

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра горных машин и комплексов

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ГОРНЫХ МАШИН

Методические указания к практическим работам
для обучающихся технических специальностей и направлений

Составители Л. Е. Маметьев
А. А. Хорешок
А. Ю. Борисов

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 24 от 26.04.2021
Рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04
Протокол № 3 от 27.04.2021
Электронная версия
находится в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2021

ВВЕДЕНИЕ

Добыча полезных ископаемых осуществляется на горных предприятиях различной мощности с разнообразными горно-геологическими условиями. Это обуславливает большое количество и разнообразие типов и моделей горных машин отечественного и зарубежного производства, применяемых на горных предприятиях.

От стойкости горного инструмента, зависит производительность горнодобывающих и проходческих комбайнов, себестоимость продукции. Актуальность проблемы стойкости горного инструмента возрастает вместе со стремлением увеличить скорости резания и подачи комбайнов. Поэтому правильный выбор горного инструмента и узла его крепления на рабочих органах проходческих и очистных комбайнах позволяет увеличить их производительность, энерговооруженность и скорость проведения подготовительных выработок. Также обеспечивается снижение расхода горного инструмента при разрушении абразивных и крепких включений, сокращение времени на его замену. Это приводит к расширению области их применения на пластах сложного строения, содержащих крепкие прослойки и крупные включения, путем реализации принципа разрушения угля и крепких горных пород крупным сколом с улучшением сортности продуктов разрушения и снижением запыленности воздуха в выработке.

Современный горный инженер должен правильно оценивать влияние показателей стойкости на всех этапах жизненного цикла горного рабочего инструмента, включая: проектирование, изготовление, приемо-сдаточные испытания, эксплуатация и ремонт.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью выполнения работы – приобретение студентами знаний и навыков по выбору типа рабочего инструмента для рабочих органов выемочных и проходческих горных машин с широким спектром условий эксплуатации.

1. НАЗНАЧЕНИЕ РАБОЧИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Рабочий инструмент непосредственно выполняет ту работу, для которой создана горная машина и ее исполнительный орган – разрушает уголь или горную породу.

От рабочего инструмента в значительной степени зависит производительность горных машин и труда рабочих, износ и долговечность машин, расход энергии, качество и себестоимость добываемой продукции.

Контроль и наблюдение за состоянием рабочих инструментов во время работы, как правило, затруднительны. Поэтому рабочие инструменты горных машин должны удовлетворять следующим требованиям:

- эффективно разрушать уголь и горную породу с наименьшими затратами энергии;
- обладать достаточной прочностью и износостойкостью;
- обеспечивать высокую сортность добываемого полезного ископаемого (угля) и минимальное пылеобразование;
- иметь форму, размеры и геометрические параметры, соответствующие свойствам разрушаемых пород, конструкции исполнительного органа и кинематике его работы;
- иметь простое и надежное закрепление на исполнительном органе, исключающее потери рабочего инструмента и обеспечивающее быструю замену его при износе;
- быть технологичными в изготовлении и восстановлении;
- иметь невысокую стоимость изготовления и эксплуатации.

2. УСЛОВИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНОГО РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА

Задачам повышения качества и увеличения ресурса выпускаемого горного рабочего инструмента необходимо уделять особое внимание. В связи с этим на предприятиях-изготовителях разработана и действует система контроля качества выпускаемой продукции на всех стадиях технологического процесса – от при-

емки материалов до сдачи готовой продукции на склад потребителя.

Для обеспечения входного контроля качества всех поступающих материалов, а также для контроля качества изделий в ходе технологического процесса имеются лаборатории для определения химсостава и структуры металлов. Это позволяет не допускать к применению в производстве материалы с отклонениями по качеству.

Весь горный инструмент проходит обязательную сертификацию на безопасность в соответствии с «Перечнем технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и подлежащих обязательной сертификации», утвержденным «Ростехнадзором».

Критериями при выборе инструмента служат как механические свойства горных пород и угля (коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протоdjаконова-старшего, сопротивляемость угля резанию, показатель абразивности по Л. И. Барону и А. В. Кузнецову), так и технические характеристики применяемых горных машин.

Целесообразно производить выбор соответствующего инструмента (табл. 2.1) по рекомендациям специалистов «Горный инструмент».

Резец – рабочий инструмент очистных и проходческих комбайнов, состоящий из стального корпуса и закрепленной в нем армирующей вставки (твердосплавного изделия).

Тангенциальный резец – резец, корпус которого установлен наклонно к поверхности резания. Резец в процессе работы подвижен относительно продольной оси корпуса (продольной оси державки).

Горный инструмент повышенной стойкости – поворотные ступенчатые резцы «Завод Гидромаш» РГ401-12, РГ401-12С, РГ501-16, РГ501-16С (рис. 2.1). Аналогами резцов типа РГ «Завод Гидромаш» по конструктивным особенностям являются резцы типа РГ «Пигма-Кеннаметал», резцы типа RG фирмы «Рум-Сервис», резцы типа РШ «Горный инструмент», резцы «БЕЛТЕХНОЛОГИЯ и М» [1].

Резцы предназначены для оснащения исполнительных органов проходческих и очистных комбайнов.

Таблица 2.1

Рекомендации специалистов «Горный инструмент»

Тип горной породы	Показатели крепости и абразивности	Способ разрушения, инструмент			Марка твердого сплава
		Проход- ческие и очист- ные комбай- ны	Механическое бурение		
			Враща- тельный способ	Удар ный спо- соб	
Уголь	<div>min</div> <div><div></div></div> <div>max</div>	Резцы танген- циаль- ные и радиаль- ные	Резцы угольные, резцы угольные и пород- ные	Буро- вые ко- ронки	МС 15
Уголь с прослойками					МС 14
Уголь с прослойками и твердыми вклю- чениями					МС 12
Аргиллит					МС 10
Алевролит					МС 10
Песчаник					МС 8
Крепкие породы					МС 8
Граниты					МС 5
Кварциты, железные руды					МС 2

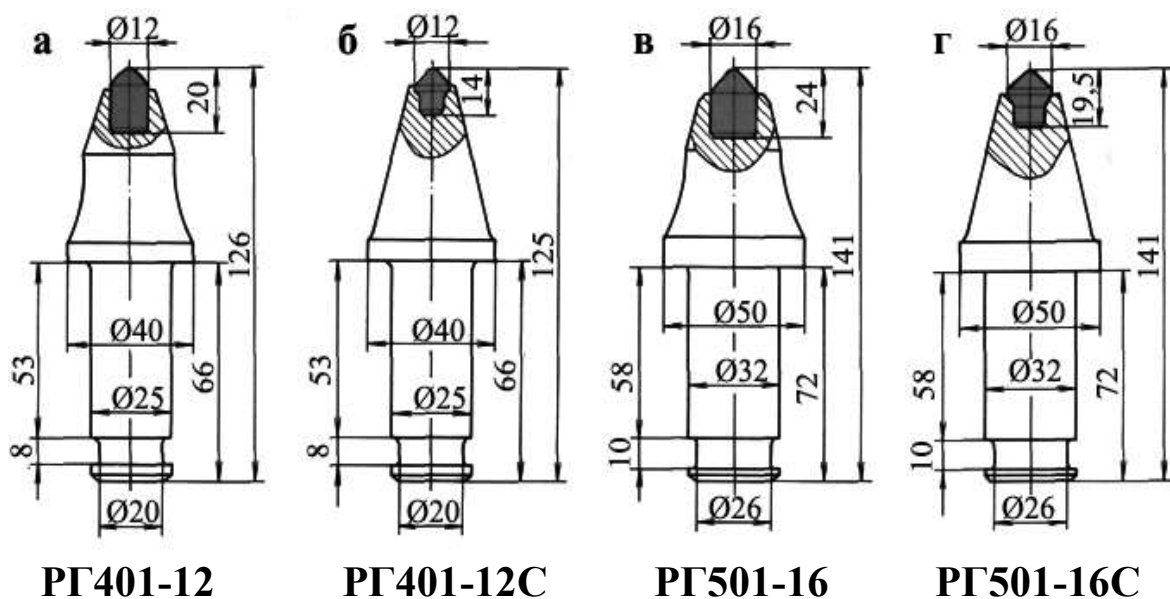


Рис. 2.1. Резцы типа РГ

При разрушении горных пород с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \leq 50$ МПа и показателем абразивности $a \leq 10$ –18 мг рабочими органами проходческих комбайнов 1ГПКС, стойкость резцов РГ401 в 6–8 раз превышает стойкость РКС1.

При разрушении горных пород с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \leq 70$ МПа и показателем абразивности $a \leq 12$ –18 мг рабочими органами проходческих комбайнов 4ПП-2М, 1ГПКС и очистных комбайнов К500, стойкость резцов РГ501 в 6–8 раз превышает стойкость РКС2.

Преимущества резцов типа РГ:

- высокая механическая прочность державки резца за счет применения высокопрочных сталей с последующей термообработкой и надежное закрепление твердого сплава в державке методом пайки;

- низкая вероятность заклинивания резца в кулаке, что обеспечивает его самозатачивание и снижает динамику работы комбайна;

- повышенный срок службы за счет увеличения диаметра выступающей части резца и переноса его опоры на кольцевую часть в средней части резца;

- снижение удельного расхода резцов в 6–8 раз по сравнению с серийными РКС1, РКС2 и РЗ4.80;

- повышение производительности комбайна на 10–15 %.

Хотя лабораторные и стендовые испытания показали несомненные преимущества таких резцов по сравнению с резцами РКС, более представительные результаты были получены при сравнительных промышленных испытаниях (табл. 2.2) [2].

Радиальные резцы крупного скола РО100* «Завод Гидромаш» и РО80, РО80.25, Т100 «Пигма-Кеннаметал» (рис. 2.2) предназначены для оснащения шнеков очистных комбайнов.

Преимущества резцов крупного скола РО100:

- обеспечивают повышение сортового состава угля (выход крупных фракций);

- высокая прочность и надежность;

- возможность обработки угольных пластов с присечкой горных пород с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \leq 35$ МПа и показателем абразивности $a \leq 18$ мг.

Таблица 2.2

Результаты сравнительных испытаний

Место проведения испытаний	Тип комбайна	Свойства вмещающих пород		Тип резца		Наработка резцов на отказ, м ³ /шт.
		$\sigma_{сж}$, МПа	α , мг	базовый	новый	<u>баз.</u> Нов.
Шахта «Абайская»	1ГПКС	65-75	Н.д.*	РКС-1И	РГ401-12	<u>0,47</u> 3,7
Шахта «Красноармейская – Западная» №1	4ПП-2	60	12	РКС-2	РГ-501	<u>0,43</u> 1,7
Шахта «Глубокая»	1ГПКС	25-55	Н.д.	РКС-1	РГ401-2С	<u>11,7</u> 874,5
Рудник «Интернациональный» НПО «Якуталмаз»	4ПП-2	До 70	13,2	РКС-2	РГ-2С	<u>1,24</u> 2,66
Шахта им. А. Ф. Засядько	4ПП-2М	До 90	До 16,3	РКС-2	РГ-18С	<u>1,23</u> 2,63
Шахта «Юбилейная»	4ПП-2М	40-100	Н.д.	РКС-2	РГ501-16 РГ501-16С	<u>0,16</u> 1,5
Шахта им. Е. Т. Абакумова	4ПП-2М	До 80	18,3	РКС-2	РГ2-18С	<u>0,7</u> 0,86

*Н.д. – нет данных.

Радиальные резцы «Горный инструмент» (рис. 2.3) предназначены для оснащения очистных и проходческих комбайнов (МК67М, РКУ-10, 2ГШ68Б, К-10, 4ПП2, КСП-32).

Тангенциальные поворотные резцы типа РКС, РС, ПС различных заводов-изготовителей представлены в табл. 2.3 и 2.4.

Тангенциальные поворотные резцы типа РШ (резец шнековый) для очистных и проходческих комбайнов производства «Горный инструмент» имеют двухступенчатую конструкцию, что позволяет перенести упор в резцедержателе с торцевой части

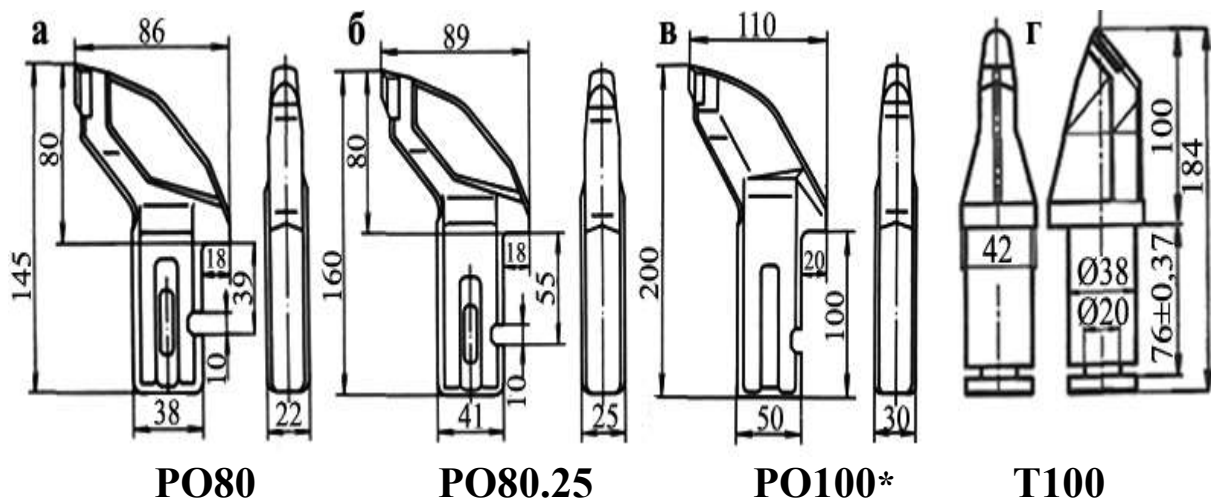


Рис. 2.2. Радиальные резцы

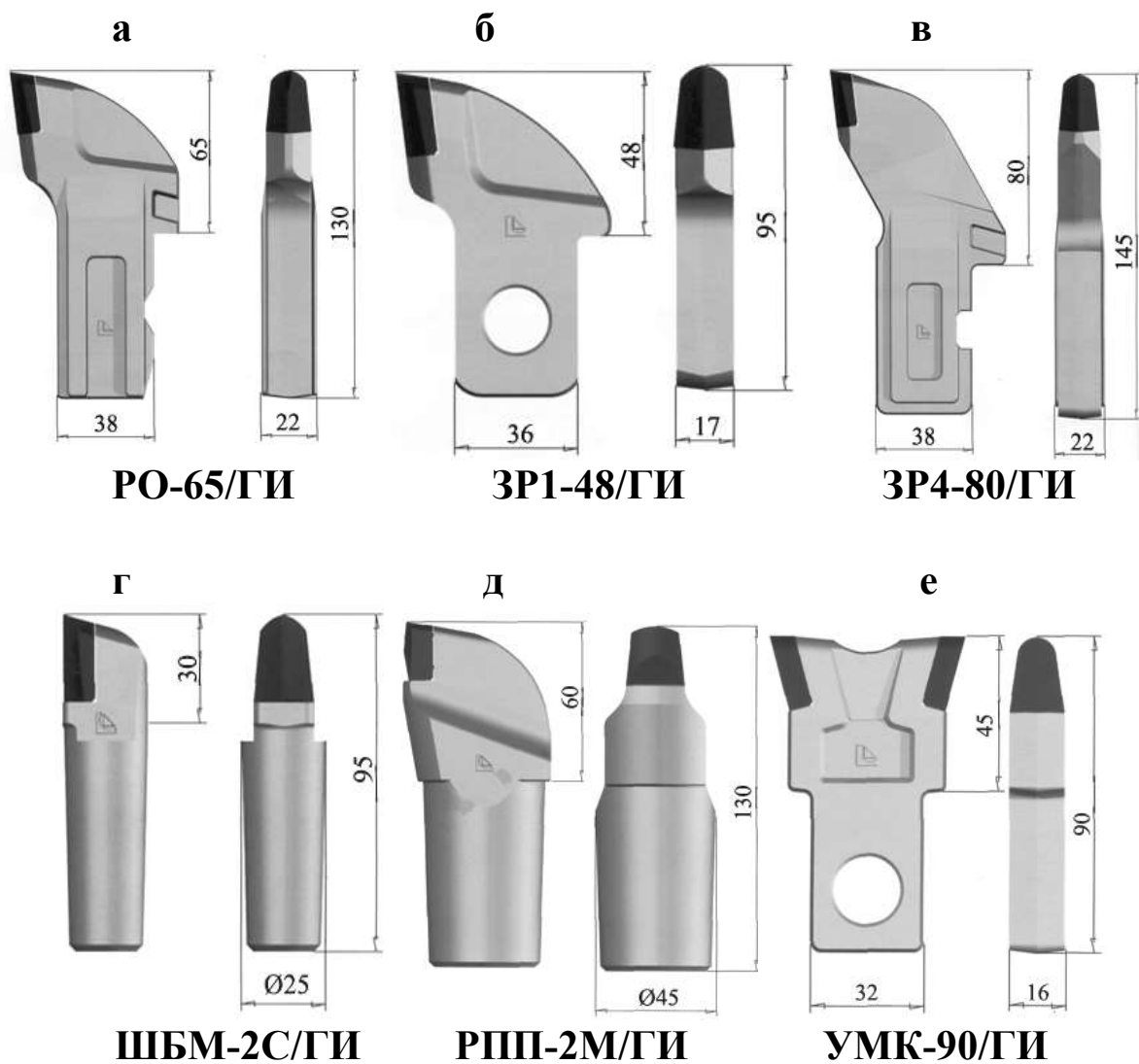


Рис. 2.3. Радиальные резцы «Горный инструмент»

Таблица 2.3

Тангенциальные поворотные резцы
«Кузнецкий машиностроительный завод»

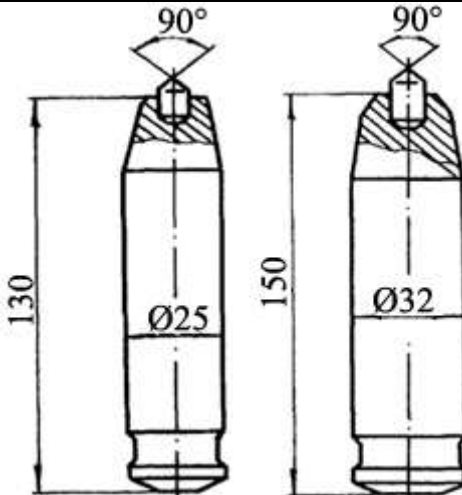
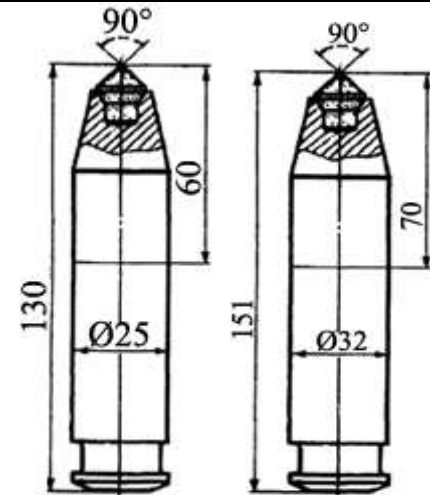
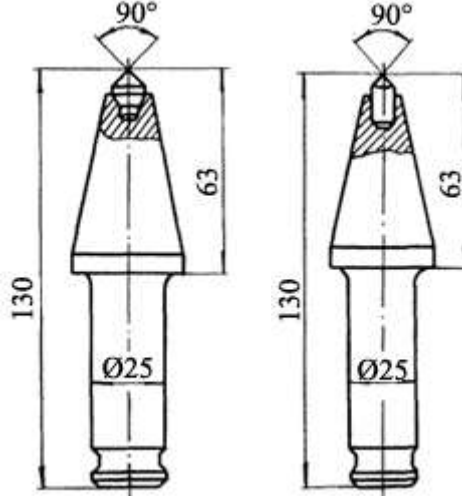
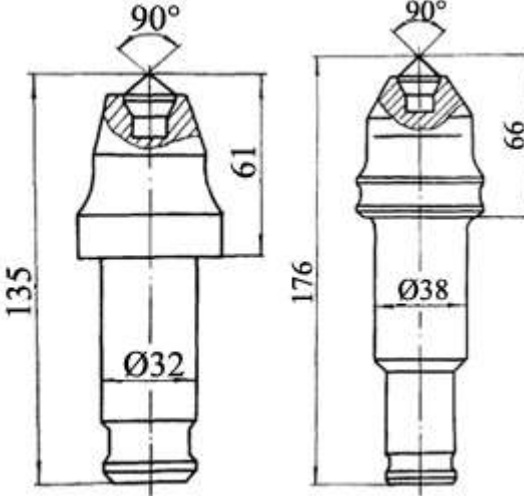
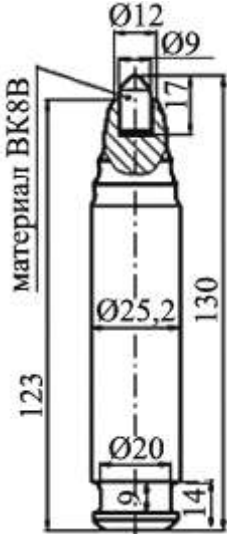
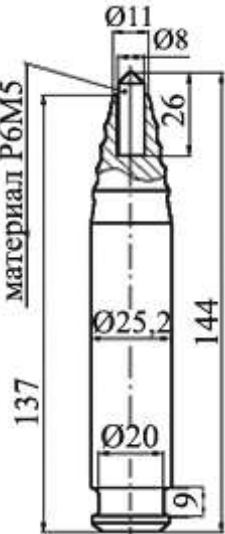
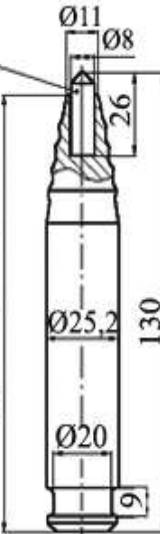
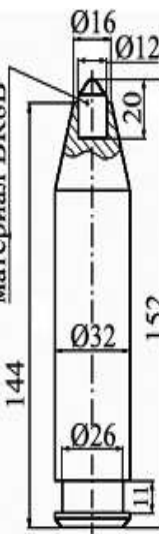
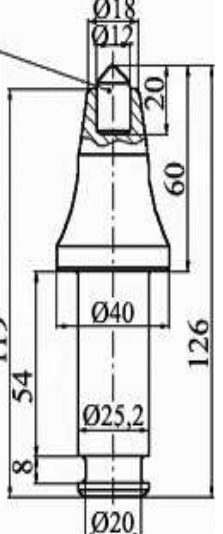
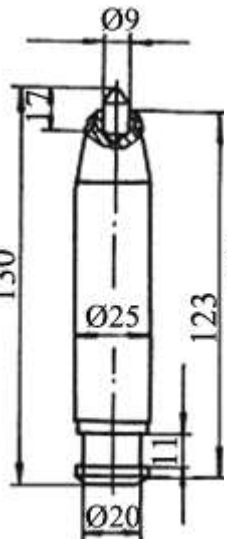
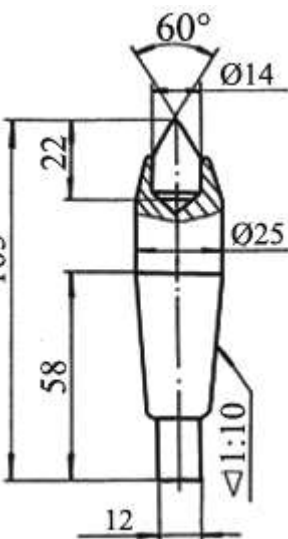
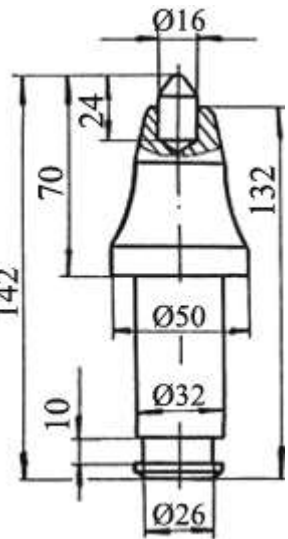
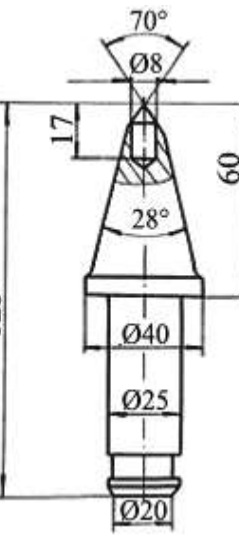
 <p style="text-align: center;">РКС-1А РКС-2А</p> <p>Предназначены для оснащения исполнительных органов проходческих комбайнов, работающих по углю и породам с коэффициентом крепости $f \leq 5$ для РКС-1А и $f \leq 6$ ($\sigma_{сж} \leq 84$ МПа), абразивностью $a \leq 15$ мг для РКС-2А по шкале проф. М. М. Протодяконова</p>	 <p style="text-align: center;">РКС-1Г РКС-2Г</p> <p>Предназначены для оснащения исполнительных органов проходческих комбайнов, работающих по углю и породам с коэффициентом крепости $f \leq 5$ и абразивностью $a \leq 15$ мг для РКС-1Г и $f \leq 6$, абразивностью $a \leq 15$ мг для РКС-2Г по шкале проф. М. М. Протодяконова</p>
 <p style="text-align: center;">РС-25Г РС-25Ц</p> <p>Предназначены для оснащения исполнительных органов проходческих комбайнов, работающих по углю и породе с коэффициентом крепости $f \leq 5$ по шкале проф. М. М. Протодяконова и показателем абразивности $a \leq 15$ мг по Л. И. Барону</p>	 <p style="text-align: center;">РС-32 РС-38</p> <p>Предназначены для оснащения исполнительных органов проходческих комбайнов, работающих по углю и породам с коэффициентом крепости $f \leq 5$ для РС-32 и $f \leq 8$ для РС-38 по шкале проф. М. М. Протодяконова</p>

Таблица 2.4

Тангенциальные поворотные резцы
 *«БЕЛТЕХНОЛОГИЯ и М»,
 «Копейский машиностроительный завод»

 <p>РКС-1*</p>	 <p>РКС-1ВМ*</p>	 <p>РКС-1Т*</p>	 <p>РКС-2*</p>	 <p>ПС-1*</p>
<p>Предназначены для оснащения исполнительных органов проходческих и очистных комбайнов, работающих по углю и породам с коэффициентом крепости $f \leq 5$ и показателем абразивности $a \leq 15$ мг.</p> <p>Резец ПС-1 (аналог резца РГ-401) крепость $f \leq 8$, абразивность $a \leq 18$ мг</p>				
 <p>РКС-1И</p>	 <p>РС-14</p>	 <p>ПС-2</p>	 <p>ПС1-8У</p>	
<p>Резцы РКС-1И работают при одноосном сжатии $\sigma_{сж} \leq 70$ МПа ($f \leq 5$, $a \leq 15$ мг). Резцы РС-14 предназначены для проходческо-очистных комбайнов, работающих по пластам калийных руд и каменной соли с сопротивляемостью резанию до 450 Н/мм</p>		<p>Резцы ПС-2 для проходческих комбайнов $\sigma_{сж} \leq 100$ МПа ($f \leq 5$, $a \leq 15$ мг) Резцы ПС1-8У предназначены для проходческо-очистных комбайнов, работающих по пластам калийных руд и каменной соли с сопротивляемостью резанию до 450 Н/мм</p>		

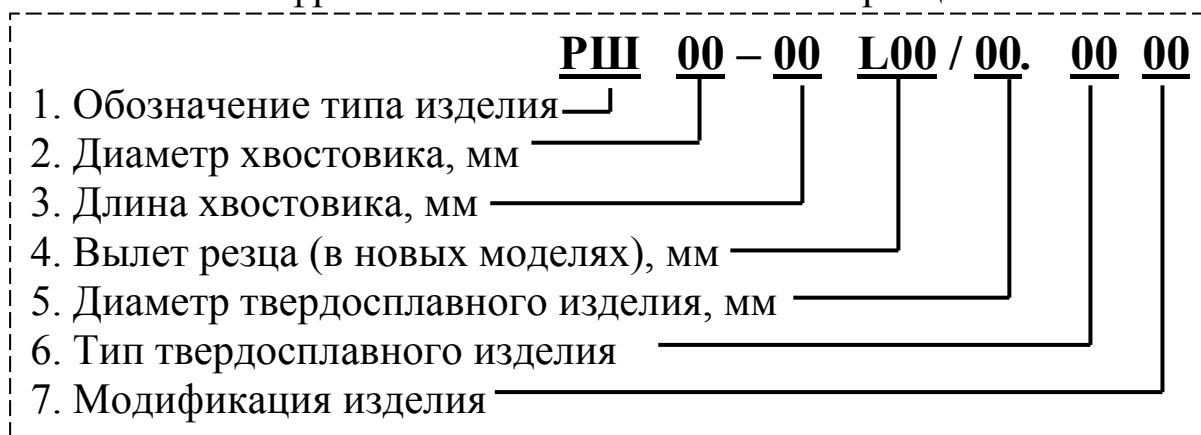


The image displays four views of a mechanical component, likely a bracket or a connector. The top-left view is an isometric perspective showing a U-shaped part with two curved, flared ends. The top-right view is a top-down plan view, showing the U-shape from above. The bottom-left view is a front elevation, showing the part's profile with a flat top and curved sides. The bottom-right view is a side elevation, showing the part's profile from the side, highlighting its thickness and the curvature of the ends.

Рис. 2.5. Элементы креплений
(стопорные кольца для фиксации
тангенциальных резцов в гнезде
резцедержателя)

	PC	00	00	00	00	X	X
1. Обозначение типа изделия	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─
2. Диаметр хвостовика, мм	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─
3. Длина хвостовика, мм	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─
4. Вылет резца, мм	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─
5. Диаметр твердосплавного изделия, мм	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─
6. Тип твердосплавного изделия	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─
7. Модификация изделия	└─	└─	└─	└─	└─	└─	└─

Расшифровка обозначения шнековых резцов типа РШ



Тангенциальные резцы типа РШ разрабатываются специалистами завода «Горный инструмент» под конкретные горно-геологические условия (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Условия работы резцов РШ «Горный инструмент»

Наименование условий	Легкие	Средние	Тяжелые	Сверхтяжелые
Обозначение условий	Л	С	Т	СТ
Характеристика массивов	Уголь ($f = 0,8-2$)	Уголь с прослойками породы ($f = 2-5$)	Уголь с прослойками породы ($f = 2-5$) и твердыми включениями ($f = 5-8$)	Уголь с прослойками породы ($f = 2-7$) и твердыми включениями ($f = 7-10$) большой протяженности

Для правильного подбора резцов типа РШ, в зависимости от горно-геологических условий и типа оборудования, рекомендуется придерживаться следующих данных «Горный инструмент» (табл. 2.6) [1].

Таблица 2.6

Применяемость резцов типа РШ «Горный инструмент»

Диаметр хвостовика, мм	Тип резца	Применяемость	Горно-геологические условия			
			легкие	средние	тяжелые	сверхтяжелые
25	РШ 25-65/12	1ГПКС, 12СМ18, 14СМ15, КШЗМ	+			
	РШ С-25-65L70/13		+			
	РШ С-25-65L72/16SK			+		
	РШ 25-65/16SK				+	
	РШ С-25-65L68/16SK				+	
30	РШ 30-72L85/16SK	ABM-20, EL3000, 4LS20	+			
	РШ 30-72L80/16SK			+		
	РШ 30-72L90/17,5				+	
	РШ С-30-75L90/16SK	S-200, KSW-460 (475, 500, 620), SM-130	+			
	РШ 30-75/16			+		
	РШ 30-75/17,5				+	
	РШ 30-75/25					+
	РШ С-30-78L90/16SK	12СМ15	+			
	РШ 30-78/16SK			+		
	РШ 30-80L85/16SK	ET-120 (210)	+			
	РШ 30-80/16			+		
32	РШ 32-70-L90/16SK	КП-21, К-500, 2ГШ68, 1КШЭ, KSW-500, MB12, КШЗМ	+			
	РШ С-32-70-L90/16SK		+			
	РШ 32-70/16SK			+		
	РШ 32-70/16.M1				+	
	РШ 32-75-L90/16SK	4LS5, MB-12, KGS, 4ПП2М, LH-1300	+			
	РШ С-32-75-L90/16SK		+			
	РШ 32-75/16			+		
	РШ С-32-78L90/16SK	KGS, KSW-460	+			
	РШ 32-78/16			+		
	РШ 32-80-L90/16SK	KSW-460	+			
	РШ С-32-80-L90/16SK		+			
	РШ 32-80/16			+		

Продолжение табл. 2.6

Диаметр хвостовика, мм	Тип резца	Применяемость	Горно-геологические условия			
			легкие	средние	тяжелые	сверхтяжелые
32	РШ 32-85-L90/12SK	П110, П220, KGS	+			
	РШ 32-85-L90/16SK		+			
	РШ С-32-85-L90/16SK		+			
	РШ 32-85/16			+		
	РШ 32-85/18SK				+	
	РШ С-32-85-L80/18SK				+	
	РШ 32-85/17,5					+
	РШ 32-85/18SK.M2					+
33	РШ 33-85/16	КСП 32 (42,22)		+		
	РШ С-33-85-L90/18SK			+		
	РШ С-33-85-L80/18SK				+	
	РШ 33-85/17,5					+
35	РШ 35-95/16	6LS5	+			
38	РШ 38-75/12,5	АМ-65(75), МК-2В	+			
	РШ С-38-75-L102/16SK		+			
	РШ 38-75/17,5.M1			+		
	РШ 38-75/17,5				+	
	РШ 38-75/19.M2				+	
	РШ 38-75/19.M1				+	
	РШ 38-75/19				+	
	РШ 38-75/22					+
	РШ 38-120/22					+
	РШ 38-80/18SK	КСW-1140	+			
	РШ 38-80/17,5			+		
	РШ 38-110/16	SL-300(500)		+		

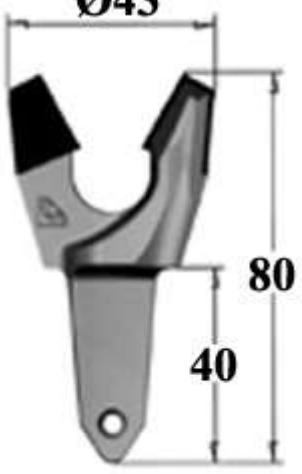
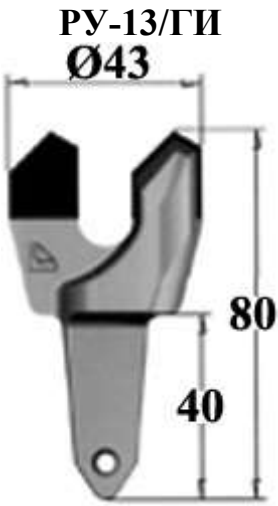
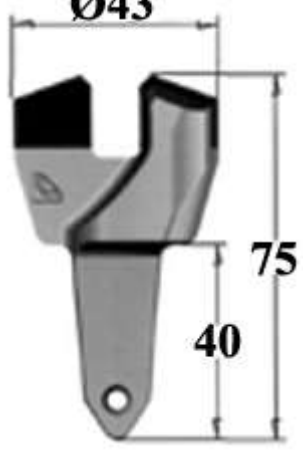


Углепородные резцы предназначены для бурения шпуров в углях любой крепости и породах с коэффициентом крепости $f \leq 12$ по шкале проф. М.М. Протодяконова (табл. 2.7).

Исполнительные органы, оснащенные резцовым инструментом, как показывает практика [3], надежно и эффективно эксплуатируются лишь в угольных забоях и в относительно малоабразивных породах ($a \leq 15$ мг) прочностью $\sigma_{сж} \leq 60$ МПа. Распространить принцип резания на более крепкие породы способны лишь машины, оснащенные шарошечным инструментом, в основ-

ном это проходческие комбайны бурового действия массой более 50 т с приводом исполнительного органа свыше 200 кВт. Однако эффективность разрушения с увеличением крепости породы резко уменьшается вследствие возрастания энергозатрат, интенсивности износа режущего инструмента, снижения производительности.

Таблица 2.7

Условия работы углепородных резцов
«Горный инструмент»

Легкие	Средние	Тяжелые
Уголь ($f = 0,8-2$)	Аргиллит ($f = 2-4$) Алеврит ($f = 3-7$)	Колчедан ($f = 7-8$) Песчаник ($f = 6-12$)
<p>РУ-43/ГИ Ø43</p> 	<p>РУ-13/ГИ Ø43</p> 	<p>РУ-7/ГИ Ø43</p> 
<p>РУ-43М Ø43</p> 		<p>БИ-741/ГИ Ø43</p> 

Наиболее подвержены воздействию теплового нагрева от трения резцовые и долотчатые инструменты. Минимальное трение достигается при резании дисковыми шарошками, однако они нагружают породу на сжатие, поэтому при резании дисковыми шарошками приходится прикладывать очень высокие усилия. Для решения этой проблемы расположение дисковых шарошек в исполнительном органе должно быть таким, чтобы в процессе разрушения забоя в породе инициировались усилия на сдвиг и растяжение.

Из анализа полученных в последнее время закономерностей следует, что тангенциальные вращающиеся резцы, по утверждению авторов [3], способны эффективно разрушать породы с пределом прочности на сжатие $\sigma_{сж} \leq 100\text{--}120$ МПа и имеют минимальную по сравнению с другими резцами энергоемкость разрушения e (при $\sigma_{сж} = 10$ МПа $e = 0,6$ кВт·ч/м³). В области значений $\sigma_{сж} = 10\text{--}30$ МПа возрастание прочности на 10 МПа вызывает увеличение e в среднем на 1 кВт·ч/м³. Согласно данным, полученным при разрушении пород, различных по крепости и хрупкости ($K_{хр} = \sigma_p / \sigma_{сж}$, где σ_p – предел прочности на растяжение), тангенциальными резцами, можно достаточно эффективно ($e \leq 5,0$ кВт·ч/м³) разрушать вязкие ($K_{хр} = 0,2$) породы с $\sigma_{сж} \leq 30$ МПа или хрупкие ($K_{хр} = 0,07$) породы с прочностью $\sigma_{сж} \leq 70$ МПа.

При $\sigma_{сж} \geq 70$ МПа для эффективной работы вращающихся резцов требуется проведение специальных мероприятий по разупрочнению горного массива, например, нагнетание водных растворов поверхностно-активных веществ, но это уже область комбинированного способа разрушения.

Для расширения области применения резания на более прочные породы в качестве альтернативы тангенциальным вращающимся резцам предложено использовать дисковый скалывающий инструмент на исполнительных органах проходческих машин и комбайнов. Результатами исследований [3] было доказано, что для дискового скалывающего инструмента наиболее эффективен повторно-блокированный режим или, как авторы его называют, режим малоциклового силового разрушения.

Промышленные испытания горнопроходческого комбайна с экспериментальным рабочим органом, оснащенным режущими

дисками (шарошками), при проведении выработок по породному пласту с твердыми включениями показали менее оптимистические результаты. Из сравнительных испытаний экспериментального и серийного рабочих органов был сделан вывод: оснащение комбайнов рабочими органами с дисковым режущим инструментом позволяет разрушать породные включения с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодяконова $f \leq 10$, снизить энергозатраты на 24–28 %, увеличить скорость проведения выработок на 20 %, сократить износ инструмента, уменьшить запыленность воздуха в проходческом забое в 1,5–2,0 раза. Руководствуясь этими данными, авторы [3] делают вывод о возможности разрушении крепких горных пород дисковыми шарошками.

На рис. 2.6 представлены зависимости удельной энергоемкости от прочности пород для наиболее эффективных из применяемых в настоящее время механических способов разрушения. Зависимости построены по данным многочисленных экспериментальных исследований.

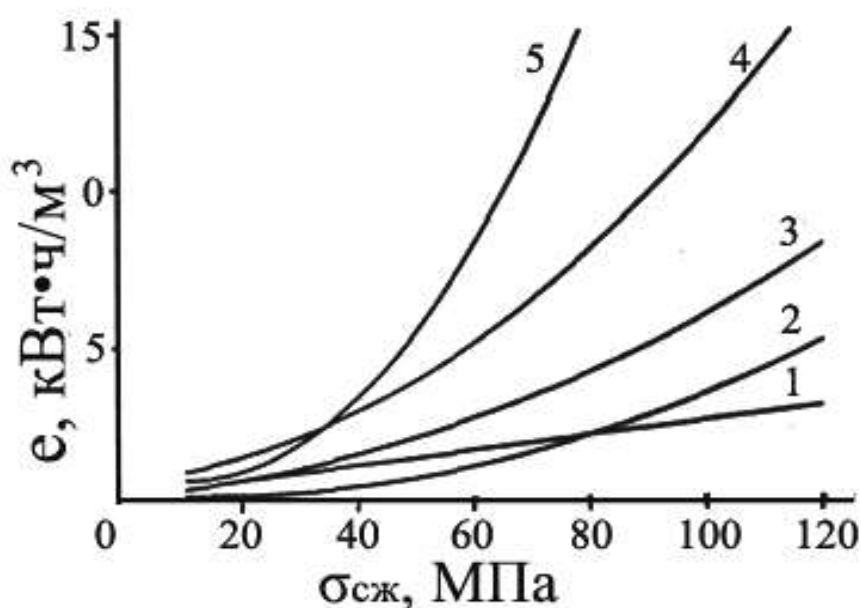


Рис. 2.6. Зависимость удельной энергоемкости разрушения горных пород от их прочности [3]:

1 – взрывной способ разрушения; 2 – послойное ударное разрушение; 3 – повторно-блокированное резание дисковыми шарошками; 4 – резание вращающимися тангенциальными резцами; 5 – свободное резание шарошками

Таким образом, среди режущих инструментов наиболее стойким является шарошечный (дисковые, зубчатые и штыревые шарошки); по имеющимся данным он способен разрушать горные породы крепостью до $f = 20$, хотя границы его эффективного применения находятся в пределах крепости $f = 10-12$ (табл. 2.8) [3].

Таблица 2.8

Удельная энергоемкость и производительность
для механического способа разрушения

Механический способ разрушения (резание)	Сопротивляемость горных пород		Удельная энергоемкость e , кВт·ч/м ³	Производительность P , м ³ /ч
	$\sigma_{сж}$, МПа	f		
стержневые резцы (очистные угольные комбайны)	—	1–3	0,1–1,5	—
тангенциальные вращающиеся резцы	40–80	—	1–7	—
штыревые шарошки	20–120	—	8–60	—
проходка выработка $\varnothing 3,75$ м комбайном КГ-3750 (штыревые шарошки)	—	12–14	20–30	10–12
дисковые шарошки: - при свободном скалывании - при малоцикловом разрушении	130–450	—	2–30	—
	130	—	6–8	—
шарошечное бурение (СБР-160, СБШ-250)	—	14–18	50–150	—
алмазные диски (резание в щели)	100–160	—	50–280	—

3. КРЕПЛЕНИЕ И ЗАМЕНА РЕЗЦОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНЫХ МАШИН

Надежность крепления резцов и быстрота их замены оказывают большое влияние на производительность комбайнов. Потери резцов при ранее применяемом болтовом способе крепления на исполнительном органе комбайна достигали 25 % общего расхода резцов, а продолжительность замены 10–12 резцов составляла 50–60 мин.

В настоящее время разработано большое число разнообразных конструкций безболтовых (бесстопорных) быстродействующих креплений резцов. В отечественном машиностроении были спроектированы и применялись следующие конструкции креплений (рис. 3.1) [4].

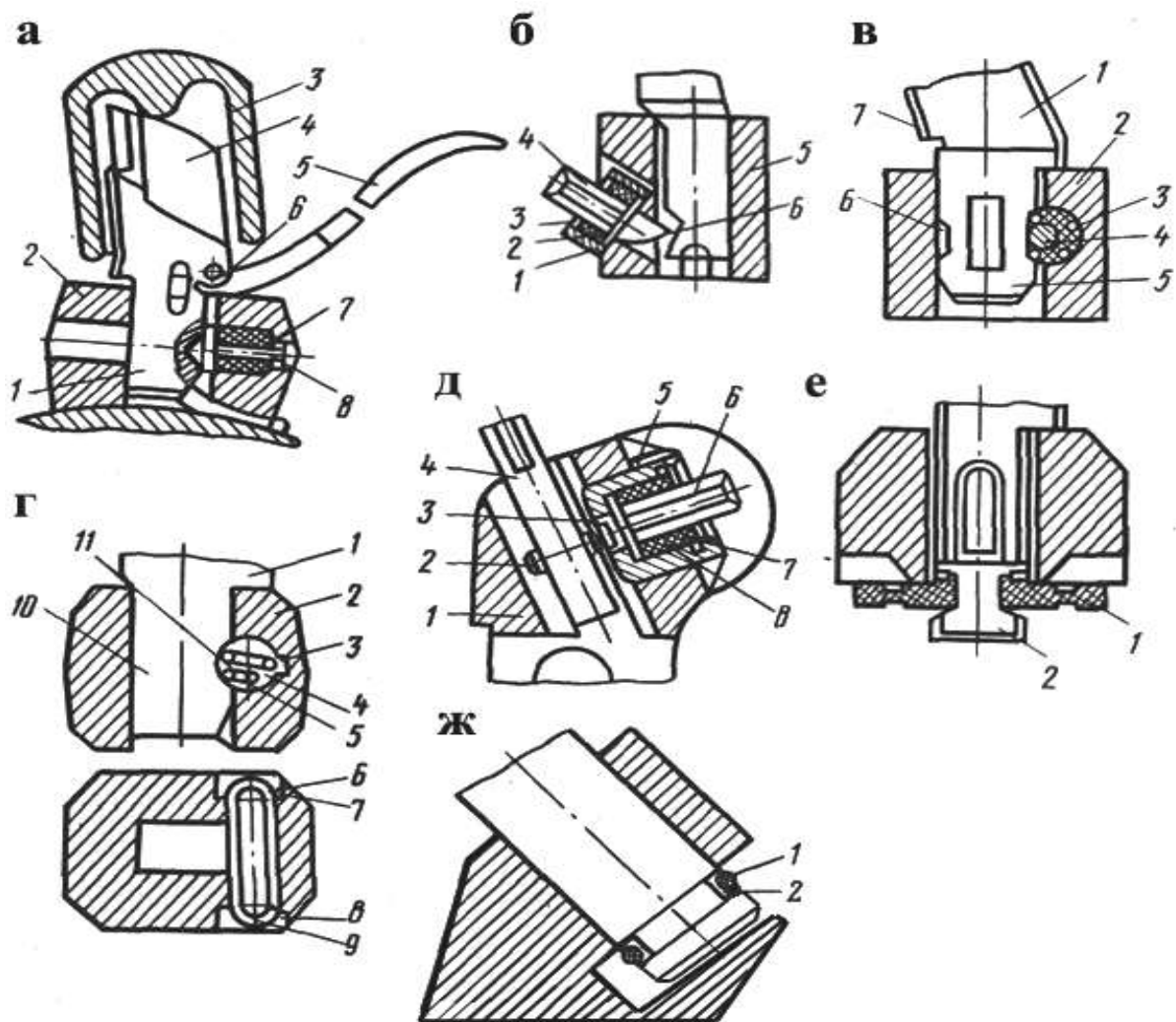


Рис. 3.1. Конструкции креплений резцов

Быстродействующим креплением БКР (рис. 3.1, а) крепятся резцы, имеющие скос на конце хвостовика и паз для фиксатора (И-90Б, ЗР1.80, ЗР2.80). Крепление резца осуществлялось вставленным в отверстие резцедержателя 2 стопорным стержнем 8 с конусной головкой. Он входит в паз хвостовика 1 резца и прижимается двумя упругими полиуретановыми амортизаторами 7, надетыми на стопор-стержень. Резец 4 в резцедержатель 2 устанавливается легким ударом по специальной насадке 3, защищающей пластинку твердого сплава от повреждений. Снимается резец съемником 5 с упором в цилиндрические боковые выступы 6 резца.

Быстродействующее крепление «Темп» (рис. 3.1, б) применялось для крепления резцов И-79Б или других, имеющих косой паз на задней поверхности хвостовика. Оно состоит из фиксатора 6 с четырехгранной головкой 4, вставленного посредством полиуретановой втулки 2 в паз стального кольца 1. Последнее приварено к резцедержателю 5. От смещения в осевом направлении втулка фиксирована пружинным стопорным кольцом 3. При повороте фиксатора ключом на 180° его скошенный конец становится заподлицо с гнездом кулака, и резец свободно вынимается.

Для резцов И-90МБ и ЗР1.80 применялось крепление КР1 (рис. 3.1, в). Резец 1 в кулаке 2 закрепляется металлическим валиком 4, завулканизированным в резиновом буфере 3. Валик под действием сил упругости деформированного буфера входит в паз 6 на хвостовике 5 резца. Резец легко устанавливается в гнезде благодаря скосу на его хвостовике; извлекается он рычагом, упирающимся в уступ 7 на державке. Это крепление обеспечивает быструю замену резцов, обладает высокой надежностью в начальный период эксплуатации новых шнеков. Однако по мере разбивания гнезд резцедержателей надежность крепления снижается, потери резцов увеличиваются.

В настоящее время для закрепления резцов ЗР2.80, ЗР4.80, РО-65 применяется крепление ПБК (рис. 3.1, г). Оно представляет собой трехвитковую пружину 5, изготовленную из проволоки диаметром 5 мм и подвергнутую термообработке. Пружина удерживается в отверстии 4 и пазу 3 резцедержателя 2 за счет ее упругих сил и за счет установки ее концов 6 и 9 в расточки 7 и 8. Вторая сторона пружины входит в специальное углубление 11,

выполненное на задней стороне хвостовика 10 резца 1. Крепление ПБК обеспечивает надежное крепление и удержание резца в резцедержателе с минимальной потерей резцов, удобную и быструю замену резца, возможность установки в гнезде для безболтового крепления КР1 без изменения диаметра отверстия гнезда. Недостаток этого крепления – невозможность обеспечения плотного соединения резца с резцедержателем, что приводит к разбиванию гнезд резцедержателей при работе комбайна.

Для крепления резцов в беспланочных режущих цепях, а также на верхнем барабане комбайна «Темп» применяется крепление БРЦ (рис. 3.1, д). Резец 4 в кулаке 1 крепится подковообразным торцовым выступом 3 стержня-фиксатора 6, который захватывает резец за цилиндрический выступ 2 на боковой поверхности хвостовика. На стержень-фиксатор надета втулка 8 из упругого полиуретана, вставленная в паз приваренного к кулаку стального кольца 5. Втулка фиксируется в осевом направлении пружинным кольцом 7. При повороте ключом четырехгранной головки стержня-фиксатора на 180° подковообразный выступ захватывает или освобождает хвостовик резца.

Значительно большей простотой и надежностью характеризуются крепления для тангенциальных резцов ИТ-125С (рис. 3.1, е) и резцов РКС1 и РКС2 (рис. 3.1, ж).

Крепление резцов ИТ-125С осуществляется с помощью резиновой манжеты (рамки) 1, надеваемой на специальную шейку 2, а резцов типа РКС – резиновым кольцом 1, надеваемым на кольцевую проточку 2. Необходимо отметить, что эти виды крепления могут быть использованы только при обеспечении свободного доступа к хвостовику державки.

4. ПАРАМЕТРЫ ИЗНОСА ГОРНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЧИСТНЫХ И ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

Для оснащения угольных и проходческих комбайнов в отечественной практике долгое время применяли горный инструмент, оснащенный вставками из твердых сплавов ВК8 и ВК8-В. В дальнейшем с учетом динамического характера нагруженности инструмента горных машин и результатов экспериментальных

исследований, выполненных в ИГД им. А. А. Скочинского и ВНИИТС, перешли на применение твердых сплавов ВК8-КС, ВК-11ВК, ВК10-КС, ВК12-КС для оснащения инструмента угольных и проходческих комбайнов [5].

Разработка и внедрение в серийное производство нового ассортимента сплавов типа ВК-КС позволили на 30–70 % повысить эксплуатационную стойкость горного инструмента и практически вдвое уменьшить выход его из строя из-за разрушения твердого сплава. В отличие от зарубежных крупнозернистых сплавов, содержащих зерна WC размером до 50 мкм, сплавы ВК-КС имеют размер WC-фазы всего 3–4,5 мкм. А твердый сплав, имеющий крупное зерно, характеризуется более высокой пластичностью и меньшей интенсивностью дефектообразования.

Применение новых технологий (спекание в вакууме, под давлением инертного газа, горячее изостатическое прессование) в сочетании с легированием позволит получать сплавы с улучшенными физико-механическими свойствами, в частности с прочностью 3500–4000 Н/мм².

Для улучшения технологии резания проходческими комбайнами избирательного действия путем применения альтернативных материалов делалась попытка по изучению и внедрению керамических и поликристаллических алмазных материалов, предназначенных для резания горных пород при механизированной проходке.

Повышенный износ резцов происходит также в том случае, когда выбраны неблагоприятные углы наклона и поворота резцедержателей. Последнее может привести к тому, что резцы с круглой державкой не будут поворачиваться и преждевременно выйдут из строя из-за почти точечной нагрузки по износу.

Другой возможной причиной быстрого износа резцов являются колебания в диапазоне собственной частоты стрелы комбайна, так как большая амплитуда колебаний приводит к чрезмерной глубине реза, вследствие чего резцы выламываются или направляющая спираль режущей коронки воспринимает зачастую повышенное ударное воздействие.

При окружной скорости резания песчаника 1,5 м/с износ резцов возрастает незначительно. Более высокие скорости резания вызывают непропорциональное увеличение износа из-за того,

что при скоростях более 1,5 м/с превышаются критические температуры, определяющие падение прочности твердосплавной вставки, и поэтому происходит стремительное снижение прочности на износ. Найденная экспериментально предельная скорость резания 1,5 м/с представляет собой благоразумный экономический компромисс между минимумом износа резцов и максимумом производительности разрушения горной породы.

Немаловажную роль в увеличении жесткости в системе резец – кулак, уменьшении вибрации, а следовательно, в стойкости резца может сыграть более прочная конструкция с увеличенным диаметром резца, твердосплавной вставкой и уменьшенным конструктивным вылетом резца (главного параметра по ОСТ).

В результате исследований отработанных поворотных резцов разных типоразмеров, оснащенных цилиндрическими твердосплавными вставками, были установлены четыре основные формы их износа, представленные на рис. 4.1 [2].

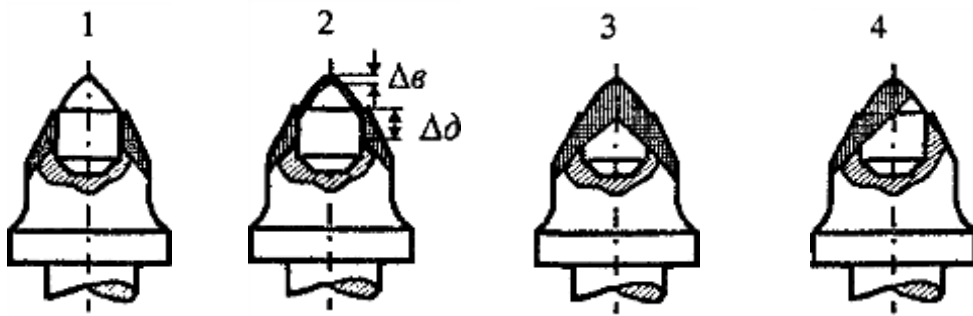


Рис. 4.1. Формы износа поворотных резцов

Характерная особенность *первой* из них заключается в том, что в процессе разрушения пород практически изнашивается только головка державки, в результате обнажается твердосплавная вставка и после достижения определенной высоты обнажения происходит ее поломка. Такая форма износа наиболее характерна при разрушении пород прочностью $\sigma_{сж} \leq 30\text{--}40$ МПа и абразивностью $a \leq 5\text{--}6$ мг. *Вторая* форма износа отличается от первой тем, что одновременно изнашиваются и головка державки, и твердосплавная вставка, но интенсивность изнашивания головки державки выше. Разница в интенсивности изнашивания может быть достаточно значимой в зависимости от прочности и абра-

живности пород. Такая форма износа характерна для широкой гаммы пород по прочности $\sigma_{сж} \leq 30\text{--}90$ МПа и абразивности $a \leq 6\text{--}20$ мг. Особенность *третьей* формы износа заключается в примерно одинаковой интенсивности изнашивания головки державки и твердосплавной вставки. Эта форма износа наиболее часто встречается при разрушении пород повышенной прочности $\sigma_{сж} > 90$ МПа и абразивности $a > 20$ мг. В практике встречается и *четвертая* форма износа – односторонняя, обусловленная заклиниванием хвостовика резца в отверстии резцедержателя из-за попадания породной мелочи в зазор между стенками отверстия в резцедержателе и хвостовиком или из-за несоблюдения допусков при изготовлении изделий. В результате происходит аварийный выход резца из строя.

В настоящее время в угольных шахтах России появляется новая высокопроизводительная проходческая и добычная техника как отечественного, так и зарубежного производства. Самозатачивающиеся тангенциальные поворотные резцы становятся основным рабочим инструментом горных машин. Поэтому угольщики уделяют особое внимание качеству горно-режущего инструмента.

В период 2005–2006 гг. в шахтах Воркуты были проведены промышленные испытания опытных партий тангенциальных поворотных резцов производства «Горный инструмент». Резцы армированы кернами, изготовленными из твердых сплавов марки ВК.

Испытания проходили в соответствии с программой и методикой, разработанными ООО «Горный инструмент» на основании ГОСТ Р 51047–97 [6, 7].

Цель производственных испытаний: определение удельного расхода резцов, выявление причин отказов и интенсивности износа корпуса и армировки, целесообразности постановки на серийное производство.

Методикой предусматривалось испытание резцов в производственных условиях с представительной областью их использования в соответствии с назначением как по горно-геологическим условиям, так и по типам комбайнов: на проходческих – 1ГПКС, КСП43 и очистном – К500Ю.

В процессе испытаний каждые сутки проводился осмотр резцов. Данные осмотра заносились в журнал учета выдачи и возврата инструмента, испытываемого на проходческом (очистном) комбайне. Общие данные по испытаниям приведены в табл. 4.1 и на рис. 4.2–4.6.

Таблица 4.1

Результаты испытаний резцов типа РШ

Показатели	Тип резца		
	РШ25-65/12SK	РШ33-85/17,5	РШ32-70/16SK
	Сроки испытаний		
	30.05.2005 – 08.08.2005	12.03.2005-16.03.2005	15.10.2005-09.02.2006
Длина пройденной выработки (отработки лавы), м	325	75	340
Количество установленных резцов, шт.	28	40	50
Состояние резцов к концу испытаний:			
- износ головки резца	—	28	16
- износ головки резца на уровне крепления керна	3	4	12
- поломка керна	16	—	11
- отрыв керна	—	—	2
- утеряны	9	8	9
Стоимость одного резца, руб.	95	140	125,8
Удельная стоимость режущего инструмента	1,22 руб./м ³	29 руб./м ³	56,85 руб./тыс. т
Удельный расход резцов	0,013 шт./м ³	0,207 шт./м ³	0,452 шт./м ³

Условия испытаний соответствуют условиям применения данного типа резца, заявленным изготовителем.

Промышленные испытания партии поворотных резцов РШ33-85/17,5 на комбайне КСП-43 проходили в шахте «Заполяр-

ная» «Воркутауголь» в период 12.03.2005 – 16.03.2005. В результате было пройдено 7,5 м магистрального конвейерного уклона № 1 сечением 20,6 м² по крепким породам ($\sigma_{ср} = 62,9\text{--}66,8$ МПа; $f = 6\text{--}9$ по шкале проф. М. М. Протодяконова, абразивностью $a \geq 18$ мг). Испытания были осложнены встретившимися включениями конкреций с пределом прочности на сжатие $\sigma_{сж} \leq 200$ МПа. При отбойке горных пород комбайном КСП-43 линзы конкреции сверху и снизу вырезались и откалывались исполнительным органом комбайна.

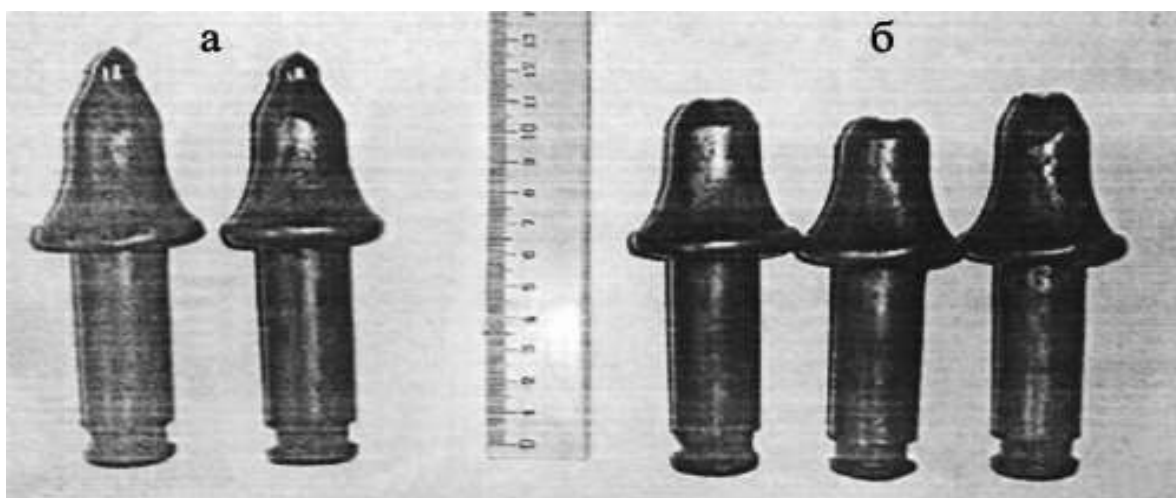


Рис. 4.2. Резцы РШ25-65/12SK после снятия с комбайновой коронки



Рис. 4.3. Характер износа резцов РШ33-85/17,5

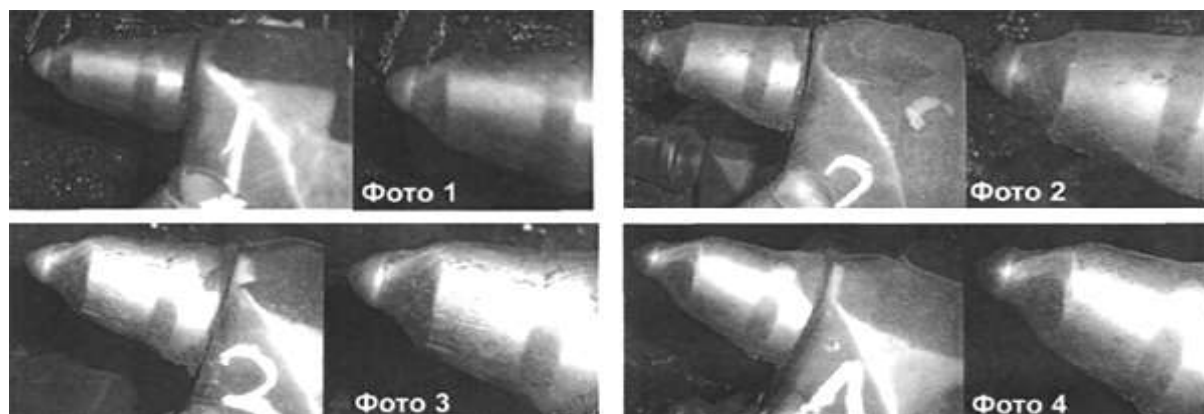


Рис. 4.4. Износ резцов РШ32-70/16SK



Рис. 4.5. Износ резца РШ32-70/16SK: *оторван керн и изношена головка резца*



Рис. 4.6. Характерная сеть мелких трещин в армировке резца РШ32-70/16SK

По результатам испытаний сделаны следующие выводы:

- стойкость резцов типа РШ25/32/33 превышает стойкость типовых резцов, эксплуатируемых на шахтах «Воркутауголь»;
- необходимо совершенствовать фиксацию резцов в резцедержателях для исключения потерь резцов, что может уменьшить их расход;
- для устранения неравномерности износа резцов необходима более детальная проработка рациональной схемы их установки на исполнительном органе в зависимости от прочности массива и его трещиноватости.

5. ОСНОВЫ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНОГО РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА

При работе выемочных машин происходит динамическое нагружение деталей и узлов металлоконструкций, в результате чего происходит накопление усталостных повреждений. Особенно это относится к исполнительным органам очистных комбайнов. Увеличение производительности и энерговооруженности очистных комбайнов и расширение области их применения на пласты сложного строения, содержащие крепкие прослойки и крупные включения, выдвигают повышенные требования к долговечности элементов исполнительных органов.

Проведение экспериментальных работ по повышению надежности исполнительных органов возможно только на базе ускоренных методов ресурсных испытаний резцедержателей, соединения резцедержатель – корпус шнека, узла крепления резцов и т.д.

Указанные испытания проводятся для:

- определения характеристик сопротивления усталости деталей и элементов металлоконструкций;
- сравнения ресурса различных конструктивных и технологических вариантов узлов;
- прогноза долговечности деталей вновь создаваемых изделий.

Испытания деталей и узлов на усталость проводятся в основном на гидропульсационных машинах, иногда на стендах с кривошипным или инерционным нагружением. Оборудование должно быть укомплектовано аппаратурой для регистрации напряжений, деформаций, частоты и накопленного числа циклов нагружения.

При испытании следует стремиться воспроизвести основные виды эксплуатационного деформирования деталей и узлов металлоконструкций путем соответствующего выбора схем закрепления и приложения нагрузок. Выбор схем силового нагружения следует производить на основании анализа: схемы силового воздействия на объект испытаний при типичных вариантах его использования; распределения напряжений в основных элементах конструкции при наиболее тяжелых эксплуатационных режимах

работы; видов и последовательности возникновения типичных эксплуатационных повреждений элементов конструкций.

Основным критерием правильности выбранной схемы и уровня силового нагружения при стендовых ресурсных испытаниях должно являться совпадение вида и характера разрушений элементов конструкций, возникающих при стендовых испытаниях, с видом и характером разрушений элементов этих же конструкций в эксплуатации.

В общем случае на резец действует усилие, которое можно разложить на составляющие: резания Z , подачи Y и боковое X . Анализ напряженного состояния опасного сечения державок, обусловленного действием указанных нагрузок, с учетом вероятных значений отношения Y/Z показал, что наиболее нагруженные зоны, подверженные максимальным растягивающим напряжениям, расположены у радиальных резцов на границе боковой и передней поверхностей, у тангенциальных – на границе боковой и задней поверхностей.

Схема нагружения принимается в соответствии с типом резца и формой сечения хвостовика державки [8]:

- радиальные резцы с прямоугольной и овальной формами сечения хвостовика испытываются при приложении нагрузки, перпендикулярной к передней (см. рис. 5.1, схема 1) и боковой (см. рис. 5.1, схема 2) поверхностям твердосплавной пластины.

- тангенциальные резцы с прямоугольным сечением хвостовика державки испытываются при приложении нагрузки, перпендикулярной к задней (рис. 5.2, схема 1) и боковой (рис. 5.2, схема 2) поверхностям хвостовика;

- тангенциальные резцы 1 с круглым сечением хвостовика державки 2 испытываются при одной схеме установки (рис. 5.3), соответствующей приложению нагрузки, перпендикулярной к продольной оси державки.

При испытании резцов с другой формой сечения хвостовика предварительно должны быть установлены зависимости напряжений от нагрузки.

Испытания резцов на гидропульсационных машинах (например, МУП50) в процессе испытаний колебания подвижной траверсы в горизонтальной плоскости с амплитудой более 2 мм не допускаются. Для обеспечения этого требования необходимо

ввести в конструкцию стенда дополнительные устройства, ограничивающие перемещение подвижной траверсы в горизонтальной плоскости.

Нагрузка на державку передается через тензопуансон со встроенным (завальцованным) стальным термообработанным шариком диаметром 10–12 мм и системой тензодатчиков, обеспечивающей регистрацию нагрузок с точностью $\pm 2,5\%$.

Контроль и регистрация испытательной нагрузки и параметров пульсирующего цикла (t_n , t_p) производятся с помощью тензоаппаратуры, включающей в себя тензоусилитель и шлейфовый осциллограф.

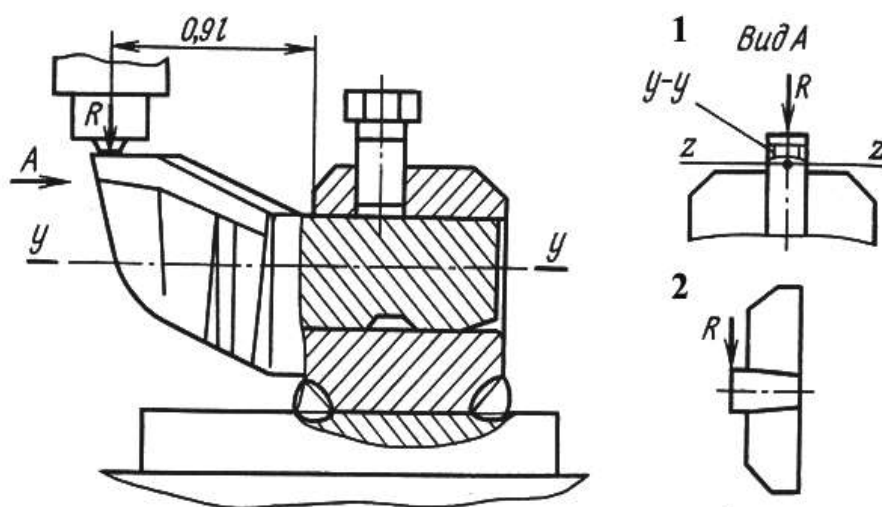


Рис. 5.1. Схема нагружения радиальных резцов

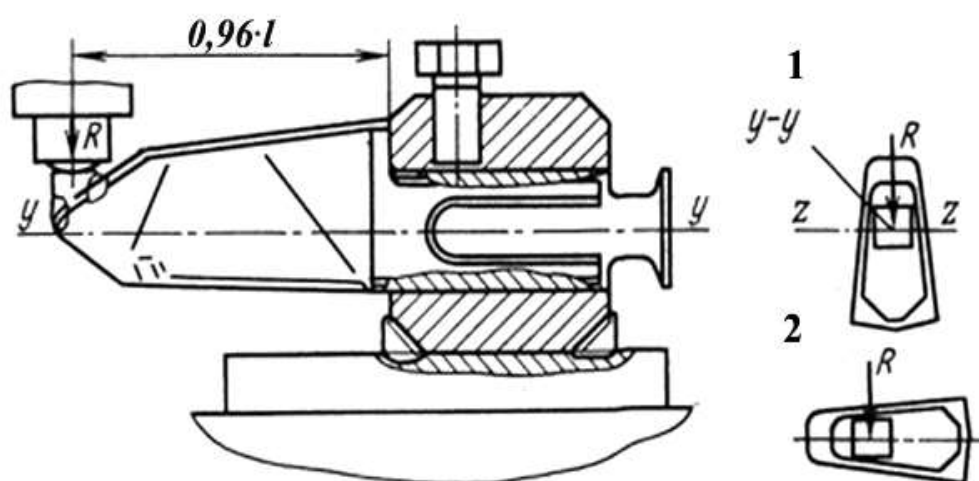


Рис. 5.2. Схема нагружения тангенциальных резцов с прямоугольным сечением хвостовика

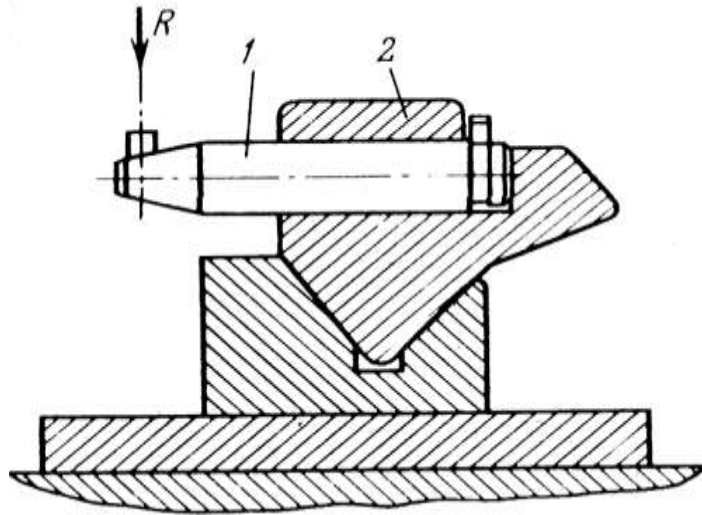


Рис. 5.3. Схема нагружения тангенциальных резцов с круглым сечением хвостовика:

1 – тангенциальные резцы; 2 – державка

Рекомендуемая частота циклов нагружения $f=10\text{--}17$ Гц.

Испытательная машина должна обеспечивать пульсирующий (отнулевой) цикл напряжений σ (рис. 5.4), где t_n – время паузы, в течение которой сохраняется гарантированный зазор между пуансоном и державкой, $T = t_n + t_{\pi}$ – период цикла.

Для создания гарантированного зазора между тензопуансоном и поверхностью державки должно быть выполнено условие $t_n/t_{\pi} \geq 0,3$.

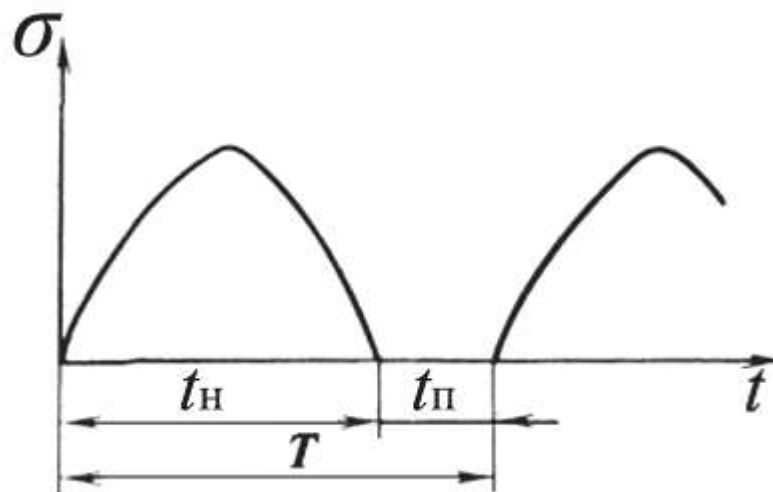


Рис. 5.4. График пульсирующего цикла нагружения

В структуре отказов шнековых исполнительных органов очистных комбайнов отрыв резцедержателей составлял 40–70 % от всего объема отказов.

С целью установления причин отрыва и ускорения поиска технологических и конструктивных решений, обеспечивающих существенное увеличение долговечности шнеков, была разработана методика испытаний соединения резцедержатель – корпус шнека на усталость [8].

Исследования проводились на стенде, базой которого является гидропульсационная машина МУП50. Нагрузка на резцедержатель передавалась через пуансон со встроенным (завальцованным) стальным шариком и системой тензодатчиков, обеспечивающей регистрацию нагрузок с точностью $\pm 2,5$ %. Испытания проводились при мягком нагружении (заданной величиной являлась нагрузка) до образования видимых микротрещин или до полного разрушения.

Схема нагружения соединения (рис. 5.5) соответствовала отношению усилия подачи Y к усилию резания Z , равному 1,7 (случай затупленного инструмента с площадкой затупления $1,5 \text{ см}^2$).

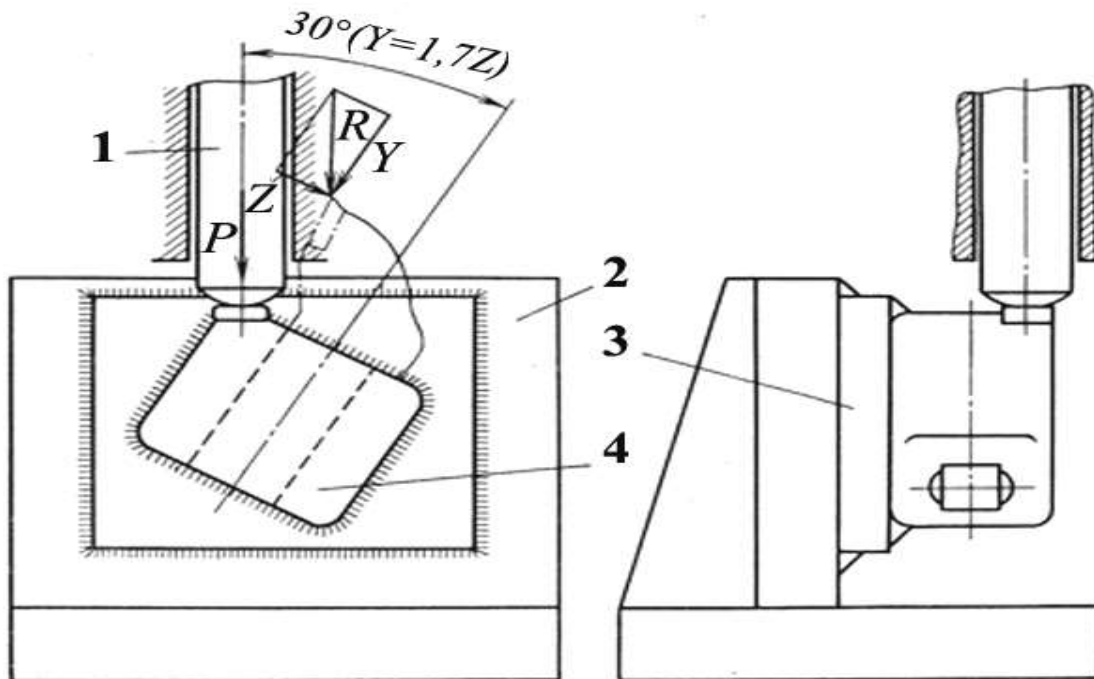


Рис. 5.5. Схема нагружения резцедержателя:

1 – пуансон; 2 – плита; 3 – подставка; 4 – резцедержатель

Усилие R , действующее на резец в эксплуатации ($R = 40\text{--}60$ кН) для ускорения испытаний, было заменено нагрузкой $P = 200$ кН, приложенной к торцу резцедержателя. Учитывая линейный характер кривой усталости в двойных логарифмических координатах, такая замена допустима. Частота нагружения принималась равной 11 Гц.

Испытания проведены на примере серийного резцедержателя 2Ш88Р.061.

6. ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ПО ГОРНОМУ ИНСТРУМЕНТУ

Твердые сплавы, режущие инструменты и приспособления

1. «Кировоградский завод твердых сплавов»
<http://www.kzts.ru>
2. «Твердосплав»
<http://tverdosplav.ru>
3. «Горный инструмент»
<http://www.grins.ru>
4. «Копейский машиностроительный завод»
<http://www.kopemash.ru>
5. «Kennametal Inc. »
<http://www.kennametal.com>
6. «KRUMMENAUER»
<http://www.krummenauer.de>
7. «BETEK GmbH & Co.KG»
<http://www.betek.de>
8. «Техпоставка»
<http://www.tehpostavka.com>
9. «Сибирские горнопромышленники»
http://sibgp.ucoz.ru/index/rezcy_dlja_shakhtnykh_kombajnov/0-5
http://sibgp.ucoz.ru/index/universalnyj_rezec/0-7
10. «BOART LONGYEAR»
<http://www.boartlongyear.com>

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горные машины и комплексы. Режущий инструмент горных машин : учеб. пособие / А. А. Хорешок, Л. Е. Маметьев, А. М. Цехин [и др.] ; КузГТУ. – Кемерово, 2018. – 286 с.

2. Леванковский, И. А. Научные основы создания высокоэффективных инструментов для разрушения горных пород и породосодержащих композитов: автореф. дис. ... докт. техн. наук / И. А. Леванковский. – Москва, 2000. – 34с.

3. Маттис, А. Р. Безвзрывные технологии открытой добычи полезных ископаемых / А. Р. Маттис [и др.]; отв. ред. В. Н. Опарин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела, Ин-т горного дела Севера; Урал. отд-ние, Ин-т горного дела. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 337 с.

4. Сафохин, М. С. Горные машины и оборудование: учеб. для вузов / М. С. Сафохин, Б. А. Александров, В. И. Нестеров. – Москва : Недра, 1995. – 463 с.

5. Хорешок, А. А. Факторы, влияющие на износ горных резцов / А. А. Хорешок, А. Ю. Борисов // Вестник КузГТУ. – Кемерово. – 2002. – № 3. – С. 34–36.

6. Испытание нового горно-режущего инструмента в шахтах Воркуты / Е. В. Белич, Л. М. Гусельников, Д. А. Задков, А. А. Подосенов // Горное оборудование и электромеханика. – 2007. – № 8. – С. 2–5.

7. ГОСТ Р 51047–97. Резцы для очистных и проходческих комбайнов. Общие технические условия. – Москва : Госстандарт России, 1997. – 20 с.

8. Красников, Ю. Д. Повышение надежности горных выемочных машин / Ю. Д. Красников, С. В. Солод, Х. И. Хазанов. – Москва : Недра, 1989. – 215 с.

Составители
Леонид Евгеньевич Маметьев
Алексей Алексеевич Хорешок
Андрей Юрьевич Борисов

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ГОРНЫХ МАШИН

Методические указания к практическим работам
для обучающихся технических специальностей и направлений

Рецензент *Буялич Геннадий Данилович*

Подписано в печать 28.06.2021. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,8.

Тираж 36 экз. Заказ .

Кузбасский государственный технический университет имени
Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр Кузбасского государственного технического универ-
ситета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.