

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет
путей сообщения»

Кафедра «Строительные и путевые машины»

А.С. Клементов И.Ф. Скрипачев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Методические указания
по выполнению курсового проекта

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2005

УДК 62-2 (075.8)
ББК К 44-02 я73
К 483

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Железнодорожный путь, основания и фундаменты» Дальневосточного государственного университета путей сообщения доктор технических наук, профессор
Г. М. Стоянович

Клементов, А. С.

К 483 Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин : Методические указания по выполнению курсового проекта / А. С. Клементов, И. Ф. Скрипачев ; изд. 2-е перераб. и доп. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2005. – 36 с.

В методических указаниях изложен порядок выполнения курсового проекта по проектированию технологических процессов изготовления деталей машин по дисциплине “Технология машиностроения”. Приведены примеры выполнения разделов курсового проекта, нормативные и справочные сведения. Определены объем графических работ и порядок оформления пояснительной записки.

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 170900 “Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование”.

УДК 62-2 (075.8)
ББК К 44-02 я73

© ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС), 2005

ВВЕДЕНИЕ

В курсе дисциплины “Технология машиностроения” комплексно изучаются вопросы взаимодействия станка, приспособления, режущего инструмента и обрабатываемой детали; пути построения наиболее производительных и экономичных технологических процессов обработки деталей машин, включая выбор метода получения заготовок, выбор оборудования и технологической оснастки; методы построения процессов сборки машин и др.

Решение перечисленных вопросов, обобщение и закрепление знаний, полученных студентами в курсе дисциплины “Технология машиностроения”, производится в курсовом проекте, где разрабатывается единичный технологический процесс изготовления детали. Проект выполняется в соответствии с индивидуальным заданием. В задании приводится рабочий чертеж на изготовление детали, указывается материал, технические требования на изготовление детали и тип производства.

При выполнении курсового проекта требуется основными этапами произвести выбор метода получения заготовки, разработать маршрут обработки, рассчитать режимы резания и произвести техническое нормирование операций.

Проектирование технологического процесса представляет собой решение многовариантной задачи, правильное решение которой требует проведения возвратных оптимизационных пересчетов. Для решения этой задачи студентам предлагается произвести выбор наилучшего варианта по требованию максимального использования станочного оборудования или минимальной трудоемкости, выраженной нормой штучного времени на изготовление детали.

Курсовой проект включает в себя пояснительную записку и чертеж. Пояснительная записка должна состоять из следующих разделов:

Введение.

1. Описание конструкции и назначения детали.
2. Анализ технологичности конструкции детали.
3. Выбор метода получения заготовки.
4. Разработка маршрута обработки.
5. Определение припусков на обработку.
6. Расчет и исследование режимов резания.
7. Техническое нормирование операций.
8. Оформление технологической документации.

Объем записки 30–35 страниц формата А4 (210–297 мм).

Графическая часть курсового проекта выполняется на листе формата А1 (594–841 мм) и должна содержать карту операционных эскизов технологического процесса изготовления детали.

1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЗНАЧЕНИЯ ДЕТАЛИ

В процессе проектирования студент должен ознакомиться с конструкцией детали, ее назначением и условиями работы в механизме или узле. Все эти вопросы должны быть изложены в расчетно-пояснительной записке.

Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела необходимо изучить чертежи общих видов узлов и механизмов где находится деталь, дать описание назначения самой детали, основных ее поверхностей и влияние их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхностей на качество работы механизма, для которого изготавливается деталь. Если назначение детали неизвестно, то следует описать его по своему соображению, о чем сделать соответствующее пояснение. Говоря о поверхностях, необходимо присваивать каждой из них цифровые обозначения, например, плоскость **j** или торец **k**. Эти обозначения должны быть нанесены на соответствующие поверхности на эскизе детали (рис. 1.1). Далее следует определить допуски на размеры поверхностей, отсутствующие на чертеже (на свободные размеры, неуказанные отклонения формы и расположения), для соответствующей записи их в технологические карты.

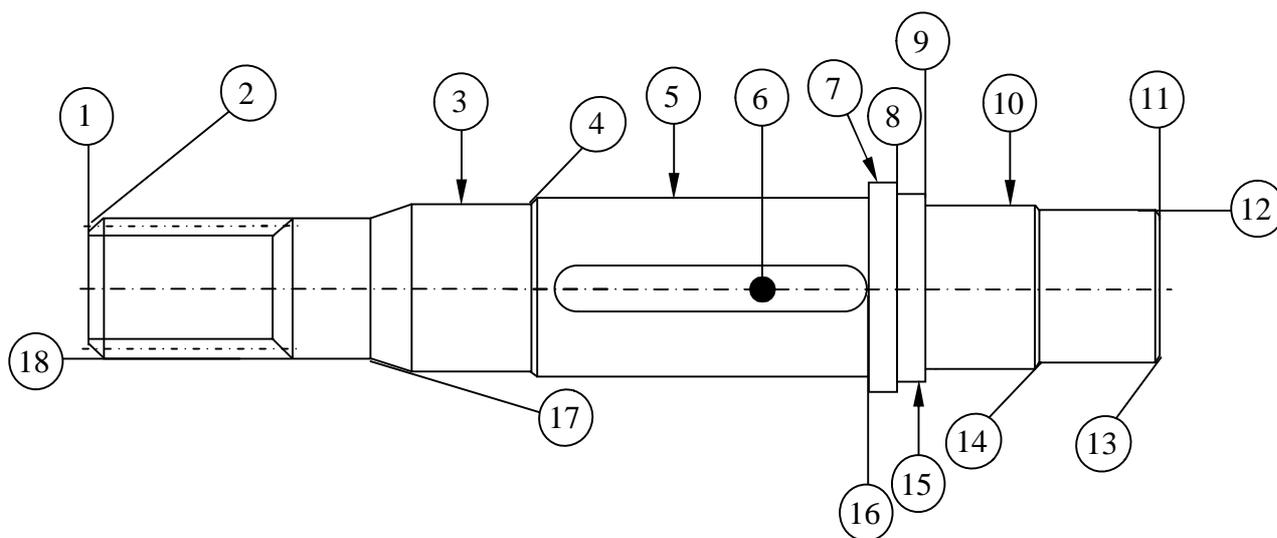


Рис. 1.1. Схема нумерации поверхностей детали

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное, решающее значение для служебного назначения детали и какие – второстепенное.

В этом же разделе следует высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле и целесообразности его замены другими марками, и какими именно.

2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

В процессе курсового проектирования, также как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертеже и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

2.1. Технологический контроль чертежа

Технологический контроль рабочего чертежа детали сводится к тщательному его изучению. Рабочий чертеж обрабатываемой детали должен содержать все необходимые сведения, дающие представление о детали, т.е. все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильной геометрической формы, а также отклонения взаимного расположения поверхностей. В случае отсутствия возможности непосредственного измерения размеров – перестроить размерную цепь. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и т.п. Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологического процесса и контроля соответствия чертежа требованиям ЕСКД.

2.2. Исследование детали на технологичность

Исследование детали на технологичность следует произвести по основным признакам [9, 12 и др.].

При исследовании детали выявляются возможности улучшения ее технологичности, применения многоинструментальной обработки, многолезвийного инструмента и высокопроизводительных режимов резания, что позволяет сократить основное и вспомогательное время и даст ощутимый эффект от снижения трудоемкости и повышения рентабельности процессов обработки.

Технологичность должна рассматриваться применительно к заданной программе производства.

3. ВЫБОР МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Вид и размеры заготовки в большей степени влияют на технологический процесс механической обработки, использования материала, трудоемкость и стоимость изготовления деталей.

При выборе метода получения заготовки следует принимать во внимание [7, 9, 18 и др.].

Выбор метода производится по таблицам или графикам, где показаны сравнительные области целесообразного применения различных методов в зависимости от типа производства и размера задания.

Кратко обосновать в расчетно-пояснительной записке метод получения заготовки. Подготовить на карте эскизов эскиз заготовки в масштабе принятом для чертежа детали (рис. 3.1). Размеры заготовки проставить после расчета припусков на обработку (см. раздел 5). Привести коэффициент использования материала заготовки.

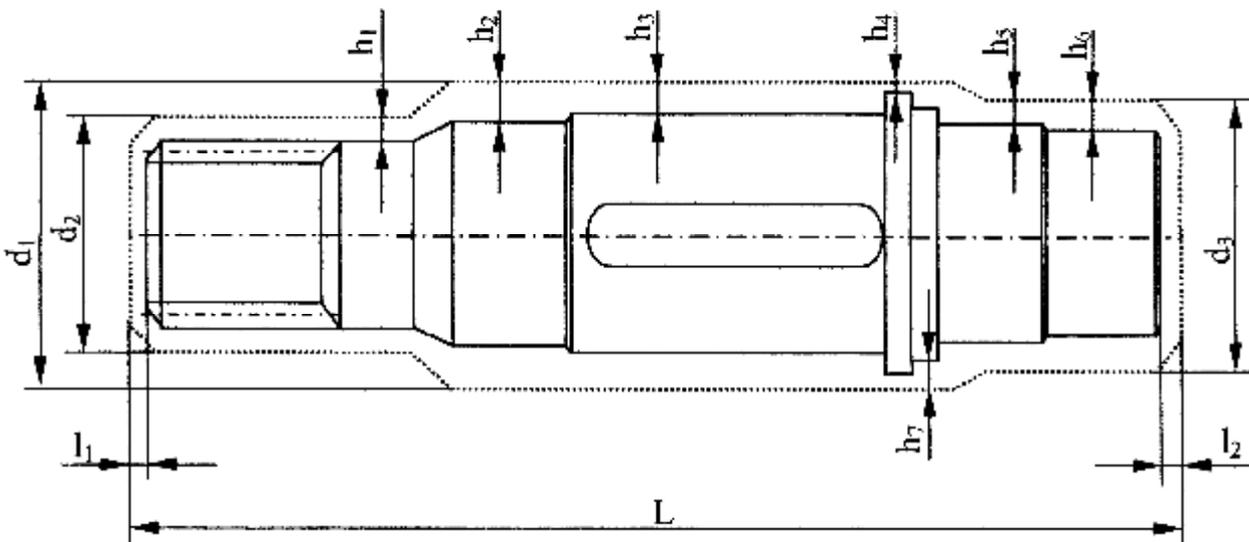


Рис. 3.1. Эскиз заготовки

Особое внимание должно быть уделено техническим требованиям к заготовке. Эти требования излагаются на листе эскиза, они должны содержать те условия, которые, как правило, невозможно изобразить графически. В технических требованиях указываются:

- отклонения от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей;
- указания относительно термообработки и твердости;
- неуказанные на чертеже и эскизе общие радиусы закруглений, штамповочные и литейные уклоны;
- допустимые поверхностные дефекты.

4. РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Составление маршрута обработки детали имеет целью дать общий план обработки детали, наметить содержание операций технологического процесса и выбрать необходимое оборудование, приспособления и инструмент. При разработке маршрута необходимо пользоваться типовыми технологическими процессами изготовления деталей [4, 8, 9 и др.].

Намечая технологический маршрут обработки детали, следует придерживаться следующих правил:

- не проектировать обработку на уникальных станках (применение уникальных и дорогостоящих станков должно быть технологически и экономически оправдано);
- использовать по возможности только стандартный режущий и измерительный инструмент;
- обрабатывать наибольшее количество поверхностей детали за одну установку и т.п.

Выбор маршрута обработки отдельных поверхностей детали и установочных баз производится исходя из требований рабочего чертежа и типа заготовки.

Маршрут обработки поверхностей представить в виде плана операций и переходов (табл. 4.1).

В таблице первоначально назначить последовательность операций обработки поверхностей детали, с учетом выбранной заготовки.

Далее пооперационно назначить промежуточные переходы по обработке каждой поверхности детали с учетом класса точности и шероховатости, исходя из экономически достижимой точности (табл. 1 приложения). Каждый предыдущий переход должен обеспечивать нормальное использование последующего, который, в свою очередь, должен быть точнее предыдущего.

Последним этапом следует предварительно подобрать и записать оборудование и оснастку, с помощью которых будут выполняться операции.

В заключении произвести выбор установочных баз (поверхности, линии, совокупность точек и т.п. на которые будет устанавливаться и закрепляться заготовка) для каждого перехода. Черновые базы следует выбирать по возможности ровными и гладкими – удобными для обработки чистовых баз.

В качестве чистовой базы намечаются одни и те же поверхности. Если по условиям обработки детали это невозможно, то в качестве новой базы используется другая поверхность, обработанная с одной установки совместно со старой базой и относительно старой базы. Пространственные отклонения этой новой базы должны оговариваться точными допусками по отношению к поверхностям, в наибольшей степени влияющим на работу детали в собранном механизме или узле.

План операций и переходов

Номер операции	Наименование операции	Номера переходов	Наименование переходов и номера обрабатываемых поверхностей	Тип и марка оборудования	Тип приспособлений	Номера базовых поверхностей
1	Фрезерно-центровочная	1 2	Фрезеровать торцы к и г Сверлить центровые отверстия	Фрезерно-центровальный МР-71	Призмы	ж ч
2	Токарная	1 2 3 4 5	Установ А Точить начерно ж Точить начисто ж Точить фаску л Установ Б Точить однократно м Точить фаску н	Токарно-винторезный 1К62	Трехкулачковый патрон Центр вращения	с н
3						
и т.д.						

Желательно, чтобы при выборе установочной базы соблюдался принцип совмещения баз, т.е. чтобы сборочная, установочная и измерительная базы совпадали.

Можно руководствоваться следующими практическими соображениями при выборе чистовых установочных баз:

- если на чертеже обозначены вспомогательные технологические базы (центра, бобышки корпусных деталей), они должны быть использованы в качестве чистовых баз;
- следует посмотреть, относительно каких поверхностей оговариваются пространственные отклонения детали, относительно каких поверхностей скоординированы размерные цепи, и принять эти поверхности за базы;
- следует выяснить, каким образом деталь устанавливается в собранном узле, и поверхности, которые определяют ее положение в узле, принять за установочные базы.

Выбор последовательности операций обработки детали должен быть основан на следующих положениях. Сначала обрабатываются поверхности, принятые за установочные базы. Затем обрабатываются остальные

поверхности в последовательности, обратной степени точности. Чем точнее должна быть обработана поверхность, тем позже она обрабатывается. Последней обрабатывается та поверхность, которая является наиболее точной и имеет наибольшее значение для работы детали. В число конечных операций также выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (наружные резьбы, шлицы и т.п.).

При производстве точных, ответственных деталей машин маршрут делится на три последовательные стадии: черновую, чистовую и отделочную.

Если деталь подвергается термической обработке, то процесс механической обработки обычно разделяется на две части: процесс до термической обработки и после нее.

При выполнении операций термической обработки, упрочнения или сварки, технологический процесс должен предусматривать возможность правки детали или повторной механической обработки для устранения коробления.

При разработке маршрута должны быть предусмотрены контрольные операции, защитные операции (меднение для защиты при цементации, и т.п.), операции термообработки и др.

Последовательность обработки зависит от системы простановки размеров. В первую очередь следует обрабатывать те поверхности, относительно которых скоординировано наибольшее количество других поверхностей. Переходы второстепенного или вспомогательного характера (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезка канавок, зачистка заусенцев) обычно выполняются на стадии чистовой обработки.

При составлении маршрута следует учитывать возможность сокращения транспортировки деталей.

Содержание операции устанавливается объединением тех переходов на определенной стадии обработки, которые могут быть выполнены на выбранном типе станка с учетом способа базирования. Например, на стадии черновой обработки на токарно-револьверном станке могут быть совмещены переходы чернового точения наружных поверхностей, сверления, зенкерования, зенкования и, в случае необходимости, разворачивания осевых отверстий.

Выбор оборудования (станка) производится предварительно после уточнения содержания операций. Характер операции и принятый метод обработки определяют тип станка (токарный, фрезерный, шлифовальный и т.п.), а размеры заготовки и обрабатываемых поверхностей – основные размеры станка (высота центров, расстояние между центрами, размер стола и т.п.).

Выбранная модель станка должна обеспечивать заданную точность обработки, наибольшую жесткость и производительность. Предпочтительна модель с большим запасом мощности и большей степенью автоматизации рабочего цикла.

Окончательный выбор станка подтверждается результатами исследования режимов резания. При выборе типа и модели металлорежущего станка в первую очередь обращается внимание на возможность закрепле-

ния в нем заданной детали (расстояние между центрами и наибольший диаметр обрабатываемой детали у токарных станков, размеры станка и наибольший ход долбяка у строгальных и долбежных, наибольший условный диаметр сверления и вертикальное перемещение шпинделя у сверлильных и т.п.). Затем анализируются мощности главных электродвигателей и их предполагаемое соответствие для обработки заданной детали. И, наконец, исследуются диапазоны и число ступеней подач и частот вращения шпинделя. Предпочтение следует отдавать станкам с более широкой разрешающей способностью указанных выше параметров. При выборе типа и модели станка можно использовать литературу [1, 16, 18 и др.].

После выбора типа станка, его паспортные характеристики заносятся в пояснительную записку и рассчитываются все ступени подач и частот вращения, которые у большинства станков изменяются в геометрической прогрессии. Расчет начинается с определения знаменателя геометрической прогрессии:

для ступеней подач

$$j = \sqrt[z-1]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}, \quad (4.1)$$

где S_{\max} , S_{\min} – максимальная и минимальная подачи у выбранного станка, мм/об; z – количество подач;

для ступеней частот вращения

$$\varphi_1 = \sqrt[z_i]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (4.2)$$

где n_{\max} , n_{\min} – максимальная и минимальная частота вращения шпинделя станка, об/мин; z_i – количество ступеней частоты вращения.

После определения j и j_1 , их необходимо скорректировать и принять ближайšie стандартные значения: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0.

Ступени подач и частот вращения определяются следующими равенствами:

$$\begin{array}{ll} S_1 = S_{\min}; & n_1 = n_{\min}; \\ S_2 = S_1 \times j; & n_3 = n_1 \cdot j; \\ S_3 = S_1 \cdot j^2; & n_3 = n_1 \cdot j^2; \\ S_4 = S_1 \cdot j^3; & n_4 = n_1 \cdot j^3; \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ S_n = S_{\max} = S_1 \cdot j^{n-1}; & n_m = n_{\max} = n_1 \cdot j^{m-1}. \end{array}$$

Аналогично определяется шаг двойных ходов для станков с прямолинейным главным рабочим движением.

Для механической обработки любой детали, кроме металлорежущих станков, требуется еще и технологическая оснастка, то есть, различные инструменты и приспособления. Приспособления необходимы, чтобы установить и закрепить деталь, обеспечив при этом требуемое на данной операции взаимное расположение станка, детали и режущего инструмента. Для этой цели используются станочные приспособления к металлорежущим станкам (универсальные и специализированные) такие, как двух-, трех-, четырехкулачковые самоцентрирующиеся патроны; различного типа оправки (центровые, шлицевые, зубчатые); станочные тиски с ручным и механическими приводами; кондукторы; плиты; станочные центры; различные хомутики; гидро- и пневмоцилиндры и т.д.

От степени оснащенности технологической оснастки во многом зависит производительность обработки. Стоимость оснастки высока. Зачастую она составляет около 80% всех затрат на подготовку производства. Поэтому следует иметь в виду, что в условиях индивидуального и мелкосерийного производства следует выбирать, в основном, типовые универсальные многоцелевые станочные приспособления. Сведения о типовых приспособлениях можно получить из [15, 18, 21].

Режущие инструменты работают в условиях больших нагрузок, высоких температур, трения и износа. Поэтому инструментальные материалы должны удовлетворять особым эксплуатационным требованиям. Материал рабочей части инструмента должен иметь большую твердость (значительно выше твердости материала обрабатываемой заготовки), высокие допускаемые напряжения на изгиб, растяжение, сжатие и кручение. Важнейшими характеристиками являются красностойкость и износостойкость.

Большинство конструкций металлорежущего инструмента является составными – рабочая часть из инструментального материала, а крепежная из обычных конструкционных сталей (40, 45, 50, 40Х и др.).

Рабочую часть в виде пластин или стержней соединяют с крепежной деталью при помощи сварки, пайки или специальных высокотемпературных клеев, механического крепления и др.

В настоящее время наиболее часто находят применение следующие инструментальные материалы: углеродистые, легированные и быстрорежущие стали; металлокерамические сплавы; сверхтвердые материалы и абразивы.

Легированные инструментальные стали (9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС и др.) используются для изготовления протяжек, сверл, метчиков, плашек, разверток. Они имеют красностойкость 250–300 °С и допускают скорость резания 15–25 м/мин.

Более широкое применение находят быстрорежущие стали. Самыми распространенными являются: Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5. Твердость таких сталей состав-

ляет HRC 62–65, красностойкость 600–630 °С. Обладая повышенной износостойкостью, они могут работать со скоростями до 100 м/мин.

Металлокерамические твердые сплавы состоят из карбидов вольфрама, титана и тантала (WC, TiC, TaC), находящимися в металлическом кобальте (Co). Они применяются в виде пластинок, изготавливаемых методом порошковой металлургии, закрепляемых на державках режущего инструмента. Металлокерамический твердосплавной инструмент обладает высокими твердостью (HRC 80–92), износостойкостью и красностойкостью (800–1000 °С). Это позволяет вести обработку со скоростями до 800 м/мин.

Твердые сплавы делятся на следующие группы: однокарбидные (вольфрамовые) – BK2, BK3, BK3M, BK4, BK6M, BK6 и другие сплавы; двухкарбидные (титано-вольфрамовые) – T30K4, T15K6, T5K10, T5K12 и другие сплавы; трехкарбидные (титано-танталовольфрамовые) – TT7K12, TT10K8, TT8K6 и др.

Твердые сплавы группы BK используются для обработки твердых и хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов.

Двухкарбидные сплавы рекомендуются для обработки изделий из пластичных и вязких металлов и сплавов.

Трехкарбидные сплавы отличаются от первых двух повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью и применяются для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

В последние годы все более широко используются безвольфрамовые твердые сплавы TM1, TM3, TN-20, TN-30, TN-40, KTN-16 и другие сплавы на основе карбидов или других соединений титана с добавками молибдена, никеля и других тугоплавких металлов. Например, сплав TM1 имеет износостойкость при обработке стали 50 в 2 раза выше, чем сплав T30K4.

Производительность обработки резанием существенно возрастает при использовании инструментов, оснащенных поликристаллами сверхтвердых материалов (СТМ) на основе кубического (КНБ) или вюрциподобного (ВНБ) нитрида бора и синтетических алмазов (СА).

В настоящее время инструментальная промышленность выпускает две группы СТМ на основе нитрида бора (композиты) и углерода (поликристаллические алмазы).

Твердость поликристаллических алмазов выше, чем твердость композитов. Однако теплостойкость в 1,5–2 раза ниже. Композиты практически инертны к черным металлам, а алмазы проявляют к ним значительную активность при высоких температурах. Это приводит к тому, что инструмент из СТМ наиболее выгодно использовать на автоматических линиях, станках с ЧПУ, в гибких производственных модулях, то есть там, где обеспечи-

вается оптимальный режим резания, имеется возможность плавного ввода и вывода инструмента из контакта с обрабатываемой заготовкой, высокоэффективный контроль за его эксплуатацией.

Значительную роль при обработке металлов резанием играют тип и геометрия режущей части инструмента, а также период стойкости, то есть время работы в минутах до затупления и необходимости заточки.

В курсовом проекте необходимо занести в пояснительную записку сведения о выбранном инструменте с указанием его характеристик. При назначении и выборе инструментов и их параметров следует пользоваться справочной литературой [1, 2, 6, 16, 18, 22 и др.].

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ И НА ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ И ИСХОДНЫЕ РАЗМЕРЫ ЗАГОТОВКИ

5.1. Общие положения

В курсовом проекте студент должен расчетно-аналитическим методом определить припуски на заготовку и предельные размеры для одной поверхности, по указанию руководителя проекта, а для остальных поверхностей – опытно-статистическим методом. Для аналитического расчета выбираются поверхности, к которым предъявляются наибольшие требования по точности и шероховатости.

5.2. Порядок определения припусков и предельных размеров расчетно-аналитическим методом

Подготовить таблицу по форме табл. 5.1. и записать в *графу 1* последовательный порядок технологических переходов по обработке поверхности. Последовательность принимается по маршруту обработки поверхности (см. табл. 4.1).

Определить и занести в таблицу значения R_z , T , r , e для каждого перехода (*графы 2–5*), где в мкм:

R_z – высота микронеровностей;

T – глубина дефектного слоя;

r – суммарная величина пространственных отклонений;

e – погрешность установки.

Таблица 5.1

Аналитический расчет припусков и предельных размеров

Маршрут обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный минимальный припуск, мкм	Расчетный наименьший (наибольший) размер, мм	Допуск на промежуточные размеры, d , мкм	Предельные размеры заготовки по переходам, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R_{zi-l}	T_{i-l}	r_{l-l}	e_i				наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Итого											

Значения параметров R_z и T для наиболее встречающихся случаев приведены в табл. 2 приложения, а более полные сведения приведены в справочниках машиностроителя и металлста.

Для заготовок из проката суммарная величина пространственных отклонений r (графа 4) определяется по формуле

$$r = \sqrt{r_{кр}^2 + r_{ц}^2}, \quad (5.1)$$

где $r_{кр}$ – кривизна заготовки, мкм,

$$r_{кр} = \Delta k \times l, \quad (5.2)$$

где Δk – удельная кривизна, мкм/мм (см. табл. 3 приложения); l – расстояние от дальнего конца обрабатываемой поверхности до опоры, при консольном закреплении; при закреплении в центрах – удвоенное расстояние от сечения, для которого определяется припуск до ближайшей опоры, мм; $r_{ц}$ – погрешность зацентровки, мкм,

$$r_{ц} = 0,25 \times (\sqrt{d^2 + 1}), \quad (5.3)$$

где d – допуск на размер поверхности заготовки, мкм (значения допусков d приведены в табл. 4 приложения).

Для штампованных заготовок стержневого типа (валы, рычаги и т.п.) и отливок

$$r = \sqrt{r_{кр}^2 + r_{см}^2 + r_{ц}^2}, \quad (5.4)$$

где $r_{кр}$ и $r_{ц}$ определяются также как и для формулы (5.1); $r_{см}$ – пространственные отклонения из-за смещения стержней или штампов, мкм (приведены в табл. 5 приложения).

Для штампованных заготовок типа дисков с отверстиями

$$r = \sqrt{r_{кор}^2 + r_{см}^2 + r_{экс}^2}, \quad (5.5)$$

где $r_{кор}$ – коробление заготовки, мкм; $r_{см}$ – пространственные отклонения из-за смещения штампа, мкм; $r_{экс}$ – эксцентricность отверстия, учитывается в радиальном направлении. Значения $r_{кор}$, $r_{см}$, $r_{экс}$ приведены в табл. 5 приложения.

После первых переходов механической обработки величина пространственных отклонений берется в долях значений, полученных на предыдущих стадиях обработки. Суммарное значение пространственных отклонений уменьшается с каждым переходом: $r_2 = 0,06 \times r_1$; $r_3 = 0,05 \times r_2$; $r_3 = 0,05 \times r_2$ и т.д.

Погрешность установки e (графа 5) подсчитывается по формуле

$$e = \sqrt{e_{б}^2 + e_{з}^2 + e_{пр}^2}, \quad (5.6)$$

где $e_{б}$ – погрешность базирования, мкм; $e_{з}$ – погрешность закрепления, мкм; $e_{пр}$ – погрешность, вызванная неточностью изготовления приспособления: $\varepsilon_{пр} = \frac{\delta}{2}$, т.е. половина допуска на выполняемый размер. Значения

$e_{б}$, $e_{з}$ приведены в справочной литературе [10, 18 и др.].

При обработке в центрах, при протягивании, развертывании и бесцентровом шлифовании погрешность установки $e = 0$.

При обработке заготовки с одной установки при неизменном закреплении заготовки значения $e_{з}$ принимать для расчета припуска только под первый переход. Для расчета припуска под второй переход погрешность закрепления определяется по формуле

$$e_{з_i} = e_{з_{i-1}} \times k + e_{инд}, \quad (5.7)$$

где k – коэффициент уточнения ($k = 0,06$); $\varepsilon_{з_{i-1}}$ – погрешность закрепления на предшествующем переходе; $e_{инд}$ – погрешность индексации поворотного устройства (поворотного стола, шпиндельного барабана, револьверной головки и т.п.): $e_{инд} = 50$ мкм.

При расчете припусков под последующие переходы погрешностью закрепления можно пренебречь и учитывать только погрешность индексации.

Далее вычислить и записать в *графу 6* значения расчетных минимальных припусков по формулам:

- для поверхностей, образованных телами вращения

$$2z_{i \min} = 2 \times (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{r_{i-1}^2 + e_i^2}), \quad (5.8)$$

где i – индекс выполняемого перехода; $i-1$ – индекс предшествующего перехода;

- для плоских поверхностей, обрабатываемых последовательно

$$z_{i \min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + r_{i-1} + e_i, \quad (5.9)$$

- для плоских поверхностей, обрабатываемых параллельно

$$2z_{i \min} = 2 \times (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + r_{i-1} + e_i). \quad (5.10)$$

Символ $2z$ используется для обозначения симметричного припуска, z – асимметричного.

В *графе 7* для внешних поверхностей (валы) проставить расчетные наименьшие размеры, начиная с конечного (чертежного) размера, путем прибавления расчетного минимального припуска каждого технологического перехода. Для внутренних поверхностей (отверстия) проставить наибольшие размеры, начиная с конечного (чертежного) размера, путем вычитания расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

В *графе 8* проставить допуски на переходы. Как было указано выше, допуск на заготовку проставляется по табличным данным (табл. 4. приложения). Допуск на последнем переходе равен допуску на изготовление детали. Допуски на промежуточные переходы проставляются согласно правилу, что каждая последующая обработка увеличивает точность на 1...3 качества. Распределяя с указанным интервалом качества по переходам, записать соответствующие допуски.

Начиная с последнего перехода, рассчитать предельные размеры заготовки на технологических переходах и проставить их в *графах 9 и 10*. Для этого в *графу 9* занести значения *графы 7* для обрабатываемых внешних поверхностей, округляя расчетные размеры увеличением их значений, а в *графу 10* для обрабатываемых внутренних поверхностей. Наибольшие предельные размеры (*графа 10*) для обрабатываемых внешних поверхностей вычислить прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру. Наименьшие предельные размеры (*графа 9*) для обрабатываемых внутренних поверхностей вычислить вычитанием допуска из

округленного наибольшего предельного размера. На последнем переходе предельными размерами заготовки будут размеры, принятые по рабочему чертежу детали.

Предельные значения припусков определяются как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов (записываются в *графу 11*) и как разность наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов (записываются в *графу 12*).

Вычислить значения общего минимального и максимального припуска по формулам

$$2z_{o \min} = \sum_{i=1}^n 2z_{i \min}, \quad (5.11)$$

$$2z_{o \max} = \sum_{i=1}^n 2z_{i \max}, \quad (5.12)$$

$$z_{o \min} = \sum_{i=1}^n z_{i \min}, \quad (5.13)$$

$$z_{o \max} = \sum_{i=1}^n z_{i \max}. \quad (5.14)$$

Общий припуск равен сумме промежуточных припусков по всему технологическому маршруту, т.е. равен припуску заготовки на данной поверхности.

Рассмотрим пример расчета припусков на обработку и определение промежуточных и исходного размеров заготовки при обработке шейки вала диаметром $60_{+0,01}^{+0,03}$ мм. Заготовка – штамповка. Обработка в центрах.

1. Поскольку шейка вала обрабатывается с отклонением m_6 , технологическими переходами будут: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое. Перечисленные технологические переходы заносим в *графу 1* таблицы расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам (табл. 5.2.).

2. По справочникам определяем элементы припуска для каждого перехода, которые записываем в *графы 2, 3, 4 и 5*.

3. Определяем минимальный расчетный припуск на диаметр путем суммирования и удваивания элементов припуска (*графа 6*).

4. Записываем в *графу 7* расчетные наименьшие размеры по переходам (начиная с последнего) путем прибавления к наибольшему размеру шейки вала после чистового шлифования соответствующих значений расчетных припусков, записанных в *графе 6*.

5. Заполняем *графу 8* (допуски на промежуточные размеры): допуск на чистовое шлифование, согласно данным чертежа – 0,02 мм; допуск на предварительное шлифование принимаем по 7-му качеству (0,03 мм), на чистовое точение – по 10-му (0,12 мм), на предварительное точение – по 12-му (0,4 мм) и на размер после штамповки находим по справочнику (3 мм).

Таблица 5.2

Таблица расчета припусков и предельных размеров по технологическим переходам при обработке шейки вала

Маршрут обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный минимальный припуск, мкм	Расчетный наименьший (наибольший) размер, мм	Допуск на промежуточные размеры, мкм	Предельные размеры заготовки по переходам, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R_{Zi-1}	T_{i-1}	r_{I-1}	E_i				наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	-	-	-	-	-	65,27	3000	65,3	68,3	-	-
Точение: черновое	150	250	1820	-	2×2220	60,83	400	60,9	61,3	4400	7000
чистовое	50	50	109	-	2×209	60,41	120	60,41	60,53	490	770
Шлифование: черновое	30	30	73	-	2×133	60,14	30	60,14	60,17	270	360
чистовое	10	20	36	-	2×66	60,01	20	60,01	60,03	130	140
Итого										5290	8270

6. Заполняем *графу 9* путем округления данных *графы 7* до знака, соответствующего допуску на выполняемом переходе.

7. Заполняем *графу 10* путем прибавления к наименьшему размеру заготовки соответствующего допуска на промежуточный размер.

8. В *графах 11 и 12* записываем предельные значения припусков, определяемые соответственно по данным *граф 9 и 10*.

5.3. Порядок определения припусков и предельных размеров опытно-статистическим методом

Для остальных поверхностей детали по справочникам выбрать номинальные значения общих припусков на обработку заготовки из табл. 6 приложения. Распределить общий припуск с учетом корректировки по технологическим переходам и операциям, в зависимости от требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности. Порядок распределения припусков приведен в справочной литературе. В отдельных случаях, при распределении общего припуска по технологическим переходам, учитывают, что при черновой обработке снимается 60–70 % припуска, а при чистовой – 30–40 %.

В том случае, когда в качестве заготовки используются стандартные профили, подобрать ближайший по размерам сортамент и откорректировать значения припусков.

При обработке ступенчатых валов из проката наибольший предельный размер проката принимают по ступени наибольшего обрабатываемого диаметра с учетом припуска, а остальные ступени обрабатывают с так называемым напуском.

Если напуск не может быть снят за один проход, то первым проходом удаляют 60 % напуска, а вторым – 40 %.

Нанести расчетные данные припусков на подготовленный в разделе 3 указаний эскиз заготовки.

6. РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

При расчете режимов резания следует придерживаться определенного порядка. Сначала устанавливается глубина резания t , подача S , определяется скорость резания V и сила резания P , по которой рассчитывается требуемая мощность станка.

Глубина резания при черновой обработке назначается по возможности максимальной. Если припуск для данного вида обработки может быть снят за один проход, глубина резания определяется, как правило, максимальной величиной припуска на обработку. При чистовой обработке глубина резания назначается в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Глубину резания могут ограничивать: недостаточная мощность привода станка, недостаточная жесткость и прочность системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД), ненадежное крепление заготовки на станке и другие факторы. При этих условиях необходимо снимать припуск за несколько проходов, уменьшая глубину резания.

Подача при черновой обработке выбирается максимально возможной, исходя из вышеперечисленных ограничивающих факторов, что и для глубины резания. При чистовой обработке принимается во внимание требуемая степень точности и шероховатости обработанной поверхности.

Установив значения t и S , можно определить скорость резания V и силу резания P . Скорость резания и сила резания рассчитываются по эмпирическим формулам, устанавливаемым для каждого вида обработки. Далее необходимо произвести проверку соответствия выбранных режимов с паспортными данными станка.

В расчетно-пояснительной записке приводятся расчеты и данные по исследованию только по переходам обработки поверхности, для которой в подразд. 5.2. настоящих указаний аналитическим путем были определены припуски по переходам. Для остальных поверхностей данные по режимам резания выбираются по справочникам [10, 18 и др.]. Уточненные и проанализированные данные по режимам резания отражаются в операционных картах.

Ниже приводятся рекомендации по определению и исследованию режимов резания для токарной обработки (обтачивании и растачивании).

При черновом и чистовом обтачивании и растачивании аналитически рассчитанный припуск первоначально определяет величину глубины резания t , мм.

Для поверхностей, определение припусков, для которых выполнено по опытно-статистическим данным, при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности станка величина t также принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск снимается за два и более проходов. На каждом последующем проходе глубина резания устанавливается меньше, чем на предшествующем. При параметрах шероховатости обработанной поверхности до $R_a = 3,2$ мкм включительно $t = 0,5–2$ мм; при $R_a \geq 0,8$ мкм $t = 0,1–0,4$ мм.

В дальнейшем производится уточнение возможной глубины, особенно при черновой обработке. Глубина резания может быть ограничена недостаточной жесткостью системы СПИД и мощностью привода станка. В этих случаях необходимо уменьшить глубину резания и снимать припуск за несколько проходов.

Рекомендуемые подачи S , мм/об, при черновом и чистовом точении и обтачивании приведены в литературе [1,15, 16, 17, 18 и др.]. Выбранную подачу необходимо скорректировать по паспорту станка, приняв ближайшую меньшую степень.

Скорость резания при наружном продольном и поперечном точении, а также при растачивании определяется по эмпирической формуле

$$V_p = \frac{C_V \cdot k_V}{T^m \cdot S^X \cdot Y}, \quad (6.1)$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия резания; T – период стойкости резца, мин; S – подача, мм/об; k_V – корректирующий коэффициент; m , X , Y – показатели степени. Значения C_V , m , X , Y приведены в литературе [1, 15 и др.].

Средние значения периода стойкости T можно принимать в пределах 60–90 мин для резцов из быстрорежущей стали и 90–120 мин для твердосплавного инструмента.

Корректирующий коэффициент k_V определяется по формуле

$$k_V = k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_j \times k_r, \quad (6.2)$$

где k_{mn} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки; k_{nn} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки; k_{un} – коэффициент, учитывающий материал режущей части резца; k_j – коэффициент, учитывающий главный угол резца в плане; k_r – коэффициент, учитывающий величину радиуса при вершине резца (принимается во внимание только для резцов из быстрорежущей стали). Значения коэффициентов k_{mn} , k_{nn} , k_{un} , k_j , k_r приведены в [1, 15 и др.].

Для проверки реализации V_p на выбранном станке определяется расчетная частота вращения шпинделя n_p , об/мин:

$$n_p = \frac{V_p \times 1000}{p \times d}, \quad (6.3)$$

где d – диаметр заготовки до обработки.

Полученная величина частоты вращения сравнивается с имеющимися в паспорте станка значениями. Если расчетная частота не совпадает с одной из ступеней, то для дальнейших расчетов принимается та частота вращения шпинделя станка n_{cm} , которая является ближайшей меньшей.

По принятому значению n_{cm} определяется фактическая скорость резания V_ϕ , м/мин:

$$V_\phi = \frac{\pi \times d \times n_{cm}}{1000}, \quad (6.4)$$

В дальнейших расчетах используются только n_{cm} и V_ϕ .

Главной составляющей силы резания является тангенциальная сила P_z , Н (помимо радиальной P_y и осевой P_x) по которой рассчитывается мощность, необходимая для снятия стружки. Расчетным путем P_z определяется по формуле

$$P_z = 10 \times C_P \times t^x \times S^y \times V_\phi^n \times k_P. \quad (6.5)$$

Постоянная C_P и показатели степени x, y, n для каждой из составляющих силу резания приведены в [1, 15 и др.]. Поправочный коэффициент k_P представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих условия резания:

$$k_P = k_{MP} \times k_{jP} \times k_{gP} \times k_{IP}. \quad (6.6)$$

Численные значения коэффициентов приведены в [1, 15 и др.].

Осевая сила P_x (сила подачи) и радиальная P_y определяются через P_z по формулам

$$P_x = P_z \times (0,3 \div 0,4), \quad (6.7)$$

$$P_y = P_z \times (0,4 \div 0,5). \quad (6.8)$$

Осевая сила сравнивается по паспорту станка с наибольшей допускаемой механизмом подачи и в случае превышения последней, требует повторного расчета режимов резания.

Эффективная мощность резания N_ε , кВт определяется по формуле

$$N_\varepsilon = \frac{P_z \times V_\phi}{1020 \times 60}. \quad (6.9)$$

Затем определяется потребная мощность на шпинделе станка:

$$N_n = \frac{N_\varepsilon}{\eta_{cm}}, \quad (6.10)$$

где η_{cm} – КПД станка.

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов для принятого станка устанавливается коэффициент его использования по мощности:

$$K_{uc} = \frac{N_n}{N_{cm}}, \quad (6.11)$$

где N_{cm} – мощность главного электродвигателя станка (по паспорту), кВт.

Величина коэффициента K_{uc} не должна превышать единицы. Наиболее рациональное значение $K_{uc} = 0,85 - 0,9$.

В случае отклонения K_{uc} от рациональной величины, необходимо вновь рассчитать режимы резания, скорректировав при этом параметры S, t, T , тип станка и др.

7. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

7.1. Общие положения

Технические нормы времени в условиях массового и серийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

При массовом производстве определяется норма штучного времени:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{дон}. \quad (7.1)$$

При серийном производстве рассчитывается штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{n}. \quad (7.2)$$

После определения содержания операций, выбора оборудования инструментов и расчета режимов резания нормы времени определяются в такой последовательности:

1. На основании рассчитанных режимов работы оборудования по каждому переходу вычисляется основное (технологическое) время T_o ;
2. По содержанию каждого установка и перехода устанавливается необходимый комплекс приемов вспомогательной работы и определяется вспомогательное время T_e с учетом возможных и целесообразных совмещений и перекрытий;
3. По нормативам в зависимости от операций и оборудования устанавливается дополнительное время $T_{дон}$ (время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности);
4. Определяется норма штучного времени $T_{шт}$;
5. Для серийного производства устанавливается состав подготовительно-заключительной работы, вычисляется подготовительно-заключительное время $T_{нз}$ и штучно-калькуляционное время $T_{шк}$.

7.2. Определение основного (технологического) времени

Основное время T_o затрачивается на непосредственное осуществление технологического процесса. Расчет основного времени производится по формулам, установленным на основании кинематики данного метода обработки и выбранных режимов резания. Формулы для расчета основного технологического времени приводятся во многих работах по нормированию и по технологии машиностроения [17, 18, 19, 20, 23 и др.].

В качестве примера ниже приводится пример расчета основного времени при токарной обработке (обтачивание вала) (рис. 7.1).

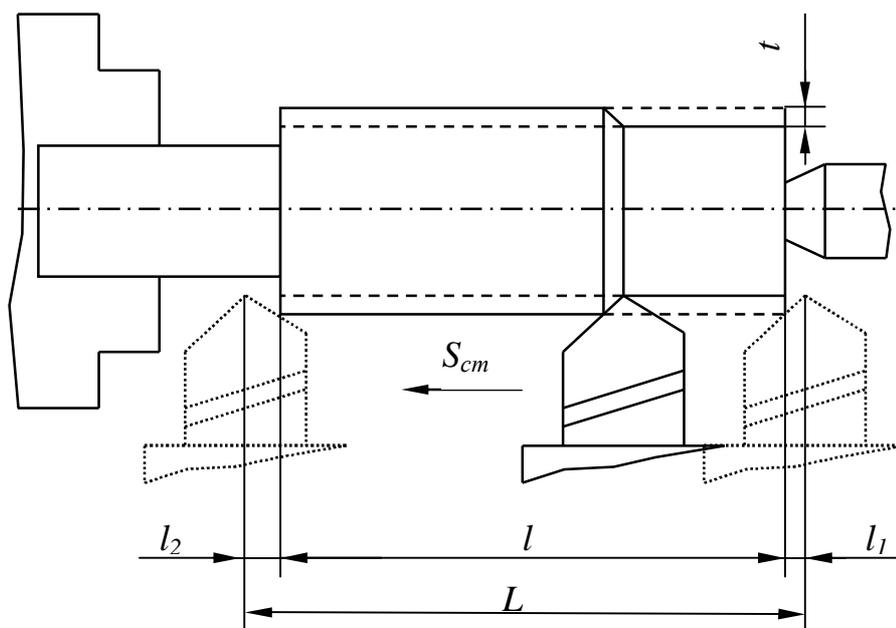


Рис. 7.1. Технологическая схема точения

Основное время при обтачивании внешней ступени вала на основании кинематики и выбранных режимов резания определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{n_{cm} \times S_{cm}} \times i, \quad (7.3)$$

где L – расчетная длина обработки, мм; i – количество проходов.

Расчетная длина обработки находится по формуле

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (7.4)$$

где l – чертежный размер обрабатываемой поверхности, м; l_1 – величина врезания резца, мм: $l_1 = t \cdot \text{ctg} j$, здесь j – величина главного угла в плане резца; l_2 – величина перебега резца, мм: $l_2 = S_{cm} \times (2 \div 3)$.

7.3. Определение вспомогательного времени

Вспомогательное время T_e расходуется на действия, обеспечивающие выполнение основной работы. Вместе с основным технологическим временем оно составляет оперативное время. При расчете нормы штучного времени учитывается только часть вспомогательного времени, не перекрываемая машинным временем.

При определении нормы вспомогательного времени суммируют следующие его элементы:

- время на установку и снятие детали, время на переустановку;
- время на приемы управления станком;

- время на измерение детали (если оно не перекрывается машинным временем).

Рекомендуемые величины вспомогательного времени приведены [17, 18, 19, 20, 23 и др.].

7.4. Определение дополнительного времени

Дополнительное время $T_{дон}$ состоит из трех частей: времени на техническое обслуживание рабочего места, времени на организационное обслуживание рабочего места, а также времени перерывов на отдых и личные надобности. Это время зависит от типа станка, условий работы, массы обрабатываемых деталей, характера управления оборудованием и задается в процентах от величины оперативного времени как в серийном, так и в массовом производстве.

7.5. Определение подготовительно-заключительного времени

Подготовительно-заключительное время T_{nz} нормируется на партию деталей, и часть его, приходящаяся на одну деталь, включается в норму штучно-калькуляционного времени (только при серийном и единичном производстве).

Подготовительно-заключительное время задается по нормативам в минутах и зависит от характера и объема подготовительно-заключительных работ.

В операционных картах приводятся значения основного и вспомогательного времени на каждый переход и, кроме того, вспомогательное время на каждый установ, а в маршрутной карте указывается величина нормы штучного времени на каждую операцию и, кроме того, величина подготовительно-заключительного времени на партию деталей.

8. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В составе курсового проекта предусматривается оформление разработанного технологического процесса путем заполнения следующих видов документов, предусмотренных ГОСТ 3.1102-70:

1) маршрутная карта (МК), по ГОСТ 3.1105-74 содержит описание технологического процесса изготовления и контроля детали по всем операциям в технологической последовательности с указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке, материальным, трудовым и другим нормативам;

2) операционные карты (ОП), по ГОСТ 3.1404-74 – содержат описание операций технологического процесса с расчленением операций по переходам и с указанием режимов работы, расчетных норм и трудовых нормативов;

3) карты эскизов и схем (КЭ) графически иллюстрируют технологические процессы для операций обработки и контроля.

Заполнение маршрутных и операционных карт производится в соответствии с общими требованиями ГОСТ 3.1104-74 заполнения текстовых документов, разбитых на графы. С примерами заполнения технологических карт и оформления графической части проекта можно ознакомиться в методическом кабинете кафедры, поэтому здесь приводятся только некоторые пояснения.

При выполнении курсового проекта в учебном заведении нет необходимости в заполнении некоторых граф документов, которые используются только в производственных условиях.

Так, например, во всех технологических документах не заполняются дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68, предназначенные для архивного учета документации на производстве. Не заполняются некоторые графы основной надписи технологических документов по ГОСТ 3.1103-70, например графы, предназначенные для внесения изменений, а также графы «Обозначение документа по ГОСТ» и «Технологический шифр по ГОСТ». Допускается не указывать в графах «Обозначение» по материалу, заготовке, профессии, тарифной сетке, виды, нормы, единицы нормирования, т.е. такие показатели, по которым предусматривается разработка обозначений в виде шифров.

В маршрутной карте разрешается не указывать номер цеха и номер участка.

Номера операций следует указывать арабскими цифрами в последовательности, соответствующей технологическому процессу. Нумерацию в производственных условиях ведут через 5: например, первой операции присваивают номер 5, второй 10, третьей 15 и т.д. Такую нумерацию целесообразно применять и в учебных проектах.

В графе «Наименование и содержание операций» допускается записывать сокращенное наименование операции, которое может выражаться именем прилагательным, производным от вида оборудования, или именем существительным, например, «Токарная», «Шлифовальная» или «Фрезерование», «Хонингование» и т.д.

Операционная карта технологического процесса заполняется также в соответствии с общими требованиями к текстовым документам, разбитым на графы. Заполнение граф производится в соответствии с таблицами, приведенными в ГОСТ 3.1404-74, ГОСТ 3.1405-74, ГОСТ 3.1407-74, ГОСТ 3.1408-74.

Так же, как и при заполнении маршрутной карты, допускается не заполнять ряд граф, которые могут быть заполнены только при наличии шифров обозначений.

Операционная карта – это документ попереходной разработки технологического процесса, поэтому здесь дается более подробное описание содержания переходов. Содержание переходов включает:

- наименование метода обработки, выраженное глаголом в повелительной форме (например, точить, сверлить, шлифовать и т.д.);

- наименование обрабатываемой поверхности детали (например, то-рец, отверстие и т.д.);
- номер обрабатываемой поверхности, указанный в скобках;
- размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности, например: «Развернуть отверстие» **j** $\varnothing 34,95$ ».

Если операционная карта сопровождается эскизом, выполненным на карте эскизов и схем, на котором указаны окончательные размеры, полученные при обработке в данной операции, то размеры в описании перехода, в котором они получаются, можно не указывать, например, «Фрезеровать плоскость **k** в размер **H**».

В описании перехода указывают количество одновременно обрабатываемых поверхностей, например: «Фрезеровать четыре паза **I** ».

При одновременной обработке на определенной операции (переходе) нескольких поверхностей в описании перечисляются все обрабатываемые поверхности, например «Точить начерно поверхность **m** на длину **L**, сверлить отверстие **n** $\varnothing 8$ на глубину **h**».

Содержание переходов установки, закрепления, раскрепления и снятия детали допускается записывать только в особо сложных случаях. Во всех остальных случаях в качестве содержания первого перехода необходимо записывать непосредственно основной переход обработки, начиная запись со второй строки. Между записями содержания следует оставлять промежутки по одной строке.

Графа «Номер позиции» заполняется в случаях обработки на многопозиционных станках, например агрегатных и т.п.

В графе «Инструмент» указывается краткое наименование вспомогательных, режущих и мерительных инструментов и обозначения их по ГОС-Там или стандартам предприятия, с указанием типоразмера и материала (для режущих инструментов).

В графе «Расчетные размеры» указывается диаметр обрабатываемого элемента изделия, принимаемый в расчетах режимов резания, или величину рабочего хода инструмента в направлении ширины (ширина) изделия, а также величину рабочего хода инструмента в направлении длины (длина) обрабатываемого элемента изделия, учитываемые при нормировании. При определении диаметра учитывается наибольший диаметр, по которому рассчитывается скорость резания.

В графе «Режимы обработки» последовательно записываются элементы режима резания, полученные расчетом на основании нормативов или аналитическим методом, с учетом данных допускаемых станком, для каждого перехода данной операции.

В графе T_o на одну деталь основное (машинное) время определяется по формулам с указанием его величины для каждого перехода.

Если в данном переходе одновременно работает несколько инструментов, например, при работе на револьверных, карусельных или многолезцо-

вых станках, время работы одних инструментов перекрывается временем работы других. В этом случае подсчитывается время работы каждого инструмента в отдельности, а в карту заносится наибольшая длительность работы инструмента, время работы остальных инструментов данного перехода не учитывается.

Вспомогательное время на установ T_{ε} (время на установку, закрепление, раскрепление и снятие детали) записывается в соответствующей графе карты на строку выше времени первого основного перехода обработки. Вспомогательное время на переход записывается в соответствующую строку T_{ε} .

В графе $T_{ум}$ маршрутной карты приводится сумма основного, вспомогательного и дополнительного времени на каждую операцию.

Карты технологического процесса подшиваются в пояснительной записке по окончании расчетно-пояснительной части.

Карта операционных эскизов выполняется по ГОСТ 3.1105-74 на листе формата А1. Карта вычерчивается после того, как технологический процесс полностью разработан и оформлен в технологических картах. На лист выносятся от 3 до 6 эскизов к нескольким операциям, в основной надписи в этом случае в графе «Номер операции» должны проставляться номера операций, для которых выполнены эскизы.

Каждый операционный эскиз должен иметь надпись, указывающую номер и наименование операции, если эскиз приведен на установ, то кроме номера и наименования операции необходимо указать обозначение установа.

Под эскизом или справа от эскиза следует привести следующие данные:

- наименование и марку используемого оборудования;
- наименование приспособлений;
- наименование, обозначение, размеры и материал используемых режущих инструментов;
- наименование и марку измерительных инструментов;
- данные о режимах обработки в виде таблицы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Шероховатость поверхности при различных методах обработки

Вид обработки		Шероховатость, R_z (R_a), мкм									
		320 (80)	160 (40)	80 (20)	40 (10)	20 (5)	10 (2,5)	6,3 (1,25)	3,2 (0,63)	1,6 (0,32)	0,8 (0,16)
Точение	Черновое	+	+	+							
	Получистовое				+	+					
	Чистовое					+	+	+			
Сверление				+	+	+					
Зенкерование	Черновое			+	+						
	Чистовое					+	+				
Развертывание	Получистовое					+	+				
	Чистовое						+	+	+		
Протягивание							+	+	+		
Фрезерование	Черновое			+	+						
	Чистовое					+	+				
Строгание	Черновое			+	+						
	Чистовое					+	+				
Шлифование	Черновое					+	+				
	Чистовое						+	+	+		
Хонингование									+	+	+
Суперфиниш									+	+	+
Зубонарезание							+	+			
Шевингование								+	+	+	
Полирование								+	+	+	+
Притирка							+	+	+	+	

Таблица 2

Качество поверхностей заготовок деталей машин

Метод получения или обработки заготовки		R_z , мкм	T, мкм
Заготовка	Прокат калиброванный гладкотянутый	60	60
	Прокат горячекатаный \varnothing до 85 мм	150	150
	То же \varnothing 85-150 мм	200	300
	То же \varnothing 150–200 мм	300	400
	Штамповки	150	300
	Литье в кокиль	200	300
	Литье в земляные формы	400	450
Обработка торцов	Фрезерование и черновое точение	100	100
	Черновое подрезание	60	60
	Чистовое подрезание	30	30
	Шлифование	10	20
	Резка дисковыми пилами и ножовками	200	100

Продолжение приложения

Окончание табл. 2

Метод получения или обработки заготовки		R _z , мкм	T, мкм
Обработка наружных поверхностей	Черновое точение штамповок и отливок	100	100
	Черновое точение горячекатаного проката	120	120
	Чистовое точение	30	30
	Фрезерование черновое	30	50
	Фрезерование чистовое	10	15
	Шлифование черновое	10	20
	Шлифование чистовое	5	15
	Протягивание	5	15
Обработка отверстий	Сверление Ø 3–6 мм	20	40
	То же Ø 6–10 мм	30	50
	То же Ø 10–18 мм	40	60
	То же Ø 18 мм и более	50	70
	Зенкерование черновое Ø 10–30 мм	50	40
	То же Ø 30–80 мм	50	50
	Зенкерование чистовое Ø 10–80 мм	30	40
	Развертывание	10	25
	Протягивание	4	6
	Растачивание черновое	50	50
	Растачивание чистовое	20	25
	Шлифование	10	20

Таблица 3

Удельная кривизна заготовок Δ_к, мкм/мм

Вид заготовки	Диаметр (для плоских толщина), мм		
	до 25	25–80	>80
Прокат калиброванный	2	1	1
Прокат горячекатаный	5	5	5
Штамповки	2	1,5	1
Литье	0,7–3,0	0,7–3,0	0,7–3,0

Таблица 4

Допуски на заготовки

Вид и размер заготовки (мм)		Допускаемые отклонения, мкм	
		На длину	На диаметр
Прокат калиброванный	Ø 3,1–6	2000	80
	Ø 6,1–10	2000	100
	Ø 10,2–18	2000	120
	Ø 18,5–30	3000	140

Продолжение приложения

Продолжение табл. 4

Вид и размер заготовки (мм)		Допускаемые отклонения, мкм		
		На длину	На диаметр	
Прокат калиброванный	∅ 31–50	3000	170	
	∅ 52–80	3000	200	
	∅ 82–100	3000	230	
Прокат горячекатаный обычной точности	∅ 5–19	2000	+300 –500	
	∅ 20–25	2500	+400 –500	
	∅ 26–48	3000	+400 –700	
	∅ 50–56	3500	+400 –1000	
	∅ 60–75	3500	+500 –1100	
	∅ 80–95	4000	+500 –1300	
	∅ 100–110	4000	+600 –1700	
	∅ 120–150	4500	+800 –2000	
	∅ 160–200	5000	+900 –2500	
	∅ 210–250	5500	+1200 –3000	
Штамповка (детали типа вал)	Длина, мм	Диаметр, мм		
	150–180	18–30	1500	1500
		30–50	1800	1800
		50–80	2100	2400
		80–120	2400	3000
	180–260	18–30	1800	1800
		30–50	2100	2100
		50–80	2400	2700
		80–120	2700	3300
		120–180	3000	4200
	260–360	30–50	2400	2400
		50–80	2700	3000
		80–120	3300	3800
		120–180	3600	4800
	360–500	30–50	3000	3000
		50–80	3300	3600
80–120		3600	4200	
120–180		4200	5400	

Продолжение приложения

Окончание табл. 4

Вид и размер заготовки (мм)			Допускаемые отклонения, мкм					
			На длину	На диаметр				
Штамповки (детали типа диск)	Толщина, мм	Средний диаметр, мм						
			40–120	1500	1500			
	18–30		120–180	2100	2100			
			180–260	2400	2400			
			260–360	3000	3000			
			120–180	2100	2400			
	30–50		180–260	2700	3000			
			260–360	3300	3600			
			180–260	3000	3300			
	50–80		260–360	3600	3900			
Отливки	Наибольший габарит, мм	Номинальный размер, мм						
		До 50	50–120	120–260	260–500	500–800	800–1250	1250–2000
	До 260	500	800	1000				
	260–500	800	1000	1200	1500			
	500–1250	1000	1200	1500	2000	2500	3000	
	1250–3150	1200	1500	2000	2500	3000	4000	5000

Таблица 5

Величины смещения, коробления и эксцентрисности заготовок

Вид заготовки		Смещение $\rho_{см}$, мкм										
Штамповки	Наибольшие габариты	Масса заготовки, кг										
		До 0,25	0,25–0,63	0,63–1,6	1,6–2,5	2,5–4	4–6,3	6,3–10	10–16	16–25	25–40	40–60
		300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200
Литье	Наибольшие габариты	Номинальный размер, мм										
		До 50	50–120	120–260	260–500	500–800	800–1250	1250 и >				
		До 260	500	800	1000							
		260–500	800	1000	1200	1500						
		500–1250	1000	1200	1500	2000	2500	3000				
	1250 и >	1200	1500	2000	2500	3000	4000	5000				
Штамповки	Наибольшие габариты	Толщина, длина или ширина, мм										
		До 50	50–120	120–180	180–260	260–360	360–500					
		Эксцентрисность отверстия, $\rho_{экс}$, мкм										
		800	1400	2000	2800	3200	3600					
		Коробление заготовки, $\rho_{кор}$, мкм										
500	500	500	600	700	800							

Общий припуск на механическую обработку

Горячекатаный прокат обычной точности	Диаметр, мм	Припуск на диаметр при длине проката, мм						Припуск на торец, мм						
		До 120	120–260	260–500	500–800	800–1250	1250–2000							
	До 30	2	2,8					2						
	30–50	2,3	3,1	3,9				2						
	50–80	2,5	3,5	4	5,3			3						
	80–120	3,2	4	5,4	6,7	8,4	10	3						
	120–180	3,6	5,4	6	7,6	9,4	12	3						
Штамповка	До 18	2	2,5					3						
	18–30	2,2	2,7	3				3,5						
	30–50	2,4	3	3,4	4,2			4						
	50–80	2,85	3,6	4,1	5	5,8		5						
	80–120	3,2	3,9	5,1	6	7,1	9,1	6						
	120–180	3,5	5,3	5,8	7	8,4	10,3	10						
Отливки из стали (с) и чугуна (ч)	Наибольший габарит, мм	Номинальный размер, мм												
		До 50		50–120		120–260		260–500		500–800		800–1200		
		с	ч	с	ч	с	ч	с	ч	с	ч	с	ч	
	До 120	Верх	4	3,5	4	4								
		Низ бок	4	2,5	4	3								
	120–260	Верх	4,5	4	5	5	6	5						
		Низ бок	3,5	3	4	4	4	4						
	260–500	Верх	6	4,5	6	5	7	6	7	6,5				
		Низ бок	5	3,5	5	4	5	4,5	6	5				
	500–800	Верх	7	5	7	6	8	6,5	9	7	10	7,5		
		Низ бок	5	4	5	4,5	6	4,5	6	5	7	5,5		
	800–1200	Верх	8	6	8	7	9	7	10	7,5	10	8	11	8,5
		Низ бок	6	4	6	5	7	5	7	5,5	8	5,5	8	6,5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко, Э.Г. Расчет режимов резания при механической обработке металлов и сплавов: Метод. пособие / Э.Г. Бабенко. – Хабаровск: ДВГАПС, 1997. – 83 с.
2. Горбунов, Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки / Б.И. Горбунов. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.
3. Грановский, Г.И., Резание металлов. Учеб. для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
4. Дехтеринский, Л.В. Основы технологии дорожного машиностроения / Л.В. Дехтеринский и др. – М.: Машиностроение, 1966. – 300 с.
5. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”: Учеб. пособие для техникумов по специальности “Обработка металлов резанием” / И.С. Добрыднев. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
6. Егоров, С.В. Резание конструкционных материалов и режущий инструмент. Лабораторный практикум: Учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, перераб. / С.В. Егоров, А.Г. Червяков. – М.: Высш. шк., 1975. – 188 с.
7. Кован, В.М. Основы технологии машиностроения / В.М. Кован и др. – М.: Машиностроение, 1965. – 416 с.
8. Кован, В.М. Основы технологии машиностроения / В.М. Кован и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 492 с.
9. Корсаков, В.С. Основы технологии машиностроения / В.С. Корсаков. – М.: Высш. шк., 1974. – 336 с.
10. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
11. Краткий справочник металлиста / Под ред. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 336 с.
12. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 288 с.
13. Дальский, А.М. Механическая обработка материалов: Учебник для вузов. / А.М. Дальский, В.С. Гаврилюк, А.Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 263 с.
14. Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. пособие для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Н.А. Нефедов. – М.: Высш. шк., 1986. – 239 с.
15. Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
16. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под ред. Г.А. Монахова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1974.

17. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
19. Справочник технолога машиностроителя. Т.2. / Под ред. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
20. Справочник технолога машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1973.
21. Уткин, Н.Ф. Приспособления для механической обработки / Н.Ф. Уткин. – Л.: Лениздат, 1969. – 298 с.
22. Шатин В.П. Справочник конструктора инструментальщика / В.П. Шатин, Ю.В. Шатин. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
23. Широких, Н.Т. Справочное руководство по аналитическому расчету элементов режима резания / Н.Т. Широких. – Хабаровск: ХабИИЖТ, 1963. – 339 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЗНАЧЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	4
2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ.....	5
2.1. Технологический контроль чертежа	5
2.2. Исследование детали на технологичность.....	5
3. ВЫБОР МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ	6
4. РАЗРАБОТКА МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ	7
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ И НА ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ И ИСХОДНЫЕ РАЗМЕРЫ ЗАГОТОВКИ.....	13
5.1. Общие положения.....	13
5.2. Порядок определения припусков и предельных размеров расчетно-аналитическим методом	13
5.3. Порядок определения припусков и предельных размеров опытно-статистическим методом	19
6. РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ.....	19
7. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ.....	23
7.1. Общие положения.....	23
7.2. Определение основного (технологического) времени.....	23
7.3. Определение вспомогательного времени	24
7.4. Определение дополнительного времени	25
7.5. Определение подготовительно-заключительного времени.....	25
8. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	34

Алексей Сергеевич КЛЕМЕНТОВ
Иван Федорович СКРИПАЧЕВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Методические указания по выполнению
курсового проекта
Технический редактор И.А. Нильмаер
Отпечатано с авторских оригиналов

План 2005 г. Поз. 1.5. ИД № 05247 от 2.07.2001 г.
Подписано в печать 27.05.2002. Печать офсетная. Бумага тип. № 2.
Формат 60x84¹/₁₆. Усл. печ. л. 2.1. Зак. 74. Тираж 25 экз. Цена 61 р.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47



КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ»

А.С. КЛЕМЕНТОВ И.Ф. СКРИПАЧЕВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2005

Хабаровск – 2005