

УДК 622.232.83.054.52

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА УЗЛАХ КРЕПЛЕНИЯ ДИСКОВ К ТРЕХГРАННЫМ ПРИЗМАМ**

И.А. Карепов, студент гр. ГЭс - 122, IV курс

Научные руководители: Л.Е. Маметьев, д.т.н., проф., А. Ю. Борисов, ст. преп.  
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В ведущих горно-добывающих странах основными средствами механизации проведения горных выработок являются проходческие комбайны. Совершенствование исполнительных органов проходческих комбайнов стреловидного типа путем рационального сочетания и расположения на них резцового и дискового инструмента для реализации принципа разрушения угля и крепких горных пород крупным сколом является актуальной задачей [1–22].

Создатели выемочных горных машин, прежде всего, стремятся к достижению минимальных удельных энергозатрат и энергоемкости в процессе разрушения забоев различных горных выработок. В последнее время энергоемкость процесса разрушения в равной степени влияет как на производительность работы горной машины, так и на расход электроэнергии, стоимость которой постоянно возрастает, что приводит к увеличению себестоимости единицы добытой горной массы. Это подчеркивает необходимость в разработке и совершенствовании конструктивных исполнений режуще-скалывающего инструмента с широкой областью применения и конкурентоспособным уровнем энергоемкости процессов разрушения как вязких углей, так и хрупких горных пород.

Исследованиями [1–6], проведенными в КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева доказана возможность и перспективность использования дисковых инструментов на исполнительных органах очистных и проходческих комбайнов.

Многообразие работы горного инструмента на проходческих комбайнах обуславливает необходимость в проведении исследований, направленных на выяснение функциональных возможностей и эффективности использования дисковых инструментов на рабочих органах в виде радиальных и аксиальных коронок.

Комплекс требований к конструкциям корончатых рабочих органов стреловидных проходческих комбайнов избирательного действия должен базироваться на учете взаимосвязи кинематических, силовых и конструктивных параметров узлов крепления дискового инструмента с физико-механическими свойствами и параметрами разрушения забойных массивов при обеспечении монтажно-демонтажных операций на месте эксплуатации.

Расчет статической нагруженности конструкций узлов крепления дискового инструмента проводился в системе SolidWorks Simulation. Размер конечных элементов выбирался таким образом, чтобы дальнейшее повышение плотности сетки не оказывало существенного влияния на результаты расче-

тов. Материал деталей – 35ХГСА. Усилия резания  $P_z$ , внедрения  $P_y$  и бокового усилия  $P_x$  на дисковых инструментах определены с учетом конструктивных, режимных параметров и характеристик разрушаемого массива  $\sigma_{сж}$ . Расчетные усилия нагружения  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  прикладывались к конечно-элементным моделям дисковых инструментов в узлах крепления, для получения картины напряженно-деформированного состояния для биконических и конических дисковых инструментов.

Основной недостаток базовой конструкции коронки проходческого комбайна заключается в заштыбовке продуктами разрушения пространств между двумя опорами узлов крепления дискового инструмента.

В настоящее время на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева совместно с кафедрой горно-шахтного оборудования ЮТИ (филиал) НИ ТПУ ведутся исследования напряженно-деформированного состояния различных конструкций консольных узлов крепления дискового инструмента [9–17] по методу конечных элементов. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

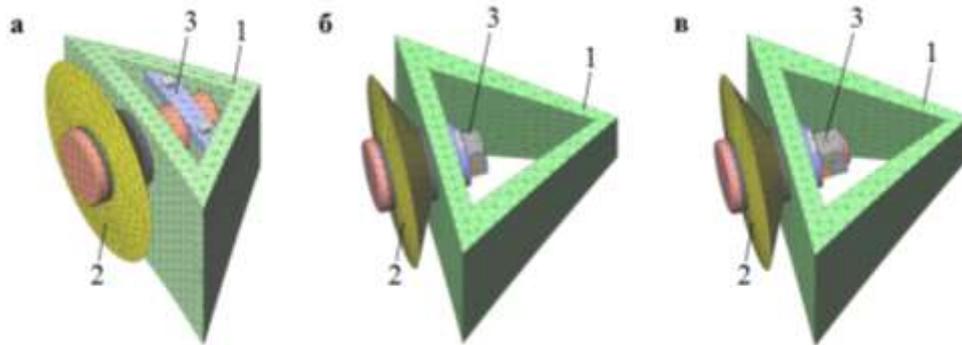


Рис. 1. Конечно-элементные модели трех вариантов узлов крепления дисковых инструментов: а – первый с планкой-замком; б – второй с крепежным винтом; в – третий с гайкой; 1 – трехгранная призма; 2 – дисковый инструмент; 3 – узел крепления

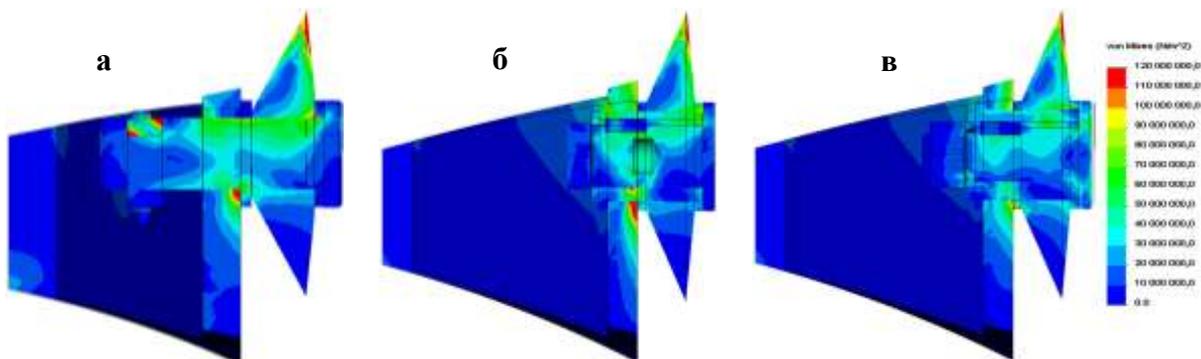


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений по критерию Мизеса для трех вариантов узлов крепления дисковых инструментов с углом заострения  $\varphi = 25^\circ + 5^\circ = 30^\circ$  в трехгранных призмах с учетом характеристики разрушаемого массива  $\sigma_{сж} = 70$  МПа: а – первый с планкой-замком; б – второй с крепежным винтом; в – третий с гайкой

Во всех конструктивных вариантах узлов крепления использованы бико-нические и конические дисковые инструменты. В качестве примера на рис. 2 представлены распределения эквивалентных напряжений по критерию Мизеса для трех вариантов узлов крепления дискового инструмента диаметром  $D = 160$  мм в трехгранных призмах.

Представленные технические решения консольных узлов крепления дискового инструмента на трехгранных призмах, с учетом результатов моделирования напряженно-деформированного состояния при разрушении забойных массивов, позволяют рекомендовать их для оснащения рабочих органов проходческих, очистных и буровых комбайнов [7, 8, 18–22].

Отмечено снижение размеров зон максимальных эквивалентных напряжений и перемещений на забойной грани трехгранной призмы, обращенной к забою в третьем варианте узла крепления дискового инструмента, по сравнению со вторым вариантом, что характеризует более высокую жесткость крепления гайкой.

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”.

### **Список литературы**

1. Маметьев, Л.Е. Обоснование схемы набора дискового инструмента на реверсивных коронках стреловых проходческих комбайнов избирательного действия / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Роль технических наук в развитии общества : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 26–27 ноября 2015 г. / КузГТУ. – Кемерово, 2015. – С. 105–108.
2. Маметьев, Л.Е. Конструктивно-кинематическая схема реверсивного двухкорончатого исполнительного органа с дисковым инструментом на трехгранных призмах / Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Современная наука: проблемы и пути их решения: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 10–11 декабря 2015 г. Т.1 / КузГТУ. – Кемерово, 2015. – С. 21–24.
3. Маметьев, Л.Е. Распределение напряжений между деталями узлов крепления дисковых инструментов при разрушении проходческих забоев / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // ФТПРПИ. – 2015. – № 6. – С. 93–100.
4. Хорешок, А.А. Основные этапы разработки и моделирования параметров дискового инструмента проходческих и очистных горных машин / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, В.И. Нестеров, А.Ю. Борисов // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 7. – С. 9–16.
5. Борисов, А.Ю. Напряжения в сопрягаемых элементах дисковых инструментов при разрушении проходческих забоев / А.Ю. Борисов, Л.Е. Маметьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2015. – №4. – С. 26–35.

6. Маметьев, Л.Е. Разработка исполнительных органов и инструмента для стреловых проходческих комбайнов и бурошнековых машин / Л.Е. Маметьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2015. – №5. – С. 56–63.

7. Производство и эксплуатация разрушающего инструмента горных машин : монография / Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Борисов А.Ю., Бурков П.В., Буркова С.П., Крестовоздвиженский П.Д. ; Юрг. технолог. ин-т – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2013. – 296 с.

8. Проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом. Часть 2. Эксплуатация и диагностика : монография / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, Б.Л. Герике, Г.Д. Буялич, А.Б. Ефременков, А.Ю. Борисов; Юргинский технологический институт, Кузбасский государственный технический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 281 с.

9. Пат. 2455486 РФ : МПК Е 21 С 25/18, Е 21 С 27/24 (2006.01). Исполнительный орган проходческого комбайна / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Кузнецов В.В., Мухортиков С.Г. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2010141881/03 ; заявл. 12.10.2010 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19. – 14 с.

10. Пат. 128898 РФ : МПК Е 21 С 27/00 (2006.01). Узел крепления дискового инструмента в трехгранной призме / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Мухортиков С.Г., Воробьев А.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013100882/03 ; заявл. 09.01.2013 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. – 2 с.

11. Пат. 134586 РФ : МПК Е 21 С 27/00 (2006.01). Устройство для защиты внутреннего пространства трехгранной призмы от продуктов разрушения / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Цехин А.М. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013127350/03 ; заявл. 14.06.2013 ; опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32. – 2 с.

12. Пат. 136086 РФ : МПК Е 21 С 25/18, Е 21 С 27/24 (2006.01). Исполнительный орган проходческого комбайна избирательного действия / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Цехин А.М. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013135402/03 ; заявл. 26.07.2013 ; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36. – 3 с.

13. Пат. 138704 РФ : МПК Е 21 С 35/22, Е 21 F 5/04 (2006.01). Устройство пылеподавления для дискового инструмента на трехгранной призме / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Цехин А.М. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2013135405/03 ; заявл. 26.07.2013 ; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 8. – 2 с.

14. Пат. 141339 РФ : МПК Е 21 С 27/00 (2006.01). Узел крепления дискового инструмента на рабочем органе горного комбайна / Маметьев Л.Е, Борисов А.Ю. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2014103560/03 ; заявл. 03.02.2014 ; опубл. 27.05.2014, Бюл. № 15. – 3 с.

15. Пат. 146845 РФ : МПК Е 21 С 25/18, Е 21 С 27/24 (2006.01). Дисковый инструмент проходческого комбайна / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Воробьев А.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2014109201/03 ; заявл. 11.03.2014 ; опубл. 20.10.2014, Бюл. № 29. – 2 с.

16. Пат. 149617 РФ : МПК Е 21 С 25/18, Е 21 С 27/24 (2006.01). Исполнительный орган выемочной горной машины / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2014135060/03 ; заявл. 26.08.2014 ; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. – 2 с.

17. Пат. 152701 РФ : МПК Е 21 С 25/18, Е 21 С 27/24 (2006.01). Исполнительный орган выемочно-проходческой горной машины / Маметьев Л.Е, Хорешок А.А., Борисов А.Ю.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2014144633/03 ; заявл. 05.11.2014 ; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16. – 3 с.

18. Маметьев, Л.Е. Согласование транспортирующей и погрузочной способности шнекобурового инструмента на этапе расширения горизонтальных скважин / Маметьев Л.Е., Любимов О.В., Дрозденко Ю.В. // В сборнике: Теоретический и практический взгляд на современное состояние науки Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Западно-Сибирский научный центр. г. Кемерово, 2015. С. 79–82.

19. Маметьев, Л.Е. К вопросу реализации бурошнековых технологий в горном деле и подземном строительстве / Маметьев Л.Е., Дрозденко Ю.В., Любимов О.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 2. С. 211–216.

20. Маметьев, Л.Е. Обоснование транспортирующей способности горизонтального шнекового бурового става / Маметьев Л.Е., Дрозденко Ю.В., Любимов О.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 5. С. 22–25.

21. Маметьев, Л.Е. Конструктивные элементы узлов и механизмов для шнековых машин горизонтального бурения / Маметьев Л.Е., Дрозденко Ю.В., Любимов О.В. // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2010. № 11. С. 25–26.

22. Маметьев, Л.Е. Конструктивные схемы бурошнековых машин и оборудования на базе серийных узлов и механизмов горных машин / Маметьев

Л.Е., Дрозденко Ю.В., Любимов О.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Т. 10. № 12. С. 84–90.