

степень влияния других факторов и выработать совокупный показатель для составления итогового алгоритма расчета потерь в местах тектонических нарушений.

Литература.

1. Постановление Правительства РФ от 03.02.2012 г. №82 «О внесении изменений в правила утверждения нормативов потерь».
2. Федеральный закон «О недрах». (В редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года № 27-ФЗ с изменениями на 31 декабря 2014 года)
3. Кочергин, А.М. Экономические аспекты нормирования потерь угля при добыче открытым способом / А.М. Кочергин, А.А. Ашихмин // Рациональное освоение недр. – М.: НИИЦ «Недра-XXI». – 2012. – №3. – С. 14-23.
4. Панфилов, Е.И. О развитии методологии определения и оценки полноты и качества разработки месторождений твердых полезных ископаемых (основные положения) / Рациональное освоение недр. – 2010. – № 2. – С. 7-16.
5. Миронов, К.В. Справочник геолога-угольщика. / М.: Недра. – 1982. – 311 с.
6. Хорешок, А.А. Опыт эксплуатации рабочего инструмента исполнительных органов горных машин на шахтах Кузбасса / А.А. Хорешок, А.М. Цехин, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, П.Д. Крестовоздвиженский // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 4. – С. 8-11.
7. Герики, Б.Л. Промышленная апробация рабочего органа машины для поверхностного фрезерования крепких горных пород / Б.Л. Герики, П.Б. Герики // Кемерово. – Вестник КузГТУ. – 2005. – № 4.1. – С. 16-20.
8. Стрельников, А.В. Опыт применения обратных гидравлических лопат на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / А.В. Стрельников, М.А. Тюленев // Кемерово. – Вестник КузГТУ. – 2011. – № 2. – С. 8-12.
9. Тюленев, М.А. Определение числа слоев при разработке породугольных панелей обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2012. – № S7. – С. 112-118.
10. Тюленев, М.А. Разработка схем забоев для послойной проходки траншей и отработки заходов обратными гидравлическими лопатами / М.А. Тюленев, В.Г. Проноза, А.В. Стрельников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2011. – № S10. – С. 23-33.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ В СОПРЯГАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

*А.А. Хорешок**, д.т.н., проф., *Л.Е. Маметьев**, д.т.н., проф., *А.Ю. Борисов**, ст. преп.,
*А.В. Воробьев***, к.т.н, доц.

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

***, ** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: haa.omit@kuzstu.ru, bau.asp@rambler.ru, vorob@tpu.ru*

Введение

В мировой практике проведения подземных горных выработок значительное распространение получили резцовые, дисковые и шарошечные инструменты для оснащения рабочих органов проходческих комбайнов, щитовых проходческих комплексов и агрегатов [1–10]. На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева совместно с кафедрой горно-шахтного оборудования ЮТИ (филиал) НИ ТПУ проводятся исследования, направленные на разработку конструктивных модулей узлов крепления дискового инструмента, обеспечивающего расширение области применения исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия на разрушение структурно-неоднородных углепородных забойных массивов. Оценка эффективности разрабатываемых технических решений осуществляется по результатам моделирования напряженно-деформированного состояния с использованием метода конечных элементов.

Распределение эквивалентных напряжений в сопряженных конструктивных элементах узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам. При моделировании напряженного состояния конструкций трехгранных призм с узлами крепления по трем вариантам (рис. 1, а, б, в) и четырехгранных призм (рис. 1, г, д) использованы четыре конструкции дискового инструмента диаметром $D = 160$ мм (три биконических с углами заострения: 1 – $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 5^\circ + 25^\circ = 30^\circ$; 2 – $10^\circ + 20^\circ = 30^\circ$; 3 – $15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$ и один конический 4 – $\varphi = 0^\circ + 30^\circ$). Следует отметить, что угол заострения φ_1 биконического дискового инструмента обращен к поверхности обнажения забоя проходческой выработки.

В табл. 1 и на рис. 2 представлены зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным призмам для прогнозируемого разрушения забойного массива горных пород с $\sigma_{\text{сж}} = 70$ МПа. При этом характерные сечения проходят через кромку диска и пересекают следующие сопрягаемые элементы: - для первого варианта на рис. 1, а (1 – диск, 2 – ось-цапфа), - для второго и третьего вариантов на рис. 1, б, в (1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком).

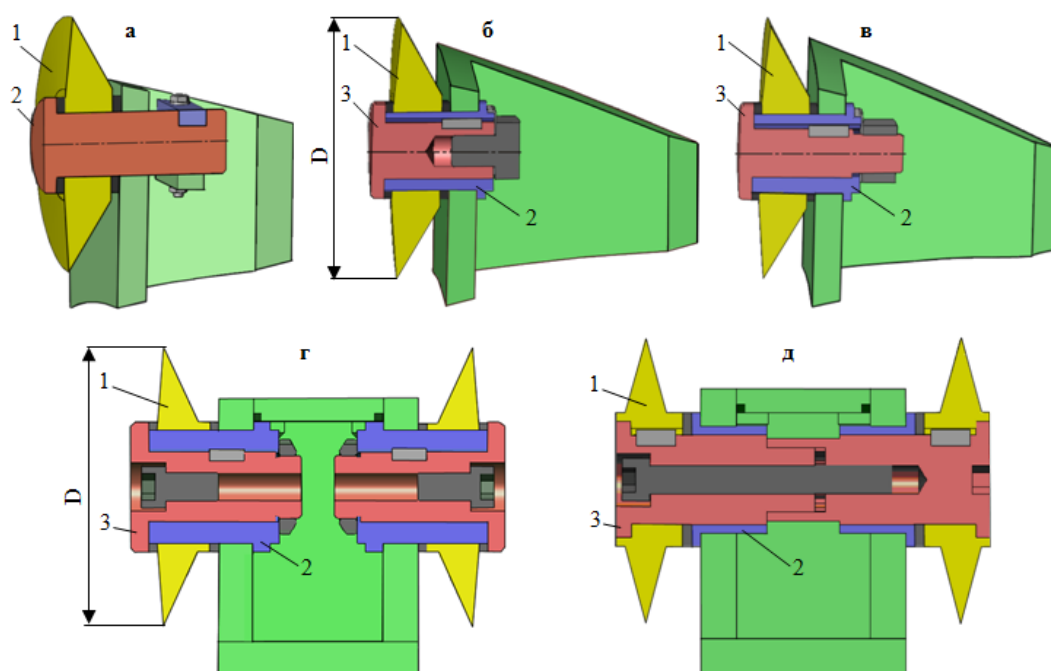


Рис. 1. Конструкции сопрягаемых элементов узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам: а – с планкой-замком; б – с винтом; в – с гайкой; г – с отдельными узлами крепления дисков; д – со спаренными узлами крепления дисков

Таблица 1

Характер распределения эквивалентных напряжений при разрушении забоя
дисковым инструментом на трехгранных призмах коронок проходческих комбайнов

Варианты узлов крепления	Углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, град	Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
I	1	$\sigma_{\text{жб}} = -4E-10D^6 + 2E-07D^5 - 4E-05D^4 + 0,0036D^3 - 0,13D^2 + 2,1824D - 3,364$	0,9116
	2	$\sigma_{\text{жб}} = -2E-10D^6 + 1E-07D^5 - 3E-05D^4 + 0,0028D^3 - 0,1138D^2 + 1,8771D - 2,6505$	0,9
	3	$\sigma_{\text{жб}} = -4E-10D^6 + 2E-07D^5 - 5E-05D^4 + 0,0044D^3 - 0,1686D^2 + 2,5206D - 4,4542$	0,875
	4	$\sigma_{\text{жб}} = 2E-10D^6 - 1E-07D^5 + 2E-05D^4 - 0,0011D^3 + 0,0297D^2 + 0,0692D + 0,8159$	0,8987
II	1	$\sigma_{\text{жб}} = -1E-10D^6 + 8E-08D^5 - 2E-05D^4 + 0,002D^3 - 0,0932D^2 + 1,8159D - 3,217$	0,9143
	2	$\sigma_{\text{жб}} = 2E-10D^6 - 2E-08D^5 - 4E-06D^4 + 0,0011D^3 - 0,0686D^2 + 1,5676D - 2,8298$	0,8901

Варианты узлов крепления	Углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, град		Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
III	3	$15^\circ + 15^\circ$	$\sigma_{\text{жв}} = 5E-10D^6 - 2E-07D^5 + 2E-05D^4 - 0,0008D^3 - 0,0002D^2 + 0,6508D - 1,3489$	0,8752
	4	$0^\circ + 30^\circ$	$\sigma_{\text{жв}} = 6E-10D^6 - 3E-07D^5 + 4E-05D^4 - 0,0031D^3 + 0,0984D^2 - 0,7694D + 2,4977$	0,9467
	1	$5^\circ + 25^\circ$	$\sigma_{\text{жв}} = -1E-10D^6 + 6E-08D^5 - 1E-05D^4 + 0,0014D^3 - 0,0648D^2 + 1,5159D - 3,3668$	0,9004
	2	$10^\circ + 20^\circ$	$\sigma_{\text{жв}} = -3E-11D^6 + 6E-08D^5 - 2E-05D^4 + 0,0022D^3 - 0,1041D^2 + 2,0006D - 4,0917$	0,9003
	3	$15^\circ + 15^\circ$	$\sigma_{\text{жв}} = 4E-10D^6 - 1E-07D^5 + 1E-05D^4 - 4E-05D^3 - 0,0253D^2 + 0,921D - 1,7204$	0,9011
	4	$0^\circ + 30^\circ$	$\sigma_{\text{жв}} = -3E-10D^6 + 1E-07D^5 - 2E-05D^4 + 0,0012D^3 - 0,0291D^2 + 0,4971D + 0,2927$	0,8799

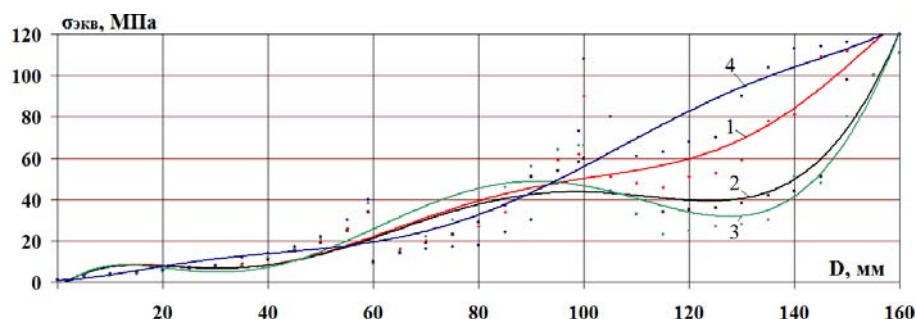


Рис. 2. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{жв}}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента для *первого варианта* узла крепления к трехгранной призме (рис. 1, а): 1, 2, 3, 4 – углы заострения дисков $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ (см. табл. 1)

На рис. 3, 4 и в табл. 2 представлены картина и зависимости по распределению эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{жв}}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления с раздельными дисковыми инструментами к четырехгранной призме (рис. 1, е) для прогнозируемого разрушения забойного массива: уголь (1 – $\sigma_{\text{сж}} = 12,4$ МПа), порода (2 – $\sigma_{\text{сж}} = 51$ МПа; 3 – $\sigma_{\text{сж}} = 60,6$ МПа; 4 – $\sigma_{\text{сж}} = 78,9$ МПа). При этом сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются (рис. 1, г): 1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком.

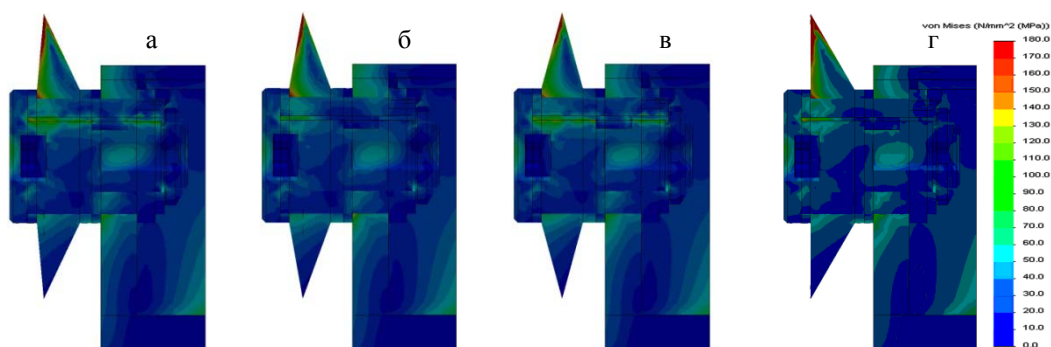


Рис. 3. Картина распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{жв}}$ по критерию Мизеса в узлах крепления к четырехгранной призме при разрушении породного массива $\sigma_{\text{сж}} = 60,6$ МПа раздельными дисковыми инструментами с углами заострения: а – $\varphi = 5^\circ + 25^\circ$; б – $\varphi = 10^\circ + 20^\circ$; в – $\varphi = 15^\circ + 15^\circ$; г – $\varphi = 0^\circ + 30^\circ$

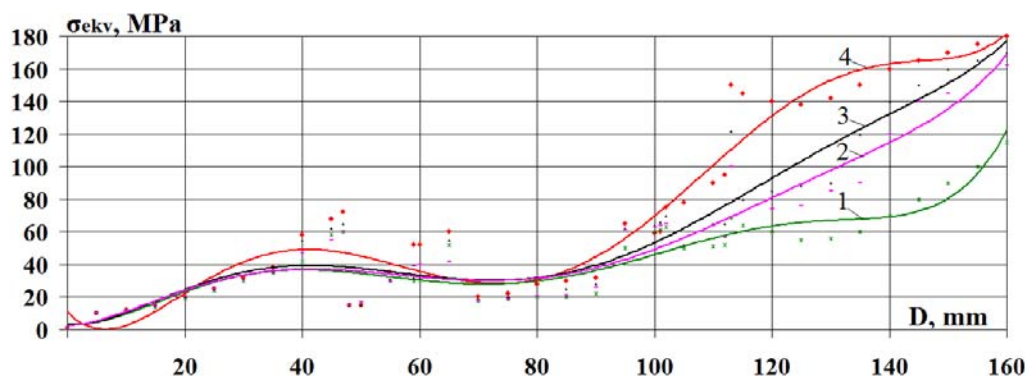


Рис. 4. Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента $\varphi = 5^\circ + 25^\circ$ узла крепления к четырехгранной призме (табл. 2): 1 – $\sigma_{\text{сж}} = 12,4$ МПа; 2 – $\sigma_{\text{сж}} = 51$ МПа; 3 – $\sigma_{\text{сж}} = 60,6$ МПа; 4 – $\sigma_{\text{сж}} = 78,9$ МПа

Таблица 2

Характер распределения эквивалентных напряжений при разрушении забоя
раздельным дисковым инструментом на четырехгранных призмах проходческих комбайнов

Углы заострения двух дисков $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, град	Забойные массивы, $\sigma_{\text{сж}}$, МПа	Полиномиальные зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
$5^\circ + 25^\circ$	1	$\sigma_{\text{экв}} = 9E-10D^6 - 4E-07D^5 + 7E-05D^4 - 0,005D^3 + 0,1473D^2 - 0,4312D + 3,5697$	0,8307
	2	$\sigma_{\text{экв}} = 5E-10D^6 - 3E-07D^5 + 5E-05D^4 - 0,0034D^3 + 0,0955D^2 + 0,236D + 2,227$	0,9124
	3	$\sigma_{\text{экв}} = 6E-10D^6 - 3E-07D^5 + 5E-05D^4 - 0,0041D^3 + 0,1219D^2 - 0,0698D + 2,6707$	0,9093
	4	$\sigma_{\text{экв}} = 2E-09D^6 - 8E-07D^5 + 0,0001D^4 - 0,0115D^3 + 0,3972D^2 - 3,802D + 11,028$	0,9305
$10^\circ + 20^\circ$	1	$\sigma_{\text{экв}} = 9E-10D^6 - 4E-07D^5 + 7E-05D^4 - 0,0051D^3 + 0,1618D^2 - 0,792D + 4,5062$	0,8155
	2	$\sigma_{\text{экв}} = 4E-10D^6 - 1E-07D^5 + 2E-05D^4 - 0,0011D^3 - 0,0011D^2 + 1,5566D - 0,5273$	0,8962
	3	$\sigma_{\text{экв}} = 7E-10D^6 - 3E-07D^5 + 5E-05D^4 - 0,0033D^3 + 0,0822D^2 + 0,4756D + 1,7038$	0,8832
	4	$\sigma_{\text{экв}} = 5E-10D^6 - 2E-07D^5 + 4E-05D^4 - 0,003D^3 + 0,0857D^2 + 0,3425D + 1,9343$	0,8462
$15^\circ + 15^\circ$	1	$\sigma_{\text{экв}} = 1E-09D^6 - 5E-07D^5 + 9E-05D^4 - 0,0071D^3 + 0,2323D^2 - 1,9484D + 4,5644$	0,704
	2	$\sigma_{\text{экв}} = 7E-10D^6 - 3E-07D^5 + 4E-05D^4 - 0,0025D^3 + 0,045D^2 + 0,8656D - 0,1547$	0,8645
	3	$\sigma_{\text{экв}} = 6E-10D^6 - 2E-07D^5 + 3E-05D^4 - 0,0017D^3 + 0,0208D^2 + 1,1856D - 0,8734$	0,8712
	4	$\sigma_{\text{экв}} = 8E-10D^6 - 3E-07D^5 + 5E-05D^4 - 0,0031D^3 + 0,0604D^2 + 0,9739D - 0,1622$	0,763
$0^\circ + 30^\circ$	1	$\sigma_{\text{экв}} = 8E-10D^6 - 4E-07D^5 + 8E-05D^4 - 0,0059D^3 + 0,1813D^2 - 0,9435D + 1,7707$	0,8275
	2	$\sigma_{\text{экв}} = 1E-09D^6 - 7E-07D^5 + 0,0001D^4 - 0,0099D^3 + 0,3281D^2 - 2,8843D + 6,5965$	0,8627
	3	$\sigma_{\text{экв}} = 2E-09D^6 - 8E-07D^5 + 0,0001D^4 - 0,0108D^3 + 0,3579D^2 - 3,1909D + 6,9559$	0,8572
	4	$\sigma_{\text{экв}} = 2E-09D^6 - 9E-07D^5 + 0,0002D^4 - 0,0125D^3 + 0,4166D^2 - 3,8895D + 7,5362$	0,8501

В табл. 3 и на рис. 5 представлены зависимости распределения величины эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ по критерию Мизеса в сопрягаемых конструктивных элементах узла крепления дискового инструмента на четырехгранной призме при разрушении горного массива $\sigma_{\text{сж}}$. Характеристики горного массива: уголь ($\sigma_{\text{сж}} = 12,4 \text{ МПа}$; $13,5 \text{ МПа}$; $14,8 \text{ МПа}$) и порода ($\sigma_{\text{сж}} = 51 \text{ МПа}$; $60,6 \text{ МПа}$; $78,9 \text{ МПа}$). Произведен анализ зависимостей по сечению, проходящему через режущую кромку каждого из четырех дисков диаметром $D = 160 \text{ мм}$ с учетом углов заострения: (биконические: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 5^\circ + 25^\circ = 30^\circ$; $10^\circ + 20^\circ = 30^\circ$; $15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$ и конический $\varphi = 0^\circ + 30^\circ$).

Таблица 3

Характер распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ в сопряженных конструктивных элементах узлов крепления дисковых инструментов к четырехгранным призмам

Углы заострения двух дисков $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, град	Поверхности моделирования сопрягаемых конструктивных элементов		Зависимости	Коэффициенты достоверности аппроксимации R^2
$5^\circ + 25^\circ$	1	по кромке диска	$\sigma_{\text{жв}} = 1,0115 \sigma_{\text{сж}} + 105,44$	0,9711
	2	по ступице диска	$\sigma_{\text{жв}} = 1,1923 \sigma_{\text{сж}} + 49,771$	0,9519
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,5683 \sigma_{\text{сж}} + 38,424$	0,685
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,1728 \sigma_{\text{сж}} + 59,486$	0,8121
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,1645 \sigma_{\text{сж}} + 57,655$	0,819
	6	в центре оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,0997 \sigma_{\text{сж}} + 17,194$	0,5241
$10^\circ + 20^\circ$	1	по кромке диска	$\sigma_{\text{жв}} = 1,153 \sigma_{\text{сж}} + 94,515$	0,963
	2	по ступице диска	$\sigma_{\text{жв}} = 0,7837 \sigma_{\text{сж}} + 59,495$	0,9911
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,4563 \sigma_{\text{сж}} + 23,353$	0,9969
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,273 \sigma_{\text{сж}} + 49,9$	0,851
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,921 \sigma_{\text{сж}} + 35,783$	0,5218
	6	в центре оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,2206 \sigma_{\text{сж}} + 22,06$	0,7235
$15^\circ + 15^\circ$	1	по кромке диска	$\sigma_{\text{жв}} = 0,9396 \sigma_{\text{сж}} + 103,59$	0,9442
	2	по ступице диска	$\sigma_{\text{жв}} = 0,5622 \sigma_{\text{сж}} + 53,984$	0,5191
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,3284 \sigma_{\text{сж}} + 16,344$	0,9024
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,1354 \sigma_{\text{сж}} + 56,883$	0,4664
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,5446 \sigma_{\text{сж}} + 47,124$	0,4087
	6	в центре оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,3868 \sigma_{\text{сж}} + 9,6287$	0,9629
$0^\circ + 30^\circ$	1	по кромке диска	$\sigma_{\text{жв}} = 0,9328 \sigma_{\text{сж}} + 116,43$	0,8789
	2	по ступице диска	$\sigma_{\text{жв}} = 0,4487 \sigma_{\text{сж}} + 115,99$	0,9884
	3	по наружной поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 0,4338 \sigma_{\text{сж}} + 38,498$	0,8523
	4	по внутренней поверхности цапфы	$\sigma_{\text{жв}} = 1,2391 \sigma_{\text{сж}} + 38,897$	0,9435
	5	по наружной поверхности оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,4039 \sigma_{\text{сж}} + 98,013$	0,6492
	6	в центре оси	$\sigma_{\text{жв}} = 0,0282 \sigma_{\text{сж}} + 9,5708$	0,9368

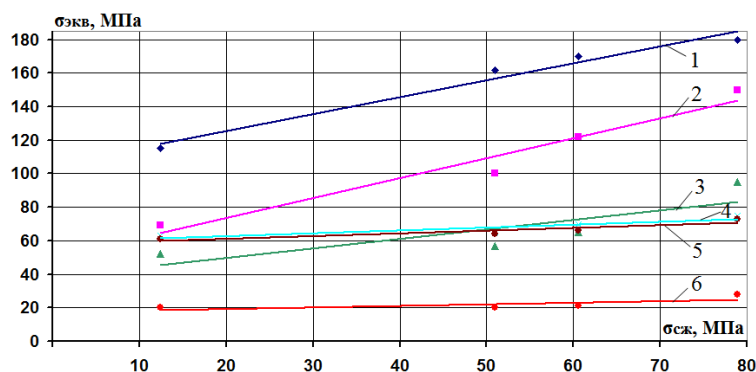


Рис. 5. Зависимости эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от предела прочности разрушаемого горного массива на сжатие $\sigma_{\text{сж}}$ в диаметральной сечении по клиновой реборде диска ($\varphi = 5^\circ + 25^\circ = 30^\circ$) для сопрягаемых конструктивных элементов 1–6 (табл. 3) узла крепления к четырехгранной призме (рис. 1, г)

Перемещения в сопряженных конструктивных элементах узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам. Для сопрягаемых конструктивных элементов узлов крепления каждого из четырех дисковых инструментов к трехгранным (рис. 1, а, б, в) и четырехгранным призмам (рис. 1, г) произведено моделирование перемещений (рис. 6, 7). Результаты моделирования перемещений позволяют оценить жесткость сопрягаемых конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента с учетом зазоров, допусков и посадок, линейных и диаметральных размеров при разрушении забойных массивов проходческих горных выработок. При моделировании перемещений исключается заклинивание в работе конструктивных элементов узла крепления, которое может произойти из-за упругих деформаций конструкции под нагрузкой.

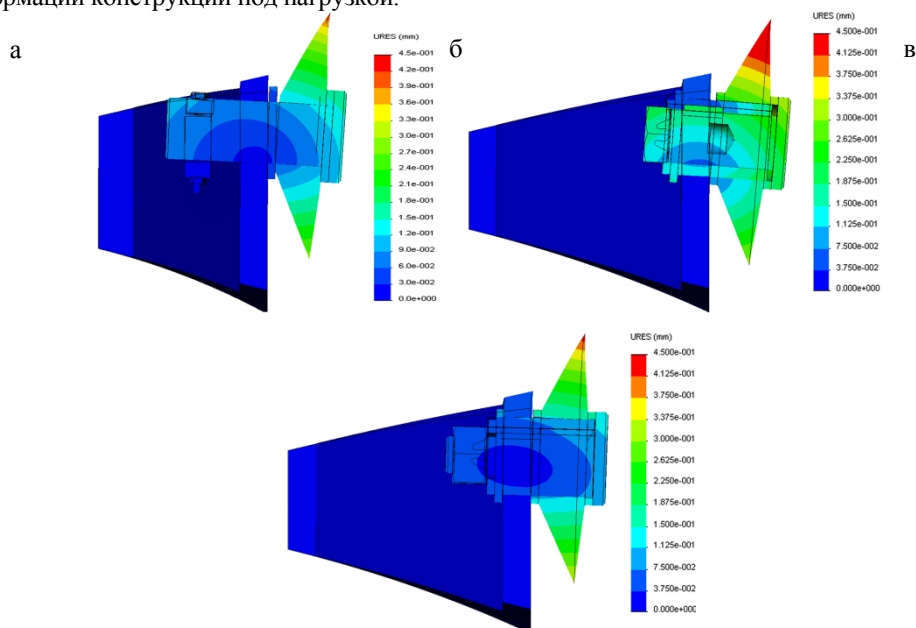


Рис. 6. Перемещения конструктивных элементов в узлах крепления биконического дискового инструмента ($\varphi = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$) к трехгранным призмам при разрушении породного забойного массива с $\sigma_{сж} = 70$ МПа: а – с планкой-замком; б – с винтом; в – с гайкой

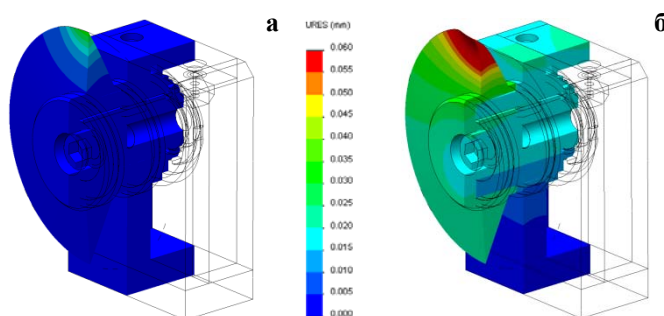


Рис. 7. Перемещения конструктивных элементов отдельных узлов крепления биконического дискового инструмента ($\varphi = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$) к четырехгранным призмам при разрушении забойных массивов: а – угольного $\sigma_{сж} = 12,4$ МПа; б – породного $\sigma_{сж} = 60,6$ МПа

Следует отметить, что моделирование перемещений двух отдельных дисковых инструментов с узлами крепления на четырехгранных призмах на рис. 7 представлено через половинное изображение картин распределения перемещений при разрушении соответственно угольного забойного массива (рис. 7, а) и породного забойного массива (рис. 7, б).

Закключение

Анализ представленных выше результатов по распределению эквивалентных напряжений $\sigma_{эКВ}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным и четырехгранным призмам показал наличие зон с максимальными величинами в периферий-

ной забойной части дисков с различными углами заострения и в зонах сопряжения ступиц дисков с поверхностями цапф или осей, относительно которых диски могут свободно вращаться.

Минимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ и перемещений при разрушении забойных массивов ($\sigma_{\text{сж}} = 12,4\text{--}78,9$ МПа) отмечен установкой биконического дискового инструмента ($\varphi = 5^\circ + 25^\circ = 30^\circ$; $10^\circ + 20^\circ = 30^\circ$; $15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$), а максимальный уровень эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ и перемещений отмечен при использовании конического дискового инструмента ($\varphi = 0^\circ + 30^\circ$).

В конструкциях биконического дискового инструмента при изменении углов заострения от асимметричного ($\varphi = 5^\circ + 25^\circ$; $10^\circ + 20^\circ$) до симметричного ($\varphi = 15^\circ + 15^\circ$) фиксируется снижение расчетного уровня максимальных эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ и перемещений у симметричного диска для всех вариантов нагружения.

Зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ по критерию Мизеса от диаметра D сопрягаемых конструктивных элементов в сечении, проходящем через клиновую реборду дискового инструмента к многогранным призмам описывается полиномиальными зависимостями шестой степени. При этом зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ по критерию Мизеса на кромках дисковых инструментов консольных узлов крепления к четырехгранной призме от показателей разрушаемого горного массива $\sigma_{\text{сж}}$ описываются линейными зависимостями.

Отмечено снижение размеров зон максимальных эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ и перемещений на забойной грани трехгранной призмы (рис. 1, в), обращенной к забою в третьем варианте узла крепления дискового инструмента, по сравнению со вторым вариантом (рис. 1, б), что характеризует повышение жесткости крепления гайкой по сравнению с винтом.

Результаты проведенных исследований позволили разработать спаренный узел крепления двухдискового инструмента на четырехгранной призме по патенту РФ 146845 (рис. 1, д). Здесь сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются: диск, цапфа, ось с упорным буртиком. Отличительными особенностями данного технического решения является то, что условие совместного свободного вращения двух дисков относительно соосных цапф-втулок достигается наличием единого сборно-разборного конструктивного блока, который выполнен в виде жестко прикрепленных друг другу двух осей с упорными буртиками, одна из которых содержит шлицевой хвостовик, а другая содержит шлицевую втулку. Такое конструктивное исполнение предполагает уменьшение процесса заклинивания и износа спаренных дисковых инструментов, рациональное перераспределение эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ при зарубке исполнительного органа проходческого комбайна с аксиальными коронками.

Рекомендована комбинированная схема набора дискового инструмента на корпусе раздаточного редуктора между аксиальными коронками исполнительного органа проходческого комбайна с размещением конических дисков в центральной зоне, а биконических дисков в остальных зонах по ширине межкорончатого пространства.

В дальнейшем планируются исследования, направленные на моделирование и оценку напряженно-деформированного состояния сопрягаемых конструктивных элементов узлов крепления спаренных дисковых инструментов на четырехгранных призмах (по патенту РФ 146845).

Технические решения и результаты исследований получены в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России по проекту № 632 «Исследование параметров технологий и техники для выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе».

Литература.

1. V.V. Aksenov, A.B. Efremkov, V.Yu. Beglyakov, The influence of relative distance between ledges on the stress-strain state of the rock at a face, Applied Mechanics and Materials, 2013, Vol. 379, pp. 16-19.
2. V.V. Aksenov, A.A. Khoreshok, V.Yu. Beglyakov, Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER, Applied Mechanics and Materials, 2013, Vol. 379, pp. 20-23.
3. K. R. Hong, R. H. Yang, The Major Problems and Countermeasures on the Shield Machine Tunneling in the Hard Rock Stratum, Applied Mechanics and Materials, 2011, Vols 105-107, pp. 1438-1442.
4. S. A. Prokopenko, Multiple Service Life Extension of Mining and Road Machines' Cutters, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol 682, pp. 319-323.
5. X. H. Li, W. Du, Z. L. Huang, W. L. Fu, Simulation of Disc Cutter Loads Based on ANSYS/LS-DYNA, Applied Mechanics and Materials, 2011, Vol 127, pp. 385-389.
6. B. Zhao, X. M. Zong, B. He, L. J. Zhang, Multi Variable Multi Objective Optimization for the Cutting Head of Roadheader, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vols 635-637, pp. 358-364

7. Y. Zhang, X. W. Wang, H. F. Liu, Numerical Simulation of Rock-Breaking Process by Disc Cutter in Tunnel Boring Machine, *Applied Mechanics and Materials*, 2014, Vol 487, pp. 513-516.
8. F. H. Li, Z. X. Cai, Y. L. Kang, A Theoretical Model for Estimating the Wear of the Disc Cutter, *Applied Mechanics and Materials*, 2011, Vols 90-93, pp. 2232-2236.
9. Z. L. Zhou, X. B. Li, G. Y. Zhao, Z. X. Liu, G. J. Xu, Excavation of High-Stressed Hard Rock with Roadheader, *Applied Mechanics and Materials*, 2011, Vols 52-54, pp. 905-908.
10. X. D. Wang, M. Q. Shi, S. J. Gao, Y. C. Guo, Design of Transverse Boom-Type Roadheader Remote Control System, *Applied Mechanics and Materials*, 2014, Vols 701-702, pp. 679-683.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ МОДУЛЕЙ С ДИСКОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПРОХОДЧЕСКИХ ЗАБОЕВ

*А.А. Хорешок**, д.т.н., проф., *Л.Е. Маметьев**, д.т.н., проф., *А.Ю. Борисов**, ст. преп.,
*А.В. Воробьев***, к.т.н, доц.

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

***, ** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: haa.omit@kuzstu.ru, bau.asp@rambler.ru, vorob@tpu.ru*

При моделировании напряженного состояния конструкций трехгранных призм с узлами крепления по трем вариантам (рис. 1, а, б, в) и четырехгранных призм (рис. 1, г, д) использованы четыре конструкции дискового инструмента диаметром $D = 160$ мм (три биконических с углами заострения: $1 - \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 5^\circ + 25^\circ = 30^\circ$; $2 - 10^\circ + 20^\circ = 30^\circ$; $3 - 15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$ и один конический $4 - \varphi = 0^\circ + 30^\circ$) [1–12]. Следует отметить, что угол заострения φ_1 биконического дискового инструмента обращен к поверхности обнажения забоя проходческой выработки.

Например, в табл. 1 и на рис. 2–4 представлены зависимости распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ от диаметров D сопряженных конструктивных элементов узлов крепления дискового инструмента к трехгранным призмам для прогнозируемого разрушения забойного массива горных пород с $\sigma_{\text{сж}} = 70$ МПа. При этом сопрягаемыми конструктивными элементами в характерном сечении являются: - для первого варианта на рис. 1, а (1 – диск, 2 – ось-цапфа), - для второго и третьего вариантов на рис. 1, б, в (1 – диск, 2 – цапфа, 3 – ось с упорным буртиком).

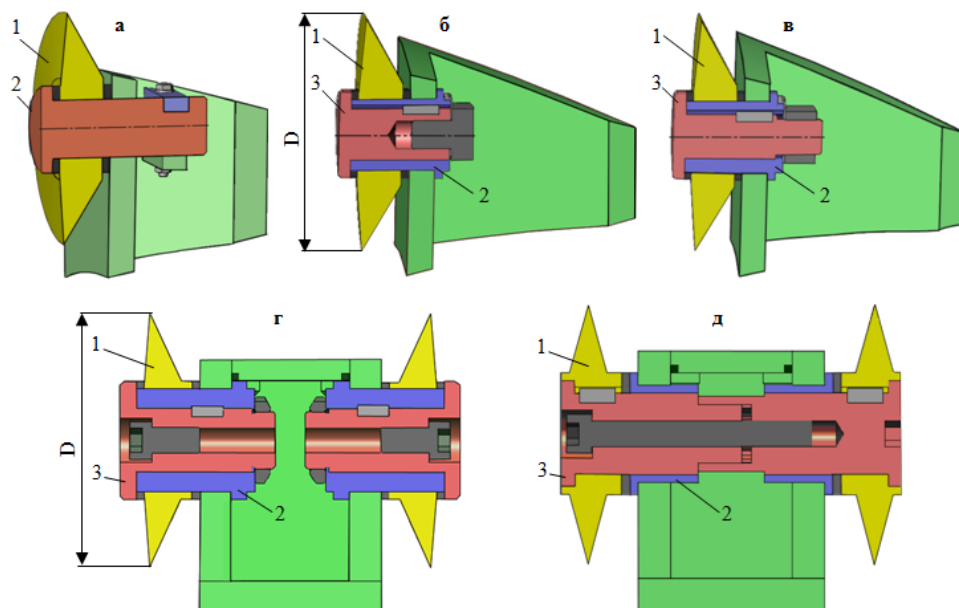


Рис. 1. Конструкции сопрягаемых элементов узлов крепления дискового инструмента к многогранным призмам: а – с планкой-замком [1], б – с винтом [2]; в – с гайкой [5]; г – с отдельными узлами крепления дисков [11]; д – со спаренными узлами крепления дисков [12]