

УДК 004.624

Метод автоматизации проектирования и нормирования механической обработки на основе стандартов ISO

Г.Б. Евгенев, А.А. Кокорев, Н.С. Гришин

В работах, описывающих построение интеллектуальных САПР ТП, методы создания баз знаний механической обработки на основе стандартов ISO не рассматриваются, хотя они позволяют с высокой эффективностью проектировать и нормировать механическую обработку с использованием современных инструментов. Для повышения эффективности и конкурентоспособности машиностроительного производства необходима дальнейшая разработка технологической подготовки производства. При этом важное значение имеет разработка методов автоматизации проектирования и нормирования технологических процессов (САПР ТП), которые должны основываться на инновационных технологиях искусственного интеллекта. В статье представлен новый метод создания баз знаний механической обработки на основе стандартов ISO. Описаны концептуальные основы и результаты создания базы знаний для системы СПРУТ ТП. Такой подход, позволяет с одной стороны сократить трудоемкость проектирования и нормирования за счет использования технологических баз знаний, а с другой — повысить качество принимаемых решений за счет использования передовых методов. Базы знаний должны основываться на международных стандартах.

Ключевые слова: искусственный интеллект, базы знаний, автоматизация проектирования и нормирования технологических процессов, стандарты ISO.

The method of design automation and machining normalization based on ISO standards

G.B. Evgenev, A.A. Kokorev, N.S. Grishin

A new method of creating machining knowledge bases using ISO standards is described. Such methods have not been examined yet in the scientific literature on intelligent CAD systems. However, they make it possible to design and normalize machining using modern tools according to the ISO standards with high efficiency. To improve the efficiency and competitiveness of engineering production, the further development of the technological preparation of production is required. At the same time, it is important to develop new methods of design automation and normalization of technological processes. These methods should be based on the innovative technologies of artificial intelligence. This approach can, on the one hand, reduce the complexity of the design and normalization process by means of using technological knowledge bases and, on the other hand, improve the quality of decision making by using advanced methods. Knowledge bases should be based on international standards.



ЕВГЕНЕВ
Георгий Борисович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

EVGENEV
Georgiy Borisovich
(Moscow, Russian Federation,
Bauman Moscow State
Technical University)



КОКОРЕВ
Александр Александрович
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

KOKOREV
Aleksandr Aleksandrovich
(Moscow, Russian Federation,
Bauman Moscow State
Technical University)



ГРИШИН
Николай Сергеевич
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

GRISHIN
Nikolay Sergeevich
(Moscow, Russian Federation,
Bauman Moscow State
Technical University)

Keywords: artificial intelligence, knowledge bases, computer-aided design and normalization of technological processes, ISO standards.

Совершенствование методов и средств автоматизации проектирования и нормирования технологических процессов (ТП) является важной научно-технической задачей. Эти методы и средства играют двоякую роль: с одной стороны они обеспечивают сокращение трудоемкости и улучшение качества инженерной подготовки производства, а с другой — должны способствовать повышению экономической эффективности производственных процессов. Совершенствованию инженерной подготовки производства способствуют интеллектуальные системы проектирования ТП, использующие прогрессивные базы знаний и обеспечивающие высокий уровень автоматизации принятия решений. Что касается экономической эффективности производственных процессов, то опыт передовых компаний в области механической обработки показывает, что расходы на инструмент составляют весомую часть в себестоимости продукции. При этом интенсивный метод использования высокопроизводительного режущего инструмента является определяющим фактором, влияющим на уменьшение стоимости обработки.

Базы данных и знаний систем автоматизации проектирования (САПР) необходимо строить на основе международных стандартов, которые широко используются производителями оснастки. В работах по созданию интеллектуальных САПР ТП [1–4] подобные методы не исследованы.

Концептуальная модель базы данных. Фундаментом для построения систем автоматизации проектирования являются базы данных. Фрагмент концептуальной модели базы данных системы проектирования и нормирования механической обработки с учетом стандартов ISO, построенный в стандарте IDEF1X, представлен на рис. 1. Корневой сущностью модели является «Деталь» с ключевым атрибутом «Обозначение детали», однозначно идентифицирующим каждый экземпляр. В состав атрибутов входят марка материала по ГОСТ и номер группы материала детали по ISO.

Классификация машиностроительных материалов по ISO представлена в табл. 1. Материа-

лы разделены на виды, которым присвоены буквенные обозначения: *P* — стали, *M* — коррозионно-стойкие стали и стальное литье, *K* — чугуны, *N* — алюминиевые, медные сплавы и неметаллические материалы, *S* — жаропрочные сплавы, *H* — закаленные стали, чугуны и отбеленный чугун. Важнейшим элементом стандарта является нумерация групп материалов, объединяемых по подобию физико-химических свойств. Используя эти номера, можно установить соответствие марок материалов, принятых в стандартах различных стран. Примеры обозначения материалов по ГОСТ приведены в табл. 1. На основе данных этой таблицы по заданной марке материала по ГОСТ устанавливается номер группы материала детали по ISO.

На рисунке 1 полное содержание табл. 1 представлено в виде независимой сущности «Группа материалов» и зависящей от нее сущности «Марка материала». На основе номера группы материала детали по ISO можно определить номинальные свойства материала: прочность на разрыв твердость HB, удельную силу резания K_c .

По удельной силе резания рассчитывается потребная мощность привода главного движения станка при выбранных режимах обработки.

Каждой детали на концептуальной схеме, представленной на рис. 1, соответствует один или несколько ТП ее изготовления. Технологические процессы состоят из операций, которые имеют свои порядковые номера.

Деталь, подлежащая обработке на определенной операции, может быть предварительно подвергнута термической обработке, что отражается атрибутом «Вид термообработки». Если деталь незакаленная или отпущенная, то номер группы материала операции соответствует группе материала детали по ISO. Если же деталь поступает на операцию в закаленном состоянии, то вид материала изменяется на *H*, и присваивается соответствующий номер группы материала операции в соответствии с табл. 1.

Технологические операции состоят из переходов (см. рис. 1), которые выполняются на различных стадиях обработки: *R* — черновой, *M* — получистовой, *F* — чистовой. Наименования переходов выбираются из списка стандартных значений: точить, расточить, сверлить, под-

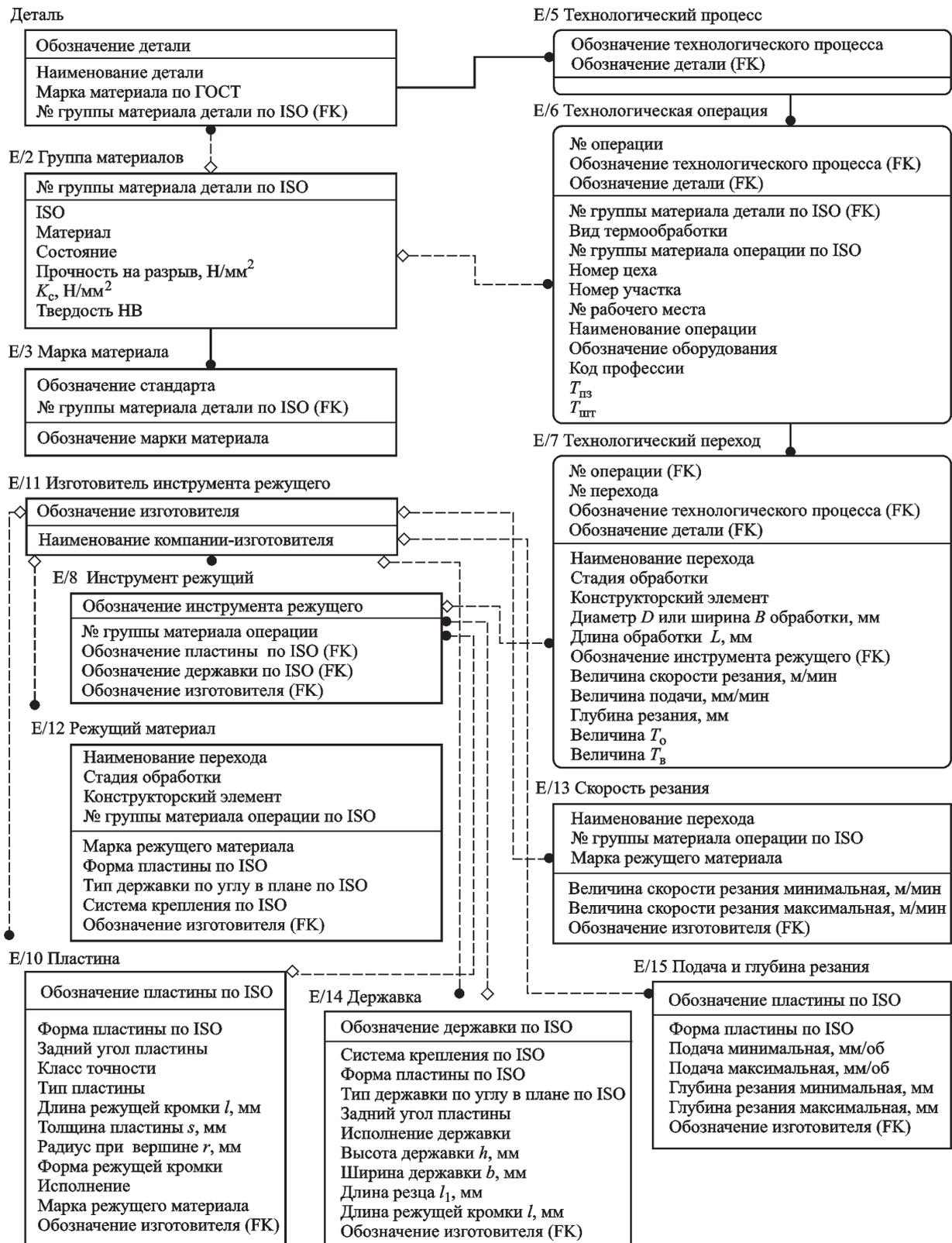


Рис. 1. Концептуальная модель базы данных

Классификация машиностроительных материалов по ISO (фрагмент)

ISO	Материал		Состояние	Прочность на разрыв, Н/мм ²	Твердость НВ	Номер группы материалов	Обозначения по ГОСТ Р	
P	Конструкционная сталь, стальное литье, автоматная сталь	<0,25% С	Отпущенные	420	125	1	05кп; 08	
		≥ 0,25% С	Отпущенные	650	190	2	25; 30; 30Г	
		<0,55% С	Закаленные и отпущенные	850	250	3	45; 45Г 47ГТ; 50	
		≥ 0,55% С	Отпущенные	750	220	4	55; 58; 60;	
			Закаленные и отпущенные	1000	300	5		
	Низколегированная сталь и стальное литье, содержащее легирующих элементов менее 5%		Отпущенные		600	200	6	ХВГ; 5ХВ2С
					930	275	7	15НМ;
			Закаленные и отпущенные		1000	300	8	15Х; 35Х
					1200	350	9	5ХВ2С
	Легированная сталь, стальное литье и инструментальная сталь		Отпущенные		680	200	10	4Х5МФ1С
			Закаленные и отпущенные		1100	325	11	Х12МФ; Х12ВМ
M	Коррозионно-стойкая сталь и стальное литье		Ферритный/мартенситный	680	200	12	08Х13; 12Х13	
			Мартенситный	820	240	13	20Х13	
			Аустенитный	600	180	14	Х18Н10Т; 15Х25Т	
K	Серый чугун		Ферритный/перлитный	—	180	15	СЧ10; СЧ15; СЧ20	
			Перлитный	—	260	16	СЧ25; СЧ30;	
	Шаровидный чугун		Ферритный	—	160	17	Вч42—12	
			Перлитный	—	250	18	Вч50—2;	
	Ковкий чугун		Ферритный	—	130	19	КЧ35—10	
			Перлитный	—	230	20	КЧ45—6;	
N	Деформируемые алюминиевые сплавы		Не структурированный	—	60	21	АДО; АД1; АМг2; АМг4;	
			Структурированный	—	100	22	АД31; АД33; АК4—1; АК6;	
	Литейные алюминиевые сплавы	≤12% Si	Не структурированный	—	75	23	Д19; АЛ19; АЛ22; АЛ24; АЛ30	
			Структурированный	—	90	24	АК5М4; АЛ4; АЛ5;	
			Жаропрочный	—	130	25		
	Медные сплавы		Свинцовая бронза	—	110	26	ЛС60—2; ЛС63—3;	
			Латунь	—	90	27	ЛО62—1;	
			Электролитическая медь	—	100	28	БрОЦС4—4—4	
	Неметаллические материалы		Дюропласт, волокниты	—		29		
			Твердая резина	—		30		
S	Жаропрочные сплавы	Fe-основа	Отпущенные	—	200	31	ХН32Т;	
			Структурированный	—	280	32		
		Ni- или Со-основа	Отпущенные	—	250	33	ХН38ВТ;	
			Структурированный	—	350	34		
			Литье	—	320	35	ХН73МБТЮ-ВД	
	Титан и титановые сплавы			—		36	ВТ1—00	
			Alfa+beta структурированные сплавы	—		37	ВТ3—1; ВТ5—1; ВТ6;	
H	Закаленные стали		Закаленная	—	55 НR _c	38		
			Закаленная	—	60 НR _c	39		
	Отбеленный чугун		Литье	—	400	40	ЧХ16; ЧХ28;	
	Чугуны		Закаленная	—	55 НR _c	41		

резать, прорезать, отрезать, нарезать, развернуть, фрезеровать и т. д.; наименования конструкторских элементов — из списка: цилиндр, торец, отверстие осевое цилиндрическое, канавка наружная, канавка торцевая, канавка внутренняя, резьба метрическая наружная, резьба метрическая внутренняя, поверхность и т. п.

Каждый переход выполняется определенным режущим инструментом, обозначение которого входит в состав атрибутов перехода. Режущий инструмент, как правило, представляет собой сборочную единицу, основными компонентами которой являются твердосплавные пластины и державки (см. рис. 1). Пластины и державки для токарных резцов имеют стандартные обозначения по ISO.

Система обозначения твердосплавных пластин по ISO. Система обозначения твердосплавных пластин по ISO 1832—85 (ГОСТ 19042—80) представлена на рис. 2. Первый символ в обозначении пластин — буква, определяющая ее геометрию: *P* — пятиугольник, *R* — круг, *S* — квадрат, *T* — треугольник, *C* — ромб с острым углом 80°, *D* — ромб с острым углом 55°, *E* — ромб с острым углом 75°, *M* — ромб с острым углом 86°, *V* — ромб с острым углом 35°, *L* — прямоугольник, *W* — шестиугольник, *A* — неравносторонний ромб с острым углом 85°, *B* — неравносторонний ромб с острым углом 82°, *K* — неравносторонний ромб с острым углом 55°, *Z* — специальная конструкция.

Второй символ в обозначении пластины — буква, определяющая величину заднего угла: *A* — угол 3°, *B* — угол 5°, *C* — угол 7°, *D* — угол 15°, *E* — угол 20°, *F* — угол 25°, *G* — угол 30°, *N* — угол 0°, *P* — угол 11°, *O* — специальная конструкция.

Третий символ обозначает класс точности, например, *G* — малый, *M* — средний, *U* — высокий.

Конфигурация типа пластины в сечении определяется буквенным обозначением в соответствии с рис. 2.

Далее в обозначении пластины следуют три цифры, характеризующие в миллиметрах длину режущей кромки, толщину пластины и радиус при вершине.

Форма режущей кромки обозначается следующими буквами: *F* — острая кромка, *E* — скругленная кромка, *T* — кромка с отрицатель-

ной фаской, *S* — округленная кромка с отрицательной фаской.

Предпоследний символ обозначает направление резания: *R* — правое, *L* — левое, *N* — нейтральное.

В конце, после дефиса, следует обозначение изготовителя.

Форма пластины выбирается в зависимости от конфигурации обрабатываемого на переходе конструкторского элемента как это представлено в табл. 2. При точении цилиндров и фасок с подрезкой торцов наиболее целесообразна форма *C*; при точении контуров с обратными конусами — форма *D*; для подрезки габаритных торцов — форма *S*; для прорезки наружных канавок может использоваться форма *R*. Форма *T* при наружной обработке в равной степени может использоваться во всех случаях.

При растачивании цилиндров наиболее рационально использовать форму *T* (см. табл. 2). Для расточки сложных канавок и контуров, лучше применять форму *D*. Подрезку торцов при внутренней обработке целесообразно производить пластинами формы *C*.

В целях повышения производительности обработки изготовители режущего инструмента разрабатывают пластины, специализированные как по виду обрабатываемого материала, так и по стадии обработки. Так, компанией SANDVIK разработаны различные геометрии, специально предназначенные для высокопроизводительного точения на современном оборудовании материалов вида *P*, *M* и *K*. Оптимальные геометрии передней поверхности обеспечивают углы, необходимые для резания, и наилучшие условия стружкообразования при токарной обработке сталей *P*, коррозионно-стойких сталей *M* и чугунов *K*, повышая стойкость инструмента и надежность операции. При этом специализированные пластины обеспечивают наилучшие решения по стойкости, производительности и стоимости не только по виду материала, но и по стадии обработки черновой *R*, получистовой *M* и чистовой *F*. В обозначение таких пластин включены двухбуквенные идентификаторы: обработка сталей черновая *PR*, получистовая *PM* и чистовая *PF*. Аналогичным образом для коррозионно-стой-

ких сталей — *MR*, *MM* и *MF*, а для чугунов — *KR*, *KM* и *KF*.

Существуют зачистные пластины, которые позволяют в 2 раза сократить время полустойковой *WM* и чистовой *WF* обработки или вдвое улучшить шероховатость обработанной поверхности.

Для мелкосерийного производства небольших партий деталей из различных видов материалов компанией SANDVIK разработаны универсальные геометрии передних поверхностей пластин *QM* и *QR*.

Марка твердого сплава выбирается в зависимости от обрабатываемого материала по рекомендациям изготовителя режущего инструмен-

та. Рекомендации SANDVIK для обработки сталей приведены на рис. 3. Здесь указание стрелки показывает на центр применения, а ее высота — рекомендуемую область использования. Для низкоуглеродистых сталей наиболее целесообразно использовать режущие материалы CT5005 и GC4005, которые обладают высокой износостойкостью при малой прочности. Большой диапазон обрабатываемых сталей охватывают режущие материалы GC4015, GC4025 и GC4035, характеризующиеся последовательным в порядке перечисления увеличением прочности при уменьшении износостойкости.

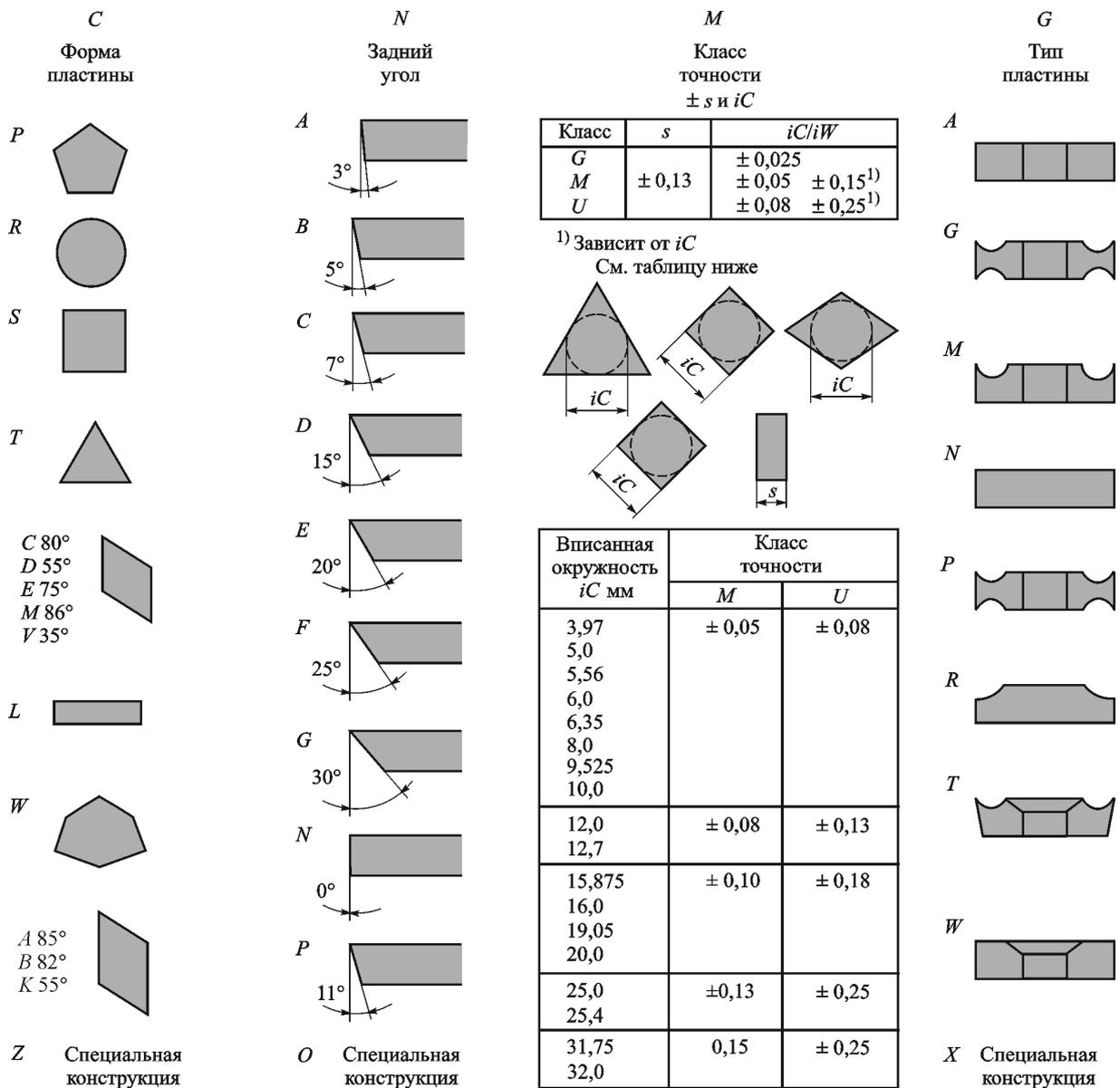


Рис. 2. Система обозначения пластин по ISO (Начало)

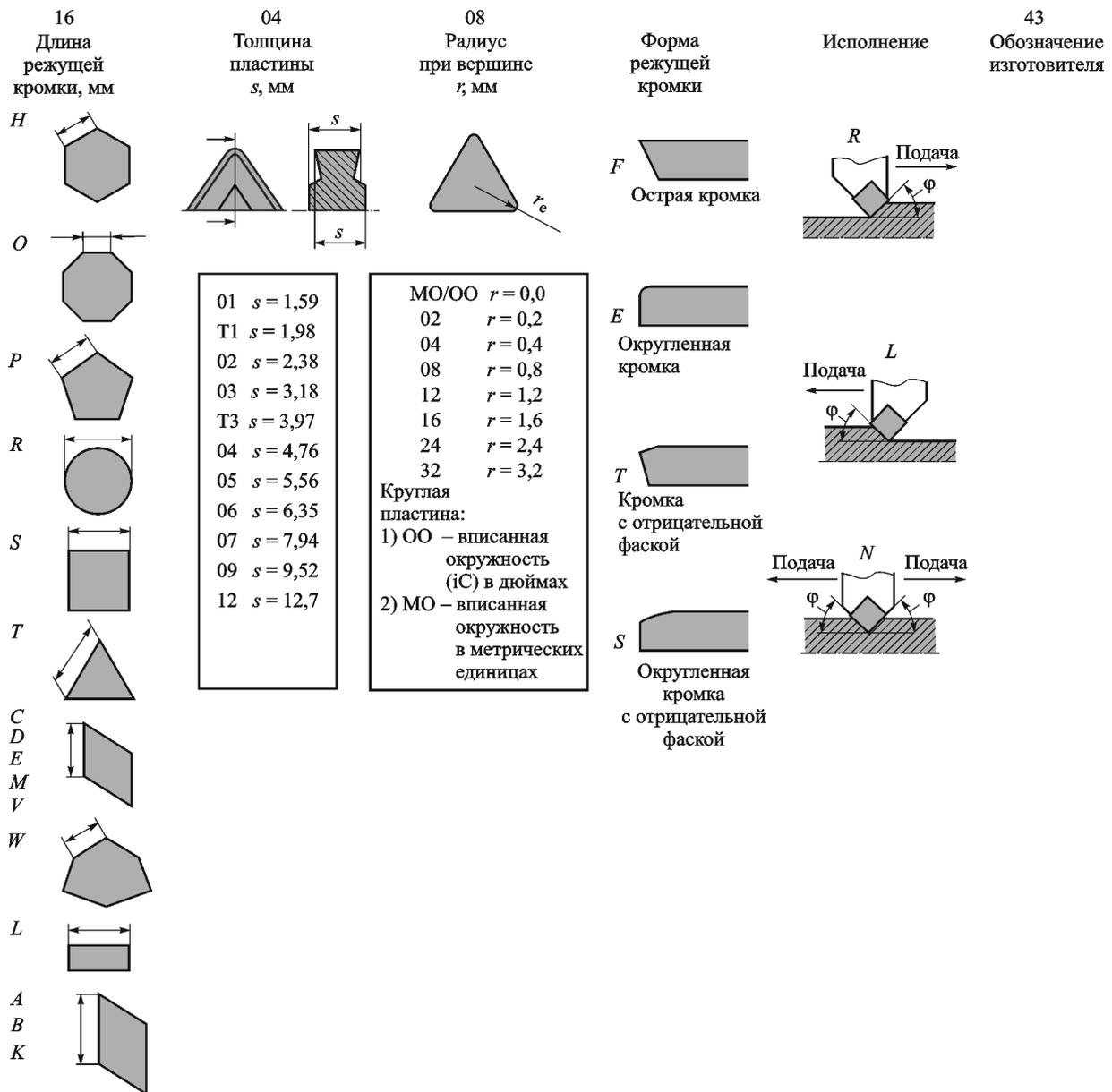


Рис. 2. Система обозначения пластин по ISO (Окончание)

Система обозначения токарных державок по ISO. Для токарной обработки стандарты ISO охватывают не только режущие пластины, но и державки резцов для обточки и расточки. Система обозначения державок резцов для наружной обработки представлена на рис. 4. Державки резцов выбирают в соответствии с параметрами режущих пластинок, в числе которых форма пластины, задний угол и направление подачи, а также длина режущей кромки.

Важным параметром токарной обработки является главный угол в плане. По его виду

и величине державки разделены на различные типы, каждый из которых имеет буквенное обозначение (см. рис. 4). Главный угол в плане зависит как от формы пластины, так и от расположения ее на державке. Этот угол непосредственно связан с обрабатываемым конструктивным элементом.

Первый символ в системе обозначения державок по ISO (см. рис. 4) определяет систему крепления пластины: *C* – прижим сверху, *M* – прижим сверху и поджим за отверстие, *P* – прижим рычагом за отверстие и *S* – крепление

Выбор формы пластины по типу операции

Эскиз детали	80° 	55° 	— 	90° 	60° 	80° 	35° 	55°
<i>Наружная обработка</i>								
	●●	●	●	●	●	●		●
		●●	●		●		●	●
	●	●	●	●●	●	●		●
			●●		●			
<i>Внутренняя обработка</i>								
	●	●	●	●	●●	●		
		●●			●		●	
	●●	●	●		●	●		

Примечание. ●● – рекомендуемая форма пластины; ● – альтернативная форма пластины.

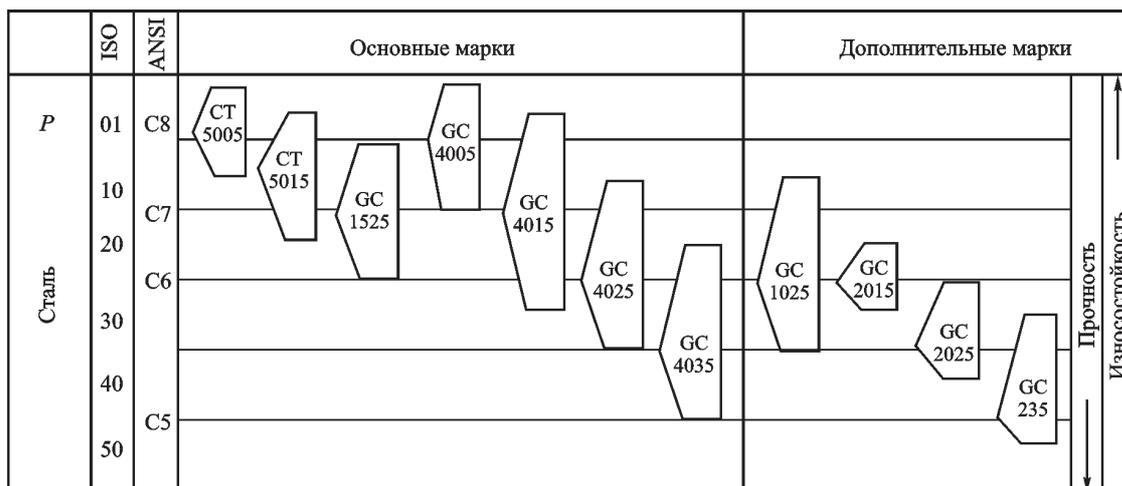


Рис. 3. Рекомендации марок твердого сплава для обработки сталей

винтом. Система крепления пластины, являющаяся частью державки, должна обеспечивать стабильное положение режущей кромки в процессе обработки, беспрепятственный сход

стружки, простоту и удобство использования и иметь продолжительный срок службы.

Выбор типа державки зависит от используемой пластины и от направления подачи, разме-

ра припуска, вида заготовки и системы крепления на станке, а также от требуемых возможностей инструмента. Возможности инструмента, в частности, определяются числовыми параметрами в обозначении: высота державки h , мм, ширина державки b , мм, и длина режущей кромки l мм. Длина резца определяется буквенным обозначением длины державки из стандартного ряда чисел: $A = 32$, $B = 40$, $C = 50$, $D = 60$, $E = 70$, $G = 80$, $H = 100$, $J = 110$, $J = 110$, $K = 125$, $L = 140$, $M = 150$, $N = 160$, $P = 170$, $Q =$

$= 180$, $R = 200$, $S = 250$, $T = 300$, $U = 350$, $V = 400$, $W = 450$ и X — специальная конструкция.

Главную роль при нормировании основного времени механической обработки играют режимы резания. Скорость резания зависит от материала пластины, а величины подачи и глубины резания — от формы пластины. В базе данных системы на рис. 1 эта информация связана с сущностями «Скорость резания» и «Подача и глубина резания». Зная наименование

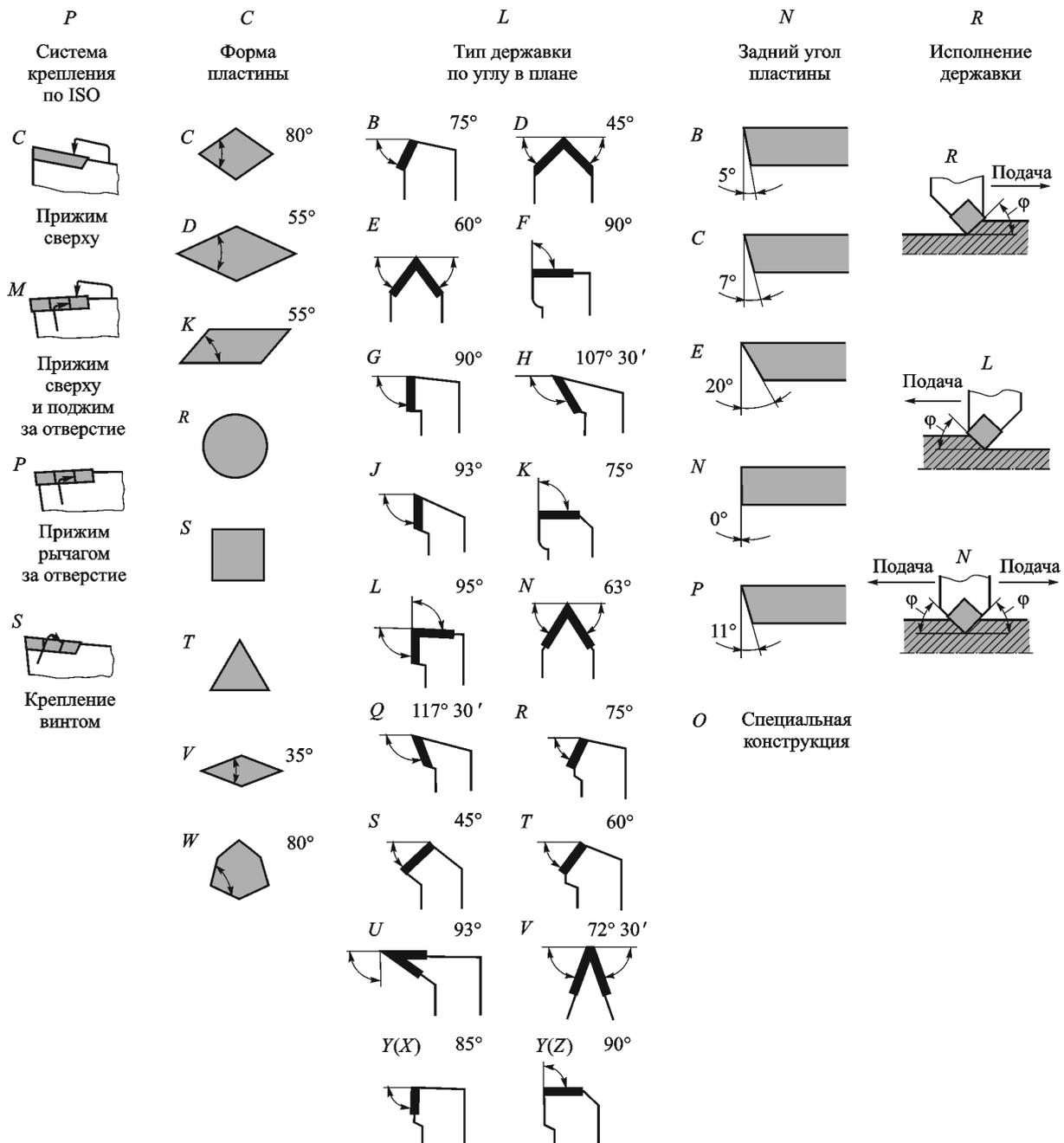


Рис. 4. Система обозначения державок резцов для наружной обработки по ISO (Начало)

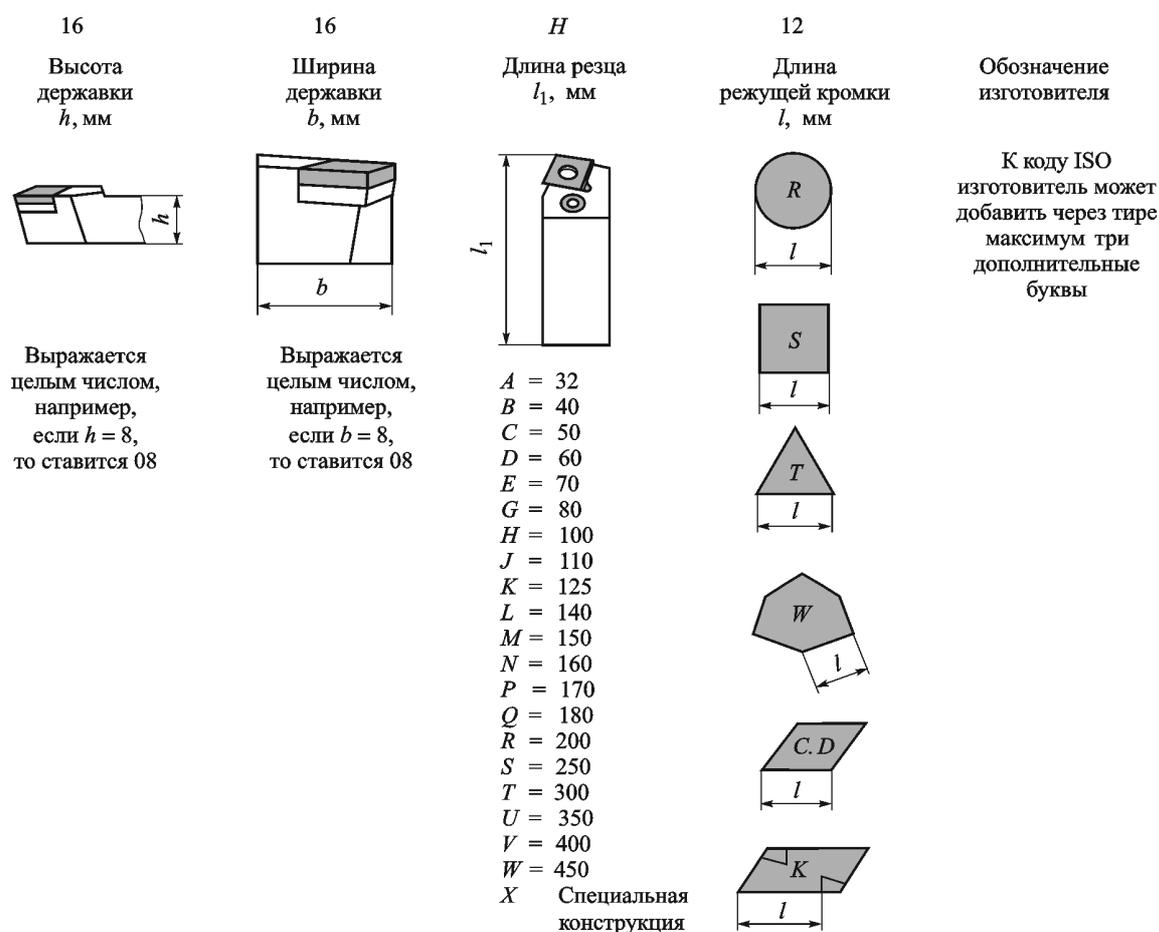


Рис. 4. Система обозначения державок резцов для наружной обработки по ISO (Окончание)

перехода, номер группы материала операции по ISO и марку режущего материала для конкретного изготовителя инструмента можно определить минимальную и максимальную скорость резания. Аналогичным образом по обозначению пластины применительно к выбранному изготовителю инструмента определяются минимальные и максимальные величины подач и глубин резания.

Конкретизировать значения режимов резания можно с помощью коэффициентов, принимающих значения от 0 до 1, что соответствует минимальной и максимальной величинам. Значения этих коэффициентов может устанавливать пользователь. Обычно они зависят от стадии обработки: черновую обработку целесообразно производить со средними в заданном диапазоне скоростями и большими подачами, получистовую обработку — со средними скоро-

стями и подачами, а чистовую — с большими скоростями и малыми подачами.

Функциональная диаграмма проектирования. Функциональная диаграмма проектирования и нормирования механической обработки на основе стандартов ISO представлена на рис. 5. Формирование перехода обработки зависит от конструктивного элемента обрабатываемой детали и точности его размеров. При этом устанавливается наименование перехода и стадия обработки. Выбор державки с формированием ее обозначения зависит от конфигурации и размеров обрабатываемого элемента.

Группа материала детали по ISO определяется на основе марки материала по ГОСТ. В зависимости от вида термообработки формируется номер группы материала операции по ISO, как это было описано выше. На основе этого и с учетом наименования перехода, стадии об-

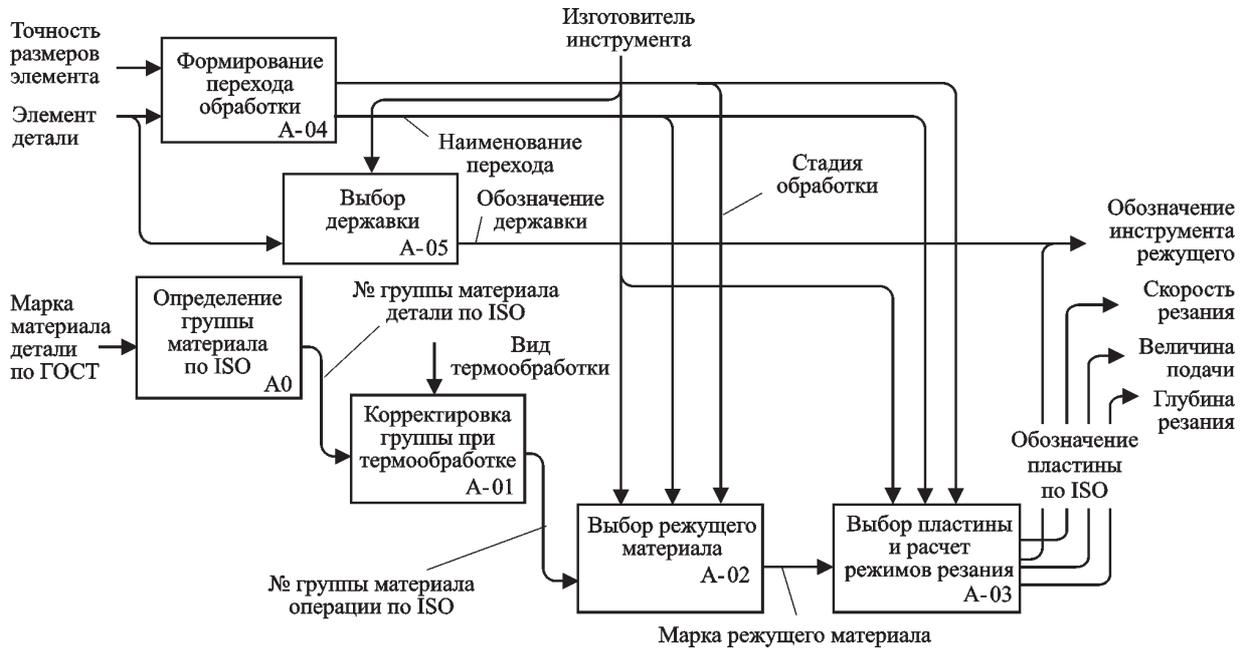


Рис. 5. Функциональная диаграмма проектирования и нормирования механической обработки

работки и изготовителя инструмента выбирается марка режущего материала.

Последний функциональный блок выбирает пластину и рассчитывает режимы резания (см. рис. 5). Обозначение режущего инструмента зависит от обозначения державки и пластины.

Экранная форма инструментального средства Sprut-ExPro, с помощью которого производится генерация базы знаний [6] приведена на рис. 6. Здесь представлены входные данные и результаты проектирования.

Разработанный метод проектирования и нормирования механической обработки на основе стандартов ISO отличается простотой и гибкостью. Он основан на инвариантной модели базы данных. Инвариантность структуры базы данных обеспечивается использованием стандартов ISO. Гибкость обусловлена возможностью простого редактирования содержания таблиц применительно к различным изготовителям режущего инструмента. Проектирование и нормирование производится с помощью про-

Метод: "NoTak" - Нормирование токарной обработки			
Входные данные			
Имя	Назначение	Единица	Значение
TactCmF	Термическая обработка		не эквивалент
EiForF	Элемент формы детали		цилиндр
NoInPart	Наименование перехода		Точить
D_	Диаметр обработки, мм		33
PartPath	Стадия обработки		черновая
SiCmF	Марка материала по ГОСТ		45
MMMGOST			
Результаты			
Имя	Назначение	Единица	Значение
Pc	Потребляемая мощность, кВт		48.623476938
In	Площадь, мм²		0,7
OpPr	Обозначение пластины		СУМГО 19 06 16-PR
ar	Глубина резания, мм		0,3
NoMat	Номер группы материала детали по ISO		3
NoISO	Обозначение группы материалов по ISO		P
Vr	Скорость резания, м/мин		233.5515
MB	Температура ИВ, ммоль/л		250
PL	Частота вращения, об/мин		2253.92297837
NoMatOp	Номер группы материала операции по ISO		3

Рис. 6. Результат работы базы знаний

дукционной базы знаний, сгенерированной с помощью инструментального средства Sprut-ExPro.

Литература

[1] Cheng G., Li P., Gao Z., Lei L. Key technology research on intelligent CAPP system of automatic machine process. *Applied Mechanics and Materials*, 2011, vol. 48–49, pp. 649–655.
 [2] Wang Z., Tan C., Li Q., Chen Y. Research on intelligent CAPP system based on multi-agent system. *Proceedings — 2009 9th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, 2009, vol. 1, art. no. 5254351, pp. 52–57.

[3] Sankha Deb, Parra-Castillo J.R, Kalyan Ghosh. An Integrated and Intelligent Computer-Aided Process Planning Methodology for Machined Rotationally Symmetrical Parts. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 2011, vol. 13, issue 1, pp. 1–26.

[4] Chang P.-T. , Chang C.-H. An integrated artificial intelligent computer-aided process planning system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2000, vol. 13, issue 6, pp. 483–497.

[5] Евгеньев Г.Б. *Интеллектуальные системы проектирования*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 410 с.

References

[1] Cheng G., Li P., Gao Z., Lei L. Key technology research on intelligent CAPP system of automatic machine process, *Applied Mechanics and Materials*, 2011, vol. 48–49, pp. 649–655.

[2] Wang Z., Tan C., Li Q., Chen Y. Research on intelligent CAPP system based on multi-agent system, *Proceedings — 2009 9th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, 2009, vol. 1, art. no. 5254351, pp. 52–57.

[3] Sankha Deb, Parra-Castillo J.R, Kalyan Ghosh. An Integrated and Intelligent Computer-Aided Process Planning Methodology for Machined Rotationally Symmetrical Parts. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 2011, vol. 13, issue 1, pp. 1–26.

[4] Chang P.-T. , Chang C.-H. An integrated artificial intelligent computer-aided process planning system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2000, vol. 13, issue 6, pp. 483–497.

[5] Evgenyev G.B. *Intellectual'nye sistemy proektirovaniia* [Intelligent design system]. Moscow, Bauman Press, 2012. 410 p.

Статья поступила в редакцию 18.10.2013

Информация об авторах

ЕВГЕНЕВ Георгий Борисович (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: info@rkg.bmstu.ru).

КОКОРЕВ Александр Александрович (Москва) — ассистент кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

ГРИШИН Николай Сергеевич (Москва) — инженер кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

Information about the authors

EVGENEV Georgiy Borisovich (Moscow) — Dr. Sc. (Eng.), Professor of «Computer Systems of Automated Production» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation, e-mail: info@rkg.bmstu.ru).

KOKOREV Aleksandr Aleksandrovich (Moscow) — Assistant of «Computer Systems of Automated Production» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation).

GRISHIN Nikolay Sergeevich (Moscow) — Engineer of «Computer Systems of Automated Production» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation).



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана вышло в свет учебное пособие «Основы проектирования переносных зенитных ракетных комплексов», авторов В.М. Кашина, А.Л. Лифица, М.И. Ефремова.

Настоящее пособие является первым общедоступным изданием, в котором приведена современная методология проектирования переносных зенитных ракетных комплексов. При этом авторы ставили перед собой задачу познакомить читателя не только с основными подходами к вопросам проектирования, но и дать представление о принципах построения и современном состоянии этого вида вооружения в России. Материалы пособия отражают сегодняшнее положение теории и практики создания переносных зенитных ракетных комплексов, являясь результатом обобщения накопленного многолетнего опыта их разработки в нашей стране. Основное внимание уделено вопросам, связанным со спецификой проектирования переносных зенитных ракетных комплексов, поскольку общие вопросы проектирования (аэродинамика, теория полета, внутренняя баллистика двигателей, расчет и проектирование информационных приборов наведения, прочность и др.) зенитных ракет с ракетными двигателями твердого топлива в полной мере изложены в научно-технической литературе.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;

press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru