,8. Инструмент - резец проходной, φ=45°, Т5К10, резец проходной упорный 16x25 ψ=90°, Т5К10.

|  |  |
| --- | --- |
| Рис.1Обработка ступеней валикаD:\мои документы\media\image1.jpeg | Приспособление - центры, хомутик.Паспортные данные станка 1К62Число оборотов шпинделя в минуту: 12,5; 16 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125;160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000 об/минПродольные подачи 0,07; 0,074; 0,084; 0,097; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,17; 0,195; 0,21; 0,23; 0,26; 0,28; 0,30; 0,34; 0,39; 0,43; 0,47; 0,52; 0,57; 0,61; 0,70;0,78; 0,87; 0,94; 1;04; 1,14; 1,21; 1,40; 1,56; 1,74; 1,90; 2,08; 2,28; 2,42; 2,80; 3,12; 3,48; 3,80; 4,16 мм/об |

Максимальное усилие подачи осевой 360 кг,

Мощность на шпинделе N = 8,5 кВт

1. Устанавливается глубина резания t=5 мм для обработки каждой шейки вала (весь припуск) (см. рис. 1).
2. По справочным данным [4] определяется подача 0,5-1,1 для диаметра детали 60-100 мм и размера державки 16x25 мм при глубине 3 -5 мм. В среднем получается подача ST=0,8 мм/об.
3. Ближайшее значение подачи по паспорту станка Sct=0,78 мм/об.
4. Расчетная скорость резания определяется по эмпирической формуле (1).

Значение коэффициента и показателей степени определяется из справочного материала [4]. Для подачи S =св. 0,7; Cv=340, х=0.15, у=0.45, m=0.20,Т=60мин.
Для поправочных коэффициентов $K\_{м}, K\_{q}, K\_{сож}$ по скорости резания из справочного материала [4] устанавливают величины поправок.

$K\_{v}=K\_{м}∙K\_{q}∙K\_{сож}$ , Kv=l, 04∙0,8∙0,65=0,54

Стойкость резца Т=60 мин, глубина резания t=5 мм, величина подачи s=0,78 об/мин, поправочный коэффициент $K\_{v}$=0,54.

Подставив эти данные в формулу (1), получим

 $v=\frac{340}{60^{0.2}∙5^{0,15}∙0,78^{0,45}}∙ 0,54=\frac{340}{2,267∙1,27∙0,894}∙0,54=\frac{340}{2,574}∙0,54=71,3(м/мин)$

$$T^{m}=60^{0,2}=60^{\frac{2}{10}}=60^{\frac{1}{5}}=\sqrt[5]{60}=2,267(мин)$$

$$t^{x}=5^{0,15}=5^{\frac{15}{100}}=5^{\frac{3}{20}}=1,27(мм)$$

$$s^{y}=0,78^{0,45}=0,78^{\frac{45}{100}}=0,78^{\frac{9}{20}}=0,894(мм/об)$$

При расчете скорости резания допускается погрешность.

**2.3.Расчёт числа оборотов.**

Число оборотов шпинделя для обработки шеек диаметром Ø61,5; Ø71,5; Ø81,5 можно вычислить, используя формулу:

 $v=\frac{π∙D∙n}{1000}$(2), из которой выразим n, получим $ v∙1000=π∙D∙n$,

 $n=\frac{v∙1000}{π∙D}$(3)

где $v$ - скорость резания (м/мин),

D – диаметр обрабатываемой поверхности детали (мм),

n – частота вращения шпинделя, число оборотов(об/мин).

 $π=3,14.$

D – диаметр обрабатываемой заготовки, его значение берётся из чертежа. [2]

$$n\_{1}=\frac{v∙1000}{π∙D\_{1}}=\frac{71,3∙1000}{3,14∙61,5}=\frac{71300}{193,11}=369,2\left(об/мин\right);$$

$$n\_{2}=\frac{v∙1000}{π∙D\_{2}}=\frac{71,3∙1000}{3,14∙71,5}=\frac{71300}{224,51}=317,6\left(об/мин\right);$$

$$n\_{3}=\frac{v∙1000}{π∙D\_{3}}=\frac{71,3∙1000}{3,14∙81,5}=\frac{71300}{255,91}=278,6\left(об/мин\right).$$

1. По паспорту станка при назначении чисел оборотов шпинделя можно принять $n$=315 об/мин.
2. Реальная скорость резания для трех шеек вычисляется, применяя формулу (2). Получаем:

$v\_{1}=\frac{π∙D\_{1}∙n}{1000}=\frac{3,14∙61,5∙315}{1000}=60,82м/мин$;

$v\_{2}=\frac{π∙D\_{2}∙n}{1000}=\frac{3,14∙71,5∙315}{1000}=70,72м/мин$;

$v\_{3}=\frac{π∙D\_{3}∙n}{1000}=\frac{3,14∙81,5∙315}{1000}=80,6м/мин$.

Расчётная скорость резания у нас получилась равная $v=71,3(м/мин)$.

Разница с расчетной скоростью не превышает 10-15%, поэтому можно принять обработку трех шеек на общих оборотах $n$ =315 об/мин.

**Заключение**

Используя математическое моделирование, я смог рассчитать скорость резания обработки ступенчатого вала по двум формулам. Проведённые мною вычисления показали, что расчёт по эмпирической формуле даёт более точный результат, учитывая все зависимости.

Выяснил, что точность вычисления скорости резания напрямую связана с качеством обработки поверхности. Большая шероховатость образуется при маленькой скорости, что отрицательно влияет на качество изготавливаемой детали и на срок службу механизма, в котором она используется. Высокое качество поверхности достигается при высоких скоростях резания у резцов, оснащённых твердым сплавом, что приводит к повышению производительности труда.[1] А также пришёл к выводу, что от точности математических вычислений зависит очень многое, качество изготавливаемых на производстве деталей машин и другого оборудования. Не зря говорят: «Математика-царица всех наук».

**Литература**

1. А.М.Адаскин, Н.В.Колесов. Современный режущий инструмент. М.: Издательский центр «Академия», 2013.
2. Р.М.Гоцеридзе. Процессы формообразования и инструменты. М.: Издательский центр «Академия», 2015.
3. В.В.Данилевский. Технология машиностроения. М.: Высшая школа,1984.
4. Справочник молодого токаря. М.: Высшая школа,1988.