

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИЗДЕЛИЙ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство
изделий на основе трехмерных технологий»
очной формы обучения*



Могилев 2026

УДК 669.01
ББК 30.3
К67

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «27» апреля 2026 г.,
протокол № 15

Составитель ст. преподаватель Е. Г. Кривоногова

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Содержатся основные теоретические положения и методические указания
к выполнению курсового проектирования для студентов специальности
6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» очной
формы обучения.

Учебное издание

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ИЗДЕЛИЙ

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	А. А. Подошевкин
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2026

Содержание

1 Общие требования к выполнению курсовой работы.....	4
2 Разработка чертежа детали.....	5
2.1 Описание назначения и конструкции детали.....	5
2.2 Химический состав и механические свойства для выбранного материала.....	6
2.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	6
3 Разработка чертежа заготовки.....	10
3.1 Выбор метода получения заготовки.....	10
3.2 Расчет припусков на обработку.....	11
4 Разработка технологического процесса механической обработки.....	12
5 Оформление карт технологического процесса механической обработки.....	16
Список литературы.....	16

1 Общие требования к выполнению курсовой работы

Целью курсовой работы является формирование у студентов компетенций по овладению навыками конструирования, выбору и разработке технологического процесса механической обработки, расчётам технологических параметров и приобретение студентами навыков по практическому применению и закреплению знаний, полученных при изучении дисциплины «Конструирование и расчет изделий».

Содержание курсовой работы включает следующее.

1 Разработка чертежа детали в соответствии с требованиями ЕСКД – разрабатывается чертеж детали, выполняется описание назначения и конструкции детали, выполняется качественный и количественный анализ технологичности, приводятся таблицы механических свойств и химического состава материала. Приводятся технические условия на изготовление детали.

2 Выбор способа получения заготовки – описываются возможные варианты получения заготовки, рассчитываются припуски на обработку, выбирается наиболее целесообразный способ получения. Выполняется чертеж заготовки-поковки в соответствии с требованиями ЕСКД.

3 Разработка технологического процесса механической обработки – приводятся сведения об оборудовании и технологических операциях, режущем и мерительном инструменте, применяемых для изготовления детали.

4 Оформление карт технологического процесса механической обработки – оформляется комплект документов на механическую обработку, маршрутная карта, операционные, карта контроля и карты эскизов.

Курсовая работа включает пояснительную записку объемом 25–30 страниц и графическую часть – 1–2 листа формата А1, комплект документов технологического процесса механической обработки.

Перечень этапов выполнения курсовой работы и количества баллов за каждый из них представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Критерии оценок разделов курсовой работы

Этап выполнения	Максимальное количество баллов
Разработка чертежа детали	15
Разработка чертежа заготовки	15
Разработка технологического процесса механической обработки	15
Оформление карт технологического процесса механической обработки	15
Итого за выполнение курсовой работы	60
Защита курсовой работы	40

2 Разработка чертежа детали

Разработка чертежа детали в соответствии с требованиями ЕСКД – разрабатывается чертеж детали. Выполняется описание назначения и конструкции детали, выполняется качественный и количественный анализ технологичности, приводятся таблицы механических свойств и химического состава материала. Приводятся технические условия на изготовление детали.

2.1 Описание назначения и конструкции детали

При описании назначения и конструкции детали необходимо указать следующее:

- назначение детали, к какому классу она относится;
- работа детали в узле, в какой узел изделия входит и, сославшись на рисунок, если есть сборочный чертеж, указать позиции деталей, с которыми она сопрягается (рисунок можно давать в виде копии заводского чертежа, но он должен быть разборчив);
- испытываемые нагрузки и описание конструкции детали в соответствии с ее работой в узле.

В дальнейшем при описании конструкции и назначения на эти позиции необходимо давать ссылки. Указав, какими геометрическими формами образована деталь, можно привести эскиз детали и обозначить на нем все рабочие поверхности буквами А, Б, В и т. д. Конструктивные, нерабочие поверхности обозначать не следует. В тексте описания конструкции о них следует сказать в общем, перечислив их и указав отсутствие механической обработки.

В целях сокращения объема пояснительной записки описание назначения поверхностей следует сочетать с указанием их формы, размеров, точности, шероховатости и технических требований в соответствии с чертежом детали, включая термообработку и твердость.

Называя поверхность и указывая ее служебное назначение, рекомендуется указывать детали, с которыми она сопрягается, ссылаясь на позиции рисунка.

Пример – Поверхность Ø 130 мм. Представляет собой отверстие диаметром 130 мм, служит для установки подшипника, поэтому точность размера должна быть по седьмому качеству, с полем допуска $k7$, шероховатость $Ra = 0,8$ мкм, радиальное биение относительно базового отверстия составляет 0,016 мм. Поверхность испытывает истирающие нагрузки, поэтому подвергается закалке на твердость 45...50 HRC.

Если назначение детали неизвестно, нет возможности представить в пояснительной записке сборочный узел, в который она входит, то описывают по своему соображению, исходя из общего назначения такого класса деталей, о чем следует вначале сделать оговорку: «Так как назначение детали неизвестно, то, исходя из общего назначения деталей типа «Зубчатое колесо», деталь «Шестерня ведущего вала» служит для передачи крутящего момента с одного вала на другой. Она работает в условиях кручения, изгиба, износа».

При описании конструкции детали необходимо указывать, соответствуют ли заданная точность, шероховатость и технические требования назначению.

2.2 Химический состав и механические свойства для выбранного материала

После описания конструкции и назначения детали сообщаются сведения о материале, из которого она изготавливается, дается характеристика материала с точки зрения его обрабатываемости давлением, литьем, резанием, указывается соответствие заданного материала назначению детали и приводятся таблицы химического состава и механических свойств.

Химический состав для стали 25 приведен в таблице 2.1, а механические свойства – в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 25

Массовая доля элементов, %							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
не более							
0,22...0,3	0,17...0,37	0,5...0,8	0,03	0,035	0,25	0,3	0,3

Таблица 2.2 – Механические свойства стали 25

Механические свойства, не менее			
Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
275	450	23	50

2.3 Анализ технологичности конструкции детали

Общие сведения об анализе технологичности конструкции детали

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой технологичность конструкции изделия (ТКИ).

Анализ технологичности является одним из обязательных этапов в разработке технологического процесса, от которого зависят его основные технико-экономические показатели: металлоемкость, трудоемкость, себестоимость.

В соответствии с ГОСТ 14.301–83 разработка технологического процесса производится для изготовления изделий, конструкции которых отработаны на технологичность.

Отработка конструкции на технологичность направлена на повышение

производительности труда, снижение затрат и времени проектирования, технологическую подготовку производства, изготовление, технологическое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого качества изделия (ГОСТ 14.201–73). Анализ технологичности проводится в два этапа: качественный анализ и количественный анализ [3].

Качественный анализ технологичности конструкции детали

Качественная оценка технологичности основана на инженерных визуальных методах оценки и проводится по отдельным конструктивным и технологическим признакам для достижения высокого уровня технологичности. Она, как правило, предшествует количественной оценке, но вполне совместима с ней на всех стадиях проектирования. Качественной оценке может быть подвергнуто одно исполнение детали или совокупность её исполнений. Качественная оценка одного конструктивного исполнения деталей («хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо», «лучше – хуже» и т. д.) даётся на основании анализа соответствия её основным требованиям к производственной, эксплуатационной и ремонтной технологичности при сравнении вариантов конструктивных исполнений деталей в процессе проектирования.

Качественная оценка часто позволяет выбрать лучший вариант исполнения и установить целесообразность определения численных значений показателей технологичности всех сравниваемых вариантов.

Детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям:

- возможность максимального приближения формы и размеров заготовки к размерам и форме детали, возможность вести обработку проходными резцами;
- уменьшение диаметров поверхности от середины к торцам вала или от одного торца к другому;
- возможность замены закрытых шпоночных пазов открытыми пазами;
- жесткость вала обеспечивает достижение необходимой точности при обработке.

Зубчатые колеса признаются технологичными, если они имеют:

- центральное отверстие простой формы;
- простую конфигурацию наружного контура.

Наиболее технологическими являются зубчатые колёса простой формы без выступающих ступиц с одной стороны, что позволяет вести обработку на зубофрезерных станках по две детали. Это уменьшает коробление детали при термообработке.

Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:

- глубокие отверстия;
- отверстия, расположенные под углом к оси или плоскости;
- глухие отверстия с резьбой;
- пазы, закрытые с одной или двух сторон.

Не являются технологичными требования к точности размеров и формы поверхности деталей и шероховатости, т. к. они вытекают из служебного назначения детали и не определяют её конструкцию [3].

Количественный анализ технологичности конструкции детали

Количественная оценка технологичности основана на инженерных расчётных методах, посредством которых определяют и сопоставляют расчётным путём численные значения показателей технологичности проектируемого изделия и соответствующего показателя конструкции детали, принятой в качестве базы для сравнения.

Согласно ГОСТ 14.201–83 для количественной оценки технологичности конструкции детали применяют следующие показатели:

- абсолютную трудоемкость изготовления, выраженную суммой нормы часов, затраченных на технологическом процессе;
- относительную трудоёмкость изготовления деталей – отношение трудоёмкости данного вида работ к общей трудоёмкости изготовления деталей;
- материалоемкость детали – количество затраченного материала на производство детали, определяемое в единицах массы;
- унификацию детали материалов;
- энергоёмкость детали – количество затраченных топливно-энергетических ресурсов на изготовление, монтаж вне предприятия и изготовление, технологическое обслуживание, ремонт или утилизацию;
- себестоимость изделия, количество затрат на производство и эксплуатацию изделия, количественные показатели.

Количественные показатели по их значимости делятся на основные и дополнительные.

К основным показателям относятся трудоёмкость изготовления деталей, технологическая себестоимость изготовления детали, уровень технологичности деталей по трудоемкости её изготовления, уровень технологичности детали по себестоимости её изготовления.

Дополнительными показателями являются коэффициенты точности обработки, шероховатости поверхности, использования материала и применимости стандартного инструмента для обработки поверхности [3].

Коэффициент точности обработки определяется по формуле

$$K_{m.ч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.1)$$

где T_{cp} – средний квалитет точности обработки детали.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.2)$$

где T_i – номер квалитета точности i -й поверхности;

n_i – количество размеров деталей, обрабатываемых по i -му качеству.

Для удобства представления информации рекомендуется составить таблицу параметров точности обработки детали (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Точность обработки детали

Квалитет точности IT			
Количество размеров n			

Коэффициент шероховатости обработки определяется по формуле

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}, \quad (2.3)$$

где $Ш_{ср}$ – средняя шероховатость поверхностей.

$$Ш_{ср} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.4)$$

где R_{ai} – значение шероховатости i -й поверхности;

n_i – количество поверхностей, имеющих шероховатость R_{ai} .

Для удобства представления информации рекомендуется составить таблицу параметров шероховатости обработки детали (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Шероховатость обработки детали

Шероховатость R_{ai}			
Количество поверхностей n			

Коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_{\partial}}{M_3}, \quad (2.5)$$

где M_3 – масса расхода материала на заготовку;

M_{∂} – масса готовой детали.

3 Разработка чертежа заготовки

3.1 Выбор метода получения заготовки

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются форма детали, масса, материал, объем выпуска деталей. Окончательное решение о выборе метода принимается на основе технико-экономических расчетов.

При выполнении экономических расчетов в данном разделе стоимость материалов, оборудования и тарифные ставки рабочих принимаются такими, какими они установлены на базовых предприятиях. Для выбора метода получения заготовки, как правило, сравнивается стоимость заготовки по двум возможным вариантам S_1 и S_2 и осуществляется их сравнение.

Стоимость заготовок из проката рассчитывается по формуле

$$S_2 = M + \Sigma C_{o.з} , \quad (3.1)$$

где M – затраты на материалы заготовки, р.;

$\Sigma C_{o.з}$ – технологическая себестоимость правки, калибрования, резки, р.

Расчеты затрат на материалы и затрат технологической себестоимости выполняются по следующим формулам:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) S_{омх} , \quad (3.2)$$

где Q – масса заготовки (рассчитывается через объем и плотность материала заготовки), кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, р.;

q – масса детали, кг;

$S_{омх}$ – цена 1 кг отходов, р.

В отходы включается не только разность между массой заготовки и детали (стружка), но и остаток прутка, образующийся из-за неkratности длины заготовки длине прутка. Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590–71 поставляется в прутках длиной 2...6 м.

Технологическая себестоимость

$$\Sigma C_{o.з} = \frac{C_{п.з} \cdot t_{ум(ум.к)}}{60} , \quad (3.3)$$

где $C_{п.з}$ – приведенные затраты на рабочем месте, р./ч;

$t_{ум(ум.к)}$ – штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, мин.

Штучное или штучно-калькуляционное время $t_{ум(ум.к)}$ рассчитывается по формуле

$$t_{ум (ум.к)} = \frac{L_{рез} + y}{S_m} \cdot \varphi , \quad (3.4)$$

где $L_{рез}$ – длина резания при резании проката на штучные заготовки (может быть принята равной диаметру проката, т. е. $L_{рез} = D$), мм;

y – величина врезания и перебега (при резании дисковой пилой $y = 6...8$ мм);

S_m – минутная подача при разрезании, $S_m = 50...80$ мм/мин;

φ – коэффициент, выделяющий долю вспомогательного времени в штучном времени ($\varphi = 1,84$ для мелко- и среднесерийного производства; $\varphi = 1,5$ для крупносерийного и массового производства).

Расчет стоимости заготовок, полученных литьем или штамповкой, выполняется по формуле [3]

$$S_2 = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) S_{отх}, \quad (3.5)$$

где C_i – базовая стоимость 1 т заготовок, р.;

Q – масса заготовки;

q – масса детали;

K_T – коэффициент, зависящий от класса точности;

K_C – коэффициент, зависящий от степени сложности;

K_B – коэффициент, зависящий от массы заготовки;

K_M – коэффициент, зависящий от марки материала;

K_{II} – коэффициент, зависящий от объема выпуска заготовок.

Перед расчетом стоимости заготовки по формуле вычерчивается ее эскиз, назначаются припуски, устанавливаются размеры, по которым рассчитываются объем и масса заготовки Q .

Для штампованных заготовок по ГОСТ 7505–89 устанавливаются:

– группа материала – М;

– класс точности – Т;

– степень сложности – С;

– исходный индекс.

По исходному индексу в том же стандарте определяются припуски на обрабатываемые поверхности и отклонения размеров заготовки.

Параметры литых заготовок определяются по ГОСТ 26645–85.

3.2 Расчет припусков на обработку

Расчет припусков на обработку, в зависимости от выбранного метода получения заготовки с последующей разработкой чертежа заготовки, подробно описывается в [4].

1 Практическое занятие № 3. Расчет припусков на обработку (заготовка-прокат).

2 Практическое занятие № 4. Расчет припусков на обработку (заготовка-поковка).

3 Практическое занятие № 5. Расчет припусков на обработку (заготовка-отливка).

4 Разработка технологического процесса механической обработки

Разработка технологического процесса механической обработки для деталей различных типов, в зависимости от выбранного метода получения заготовки, с выбором необходимого технологического оборудования, режущего инструмента, мерительного инструмента, а также технологических баз, подробно описывается в [4].

1 Практическое занятие № 10. Составление технологического процесса механической обработки деталей различных типов.

2 Практическое занятие № 11. Выбор технологического оборудования при разработке техпроцесса.

3 Практическое занятие № 12. Выбор режущих и мерительных инструментов при разработке техпроцесса.

Составление технологического процесса механической обработки деталей различных типов

На основе анализа базового техпроцесса (при его наличии) составляется новый маршрутный техпроцесс изготовления детали. При этом осуществляется обоснование выбора черновых и чистовых технологических баз, особое внимание уделяется обеспечению принципов постоянства и единства баз. Если эти принципы не выдерживаются, то следует дать обоснование необходимости смены баз.

Приводится обоснование выбора (замены) конкретных моделей станков, станочных приспособлений, режущих и мерительных инструментов.

Принятый маршрутный техпроцесс оформляется в виде таблицы 4.1. Таблицу целесообразно расположить на отдельной странице (нескольких страницах) вдоль длинной стороны листа.

Таблица 4.1 – Маршрутный техпроцесс изготовления детали типа вал

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Модель станка	Режущий инструмент, размеры, марка инструментального материала	Технологическая база
1	2	3	4	5
05	Фрезерно-центровальная. 1 Фрезерование торцов	МР-77	Фреза торцовая Ø 125; Т5К10. Сверло центровочное Ø 4; Р6М5	Поверхности заготовки Ø 40, Ø 60, торец
	2 Сверление центровых отверстий			

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5
10	Токарная с ЧПУ. 1 Черновое точение поверхностей Ø 37, Ø 42, Ø 50. 2 Чистовое точение поверхностей Ø 35, Ø 40. 3 Точение фасок. 4 Точение канавки	16K20ФЗ	Резец проходной 16 × 25, Т5К10. Резец канавочный Т5К10	Центровые отверстия
15	Вертикально-фрезерная. 1 Фрезерование шпоночного паза ($\phi = 12N9, l = 30$)	6М12П	Фреза шпоночная Ø 12; Р6М5	Цилиндрические поверхности Ø 35, Ø 50, торец
20	Термическая			
45	Контрольная	Стол ОТК		

Для обработки самой точной поверхности детали рассчитывается необходимое (достаточное) количество операций (переходов) по коэффициенту уточнения.

Необходимое общее уточнение рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{заг}}$ – допуск на изготовление заготовки (принимается по чертежу заготовки), мм;

$T_{\text{дет}}$ – допуск на изготовление детали (принимается по чертежу детали), мм.

Уточнение определяется как произведение уточнений, полученных при обработке поверхности на всех операциях (переходах) принятого техпроцесса:

$$\varepsilon_{\text{np}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (4.2)$$

где ε_i – величина уточнения, полученного на i -й операции (переходе);

n – количество принятых в техпроцессе операций (переходов) для обработки поверхности.

Промежуточное значение рассчитывается по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1}; \quad \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}; \quad \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3}; \quad \varepsilon_n = \frac{T_{n-1}}{T_n}, \quad (4.3)$$

где $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ – допуски размеров, полученные при обработке детали, на первой, второй и т. д. операциях.

Точность обработки поверхности по принятому маршруту будет обеспечена, если соблюдается условие $\varepsilon_0 \leq \varepsilon_{np}$.

Значения допусков $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ принимаются по таблицам основных допусков.

Основные этапы выбора технологического оборудования

Анализ исходных данных.

Программа выпуска. Тип производства (единичное, серийное, массовое) определяет требования к гибкости и производительности станков. Чертеж детали и технические условия и характеристики. Учитываются габариты, масса, материал заготовки, а также допуски на размеры, форму и шероховатость. Базовые поверхности. Способ установки и фиксации заготовки.

Главные критерии отбора технологического оборудования.

Сравнение и выбор конкретных моделей оборудования (или технологических линий) происходит по техническим и экономическим параметрам.

Технологические возможности. Способность оборудования выполнять заданные виды обработки (например: токарная, фрезерная, шлифовальная или химическая обработка).

Точность. Класс точности станка должен обеспечивать заданные конструктором допуски без брака.

Размеры рабочей зоны. Ход рабочих органов и габариты стола должны соответствовать размерам детали.

Мощность и жесткость. Достаточные для обработки конкретного материала с оптимальными режимами резания.

Производительность. Время обработки детали должно соответствовать заданному такту выпуска.

Оценка технологической оснастки и инструмента.

Правильная оснастка расширяет возможности станка.

Приспособления. Выбор патронов, тисков, кондукторов, магнитных плит или специальных ступеней для надежного базирования заготовки.

Режущий инструмент. Подбор инструмента (резцы, фрезы, сверла, метчики) с учетом материала и геометрии.

Измерительный инструмент. Штангенциркули, микрометры, калибры или координатно-измерительные машины (КИМ).

Экономический и организационный анализ.

Из нескольких подходящих вариантов оборудования выбирается наиболее рентабельный.

Оценивается стоимость оборудования, его монтажа и обслуживания.

Учитываются затраты на энергоресурсы и расходные материалы.

Анализируется необходимая квалификация персонала для работы на данном оборудовании.

Сверяются требования к безопасности труда и экологичности.

Выбор режущих и мерительных инструментов при разработке техпроцесса.

Выбор режущего и мерительного инструментов – это один из ключевых этапов разработки технологического процесса (техпроцесса). От этого выбора напрямую зависят точность обработки, производительность станков и себестоимость готового изделия.

Основные критерии выбора режущего инструмента

Материал заготовки (ISO-классификация). Р (стали), М (нержавеющие стали), К (чугуны), N (цветные металлы/пластики), S (жаропрочные сплавы), H (закаленные стали).

Материал режущей части (твердый сплав, керамика, быстрорежущая сталь Р6М5) должен строго соответствовать этой группе.

Этап обработки.

Черновая: инструмент должен выдерживать большие сечения срезаемого слоя. Выбирают режущий инструмент (РИ) с массивной геометрией, большим радиусом при вершине и прочной пластиной.

Чистовая: инструмент должен обеспечивать минимальную шероховатость Ra и высокую точность размеров. Выбирают пластины с острой режущей кромкой, с положительным передним углом (пластина наклонена так, чтобы врезаться в металл под острым углом), такая геометрия значительно снижает силы резания.

Конструкция инструмента.

1 Цельный (монокристаллический) инструмент.

Весь инструмент (и рабочая часть, и хвостовик) изготовлен из одного монокристаллического куска материала. Материалы: быстрорежущая сталь (HSS), мелкозернистый твердый сплав (VNM), алмаз.

2 Составной инструмент (сварной или паяный).

Рабочая часть и хвостовик изготавливаются из разных материалов, которые соединяются неразъемным способом (сваркой давлением, трением или пайкой). Конструкция: хвостовик делают из дешевой конструкционной стали (например, 45 или 40Х), а режущую часть – из быстрорежущей стали или припаивают твердосплавную пластину.

3 Сборный инструмент (со сменными многогранными пластинами – СМП).

Самый распространенный вид инструмента для современных станков с ЧПУ. Режущие пластины крепятся механически к стальному корпусу (державке) при помощи винтов, прижимных прихватов или клиньев.

4 Комбинированный инструмент.

Конструкция объединяет в себе несколько разнородных инструментов для одновременного или последовательного выполнения нескольких технологических операций за один рабочий ход. Примеры: сверло-зенкер, ступенчатое сверло, метчик-сверло, комбинированные развертки. Плюсы: резкое сокращение штучно-калькуляционного времени, уменьшение количества позиций в revolverной головке станка, высокая соосность обрабатываемых поверх-

ностей. Минусы: сложность проектирования, изготовления и заточки; высокая стоимость.

Стойкость и режимы резания.

Инструмент подбирается под мощностные характеристики станка (крутящий момент, максимальные обороты шпинделя) и возможность подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

5 Оформление карт технологического процесса механической обработки

Правила оформления карт технологического процесса механической обработки в соответствии с ГОСТ, с описанием их содержания и примерами заполнения подробно описываются в [4].

1 Практическое занятие № 13. Оформление маршрутной карты технологического процесса механической обработки.

2 Практическое занятие № 14. Оформление операционных карт технологического процесса механической обработки.

3 Практическое занятие № 15. Оформление карт эскизов технологического процесса механической обработки.

Список литературы

1 **Погонин, А. А.** Технология машиностроения : учебник / А. А. Погонин, А. А. Афанасьев, И. В. Шрубченко. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 530 с.

2 **Лустенков, М. Е.** Детали машин : учеб. пособие / М. Е. Лустенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2020. – 258 с. : ил.

3 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Мн.: Изд-во Гревцова, 2010. – 400 с. : ил.

4 Конструирование и расчет изделий : метод. рекомендации к практ. занятиям / Бел.-Рос. ун-т ; сост. Е. Г. Кривоногова. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2025. – 32 с.

5 Конструирование и расчет изделий : метод. рекомендации к лаб. работам / Бел.-Рос. ун-т ; сост. Е. Г. Кривоногова. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2025. – 34 с.