

СТАУ: 6
177.91

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА**

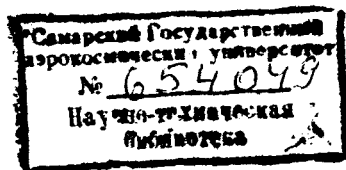
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА.
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА**

САМАРА 2000

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА.
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Методические указания к курсовой работе



САМАРА 2000

Составители: К.Ф. Митряев, М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов

УДК 621.9.06

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА:

Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Сост.:

К.Ф. Митряев, М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов. Самара, 2000,
53 с.

Методические указания к курсовой работе знакомят студентов с содержанием работы, порядком ее выполнения, приводятся примеры расчета простого и сложного режущих инструментов, кинематический анализ металло-режущего станка, даются конкретные указания по выбору необходимой литературы.

Методические указания предназначены для студентов дневного и вечернего обучения. Выполнены на кафедре МОМ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева.

Рецензент, доц. А.В. Гаврасов

Цель курсовой работы: закрепление и углубление знаний, полученных на лекциях и лабораторных работах по курсу «Обработка конструкционных материалов, оборудование и инструмент»; приобретение практических навыков по работе с технической и справочной литературой, по выбору наилучших режущих инструментальных материалов, подбору, конструированию и расчету *высокопроизводительных режущих инструментов*; назначение оптимальных, с точки зрения производительности, точности и качества обработки, режимов резания; освоение методик, анализа принципов работы, взаимодействия рабочих органов, кинематики и элементов конструкции и управления металлорежущих станков, способов их настройки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание на курсовую работу выдается каждому студенту на бланке, в котором указываются номера эскиза и варианта. В соответствии с этими номерами из альбома эскизов для курсовой работы берутся конкретные данные: эскиз детали, материал и его твердость или прочность, состояние (отожженный, отпущенный, закаленный), основные размеры, точность и шероховатость поверхностей, которые рекомендуется обрабатывать (указывается буквами в скобках), а также виды проектируемых инструментов.

В бланке задания указываются также наименование и модель станка для кинематического анализа и настройки, литература, в которой этот станок описан.

В соответствии с содержанием задания работа выполняется по этапам:

- по исходным данным производится выбор конструкций, материала, основных элементов режущих инструментов и расчет основных параметров;
- выполняются эскизы инструментов, затем - рабочие чертежи;
- по нормативам назначаются режимы обработки;
- производится изучение принципа и схемы работы станка, его рабочих органов, рабочих и вспомогательных движений, кинематики и настройки станка, описание схем управления и конструкций отдельных механизмов.

Каждая выполненная часть работы, эскизы, рабочие чертежи и схемы предъявляются на просмотр руководителю на консультациях, проводимых по расписанию. На этих консультациях руководитель дает пояснения и указания, подписывает готовые работы и чертежи, отмечает процент выполнения работы в журнале.

После завершения работы в целом он подписывает ее к защите. Защита производится по специальному расписанию в присутствии комиссии из двух-трех преподавателей.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Расчет и конструирование режущих инструментов

На этом этапе работы студент выбирает, конструирует и рассчитывает два инструмента - простой и сложный.

К простым инструментам относятся: нестандартные резцы (проходные, подрезные, отрезные, расточные, канавочные и т.д.), сверла, зенкеры, развертки, фрезы (цилиндрические, концевые, торцевые, дисковые), метчики, плашки и другие инструменты, не требующие сложных расчетов.

Инструмент выбирается, конструируется и рассчитывается применительно к обработке заданной поверхности детали с учетом ее общей конструкции и возможной обработки им других поверхностей при определенном закреплении и выполнении операций на заданном станке (например, проточка поверхности и подрезка торца, снятие фаски и др.), с учетом вида материала детали, его физико-механических свойств и состояния (нормализованный, отожженный, закаленный, с указанной твердостью или прочностью). Если заданный станок не подходит для обработки данным инструментом, то следует ориентироваться, по усмотрению студента, на станок наиболее целесообразный для обработки данной детали с учетом типоразмера.

Выбор конструкции, размеров, геометрии заточки, материала режущей части и оправки инструмента должен быть обоснован с точки зрения достижения наибольшей производительности и экономичности обработки, прочности и стойкости инструмента и обеспечения заданного качества обработанной поверхности - шероховатости, наклепа, остаточных напряжений, точности с учетом места операции в технологическом процессе (черновая, получистовая, чистовая окончательная). Этот вопрос уточняется с преподавателем. Рекомендуется отдавать предпочтение инструментам, оснащенным твердым сплавом. Быстрорежущие стали следует применять в тех случаях, когда невозможно или явно нецелесообразно использовать твердосплавные инструменты. Углеродистые и низколегированные инструментальные стали применять для ручных инструментов и машинных

инструментов при обработке мягких цветных сплавов, неметаллических материалов, а также инструментов, работающих на низких скоростях резания - сверла, зенкеры, развертки, метчики, плашки, фрезы малого размера.

При выборе марок твердых сплавов и быстрорежущих сталей следует, по возможности, применять материалы с пониженным содержанием вольфрама. При выборе формы, основных элементов и размеров инструментов исходят из государственных стандартов, приспособляя стандартные инструменты к своей детали, при этом учитывая размеры и свойства обрабатываемого материала.

Геометрические параметры режущей части (углы γ , λ , α , α_1 , ϕ , ϕ_1 , λ_T и др.), фаски, подточки, стружкоразделительные канавки, стружколесмы и стружкозавиватели выбираются по нормативам, из общих соображений по повышению работоспособности инструмента для заданных условий обработки, по рекомендуемым методам улучшения стандартных конструкций. Особенно на это надо обратить внимание при обработке деталей из жаропрочных, высокопрочных материалов и титановых сплавов. Инструмент (по сравнению со стандартным) при этом должен быть более прочным, жестким и виброустойчивым за счет целесообразного уменьшения рабочей части, размеров шеек, устранения выточек, изменения крепежных и других элементов.

Там, где это необходимо, следует производить проверочные расчеты на прочность (сверла, расточные и отрезные резцы, протяжки и др.), расчеты конусов из условия обеспечения необходимого момента трения, обоснование и расчет номинальных размеров и назначение полей допусков из условия обеспечения запаса на износ (развертки, протяжки, фасонные инструменты и др.).

При проектировании инструмента следует пользоваться научно-технической и нормативной литературой и соответствующими стандартами (см. библиографический список).

К сложным инструментам относятся: червячные модульные фрезы, червячные фрезы для нарезания прямобоковых шлицевых валиков, зуборезные долбяки, наружные и внутренние протяжки, круглые и призматические фасонные резцы, фасонные фрезы (для фрезерования выступов, канавок, елочных пазов и т.д.), специальные метчики - корригированные, с шахматным расположением зубьев, острозатылованные и др.

Для всех сложных инструментов рекомендуется следующий порядок проектирования и расчета:

1. Выписываются исходные данные по размерам детали, требования по точности, шероховатости, данные о материале, его физико-механических свойствах и термообработке.

2. Приводится схема обработки инструментом, где указываются рабочие движения.

3. С учетом имеющихся стандартов выбираются и обосновываются целесообразная конструкция инструмента и его основные элементы (наружный и делительный диаметры, размеры посадочных отверстий и другие конструктивные размеры).

4. При соответствующем обосновании выбирается инструментальный материал. Относительно простые инструменты (фасонные призматические и стержневые резцы, фасонные фрезы, некоторые протяжки и др.) могут оснащаться пластинками твердого сплава или изготавливаться из пластифицированных твердосплавных заготовок и быстрорежущих сталей. Инструменты со сложным профилем и сложной конструкции (круглые фасонные резцы, фрезы, протяжки, червячные фрезы и долбяки, шеверы), подвергающиеся при изготовлении или заточке профильной шлифовке, изготавливаются из хорошо шлифуемых высококачественных быстрорежущих сталей (P18, P6M5, P9K5, P9K10...), а в исключительных случаях, в соответствии с рекомендациями, - из сталей с повышенным содержанием ванадия (P9Ф5, P18Ф2, P10K5Ф5 и др.).

5. По имеющимся нормативам [5, 13, 41-48] назначается режим обработки.

6. Выбираются или определяются основные геометрические элементы - передние и задние углы, углы заборного конуса, углы спирали и т.д., которые обеспечивают высокую производительность, качество обработки и стойкость инструмента.

7. Определяются или корректируются профили зубьев, их размеры. Эта задача может быть выполнена аналитически или графически с вычерчиванием в увеличенном масштабе. Выполняются различного рода проверки.

8. Выбираются или рассчитываются другие конструктивные элементы инструмента и его зубьев (число и шаг зубьев, диаметры окружностей, формы и размеры канавок, стружкоразделительные элементы, длины и толщины отдельных частей и др.).

9. Выполняется рабочий чертеж инструмента с указанием точности ответственных размеров, шероховатости обработки, материала и его термообработки, необходимых технических условий в соответствии с ГОСТами и указаниями по маркировке. На чертеже также в увеличенном масштабе изображаются профили режущей части фасонных инструментов, шаблоны и контршаблоны, элементы затылования и др.

Примеры проектирования и расчета режущих инструментов

В качестве примера проведем проектирование развертки, шлифовального круга и долбяка, предназначенных для обработки вала-шестерни (рис.1) из стали 40X ($\sigma_B=800\text{МПа}$).

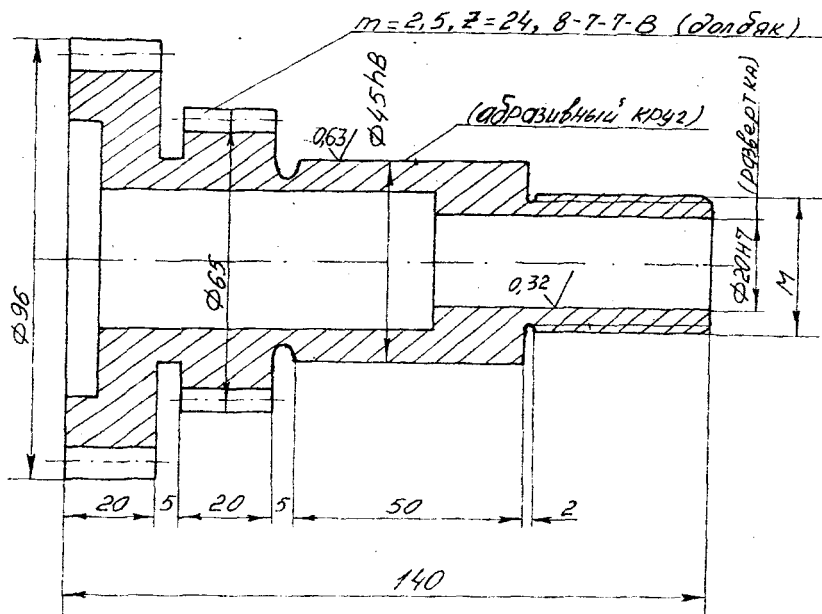


Рис. 1. Вал-шестерня

Пример 1

Спроектировать развертку для обработки сквозного отверстия $\phi 20H7$.

Согласно рекомендациям [51, 68] развертывание должно производиться после сверления и чистового зенкерования, припуск на развертывание принимаем равным $0,2\text{мм}$ на сторону. Поэтому диаметр предварительного отверстия будет составлять: $20-0,4=19,6\text{мм}$. Обработку отверстия будем проводить на вертикально-сверлильном станке модели 2Н135А. Выбор конструктивных элементов развертки и ее расчет рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1. Определяется диаметр режущей части развертки под заданное отверстие.

Определяем диаметр режущей части развертки по методике [40].

Допуск диаметра режущей части цилиндрической развертки рассчитываем в зависимости от поля допуска на обрабатываемое отверстие (IT), которое равно $0,021\text{мм}$, по следующей схеме:

максимальный диаметр развертки равен максимальному диаметру отверстия минус $0,15IT$;

минимальный диаметр развертки равен максимальному диаметру развертки минус $0,35IT$.

Значения $0,15IT$ и $0,35IT$ округляем в сторону больших значений на $0,001\text{мм}$.

Предельные отклонения номинального диаметра развертки для поля допуска отверстия $T=0,021\text{мм}$ находим в следующей последовательности.

Задано отверстие $20H7$ ($20^{+0,021}\text{мм}$). Следовательно, по ГОСТ 25347-82:

номинальный диаметр отверстия $20,000\text{мм}$;

максимальный диаметр отверстия $20,021\text{мм}$;

допуск отверстия (IT), соответствующий заданному допуску, $H7=0,021\text{мм}$;

$0,15IT=0,15 \cdot 0,021=0,00315\text{мм} \approx 0,004\text{мм}$;

$0,35IT=0,35 \cdot 0,021=0,00735\text{мм} \approx 0,008\text{мм}$;

максимальный диаметр развертки $d_{\max}=20,021-0,004=20,017\text{мм}$;

минимальный диаметр развертки $d_{\min}=20,017-0,008=20,009\text{мм}$.

Получаем диаметр режущей части развертки: $\varnothing 20^{0,017}_{0,009}$.

Эти данные можно получить из табл. 74 [40].

2. Выбирается марка инструментального материала.

Материал режущей части выбирается исходя из свойств обрабатываемого материала, требуемой точности и шероховатости отверстия, экономичности обработки, надежности работы инструмента.

Развертки диаметром более 10мм изготавливаются сварными: рабочая часть - из инструментального материала, а хвостовик - из конструкционных сталей 45, 40X, У7А, У8А и др. Обе части свариваются встык контактной сваркой.

Рабочая часть разверток из быстрорежущих сталей закаливается на твердость $62...66HRC_3$. Твердость хвостовиков и корпусов сварных, сборных и напаянных разверток из сталей 45 и 40X - $35...45HRC_3$. Твердость квадратов и лапок хвостовиков должна соответствовать $30...40HRC_3$.

В нашем случае марку инструментального материала для режущей и калибрующей, т.е. рабочей части развертки выбираем по [68].

Находим, что для развертывания отверстий в легированной стали может быть использована развертка с рабочей частью из быстрорежущей стали Р18. Учитывая дефицитность стали Р18, заменим ее сталью Р6М5, близкой по режущим свойствам к Р18. С целью экономии быстрорежущей стали шейку и хвостовик развертки целесообразно изготовить из конструкционной стали 45, соединив ее с быстрорежущей сталью рабочей части методом контактной сварки встык.

3. Определяются основные параметры развертки.

Следующие за диаметром режущей части цельной цилиндрической машинной развертки параметры находим по [22] или по [68]:

1) Определяем диаметр обратного конуса $D_1 = D - (0,04 \div 0,08) = 20,017 - 0,04 = 19,977 \text{ мм}$.

2) Определяем диаметр заборной части $D_2 = D - (1,3 \div 1,4) 2t = 20,017 - 1,3 \cdot 2 \cdot 0,24 = 20,017 - 0,624 = 19,393 \text{ мм}$, где глубину резания $t = 0,24 \text{ мм}$ находим по карте 1 [49]. На переднем торце развертки снимается направляющая фаска под углом 45° , предохраняющая развертку от повреждения.

3) Величина угла при вершине ϕ непосредственно влияет на стойкость развертки, чистоту обрабатываемой поверхности и усилие, необходимое для развертывания. У машинных разверток при обработке стали $\phi = 12 \div 15^\circ$. Принимаем $\phi = 15^\circ$. Заборная (режущая) часть развертки осуществляет основную работу резания. В месте сопряжения заборной части развертки и ее калибрующей части создается плавный переход.

4) Длина заборной части разверток устанавливается равной:

$$l_1 = \frac{D - D_2}{2} \operatorname{ctg} \phi + m = \frac{20,07 - 19,393}{2} \cdot 3,732 + 2 =$$

$$= 0,312 \cdot 3,732 + 2 = 1,16 + 2 \approx 3,2 \text{ мм} \approx 3 \text{ мм},$$

где длина фаски $m = 1 \div 3 \text{ мм}$ (в зависимости от диаметра развертки), принимаем $m = 2 \text{ мм}$.

5) Длина рабочей части машинных разверток

$$l = (0,8 \div 3) D = 3 \cdot 20,017 = 60,051 \approx 60 \text{ мм}.$$

6) Длина цилиндрической части машинных разверток

$$l_4 = (0,25 \div 0,5) l_2, \text{ где } l_2 = l - l_1 = 60 - 3,2 = 56,8 \text{ мм} - \text{длина}$$

калибрующей части; принимаем $l_2 = 57 \text{ мм}$,

$$l_4 = 0,5 \cdot 56,8 = 28,4 \text{ мм} \approx 28,5 \text{ мм}.$$

7) Общая длина развертки $L = l + l_3 + l_6$, где l_3 -длина шейки, l_6 -длина хвостовика.

Общая длина разверток зависит от метода крепления развертки и глубины обрабатываемого отверстия. Длины отдельных частей и общая длина развертки принимаются по соответствующим стандартам.

8) Число зубьев развертки можно ориентировочно определить по формуле.

$$z = 1,5 \cdot \sqrt{D} + (2 \div 4) = 1,5 \cdot \sqrt{20} + 2 = 6,7 + 2 = 8,7.$$

Принимаем $z=8$. Большая величина z принимается для разверток повышенной точности. Рекомендуется выбирать четное число z , позволяющее производить промер диаметра развертки микрометром.

9) Задний угол α на заборной и калибрующей частях принимается равным $6+10^\circ$. Меньшая величина угла берется для чистовых разверток, большая для черновых.

10) Режущие кромки на заборной части разверток затачиваются наостро; на режущих кромках калибрующей части оставляется ленточка f шириной от 0,08 до 0,5мм. Ширина ленточки f зависит от диаметра развертки, а ее величины приведены в табл. 42 [22]: при $D=20$ мм $f=0,15+0,30$ мм, принимаем $f=0,25$ мм.

11) Передний угол γ устанавливается: у чистовых разверток $\gamma=0^\circ$; у черновых разверток $\gamma=5+10^\circ$ по разделу 5 [22].

12) Для получения высокого класса шероховатости поверхности обработанного отверстия угловой шаг w зубьев развертки делается неравномерным. Неравномерное распределение углового шага рекомендуется делать по табл. 43 [22]. При $z=8$: $w_1=42^\circ$; $w_2=44^\circ$; $w_3=46^\circ$; $w_4=48^\circ$.

13) Канавки разверток диаметром до 20мм фрезеруются угловой фрезой. Размеры элементов профиля таких канавок выбирают по табл. 42 [22]. При $D=20$ мм и $z=8$: $V=80^\circ$ - угол между стенками канавки; $R=0,5$ мм - радиус дна канавки; $F=1,0$ мм - ширина заточки затылочной части зуба плюс ширина f .

14) Стандартные развертки изготавливаются прямозубыми. Развертки с винтовыми зубьями применяются для обработки особо точных отверстий. Угол наклона винтовых канавок выбирается в зависимости от твердости или вязкости материала.

4. Выбирается конструкция машинной развертки согласно существующим ГОСТам на развертки. Машинные цельные цилиндрические развертки имеют цилиндрический хвостовик при $D \leq 10,0$ мм

и конический хвостовик при $D \geq 10,5$ мм. Следовательно проектируемая нами развертка будет с коническим хвостовиком. Длина развертки и ее рабочей части принимается по имеющимся стандартам. Номер конуса Морзе хвостовика принимаем после определения среднего диаметра хвостовика.

В связи с полученными основными параметрами развертки и с тем, что глубина обрабатываемого отверстия составляет 48 мм (берется из чертежа детали), наиболее подходящей для нас стандартной разверткой будет:

Для обработки отверстия диаметром $D=20$ мм с полем допуска по Н7: Развертка 2363-3463 Н7 ГОСТ 1672-80. Со следующими стандартными размерами:

- длина развертки $L=228$ мм;
- длина рабочей части $l=60$ мм;
- величина угла при вершине $\varphi=15^\circ$;
- число зубьев $z=8$;
- конус Морзе №2.

Эти стандартные размеры принимаем для проектируемой развертки, за исключением пока номера конуса Морзе, который находим и принимаем после определения среднего диаметра хвостовика. После чего находим остальные размеры проектируемой развертки.

5. Выбираются режимы резания.

1) Подачу находим по формуле $S_0 = S_{0T} + K_{1SO}$ (карта 54 [49]),

где S_{0T} - табличная подача (карта 1 [49]);

K_{1SO} - поправочный коэффициент в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала (карта 5 [49]).

Для чернового развертывания $S_0=1,09$ мм/об $\cdot 0,6=0,654$ мм/об и принимаем имеющуюся на станке 2Н135А $S_0=0,56$ мм/об.

Для чистового развертывания $S_0=0,76$ мм/об $\cdot 0,6=0,456$ мм/об и принимаем имеющуюся на станке 2Н135А $S_0=0,4$ мм/об.

2) Скорость резания находим по формуле

$V = V_T K_{1V} K_{2V} K_{3V} K_{5V} K_{6V} K_{7V} K_{13V}$ (карта 5 [49]), где

V_T - табличная скорость (карта 1 [49]);

K_{1V} - поправочный коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала (карта 5 [49]);

K_{2V} - поправочный коэффициент, зависящий от форм заточки инструмента (карта 5 [49]);

K_{3V} - поправочный коэффициент, зависящий от наличия охлаждения (карта 5 [49]);

K_{5V} - поправочный коэффициент, зависящий от отношения фактического периода стойкости T_F к нормативному T_H (карта 5 [49]);

K_{6V} - поправочный коэффициент, зависящий от состояния обрабатываемой поверхности (карта 5 [49]);

K_{7V} - поправочный коэффициент, зависящий от марки материала инструмента (карта 5 [49]);

K_{13V} - поправочный коэффициент, зависящий от последовательности переходов маршрута обработки (карта 5 [49]).

Определяем скорость резания для чернового развертывания:

$$V = 8,1 \text{ м / мин} \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 4,86 \text{ м / мин.}$$

Определяем скорость резания для чистового развертывания:

$$V = 13,5 \text{ м / мин} \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 8,1 \text{ м / мин.}$$

Определяем необходимую частоту вращения шпинделя станка для чернового развертывания:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 4,86}{3,14 \cdot 20} = \frac{4860}{62,8} = 77,39 \text{ об/мин} \text{ и принимаем}$$

имеющуюся на станке 2Н135А ближайшую меньшую $n=63$ об/мин.

Определяем необходимую частоту вращения шпинделя станка для чистового развертывания:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 8,1}{3,14 \cdot 20} = \frac{8100}{62,8} = 128,98 \text{ об/мин} \text{ и принимаем име-}$$

ющуюся на станке 2Н135А ближайшую меньшую $n=125$ об/мин.

3) Определяем осевую силу резания при развертывании по формуле

$$P_0 = P_{0T} K_{12P} \frac{K_{15P}}{K_{1P}} \text{ (карта 5 [49])}, \text{ где}$$

P_{0T} - табличная осевая сила (карта 1 [49]);

K_{1P} - поправочный коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала (карта 5 [49]);

K_{12P} - поправочный коэффициент на осевую силу, зависящий от последовательности переходов маршрута (карта 5 [49]);

K_{15P} - поправочный коэффициент на осевую силу, зависящий от отношения уточненного значения подачи S_0 к нормативному S_{0T} .

Определяем осевую силу резания при черновом развертывании:

$P_0 = 127,8 \text{ Н} \cdot 1 \cdot \frac{0,7}{0,6} = 149,1 \text{ Н}$. Это меньше силы, допустимой по паспорту станка 2Н135.

Определяем осевую силу резания при чистовом развертывании:

$P_0 = 19,3 \text{ Н} \cdot 1 \cdot \frac{0,7}{0,6} = 22,5 \text{ Н}$. Это меньше силы, допустимой по паспорту станка 2Н135А - $P_{\max} = 15000 \text{ Н}$.

6. Определяется средний диаметр конуса хвостовика и по нему выбирается номер конуса Морзе.

Для определения среднего диаметра конуса Морзе хвостовика развертки находим крутящий момент и осевую силу при рассверливании по формулам [73]:

$$M_{\text{кр}} = C_M D^{\text{см}} t^{X_M} S^{Y_M} k_p [\text{Н} \cdot \text{м}],$$

$$C_M = 0,09,$$

$$q_M = 1,0,$$

$$Y_M = 0,8,$$

$$X_M = 0,9,$$

$$K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_P} = \left(\frac{800}{75} \right)^{0,75} = 10,5;$$

$$M_{\text{кр}} = 0,09 \cdot 20^{1,0} \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,56^{0,8} \cdot 10,5 = 2,74 [\text{Н} \cdot \text{м}] = 2740 [\text{Н} \cdot \text{мм}],$$

$$P_0 = C_P D^{q_P} t^{X_P} S^{Y_P} K_P [H],$$

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{20 - 19,6}{2} = 0,2,$$

где d - диаметр перед развертыванием,

$$d = D - \Delta = 20 - 0,4 = 19,6 \text{ мм},$$

Δ - припуск под развертывание ($\Delta=0,4\text{мм}$),

$$C_P = 37,8,$$

$$q_P=1,0,$$

$$x_P = 1,3,$$

$$y_P = 0,7,$$

$$K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_P} = \left(\frac{800}{75} \right)^{0,75} = 10,5,$$

$$P_0 = 37,8 \cdot 20^{1,0} \cdot 0,2^{1,3} \cdot 0,56^{0,7} \cdot 10,5 = 640[\text{Н}].$$

Момент трения между хвостовиком и втулкой находим по формуле [40].

$$M_{\text{тр}} = \frac{\mu P_0 (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,4 \Delta \theta).$$

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, т.е. к моменту, создающемуся при работе с затупившейся разверткой, который увеличивается до трех раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы [1].

$$\text{Следовательно, } M_{\text{тр}} \geq 3M_{\text{кр}} = \frac{\mu P_0 (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,4 \Delta \theta).$$

$$\text{Средний диаметр конуса хвостовика } d_{\text{ср}} = \frac{D_1 + d_2}{2} \text{ или}$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{6M_{\text{кр}} \sin \theta}{\mu P_0 (1 - 0,04 \Delta \theta)},$$

где $M_{\text{кр}} \approx 2740 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

$P_0 \approx 640 \text{ Н}$, $\mu \approx 0,096$ - коэффициент трения стали по стали;

$\theta = 1^\circ 26' 16''$ - половина угла конуса хвостовика (конусность 0,05020); $\sin \theta = 0,0251$;

$\Delta \theta = 5'$ - допустимое отклонение угла конуса хвостовика;

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 2740 \cdot 0,0251}{0,096 \cdot 640(1 - 0,2)} \approx 9 \text{ мм.}$$

Согласно стандарту на конусы Морзе выбираем ближайший больший конус по $d_{cp} \approx 9 \text{ мм}$, используя табл. 62 [40], т.е. ближайший d_{cp} имеет конус Морзе №2 со следующими основными конструкционными размерами: $D_1 = 18$; $d_2 = 14$; $l_4 = 80 \text{ мм}$ - длина хвостовика; $d_3 = 13,5$ - ширина лапки; $b = 6,3$ - толщина лапки.

Остальные размеры хвостовика указываются на рабочем чертеже развертки из табл. 62 [40]. Находим диаметр шейки развертки $d_1 = D_1 - 1,0 = 18 - 1,0 = 17 \text{ мм}$.

7. Определяется мощность резания при развертывании. Определяем мощность развертки по формуле (карта 5 [40])

$$N = N_T K_{11N} K_{14N} \frac{K_{16N}}{K_{1N}}, \text{ где}$$

N_T - табличная величина мощности резания;

K_{1N} - поправочный коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала (карта 5 [49]);

K_{11N} - поправочный коэффициент, зависящий от последовательности переходов маршрута (карта 5 [49]);

K_{14N} - поправочный коэффициент, зависящий от отношения уточненного значения подачи S_0 к нормативному S_T (карта 5 [49]);

K_{16N} - поправочный коэффициент, зависящий от отношения уточненного значения частоты вращения шпинделя n к нормативному n_T .

1) Определяем мощность резания разверткой при черновом развертывании, где $N_T = 0,98 \text{ кВт}$; $K_{1N} = 0,6$; $K_{11N} = 1,0$; $K_{14N} = 0,6$; $K_{16N} = 1,2$ (карта 5 [49]).

$$N = \frac{0,98 \cdot 0,6 \cdot 1,2}{0,6} = 1,18 \text{ кВт.}$$

Это меньше мощности станка 2Н135А, равной согласно паспорту $N_s = 3,6 \text{ кВт}$.

2) Определяем мощность резания разверткой при чистовом развертывании, где $N_T=0,35\text{кВт}$; $K_{1N}=0,6$; $K_{11N}=1,0$; $K_{14N}=0,6$; $K_{16N}=1,0$ (карта 5 [49]).

$$N = \frac{0,98 \cdot 0,6 \cdot 1,2}{0,6} = 1,18\text{кВт}.$$

Это значительно меньше мощности, допустимой по паспорту станка 2Н135А.

8. Определяется машинное время обработки отверстия.

Определяем машинное время t_M развертывания отверстия по

методике на с.100...102 [44], используя формулу $t_M = \frac{L_{px}}{S_M}$, где

$L_{px} = l + l_1 = 48 + 18 = 66\text{мм}$ - величина рабочего хода головки;

$l = 48\text{ мм}$ - длина резания (из чертежа детали);

$l_1 = 18\text{ мм}$ - величина врезания и перебега (приложение 4, лист 2);

$S_M = S_0 n_{ш}$ - минутная подача;

$n_{ш}$ - число оборотов шпинделя станка.

1) Находим минутную подачу для черногого развертывания:

$$S_{M1} = 0,56 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \cdot 63 \frac{\text{об}}{\text{мин}} = 35,28 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

2) Находим минутную подачу для чистового развертывания:

$$S_{M2} = 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \cdot 125 \frac{\text{об}}{\text{мин}} = 50 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

3) Находим машинное время, затраченное на черновое развертывание:

$$t_{M1} = \frac{66\text{мм}}{35,28 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}} = 1,87\text{мин}.$$

4) Находим машинное время, затраченное на чистовое развертывание:

$$t_{M2} = \frac{66\text{мм}}{50 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}} = 1,32\text{мин}.$$

5) Находим машинное время, затраченное на развертывание отверстия, по формуле

$$t_M = t_{M1} + t_{M2} = 1,87 + 1,32 = 3,19\text{мин}.$$

9. Выполняется рабочий чертеж (см. прил. 1) развертки в соответствии с требованием ГОСТ 5735-81. На чертеже указываются основные технические требования.

Пример 2

Спроектировать абразивный круг для наружного круглого шлифования цилиндрической поверхности $\varnothing 45h8$ вала-шестерни (см. рис.1) и обеспечить шероховатость поверхности $Ra=0,63$ мкм. Припуск на обработку поверхности $h=0,45$ мм на диаметр.

Шлифование является одним из производительных методов окончательной обработки деталей простой и сложной формы и обеспечивает точность размеров по 5...8 квалитетам, высокие требования к точности формы и расположения поверхностей, например отклонение от цилиндричности в пределах 2...3 мкм, отклонение от круглости 0,4...0,5 мкм и шероховатость поверхности $Ra=1,25 \dots 0,2$ мкм [66], поэтому выбор заданного вида механической обработки для получения указанной поверхности является вполне обоснованным.

Перед проектированием абразивного круга необходимо выбрать шлифовальный станок, на котором возможна обработка вала-шестерни. Выбор марки шлифовального станка производится исходя из вида шлифования, габаритов заготовки и наибольшего диаметра шлифуемой поверхности (см. рис.1). На основании исходных данных выбираем универсальный круглошлифовальный станок модели 3У120А [72, 73].

Технические характеристики станка

Наибольший размер устанавливаемой заготовки, мм:
диаметр 200
длина 500.

Наибольший диаметр наружной шлифуемой поверхности, мм 60
Диаметр шлифуемого отверстия, мм 20-50

Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм:
наружной 450
внутренней 75

Скорость автоматического перемещения стола
(бесступенчатое регулирование), м/мин 0,02-5

Автоматическая подача на ход стола мм/ход:	
наименьшая	0,0025
наибольшая	0,025
Высота центров над столом, мм	
	125
Наибольшие размеры круга для шлифования, мм:	
наружного	350×40×127
внутреннего	30×25×20
Частота вращения шпинделя, об/мин:	
бабки заготовки	50-1000
(бесступенчатое регулирование)	
шлифовального круга	1910
внутришлифовального	
приспособления	20000; 40000
Мощность электродвигателя привода	
шлифовального круга, кВт	4
Габариты станка с приставным оборудованием, мм:	
длина	3070
ширина	2525
высота	2075
Масса станка с приставным оборудованием, кг	4100

Проектирование абразивного шлифовального круга включает:
 - выбор рациональной конструкции и характеристики круга исходя из вида и метода шлифования, марки обрабатываемого материала и требований к качеству поверхности;

- выбор и расчет геометрических параметров проектируемого круга;

- назначение режимов резания.

Проектирование осуществляется в следующей последовательности:

1. Определяется рациональная конструкция шлифовального круга. Операцию наружного круглого шлифования вала-шестерни следует вести методом продольной подачи, так как протяженность обрабатываемой поверхности $l=50\text{мм}$ (см. рис. 1) превышает максимальную высоту шлифовального круга, установка которого возможна на станке 3У120А.

Учитывая, что вал-шестерня изготавливается из высокопрочной стали 40X (предел прочности $\sigma_B = 800 \text{ МПа}$) и является ответственной деталью, при обработке которой недопустимо возникновение шлифовочных прижогов и трещин, шлифование указанной детали, на основании рекомендаций, изложенных в работе ([66], с.62), целесообразно вести сборным шлифовальным кругом, конструкция которого показана на рис.2.

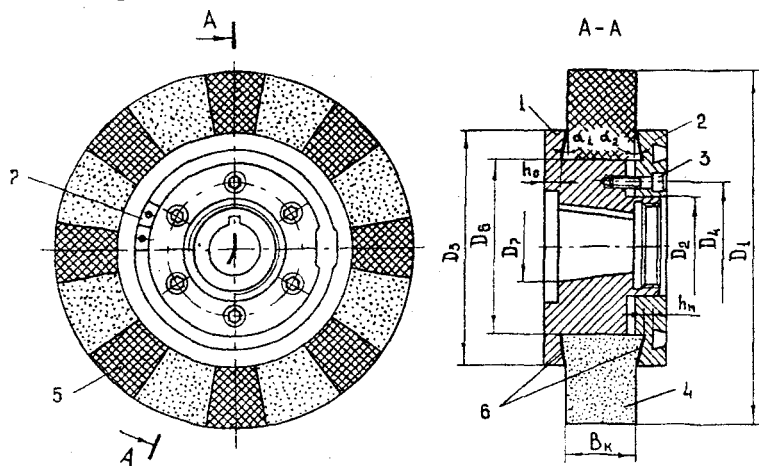


Рис. 2. Сборный композиционный круг: 1 - основной фланец; 2 - прижимной фланец; 3 - винт; 4 - абразивный сегмент; 5 - смазывающе-охлаждающий сегмент; 6 - картонная прокладка; 7 - балансированный сухарик

2. Выбирается характеристика круга. По обрабатываемому материалу (сталь 40X), его твердости ($26...32 \text{ HRC}_3$) и заданному параметру шероховатости поверхности ($R_a = 0,63 \text{ мкм}$) выбираем характеристику абразивных сегментов - 24A25C16K ([66], табл.8, 9). Состав смазывающе-охлаждающих сегментов также может быть выбран на основании рекомендаций работы ([66], с. 73):

75 % графита марки ГЛ-I;

25 % фенолформальдегидной смолы СФ342А.

3. Выбираются и рассчитываются геометрические параметры сборного композиционного круга. При круглом наружном шлифовании наибольший диаметр и высота шлифовального круга определяются конструктивными особенностями и габаритными размерами

детали и станка. Наибольшие габаритные размеры шлифовального круга позволяют увеличить его стойкость и производительность обработки, поэтому исходя из технических характеристик станка принимаем наружный диаметр круга $D_1=350$ мм, наибольший диаметр посадочного конуса основного фланца $D_7=50$ мм и высоту рабочей поверхности круга $B_k=32$ мм.

Наружные диаметры основного и прижимного фланцев D_3 (см. рис.2) назначаются исходя из максимально допустимого износа шлифовального круга, ограничивающим фактором которого в нашем случае является скорость круга, и конструктивных особенностей обрабатываемой заготовки. При $D_1=350$ мм и частоте вращения шпинделя шлифовального круга $n_k=1910$ об/мин максимальная скорость вращения круга равна

$$V_k = \frac{\pi D_1 n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1910}{60 \cdot 1000} \approx 35 \text{ м / с.}$$

Если учесть, что при шлифовании ответственных деталей изменение скорости вращения круга (при заданной частоте вращения шпинделя), связанное с уменьшением его диаметра за счет износа и правки, не должно превышать 10-15%, то наименьшая предельно допустимая скорость круга будет равна $V_{k_{\min}} = V_k 0,85 \approx 30 \text{ м / с.}$

Отсюда определим диаметр изношенного круга:

$$D_{k_{\text{изн}}} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_k}{\pi n} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 1910} \approx 300 \text{ мм.}$$

Однако в связи с тем, что с одной стороны обрабатываемой поверхности ($\varnothing 45h8$) располагается один из зубчатых венцов вала-шестерни, наружный диаметр которого равен 65 мм, диаметры основного и прижимного фланцев должны быть такими, чтобы исключалась возможность их касания о зубчатый венец, даже при обработке изношенным кругом. Поэтому принимаем D_3 равным 270 мм.

Выбор остальных геометрических параметров круга (рис.2), расчет толщин основного h_0 и прижимного h_n фланцев, а также расчет на прочность абразивных и смазывающе-охлаждающих сегментов осуществляется по методике, подробно изложенной в разд. 6 ([66]).

В нашем случае: диаметр окружности D_4 , на котором расположены стяжные винты, равен 202 мм; внутренний диаметр прижимного фланца $D_2=180$ мм, диаметр окружности D_6 , образованный вогнутой поверхностью сегментов, равен 230 мм; углы наклона конической части сегментов $\alpha_1=\alpha_2=10^\circ$; $h_0=5,9$ мм; $h_n=16,4$ мм.

По результатам расчетов и выбора геометрических параметров оформляется конструкторская документация на сборный композиционный круг. Пример оформления конструкторской документации приведен в прил. 2.

4. Назначаются режимы резания. Для достижения большей производительности операцию наружного шлифования вала шестерни необходимо разбить на два перехода: предварительный и окончательный. Припуск на обработку на предварительном переходе принимаем равным 0,3 мм, на окончательном 0,15 мм.

При предварительном шлифовании обработку целесообразно вести на интенсивных режимах при повышенных скоростях резания 50...60 м/с. Однако в связи с тем, что технические возможности станка не позволяют вести шлифование на указанных скоростях (см. выше), обработку на предварительном и окончательном переходах следует вести при $V_k = 30...35$ м/с ([66], табл.10).

При назначении остальных параметров режимов резания следует учесть, что сборные композиционные круги позволяют вести процесс шлифования на режимах в 1,5...2,5 раза более производительных по сравнению с серийными кругами. Положительный эффект, достигаемый вышеупомянутыми кругами, обусловлен снижением в 1,2...1,3 раза сил резания и в 1,3...1,5 раза среднетемпературной температуры. Остальные параметры режимов назначим, используя табл.10 [66]. Однако учитывая, что длина обрабатываемой поверхности лишь незначительно превышает высоту рабочей поверхности круга B_k , интенсификацию режимов резания целесообразно осуществить не за счет продольной, а за счет поперечной подачи. Режимы резания при шлифовании:

- предварительное шлифование:

скорость круга

$$- V_k = 30...35 \text{ м/с;}$$

скорость вращения детали

$$- V_d = 20 \text{ м/мин;}$$

продольная подача

$$- S_{пр} = 0,3 \times B_k = 0,3 \times 32 = 9,6 \text{ мм/об;}$$

поперечная подача

$$- S_{поп} = 0,025 \text{ мм/ход,}$$

- окончательное шлифование:

скорость круга

$$- V_k = 30...35 \text{ м/с;}$$

скорость вращения детали

$$- V_d = 40 \text{ м/мин;}$$

продольная подача

$$S_{пр} = 0,2 \times B_k = 0,2 \times 32 = 6,4 \text{ мм/об;}$$

поперечная подача

$$- S_{поп} = 0,015 \text{ мм/ход.}$$

По диаметру D_k шлифуемой поверхности вала-шестерни определим частоты вращения детали на предварительном и окончательном переходах:

$$n_{\text{д.предв.}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{д.}}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 45} = 142 \text{ об / мин},$$

$$n_{\text{д.окон.}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{д.}}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 45} = 283 \text{ об / мин},$$

тогда

$$S_{\text{пр.предв}} = 0,3 B_k n_{\text{д.предв}} = 0,3 \cdot 32 \cdot 142 = 1363 \text{ мм / мин},$$

$$S_{\text{пр.окон}} = 0,2 B_k n_{\text{д.окон}} = 0,2 \cdot 32 \cdot 283 = 1811 \text{ мм / мин}.$$

Найденные частоты вращения детали, продольная и поперечная подачи укладываются в паспортные данные станка.

Пример 3

Спроектировать зуборезный долбяк для нарезания зубчатого колеса с числом зубьев $Z_1=24$, модулем $m=2,5$ и углом зацепления $\alpha=20^\circ$ при степени точности 8-7-7-B по ГОСТ 1643-81. Материал заготовки - сталь 40X ($\sigma_B=800 \text{ МПа}$). Предлагается следующий порядок расчета.

1. Выполняется и описывается схема работы долбяка (рис.3). В процессе работы долбяк совершает возвратно-поступательное движение со скоростью резания $V \text{ м/мин}$ и вращается с круговой подачей $S_{\text{кр}} \text{ мм/2х}$. Вращение заготовки согласовано с вращением долбяка из условия обкатки $n_3=n_{\text{д.}} \cdot Z_0/Z_1$ и подается при врезании с радиальной подачей $S_{\text{рад}} \text{ мм/2х}$, Z_0 -число зубьев долбяка.

2. В связи с наличием второго венца шестерни большего диаметра выбирается чашечный долбяк с тем, чтобы гайка, крепящая долбяк, не препятствовала обработке при выходе долбяка из зоны резания.

3. В соответствии с рекомендациями назначается материал долбяка - быстрорежущая сталь P18.

4. Режим обработки назначается по справочнику ([5], с.152, карта 3-4).

Для модуля $m_0=2,5$; $Z_0=24$ и диаметра делительной окружности $d_0=70 \text{ мм}$ находим: круговая подача надвойной ход долбяка $S_{\text{кр}}=0,25 \text{ мм/2х}$; так как в нашем случае $d_0=50$ (см. ниже), то

$$S_{\text{кр}} = 0,25 \cdot \frac{50}{75} \approx 0,16 \text{ мм / 2х}.$$

Величина скорости резания $V_{\text{табл}}=25 \text{ м/мин}$.

Фактические значения подачи и скорости находим с учетом коэффициентов, зависящих от обрабатываемого материала:

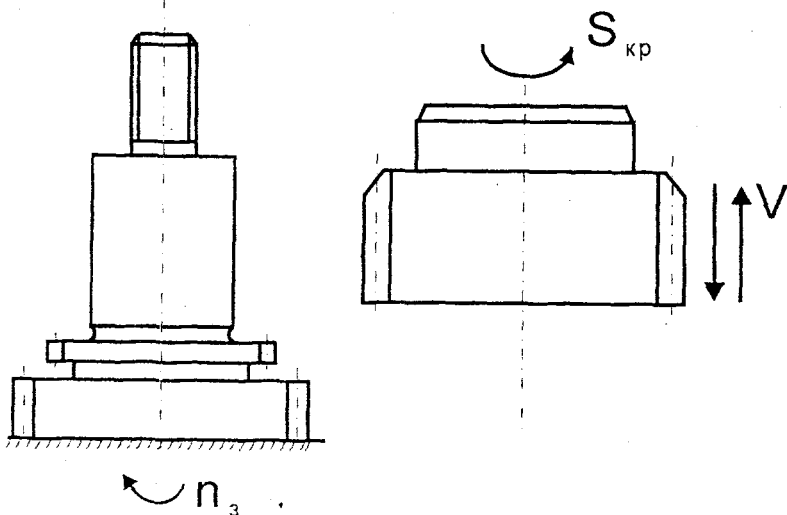


Рис. 3. Схема зубодолбления

$$S_{кр} = S_{кр.табл.} K_s = 0,16 \cdot 1,3 \approx 0,21 \text{ мм} / 2x;$$

$$V = V_{табл} K_v = 25 \cdot 1,1 \approx 27 \text{ м} / \text{мин.}$$

5. У режущего зуба при чистовой обработке выбираются передний и задний углы: $\gamma_a = 5^\circ$ и $\alpha_k = 6^\circ$ [22].

6. Рассчитывается фактический угол профиля долбяка α_n с учетом искажения от наличия переднего γ_a и заднего α_k углов, а также боковые задние углы α_6 и α'_6 , на основном и делительном цилиндре:

$$\text{tg} \alpha_n = \frac{\text{tg} \alpha_0}{1 - \text{tg} \alpha_k \cdot \text{tg} \gamma_a};$$

$$\text{tg} \alpha_6 = \text{tg} \alpha_k \cdot \sin \alpha_n;$$

$$\text{tg} \alpha'_6 = \text{tg} \alpha_k \cdot \sin \alpha_n.$$

Зная углы $\alpha_0 = 20^\circ$, $\gamma_a = 5^\circ$ и $\alpha_k = 6^\circ$, можно найти: $\alpha_n = 20^\circ 10' 14''$, $\alpha_6 = 2^\circ 4' 32''$ и $\alpha'_6 = 2^\circ 12' 40''$ ([22], табл. 132, с. 313 и пп. 5-8, с. 311).

7. Определяются размеры зуба в исходном сечении. Высота головки зуба для некорректированных зубчатых колес при $m_0 \leq 2,5$ принимается равной высоте ножки зуба колеса и равняется

$$h_{a0}=1,25m=1,25 \cdot 2,5=3,125\text{мм.}$$

Находим общую высоту зуба долбяка

$$h_0=h_{a0}+m_0+c,$$

где m_0+c - высота ножки зубчатого колеса, $c=(0,25; 0,3)m_0$ - величина радиального зазора в зубчатом зацеплении,

$$h_0=3,125+2,5+0,625=6,25\text{мм.}$$

Толщину зуба S_0 по дуге делительной окружности определяем по формуле

$$S_0=\pi m_0 - S_{01},$$

где S_{01} - толщина нарезаемого зуба с учетом допуска. Так как

$$S_{01} = \left(\frac{\pi m_0}{2} \right)_{-н.о}^{-в.о}, \quad \text{то} \quad S_0 = \left(\frac{\pi m_0}{2} \right)_{+н.о}^{+в.о}.$$

Здесь н.о - нижнее отклонение толщины зуба;

в.о - н.о + δ - верхнее отклонение;

где δ - допуск на толщину зуба.

Н.о и δ определяют соответственно по ГОСТ 1643-72, а также [37, 39].

В нашем случае при $m_0=2,5$; $Z_1=24$ и степени точности 8-7-7-В находим допуск на радиальное биение, равный 40 мкм, н.о = 95 мкм и $\delta=85$ мкм.

Тогда

$$S_0 = \left(\frac{3,1416 \cdot 2,5}{2} \right)_{+0,095}^{+0,180} = 3,927 \begin{matrix} +0,180 \\ +0,095 \end{matrix}.$$

8. Рассчитывается число зубьев, конструктивные и габаритные размеры долбяка.

Число зубьев Z_0 долбяка должно соответствовать номинальным диаметрам делительной окружности. Для упрощения технологии изготовления желательно, чтобы оно было четным и находилось в пределах 17-120.

$$\text{Для нашего случая } Z_0 = d_0 / m_0 = 20.$$

Минимальную толщину зубьев долбяка по окружности выступов определяют по табл. 131 ([22], с.311), на основании которой для $m_0=2,5$ находим $S_{a0}=(0,4-0,31)m_0$ в расчете на модуль, равный единице $S_{a0}=(0,4-0,31)$ или $S_{a0\text{ср}}=0,35$.

Зная $S_{a0\text{ср}}$ и $Z_0 (Z_n)$, по графику ([22], с.312, рис. 2) определяем коэффициент смещения исходного профиля долбяка, который в нашем случае будет $\varepsilon_n \cong 0,1$.

Рассчитываем смещения исходного профиля:

$$A = \frac{\varepsilon_{\text{н}} m_0}{\operatorname{tg} \alpha_k} = \frac{0,1 \cdot 2,5}{0,105} = 2,38 \text{ мм},$$

принимаем $A=2,35$ мм.

Определяем толщину зуба по делительной окружности S_{0A} на расстоянии A от исходного сечения (для положения передней поверхности нового долбяка):

$$S_{0A} = (S_0 + 2A \operatorname{tg} \alpha'_B)_{-H.O}^{+B.O},$$

где S_0 - номинальное значение толщины зуба по делительной окружности в исходном сечении;

$B.O$ и $H.O$ - соответственно верхнее и нижнее отклонения на изготовление толщины зуба нарезаемого колеса;

$$S_{0A} = \left(3,927 + 2 \cdot 2,35 \cdot \operatorname{tg} 2^\circ 12' 40'' \right)_{+0,095}^{+0,180} = 4,106_{+0,095}^{+0,180}.$$

Находим диаметр окружности выступов долбяка d_{a0} и окружности впадин d_{f0} для нового долбяка (на расстоянии A от исходного сечения):

$$d_{a0} = d_0 + 2h_{a0} + 2A \cdot \operatorname{tg} \alpha_k = 50 + 2 \cdot 3,125 +$$

$$+ 2 \cdot 2,35 \cdot 0,105 = 56,74 \text{ мм};$$

$$d_{f0} = d_{a0} - 2h_0 = 56,74 - 26,25 = 44,24 \text{ мм}.$$

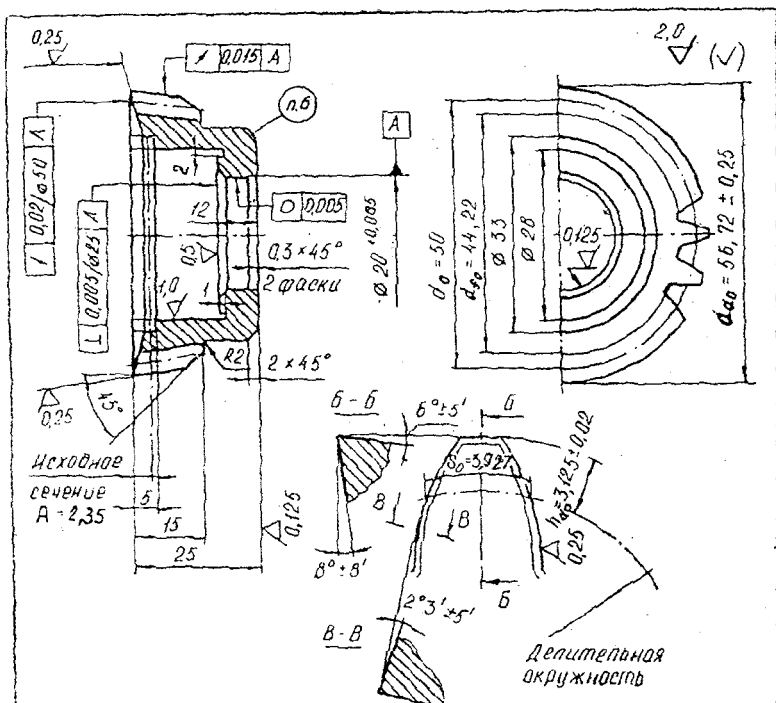
Остальные конструктивные размеры находим по табл.135 ([22], с.319) или ГОСТ 9323-79.

9. По табл. 136 ([22], с. 321) при угле зацепления $\alpha=20^\circ$ производится проверка на отсутствис подрезания ножки и головки зуба нарезаемого колеса.

При $Z_0=20$ и $\varepsilon_{\text{н}}=0,1$ находим минимальное число зубьев нарезаемого колеса $Z=17$, свободное от подрезания. В нашем случае $Z_1=20>17$.

10. По результатам расчета выполняется рабочий чертеж долбяка (рис.4) с указанием точности выполнения отдельных размеров, шероховатости обработки, технических условий на изготовление; показывается рабочий профиль зуба долбяка с соответствующими размерами.

Порядок расчета других инструментов, примеры оформления рабочих чертежей и рекомендуемая литература приведены в учебном пособии Н.А. Нефедова, К.А. Осипова «Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту». Для расчета наиболее сложных инструментов можно пользоваться следующей литературой:



1. Делёнки должны удовлетворять требованиям ГОСТ...
2. Твердость НКС 62... 65
3. Эксцентриситет e_a относительно оси отверстия не более 0,01 мм (бюсине 0,02 мм)
4. Допуск на профиль рабочей части зуба делёнки не должен превышать 0,01 мм
5. Отклонение b , от номинала не должна превышать минус 1,0 мм
6. Маркировка: модуль, число зубьев, номинальный делительный диаметр, угол зацепления, класс точности делёнки, марка стали, год выпуска и товарный знак - завода-изготовителя (т 2.5-20-Ф 50-А-20°-А-016-1985...)

				Курсовая работа			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Делёнка чашечный	Лист	Масса
Разработ.	Петров В.В.				прямоугольный с номинальным		М1:1
Провер.	Иванов В.В.				делительным диаметром	360г	
Т.контр.					50мм, $m=2,5$ мм, $\alpha=20^\circ$	Лист 1	Листов 1
И контр.					Сталь В18 ГОСТ...	Сталь	каф. Мом
Упр.							

- 1) по червячным модульным фрезам для цилиндрических колес - [15, 36, 52, 59, 62, 64, 78, 82];
- 2) по червячным фрезам для шлицевых валиков с прямобочным профилем - [15, 22, 52, 59, 60, 61, 64, 82, 84];
- 3) по протяжкам - [22, 32, 64, 71, 77, 83];
- 4) по зуборезным долбьям - [15, 22, 64, 71];
- 5) по фасонным резцам - [12, 14, 22, 33, 52, 59, 60, 61, 65, 71, 77];
- 6) по фасонным затылованным фрезам - [22, 26, 29, 64, 80, 84];
- 7) по дисковым модульным фрезам - [22, 52, 59, 60, 61, 84];
- 8) по шевинг-инструменту - [15, 22];
- 9) по инструментам, работающим по методу поверхностного пластического деформирования, - [24, 54, 55, 76, 87, 88].

Кинематический анализ металлорежущего станка

В данном разделе рассматриваются назначение и принцип работы станка, его рабочие органы и их движения, способы закрепления детали и инструментов, а также в соответствии с заданием производится подробный анализ одной из кинематических цепей (преимущественно цепи главного движения) и менее подробный - остальных цепей (подача, обкатки, деления).

Основными задачами кинематического анализа являются: изучение кинематики станка, его возможностей по регулированию скоростей и подач; определение вида структуры коробки скоростей (множительная или сложенная) и ее структурной формулы, конструктивного расположения основной, размножающих и дополнительных групп и установление связей между ними; изучение способов и механизмов для регулирования и реверса скоростей привода рабочих органов, уровня, диапазона и скачков частот вращения отдельных валов и шпинделя; выполнение рекомендаций по конструированию.

Кинематический анализ включает следующие этапы работы.

1. Вычерчивается кинематическая схема станка. Номера валов обозначаются римскими цифрами, числа зубцов шестерен и колес - арабскими. На схеме отмечаются основные узлы и рабочие органы станка, их наименование приводится под рисунком, цифры рабочих органов даются в кружке. В качестве примера показана кинематическая схема токарно-револьверного станка 1П365 (см. прил. 3), где 1-станина; 2-коробка подач; 3-передняя бабка с коробкой скоростей; 4-шпиндель; 5-боковой суппорт; 6-продольный суппорт с револьверной головкой; 7-барабан упоров; 8, 9-фартуки продольного и бокового суппортов.

2. В записке приводится общая характеристика станка. Описание ведется с указанием назначения и принципа его работы. Кроме того, отмечаются рабочие органы станка и их движения, способы закрепления деталей и инструментов. Выписываются или определяются основные технические данные станка: предельные размеры обрабатываемой детали, пределы изменения частот оборотов шпинделя главного привода ($n_{\min}$ - $n_{\max}$) и число ступеней Z , виды подач рабочих органов и диапазоны их изменения ($S_{\min}$ - $S_{\max}$), мощность электромотора главного привода и др.

Так, токарно-рвольверный станок 1П365 предназначен для обработки деталей из штучных заготовок (поковок, штамповок, отливок и т.п.) диаметром до 500мм и из прутка диаметром до 80мм. Изготовление деталей связано с выполнением ряда последовательных переходов: обтачивания, сверления, растачивания, развертывания, нарезания резьбы, отрезки и др. - в условиях серийного производства. Основные узлы станка, его рабочие органы и техническая характеристика приведены в приложении (они приводятся также в пояснительной записке).

Принцип работы и движения в станке: обрабатываемая деталь закрепляется в обычном самоцентрирующем или пневматическом патроне, установленном на шпинделе станка. В процессе обработки деталь вращается (главное движение). Инструменты совершают движения подачи в продольном или поперечном направлениях. Обработка может производиться от обоих суппортов одновременно с заданными подачами. Ограничение движения суппортов и автоматическое выключение подач осуществляются регулируемыи упорами на барабане упоров.

Далее отмечаются конструктивные особенности станка.

3. Составляется кинематическое уравнение цепи главного движения или подач в развернутом виде и определяется теоретическое число ступеней регулирования Z .

Для станка 1П365 (прил. 3) это уравнение имеет вид:

$$n_{\text{шп}} = 1440 \frac{144}{262} 0,985 \frac{52}{54} \left\{ \frac{43}{25} M_2 \left\{ \frac{31}{32} \frac{55}{26} \frac{46}{46} \right\} \frac{49}{41} \frac{41}{51} \right\} \left\{ \frac{20}{86} M_3 \frac{23}{43} \frac{43}{25} \left\{ \frac{37}{21} \frac{30}{42} \frac{71}{71} \right\} \right\} \quad (1)$$

Теоретическое число ступеней на шпинделе

$$Z=2 \cdot 3 \cdot 2=12. \quad (2)$$

Если в задании отмечена необходимость проведения модернизации главного привода (повышения или понижения уровня частот оборотов шпинделя), то следует произвести необходимые расчеты, внести изменения в кинематическое уравнение и переписать его в новом виде. Дальнейший анализ и расчеты ведутся по новому уравнению.

Уровень частот целесообразно изменять путем изменения передаточного отношения наиболее просто выполненной передачи в кинематической цепи, например, числа зубцов ведущего и ведомого звеньев зубчатой или цепной пары, диаметра шкивов ременной передачи и др. Чтобы не изменять межцентровое расстояние между валами, необходимо сохранить неизменной сумму чисел зубьев соединяемых колес ($Z_x + Z_{x+1} = \text{const}$). Для ременной передачи желательно выполнить условия $D_1 + D_2 = \text{const}$, чтобы не изменять длину ремня и не подбирать нового при смене шкивов. Например, необходимо повысить уровень частот оборотов шпинделя станка 1П365 на 20%. Эту задачу практически можно выполнить только за счет увеличения передаточного отношения постоянных звеньев кинематической цепи. Из уравнения (1) и кинематической схемы видно, что проще всего это сделать, изменив диаметр шкивов клиноременной передачи.

Новые диаметры шкивов определяются из системы уравнения:

$$\frac{D'_1}{D'_2} = \frac{144}{262} \cdot 1,2; \quad D'_1 + D'_2 = D_1 + D_2 = 406,$$

откуда $D'_1 = 162, \quad D'_2 = 244.$

Для всех вариантов, включая различные передачи в данной и предшествующих группах, производится расчет частот оборотов последовательно на всех валах коробки скоростей, начиная с вала 1 и кончая шпинделем. Одновременно строится *график частот оборотов*.

На листе проводятся вертикальные линии валов 0, I, II, ... на равном расстоянии друг от друга (рис.5). Последний вал обычно является шпинделем станка. На нулевой вал (вал электромотора) наносится логарифмическая шкала частот оборотов в интервале, охватывающем минимальные и максимальные частоты оборотов, которые могут иметь место на валах коробки скоростей. Обычно ориентируются по наименьшим оборотам шпинделя и оборотам вала электродвигателя.

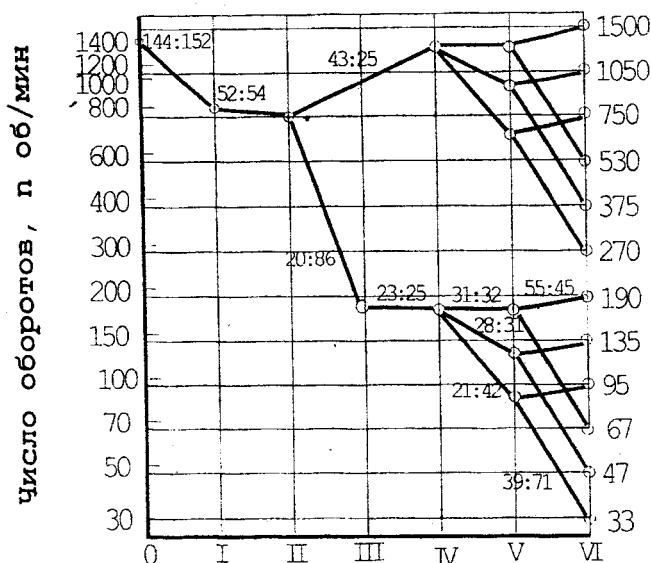


Рис.5. График частот оборотов токарно-револьверного станка ПП365

Масштаб шкалы выбирается таким, чтобы график оборотов удобно разместился на выбранном формате листа и был четким. На шкале наносятся числа частот (не логарифмы чисел) в соответствии с десятичным рядом. Для удобства нанесения шкал и построения графика можно воспользоваться шкалами логарифмической линейки.

Согласно расчету на каждый вал, изображенный на графике, наносятся точки частот оборотов. Линиями, обозначающими определенные передачи, их соединяют с соответствующими точками на предыдущем (ведущем) валу. На линиях обозначают передаточные отношения передач в виде отношений чисел зубьев, диаметров шкивов и др. Линии, идущие с наклоном вниз, означают понижающие передачи ($i < 1$), а вверх-повышающие ($i > 1$). Число линий с разным наклоном соответствует числу кинематических пар в группе, размещенной между двумя валами. Все параллельные линии в данной группе обозначают одну и ту же передачу, поэтому передаточное отношение для данной пары наносится на одной из них.

После построения линий всех передач для данной группы следует обратить внимание на равномерность скачков скоростей (равенство

интервалов на графике) при последовательном переключении передач. Если интервалы скачков одинаковы, то передаточные отношения в данной группе и частоты оборотов на ведомом валу изменяются по закону геометрической прогрессии со знаменателем ϕ . При различных интервалах скачков следует проверить расчеты на предмет возможных арифметических ошибок. Убедившись в отсутствии ошибок, можно продолжить дальнейшие расчеты и построения.

4. Анализируется картина частот оборотов. По точкам на последнем валу (шпинделе) определяется фактическое число ступеней частот оборотов Z_ϕ , при этом точки, совпадающие (линии передач на валу сходятся в одну точку) и очень близко расположенные, принимаются за одну, следовательно, $Z_\phi \leq Z$.

По фактическим $n_{\max}$ и $n_{\min}$ на шпинделе и фактическому числу ступеней определяется знаменатель геометрического ряда

$$\phi = Z_\phi \sqrt[\sqrt[n_{\min}]{n_{\max}}]{1} \quad (3)$$

Если расчетное значение ϕ близко к стандартному (1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2), то принимается ближайшее стандартное. Например, если расчетное значение получается равным 1,24 или 1,28, то его округляют до 1,26.

В одних станках встречаются нестандартные значения ϕ , например 1,33, их не округляют. В других станках применяется ряд частот оборотов шпинделя с разными знаменателями ϕ . В интервале низких и высоких скоростей знаменатель ряда может быть увеличен по сравнению с основным (ряд разрежен). К такому случаю надо подходить дифференцированно - определить знаменатель по скачкам скоростей на шпинделе (по отношению частоты оборотов к предыдущему значению $\phi = n_{x+1}/n_x$). При этом выделяют интервалы частот с одинаковыми знаменателями $\phi, \phi', \dots$

Теоретический ряд частот оборотов рассчитывается по принятому знаменателю ϕ (или по ряду знаменателей ϕ и ϕ'):

$$n_1 = n_{\min}; \quad n_2 = n_1 \phi; \quad n_3 = n_2 \phi = n_1 \phi^2; \dots n_z = n_1 \phi^{z-1}.$$

Рассчитанный ряд сопоставляется с фактическим (на схеме частот оборотов). Определяются наиболее значительные отклонения частот фактического ряда от теоретического (в процентах):

$$\Delta n_x = \frac{n_{x\phi} - n_x}{n_x} \cdot 100, \quad (4)$$

которые сопоставляются с допустимым значением. Далее делается соответствующее заключение.

Допустимое отклонение определяется по формуле

$$\Delta n_d = \pm 10(\varphi - 1)\% . \quad (5)$$

Для нашего случая

$$\varphi = 11\sqrt{\frac{1500}{33}} = 1,415 .$$

Принимаем стандартное значение $\varphi=1,41$, тогда теоретический ряд будет: 33, 47, 66, 186, 262, 370, 522, 735, 1040, 1470.

Допустимое отклонение

$$\Delta n_d = \pm 10(1,41 - 1) = \pm 4,1\% .$$

В данном примере наибольшее отклонение наблюдаем на последней ступени, для которой

$$\Delta l = \frac{1500 - 1470}{1470} \cdot 100 = 2\% .$$

Таким образом, отклонения фактического ряда от теоретического находятся в допустимых пределах.

Определяется вид структуры коробки скоростей - множительная или сложенная; устанавливается число групп передач в каждой структуре и число передач в каждой группе; определяют скачки скоростей и знаменатели геометрического ряда частот на ведомом валу, которые наблюдаются при последовательном переключении передач в данной группе. Далее устанавливаются основная и размножающие группы и их номера в порядке кинематического включения, записывается структурная формула.

Для множительной структуры структурная формула имеет вид

$$Z = P_1 P_2 P_3 \dots P_k , \quad (6)$$

где k - число групп передач в коробке скоростей (одиночные передачи не входят);

P - общее число передач в группе (индекс при P означает номер группы в порядке ее кинематического включения для обеспечения непрерывного изменения частоты на шпинделе по заданному геометрическому ряду);

P_1 - основная группа, передаточные отношения кинематических пар в этой группе составляют ряд со знаменателем φ , переключение их последовательно изменяет частоту оборотов на шпинделе - $n_1, n_2, n_3, \dots$;

P_2 - первая размножающая (переборная) группа, переключения

передач в этой группе дают скачки скоростей на ведомом валу группы и шпинделе со знаменателем $\varphi_2 = \varphi P_1$.

P_3 - вторая размножающая группа, $\varphi_3 = \varphi P_2$.

Положение каждой группы в формуле (6) определяется конструктивным расположением их в коробке скоростей (не обязательно в порядке нарастания номера).

Например, для рассматриваемого станка *1П365* имеем:

$P_1=3$, $\varphi_1=\varphi$ расположена между IV и V валами;

$P_2=2$, $\varphi_2=\varphi^3 \cdot 1$ расположена между валами V и VI;

$P_3=2$, $\varphi_3=\varphi^3 \cdot 2 = \varphi^6$ расположена между II и IV валами;

$Z = P_3 P_1 P_2 = 2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 2 = 6$.

Следовательно, в данном станке на первом месте стоит вторая размножающая (переборная) группа, на втором - основная и на третьем - первая размножающая группа.

Сложенная структура представляет собой сумму обычных множительных структур и как бы содержит две и более кинематических цепи. Одна структура - основная, она используется для получения всех скоростей на шпинделе, остальные - дополнительные (чаще всего одна или две), они используются только для части скоростей [53].

К простейшим и наиболее часто встречающимся относятся сложенные структуры класса А с одной дополнительной структурой, схемы которых приведены на рис. 6.

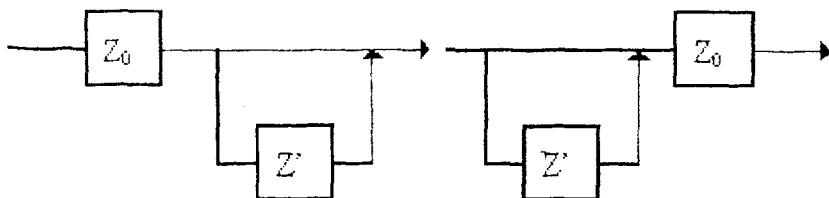


Рис.6. Структурные схемы

Структурная формула, соответствующая этому классу, имеет вид $Z = Z^0 + Z^0 Z'$ или $Z = Z^0 (1 + Z')$, (7)

где Z^0 - число скоростей основной структуры;

Z' - число скоростей, обеспечиваемых дополнительной структурой.

Движение на шпиндель от основной структуры может передаваться непосредственно (с помощью муфты) или через какую-либо постоянную передачу.

Для случая одинарного перебора $Z' = 1$ формулу (7) можно записать в виде

$$Z = Z^0(1 + 1) = 2Z^0.$$

Для станка 1П365 с одинарным перебором $\frac{20}{86} \frac{23}{25}$ между валами.

II-IV структурная формула может быть записана как сложенная:

$$Z = (1 + Z')Z^0 = (1 + 1)Z^0, \quad \text{где} \quad Z^0 = P_1 P_2 = 3_1 \cdot 2_2 \quad \text{или} \\ Z = 2 \cdot 3_1 \cdot 2_2.$$

Сложенные структуры позволяют обеспечивать большие диапазоны регулирования коробок скоростей, при этом все значения передаточных отношений находятся в требуемых пределах. В этих структурах высокие скорости получаются с помощью коротких кинематических цепей, что увеличивает КПД привода.

Определяются наибольшие и наименьшие передаточные отношения и проверяется выполнение неравенства $2 \geq i \geq 1/4$.

Делается вывод о правильности выбора передаточных отношений зубчатых пар.

По результатам сопоставления суммы чисел зубьев передач группы делается заключение об использовании зубчатых колес в группе одного или разного модуля, корригированных колес. Дается объяснение, почему приняты передачи с разным модулем зубчатых колес. Для

нашей схемы $i_{\max} = \frac{43}{25} < 2$; $i_{\min} = \frac{20}{86} < \frac{1}{4}$, т.е. несколько выходит за пределы допустимого.

Делаются общие выводы о коробке скоростей. Коробка скоростей станка 1П365 имеет сложенную структуру, состоящую из шестиступенчатой основной множительной структуры и одинарного перебора. Передаточные отношения всех зубчатых пар находятся в пределах рекомендуемого интервала, за исключением пары 20/86. В первой и второй группах между валами используются некорригированные зубчатые колеса одного модуля, в переборе - разного модуля.

6. Строится лучевая диаграмма скоростей.

Лучевая диаграмма скоростей представляет собой графическую зависимость скорости от диаметра заготовки (при обработке на станках токарной группы) или диаметра инструмента (для сверлильных и фрезерных станков) и частоты оборотов для всех частот станка.

Аналитическая зависимость выражается уравнением

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (8)$$

где V - скорость резания, м/мин;

D - диаметр заготовки или инструмента, мм;

n - частота вращения шпинделя, об/мин.

Для станков с возвратно-поступательным главным движением (строгальные, долбежные)

$$V = \frac{2 L n}{1000}, \quad (8a)$$

где L - длина хода инструмента (детали), мм;

n - частота двойных ходов (2х), мин.

Лучевая диаграмма скоростей служит для быстрого определения n по заданным V и $D(L)$, для определения V для заданного $D(L)$ и принятого n , для проверки соблюдения геометрического ряда при изменении частот вращения шпинделя.

Лучевая диаграмма может быть построена в координатных осях V - D с простыми (рис. 7) и логарифмическими (рис. 8) шкалами.

Простые шкалы применяются обычно для станков с небольшим числом ступеней на шпинделе ($Z \leq 12$). Их проще строить, на них легче производить интерполяцию, но эти шкалы трудно использовать для зоны малых диаметров. Логарифмические шкалы сложны в построении, но как преимущество можно отметить отсутствие в них перечисленных недостатков.

Диаграмма строится в следующем порядке.

Проводятся координатные оси V и D , на них наносятся шкалы в виде натуральных чисел, удобные для отсчета и интерполирования. Предельные значения скоростей выбираются исходя из их реальных допустимых значений для данного вида обработки (точения, фрезерования, сверления), намеченного вида обрабатываемых материалов (стали, цветные сплавы и др.), применяемых материалов режущих инструментов. Например, для универсальных токарных и фрезерных станков, на которых применяются как быстрорежущие, так и твердосплавные инструменты, $V_{\max} = 300-500$ м/мин, для сверлильных станков $V = 50-100$ м/мин и т.д.

Предельные значения шкалы диаметров определяются размерной характеристикой станка. Для токарных станков $D_{\max} = 2H_{\text{ц}}$, где $H_{\text{ц}}$ - высота центров, для сверлильных и фрезерных станков $D_{\max}$ определяется по наибольшему допустимому диаметру применяемого инструмента.

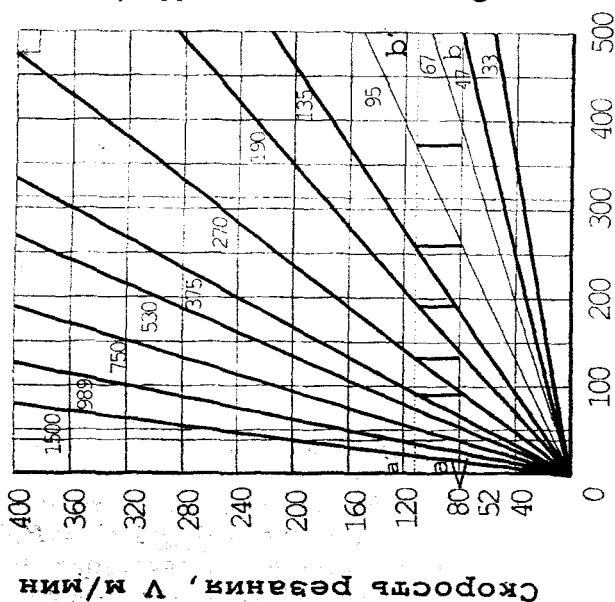


Рис. 7. Лучевая диаграмма скоростей токарно-револьверного станка ИП365, в простых шкалах



Рис. 8. Лучевая диаграмма скоростей токарно-револьверного станка ИП365, в логарифмических шкалах

Минимальные значения V и D на простых шкалах равны нулю, а на логарифмических шкалах они определяются по наименьшим размерам детали или инструмента, которые целесообразно обрабатывать на станке данной модели, и по возможным практическим скоростям для наиболее трудных условий. Например, для токарного станка $1K62$ $D_{\min}=10-15$ мм, для сверлильного станка $2A150$ $D_{\min}=5-10$ мм. При точении жаропрочных материалов быстрорежущими инструментами $V_{\min}=5$ м/мин, при точении конструкционных сталей $V_{\min}=10$ м/мин.

Задается какой-либо диаметр и для каждой частоты оборотов шпинделя определяются скорости по формуле (8), на графике отмечаются точки (V , D). На диаграмме с простыми шкалами через эти точки и начало координат проводятся лучи, расходящиеся веерообразно. На них числами обозначаются соответствующие частоты оборотов. Если масштабы шкал V и D одинаковы, то на диаграммах с логарифмическими шкалами все лучи проводятся параллельно под углом 45° к осям. Если масштабы шкал разные, то угол наклона находится из соотношения $\operatorname{tg}\varphi = M_V/M_D$.

Следует заметить, что при построении лучи не должны выходить за рамки прямоугольника, определяемого размерами выбранных практических шкал V и D .

Для облегчения построения диаграмм можно воспользоваться следующими данными, вытекающими из формулы (7): при $D=318$ мм $|V|=|n|$; при $D=31,8$ мм $|V|=0,1n$. Принимая один из этих диаметров и отмечая его на диаграмме, по значениям n наносятся точки (V , D) без каких-либо расчетов, через них проводятся лучи. Каждый луч обозначается соответствующей частотой.

Проверка соблюдения геометрического ряда производится следующим образом.

На диаграмме с простыми шкалами проводится горизонтальная линия ab так, чтобы она по возможности пересекла все лучи. Из точек пересечения ее с лучами восстанавливаются перпендикуляры, которые проводятся вверх до пересечения с соседними лучами. Если полученные отрезки равны, а точки пересечения укладываются на одной прямой $a'b'$, то геометрический ряд соблюдается. Та точка, которая выходит за пределы линии в ту или иную сторону, свидетельствует о выпадении данного числа оборотов из геометрического ряда.

На диаграмме с логарифмическими шкалами о соблюдении геометрического ряда свидетельствуют равные расстояния между параллельными прямыми, которые в направлениях осей равны $\lg r$, умноженному на масштаб M .

7. Изучается кинематика механизмов подач. Составляются развернутые уравнения цепей подач: продольных, поперечных, вертикальных и т.д. Например, для токарно-револьверного станка 1П365 уравнение продольной подачи бокового суппорта имеет следующий вид:

$$S_{\text{пр.б.с.}} = 1 \text{ об. шп. } \frac{58}{58} \frac{26}{39} / \frac{52}{39} \left\{ \frac{30}{60} \frac{26}{62} \frac{62}{65} M_5 \times \right. \\ \left. \frac{20}{38} / \frac{56}{20} \left\{ \frac{30}{36} / \frac{42}{42} / \frac{46}{30} \right\} \frac{30}{30} \right\} \frac{3}{30} M_6 \frac{21}{60} \pi 4 \cdot 12 \text{ мм / об.}$$

Структурную формулу для коробки подач можно записать в виде

$$Z_3 = 2 \cdot 3 \cdot 3 = 18. \quad (9)$$

Далее следует записать аналогичные уравнения для продольной подачи револьверного суппорта $S_{\text{пр.р.с.}}$, поперечной подачи бокового суппорта $S_{\text{поп.б.с.}}$ и ускоренных перемещений суппортов.

Для одной из цепей подач определяются S_{max} и S_{min} , диапазон регулирования подачи $D_s = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{min}}}$, число ступеней подач Z_s и знаменатель геометрического ряда подач $\varphi_s = Z_s^{-1} \sqrt[D_s]{D_s}$:

$$S_{\text{max.пр}} = 1 \text{ об. шп. } \frac{58}{58} \frac{39}{39} \frac{30}{60} \frac{25}{65} \frac{56}{20} \frac{42}{30} \frac{30}{46} \frac{3}{30} \frac{21}{60} \cdot \pi \cdot 4 \cdot 12 = 2,7 \text{ мм / об;}$$

$$S_{\text{min.пр}} = 1 \text{ об. шп. } \frac{58}{58} \frac{26}{52} \frac{30}{60} \frac{26}{65} \frac{20}{56} \frac{30}{42} \frac{30}{46} \frac{3}{30} \frac{21}{60} \cdot \pi \cdot 4 \cdot 12 = 0,09 \text{ мм / об;}$$

$$D_s = \frac{2,7}{0,09} = 30.$$

Так как в паспорте станка число подач суппортов равно 11, то вместо $Z_s=18$ по формуле (9) принимаем $Z_s=11$ (семь пар передаточных отношений совпадают).

Тогда

$$\varphi_s = \sqrt[11]{30} = 1,41.$$

Определяется теоретический ряд подач:

$$S_1 = S_{\text{min}} = 0,09;$$

$$S_2 = S_1 \varphi = 0,09 \cdot 1,41 = 0,12;$$

$$S_3 = S_2 1,41 = 0,18; \quad S_4 = 0,25;$$

$$S_5 = 0,35; \quad S_6 = 0,50; \quad S_7 = 0,70;$$

$$S_8 = 1,07; \quad S_9 = 1,41; \quad S_{10} = 2,0;$$

$$S_1 = 2,8 \text{ мм/об.}$$

8. В зубообрабатывающих, затыловочных станках рассматриваются и приводятся в записке делительные кинематические цепи, цепи обкаток и их настроечные уравнения.

9. Делается описание вспомогательных движений и механизмов, их обеспечивающих: ускоренные перемещения суппортов и столов, механизмы подачи и зажима прутков, поворота револьверных головок. Так, для станка 1П365 ускоренная подача суппортов осуществляется от электродвигателя мощностью 1 кВт по следующему кинематическому уравнению:

$$S_{\text{пр.ук.б.с.}} = 1440 \frac{18}{27} \frac{3}{27} \cdot M_0 \frac{14}{19} \frac{38}{38} \frac{36}{36} \cdot M_9 \frac{42}{60} \cdot \pi \cdot 4 \cdot 12 = 8,3 \text{ м / мин.}$$

ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа содержит графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

Графическая часть выполняется в карандаше на 1 листе ватмана (формат 594×841) с соблюдением стандартов ЕСКД. На листе вычерчиваются рабочие чертежи спроектированных инструментов, приводятся графические построения профилей фасонных инструментов в увеличенном масштабе (их величина устанавливается в зависимости от заданной точности обрабатываемого изделия), кинематическая схема станка, схема частот оборотов коробки скоростей станка и лучевая диаграмма. На рабочих чертежах инструментов должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, допустимые отклонения геометрических форм поверхностей и их взаимное расположение, шероховатость обработанных поверхностей. Чертеж должен содержать необходимые сведения о материале инструмента, характере его термической обработки, о применяемых покрытиях, клеймении и т.п. Чертеж сборного инструмента должен включать данные, необходимые для комплектования и последующей обработки в сборе.

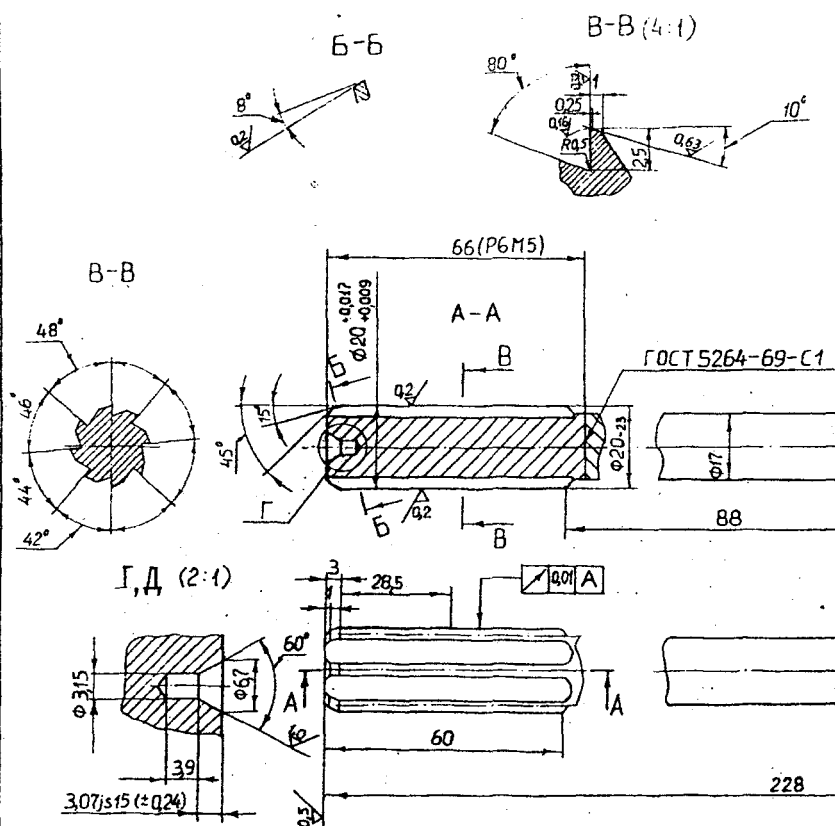
В расчетно-пояснительной записке содержатся краткое описание назначения, схемы работы конструкций проектируемых инструмен-

тов, их обоснование и расчет, а также назначенные режимы обработки со ссылкой на справочную литературу. В записке приводятся расчетные схемы, исходные формулы с пояснением буквенных обозначений, формулы с подстановкой соответствующих цифровых величин. В записке приводятся и все расчеты, связанные с кинематическим анализом станка.

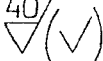
Принятые нормативные, табличные и другие данные, в том числе расчетные формулы, следует приводить со ссылкой на литературные источники, ГОСТы, нормали и другие официальные справочные данные. Заканчивается записка перечнем литературы с указанием автора, названия книги, издательства и года выпуска (в тексте указывается только номер позиции данной книги в квадратных скобках). Иллюстрации к расчету могут быть приведены в виде эскизов, графиков, калек, фотографий.

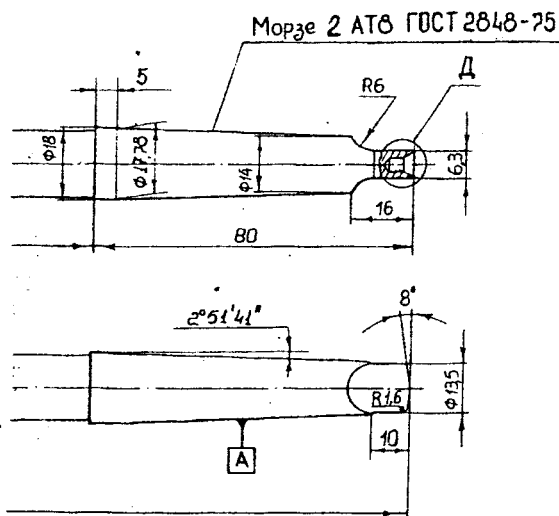
Расчетно-пояснительная записка оформляется на бумаге формата А4 (210×297) на одной стороне листа в соответствии с требованиями СТП СГАУ 6.1.4.

ПРИЛОЖЕНИЯ



1. Материал режущей части развертки - P6M5 по ГОСТ 19265-88.
2. Материал шейки и хвостовика - сталь 45 по ГОСТ 1050-88.
3. Твердость рабочей части - 62...64 HRC₂.
4. Твердость хвостовика - 35...40 HRC₂.
5. Рабочая часть соединена с шейкой контактной сваркой.
6. Неуказанные предельные отклонения отверстий H12, валов h14, остальных размеров ±0.01 по ГОСТ 25347-90.
7. Маркировать: размер отверстия, марку стали режущей части, товарный знак завода изготовителя (φ20H7-P6M5-00)

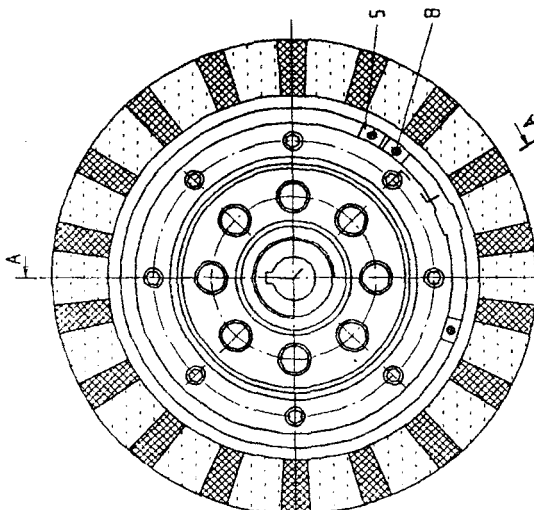
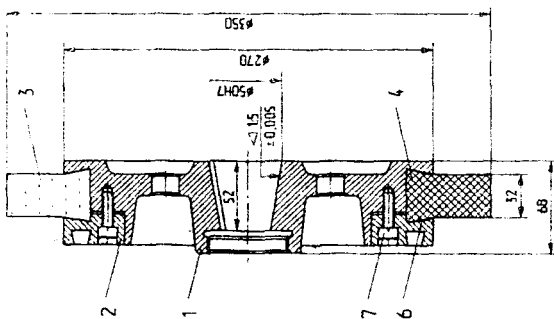
Rz 40/




				Курсовая работа		
Изм.	Лист	А* докум.	Подп.	Дата	Литер.	Масса
Разраб.					К	
Провер.						1:1
Т. контр.					Лист 1	Листов 1
И.контр.					СГАУ	
Утв.					Кафедра МОМ	

2363-3463 Н7
 ГОСТ 1622-80

9110000782 RVJD



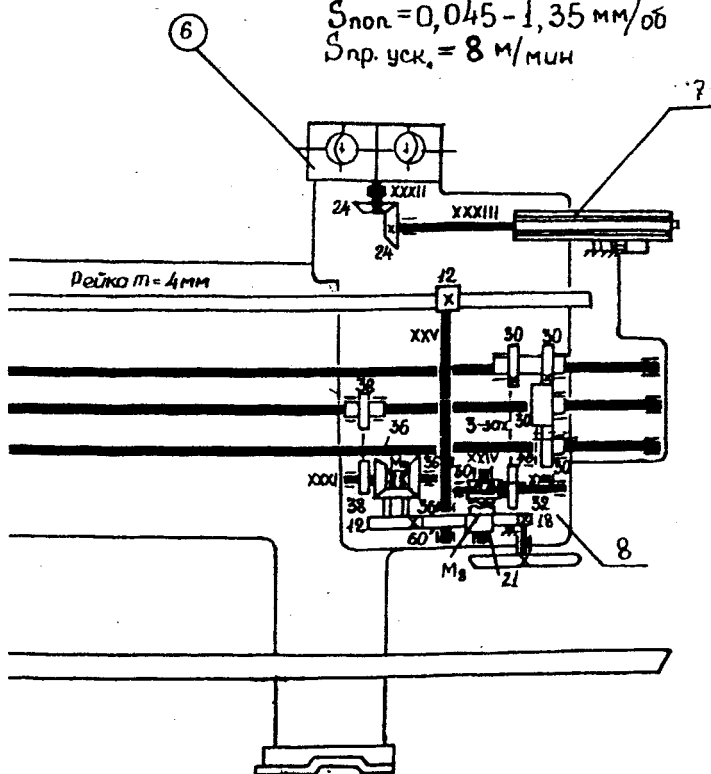
1. Максимально допустимая рабочая скорость круга 35 м/с.
2. Скорость шлифовального круга при испытании его на прочность вращения должна в 1,5 раза превышать рабочую скорость круга.

3. При длительном хранении испытание круга на прочность производить через каждые полгода.
4. Статическую балансировку набора круга осуществлять перед установкой на станок и после первой обработки.
5. Величина дисбаланса статически абразивированного круга не должна превышать 40 г·см.
6. Круги хранить в сухом помещении на стеллажах.

СТАУ 284000.01.С6									
Исполн.	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Разработ.	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Деталь	Вал	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Сборочный чертёж	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Сборочный чертёж	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Сборочный чертёж	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Сборочный чертёж	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Сборочный чертёж	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1
Сборочный чертёж	В. С. Смирнов	Провер.	В. С. Смирнов	Датум	19.12	Изд.	1	Изд.	1

Продолжение прил. 2

[illegible]

$$D_{\max} = 500 \text{ mm}$$
$$d_{\text{WR}} = 85 \text{ mm}$$
$$n = 34 - 1500 \text{ об/мин}$$
$$x = 12$$
$$S_{np} = 0,09 - 2,7 \text{ мм/год}$$
$$z_s = 11$$
$$S_{non} = 0,045 - 1,35 \text{ мм/об}$$
$$S_{пр. уск.} = 8 \text{ м/мин}$$


Библиографический список

1. *Алексеев Г.А., Аршинов В.А., Кричевская Р.М.* Конструирование инструмента. М.: Машиностроение, 1979.
2. *Алексеев Г.А., Аршинов В.А., Смольников Е.А.* Расчет и конструирование режущего инструмента. М.: Машгиз, 1951. 570с.
3. *Ананьин С.Г., Ачеркан Н.С., Богуславский Б.Л.* и др. Металлорежущие станки. М.: Машгиз, 1957. 817с.
4. *Ачеркан Н.С.* и др. Металлорежущие станки. Т. П. М.: Машиностроение, 1965.
5. *Барановский Ю.Б.* Режимы резания металлов: Справочник. М.: Машгиз, 1972.
6. *Бурмистров Е.В., Ляковский И.Ф., Махов В.А.* Нарезание наружной и внутренней резьбы по жаропрочным и высокопрочным материалам. Куйбышев, 1962.
7. *Бурмистров Е.В., Михайлюк Э.А.* Производительные способы нарезания резьбы метчиками по жаропрочным и титановым сплавам. // Вестник машиностроения. 1967. №4.
8. *Гладилин А.Н., Мальвинский Н.П.* Справочник молодого инструментальщика по режущему инструменту. М.: Высшая школа, 1973, 320с.
9. *Грановский Г.И.* Фасонные резцы. М.: Машгиз, 1948.
10. *Грановский Г.И.* Металлорежущие инструменты. М.: Машгиз, 1954.
11. *Грановский Г.И., Грановский В.Г.* Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. 306с.
12. *Грановский Г.И., Панченко К.П.* Фасонные резцы. М.: Машиностроение, 1975.
13. *Гуревич Я.Л.* Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1976.
14. *Дарманчев С.К.* Фасонные резцы. Л.: Машиностроение, 1968.
15. *Дихтярь Ф.С.* Профилирование металлорежущего инструмента. М.: Машиностроение, 1965.
16. *Драгун А.П.* Режущий инструмент. Лениздат, 1986.
17. *Еремеева Н.М.* Сверла. М.: Машгиз, 1959.
18. *Жигалко Н.И., Киселев В.В.* Проектирование и производство режущих инструментов. Минск, 1969.
19. *Иноземцев Г.Г.* Прочность резцов. М.: Машгиз, 1948.
20. *Иноземцев Г.Г.* Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машиностроение, 1984.

21. Кирсанов Г.И., Арбузов О.Б., Боровой Ю.Л. и др. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов. М.: Машиностроение, 1986. 285с.
22. Климов В.И. и др. Справочник инструментальщика-конструктора. М.: Машгиз, 1958. 608с.
23. Колев Н.С., Красниченко Л.В. и др. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение, 1980. с. 346-368.
24. Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей. Минск: Высшая школа, 1968. 363с.
25. Кривоухов В.А. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М.: Машиностроение, 1967.
26. Кудевицкий Я.В. Фасонные фрезы. Л.: Машиностроение, 1978.
27. Лакирев С.Г. Обработка отверстий: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 206с.
28. Ларин М.Н. Высокопроизводительные конструкции протяжек и их рациональная эксплуатация. М.: Машгиз, 1960.
29. Ларин М.Н. Высокопроизводительные конструкции фасонных фрез и их эксплуатация. М.: Машгиз, 1961.
30. Лашев С.И., Юликов М.И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ. М.: Машиностроение, 1975.
31. Лукашевич Г.Е. Винторезные головки. М.: Машиностроение, 1968.
32. Маргулис Д.К. Протяжки переменного резания. М.: Машгиз, 1950.
33. Машиностроение. Энциклопедический справочник. М.: Машгиз, 1958. Т.7.
34. Металлорежущий инструмент: Каталог. Ч.1. Резцы и фрезы. М.: НИИ информации по машиностроению, 1983.
35. Металлорежущий инструмент: Каталог. Ч.2. Сверла, зенкера и развертки. М.: НИИ информации по машиностроению, 1983.
36. Металлорежущий инструмент: Каталог. Ч.3. Резьбообразующий, трубо-муфтообрабатывающий и зуборезный инструмент. М.: НИИ информации по машиностроению, 1983.
37. Мяков В.Д. и др. Допуски и посадки: Справочник. Л.: Машиностроение, 1978. Ч.2.
38. Краткий справочник металлиста / Под ред. Орлова П.Н. М.: Машиностроение, 1986. 960 с.
39. Кутай А.К. Справочник по производственному контролю в машиностроении. М.: Машгиз, 1974.
40. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по

резанию металлов и режущему инструменту. М.: Машиностроение, 1969, 1976, 1977, 1984.

41. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1974. Ч.1.

42. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1974. Ч.П.

43. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на токарных станках. М.: Машгиз, 1959.

44. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на сверлильных станках. М.: Машгиз, 1959.

45. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на фрезерных станках. М.: Машгиз, 1959.

46. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на зубофрезерных станках. М.: Машгиз, 1959.

47. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования на протяжные работы. М.: Машгиз, 1965.

48. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования для резьбонарезных и резьбонакатных работ. М.: ЦБННТ, 1963.

49. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Т.1. М.: Машиностроение, 1991.

50. *Петруха П.Г.* и др. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М.: Машиностроение, 1974, 540 с.

51. *Петруха П.Г.* и др. Технология обработки конструкционных материалов. М.: Высшая школа, 1991. 512 с.

52. *Петрухин С.С.* Основы проектирования режущей части металлорежущих инструментов. М.: Машгиз, 1960.

53. *Пронников А.С.* Расчет и конструирование металлорежущих станков. М.: Высшая школа. 1967.

54. *Проскуряков Ю.Г.* Дорнование отверстий. М.: Машиностроение, 1961. 190 с.

55. *Проскуряков Ю.Г.* Упрочняюще-калибрующие методы обработки: Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1965. 205 с.

56. *Резников Н.И.* Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов. М.: Машиностроение, 1972.
57. *Резников А.Н.* Режущий инструмент для автоматов и полуавтоматов. Куйбышев, 1961.
58. *Резников А.Н.* Эффективные режущие инструменты. Куйбышев, 1986.
59. *Родин П.Р.* Проектирование и производство режущего инструмента. М.: Машгиз, 1962.
60. *Родин П.Р.* Металлорежущие инструменты. Киев: Вища школа, 1974.
61. *Родин П.Р.* Основы формообразования поверхностей резанием. Киев: Вища школа, 1977.
62. *Романов В.Ф.* Расчеты зуборезных инструментов. М.: Машиностроение, 1969.
63. *Рубинштейн С.А.* и др. Основы учения о резании металлов и режущий инструмент. М.: Машиностроение, 1968.
64. *Семенченко М.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н.* Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машгиз, 1962.
65. *Семко М.Ф., Перепелица Б.А.* Фасонное точение. Харьков: Вища школа, 1977.
66. *Скуратов Д.Л., Трусев В.Н.* Обработка металлов шлифованием и методы ее интенсификации: Методические указания. Самара: СГАУ, 1997. 88 с.
67. *Смолин В.Д.* Расчет фасонных резцов: Методические указания. Куйбышев: КуАИ, 1980.
68. Справочник инструментальщика / Под ред. *И.А. Ординарцева*. Л.: Машиностроение, 1987. 845 с.
69. Справочник металлиста. М.: Машгиз, 1958. Т.4.
70. Справочник металлиста. М.: Машгиз, 1977. Т.3. 748 с.
71. Справочник металлиста. М.: Машгиз, 1978. Т.5.
72. Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1972. Т.2.
73. Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1986. Т.2.
74. *Султанов Г.А.* Резьбонакатные головки. М.: Машиностроение, 1966.
75. *Тепинкичиев В.К.* и др. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение, 1973.
76. *Торбило В.М.* Алмазное выглаживание. М.: Машиностроение, 1972. 103 с.

76. *Торбило В.М.* Алмазное выплачивание. М.: Машиностроение, 1972. 103 с.

77. *Уланов Б.Н.* Расчет протяжек: Учебное пособие. Куйбышев: КуАИ, 1977.

78. *Урывский Ф.П., Трусов В.Н., Митряев К.Ф.* Проектирование и расчет червячных модульных фрез. Куйбышев: КуАИ, 1983.

79. *Филиппов Г.В.* Режущий инструмент. Л.: Машиностроение, 1982.

80. *Фрайфельд И.А.* Расчет и конструирование специального металлорежущего инструмента. М.: Машгиз. 1957, 1959.

81. *Фрумин Ю.Л.* Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент. М.: Машиностроение, 1977.

82. *Цвис Ю.В.* Профилирование режущего обкатного инструмента. М.: Машиностроение, 1961.

83. *Щеголев А.В.* Конструирование протяжек. М.: Машгиз, 1960.

84. *Четвериков С.С.* Металлорежущие инструменты. М.: Высшая школа, 1965.

85. *Шатин В.П., Шатин Ю.В.* Справочник конструктора-инструментальщика. М.: Машиностроение, 1975.

86. *Шенсенол А.И.* Режущий инструмент в приборостроении. М.: Оборонгиз, 1954.

87. *Шнейдер Ю.Г.* Чистовая обработка металлов давлением. М.: Машиностроение, 1963. 269 с.

88. *Шнейдер Ю.Г.* Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. М. -Л., 1972. 238 с.

89. *Ящерицын П.И.* и др. Основы резания материалов и режущий инструмент. Минск: Высшая школа, 1975.

90. *Ящерицын П.И.* и др. Основы проектирования режущих инструментов с применением ЭВМ. Минск: Высшая школа, 1979.

Учебное издание

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА.
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА**

Методические указания к курсовой работе

Составители: **Митряев Константин Федорович**
Сазонов Михаил Борисович
Скуратов Дмитрий Леонидович

Редактор Т.К. Кренинина
Техн. редактор Г.А. Усачева
Корректор Т.И. Щелокова

Подписано в печать 17.08.2000 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,02. Усл. кр.-отт. 3,14. Уч.-изд. л. 3,25.

Тираж 400 экз. Заказ **61** Арт. С-25/2000.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного
аэрокосмического университета
443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.