

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 622.232.83.054.52

Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ДИСКОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА КОРОНКАХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева были проведены комплексные исследования [1–4], направленные на разработку новых технических решений по узлам крепления дискового инструмента на радиальных коронках проходческих комбайнов избирательного действия. В качестве базовых вариантов узлов крепления дисковых инструментов к радиальным коронкам проходческого комбайна были выбраны двухпорные внутренние схемы размещения дисков между кронштейнами и внешние консольные схемы размещения дисков перед трехгранными призмами. В результате проведенных исследований разработана модель и произведена оценка напряженно-деформированного состояния различных вариантов узлов крепления дискового инструмента при разрушении структурно неоднородного забойного массива горных пород с пределами прочности на одноосное сжатие $\sigma_{ск} = 50 \div 140$ МПа.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) узлов крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов использовалась система SolidWorks Simulation, в которой общий алгоритм решения задачи по методу конечных элементов (МКЭ) в линейной постановке имеет следующий вид [5]:

1. Производится дискретизация объема, занимаемого деталью или сборкой на элементы (создается сетка конечных элементов). Для объемного тела область разбивается на тетраэдры с гранями, аппроксимируемыми линейными или параболическими функциями координат. Для поверхностных моделей – на плоские или криволинейные треугольники.

2. Для пространственных конечных элементов степенями свободы являются перемещения в направлении осей локальной системы координат элемента. Для конечных элементов оболочек к трем перемещениям в каждом узле добавляются по три угла поворота нормали к срединной поверхности области, аппроксимируемой элементом, относительно тех же осей.

3. Определяются зависимости для преобразования перемещений и углов поворота в узлах к глобальной системе координат.

4. Вычисляются матрицы жесткости конечных

элементов. В формулы для расчета компонентов матриц жесткости конечных элементов помимо координат узлов входят модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов. Если анализируется сборка, то в зависимости от принадлежности элемента детали при расчете матриц жесткости элементов используются соответствующие характеристики жесткости материала.

5. Полученные матрицы жесткости с использованием зависимостей для перехода от локальных систем координат элемента в глобальные преобразуются в глобальную систему координат.

6. Матрицы жесткости, представленные в глобальных координатах, объединяются в глобальную матрицу жесткости $[K]$.

7. Назначенные пользователем граничные условия, статические и кинематические, приводятся к нагрузкам и перемещениям в узлах, выраженным в глобальной системе координат, и включаются в столбец усилий $[F]$.

8. Полученная линейная система уравнений вида $[K] \{ \Delta \} = \{ F \}$ решается относительно столбца перемещений $\{ \Delta \}$. Для решения используются итерационные или прямые методы.

Для описания особенностей решаемой задачи использовались кинематические (крепления) и статические (нагрузки) граничные условия. В качестве кинематического граничного условия использовалось крепление "Зафиксированный", приложенное к нижней поверхности в виде основания трехгранной призмы, жестко прикрепленного к корпусу коронки проходческого комбайна. Данный вид крепления задает линейные перемещения по трем координатным осям, равные нулю. В качестве статического граничного условия использовалась сила, приложенная к части грани диска и сориентированная в соответствии с составляющими силы резания. Принималось, что сила равномерно распределена по поверхности, к которой она приложена.

Поскольку расчет проводился для сборки узла крепления дискового инструмента на коронке проходческого комбайна, необходимо было описать условия контактного взаимодействия для соприкасающихся граней деталей. Было применено контактное условие "Нет проникновения", исключаю-

щее возникновение интерференции компонентов, но допускающее появление зазоров. Контактное условия использовалось с опцией "Поверхность с поверхностью". Данный набор контактных условий дает максимальную точность при решении контактной задачи с гладкими криволинейными взаимодействующими гранями, но требует наибольших затрат вычислительных ресурсов.

При дискретизации геометрической модели использовалась сетка с параболическими конечными элементами (КЭ) в форме тетраэдров (рис. 1). Параболические КЭ обеспечивают лучшее описание геометрии модели сеткой и повышенную точность расчетов за счет большего по сравнению с линейными КЭ числа узлов. Параметры сетки: размер КЭ – 10 мм; допуск – 0,5 мм; автоматическое уплотнение сетки не использовалось.

В SolidWorks Simulation доступны два алгоритма решения системы линейных уравнений:

- прямой метод для разреженных матриц (Direct sparse). Этот метод базируется на алгоритме Холесского с применением компактной схемы хранения матрицы жесткости;
- итерационный компактный метод (FFEPlus). Он основан на разложении Ланшоца и рекомендуется для задач с числом степеней свободы более 300 тыс.

Для расчета использовался алгоритм FFEPlus, поскольку он, как правило, является более производительным при решении задач большой размерности.

В результате совместных исследований, проводимых на протяжении нескольких лет учеными кафедры горных машин и комплексов КузГТУ, кафедры горно-шахтного оборудования ЮТИ ТПУ совместно с производственниками ОАО "СУЭК-Кузбасс" предложены и разработаны новые технические решения, обеспечивающие решение актуальных задач по повышению эффективности:

- проведения горных выработок путем совмещения процессов разрушения забоя, дробления негабаритов и погрузки продуктов разрушения при использовании двух вариантов конструктивного исполнения для рабочего органа проходческого комбайна, каждый из которых включает по две разрушающе-погрузочные коронки в виде усеченной конической поверхности или усеченных многоугольных пирамид, на которых прикреплены трехгранные призмы с дисковыми инструментами (патент РФ 2455486) [7];

- монтажа и демонтажа в призабойном пространстве подземной горной выработки при замене узлов крепления дисковых инструментов в трехгранных призмах на радиальных коронках проходческих комбайнов избирательного действия (патент РФ 128898) [8];

- защиты внутреннего пространства трехгранных призм и узлов крепления дискового инструмента от защтыбовки продуктами разрушения забойных массивов горных пород при эксплуатации проходческих комбайнов (патент РФ 134586) [9];

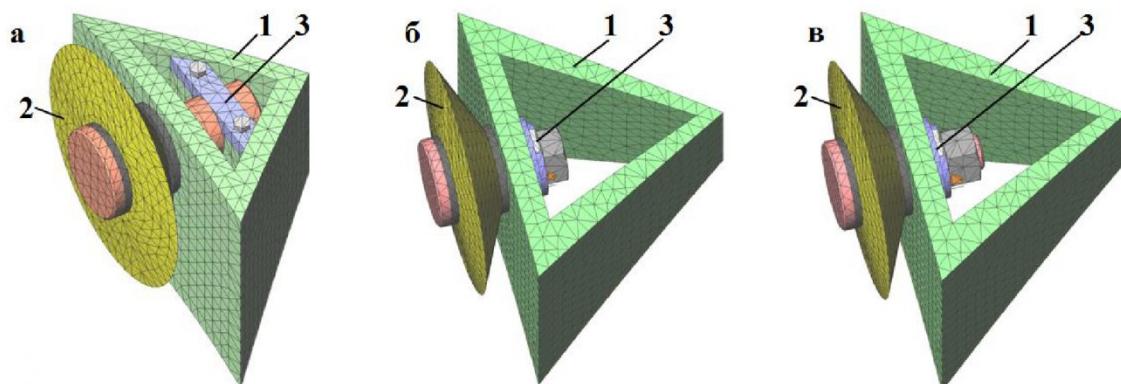


Рис. 1. Конечно-элементные модели трех вариантов конструкций закрепления дискового инструмента к трехгранным призмам: а – первый с планкой-замком; б – второй с крепежным винтом; в – третий с гайкой; 1 – трехгранный призма; 2 – дисковый инструмент; 3 – узел крепления

Одной из актуальных задач при эксплуатации проходческого комбайна избирательного действия является расширение возможностей его управления и повышение безопасности труда. Для решения подобных задач группой авторов предложено техническое решение (патент РФ 2494253) [6], целью которого является обеспечение возможности совмещения операций по управлению гидромоторами механизма перемещения и гидроцилиндрами аутригеров с сохранением возможности управления гидроцилиндрами независимо от управления гидромоторами.

- процесса зарубки исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия с двумя соосными аксиальными коронками, разделенными корпусом раздаточного редуктора, на котором размещены четырехгранные призмы с породоразрушающими спаренными дисковыми инструментами (заявка на патент РФ 2013135402, решение о выдаче патента от 01.10.2013).

Продолжаются разработки по изысканию средств, повышающих эффективность пылеподавления в процессе разрушения, дробления и погрузки горной массы трехгранными призмами с

дисковым инструментом на коронках проходческого комбайна.

Установлено, что расширение фронта погрузки на всю ширину проводимой горной выработки, включая прибортовые зоны-коридоры, необеспечиваемые столом питателя погружного устройства, целесообразно осуществлять путем использования конструкции исполнительного органа по патенту РФ 2455486 [7] в виде сменного конструктивного модуля к широкому парку отечественных и зарубежных проходческих комбайнов избирательного действия.

Рекомендован процесс вертикальной зарубки для исполнительных органов как с двумя радиальными параллельно-осевыми реверсивными коронками, так и с двумя аксиальными коронками с использованием дискового инструмента, прикрепленного к трехгранным или к четырехгранным

призмам для обеспечения режима максимальной устойчивости проходческого комбайна избирательного действия.

Предложен для реализации комплект технических решений, на который разработана техническая документация по адаптации различных вариантов сменных конструктивных модулей к широкому спектру условий эксплуатации и схем обработки забоев при проходке подземных горных выработок на шахтах ОАО “СУЭК-Кузбасс”.

Таким образом, реализация предложенных технических решений позволит сократить продолжительность проходческого цикла, повысить монтажно-демонтажную пригодность узлов крепления дискового инструмента на коронках исполнительных органов и расширить область применения проходческих комбайнов избирательного действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Совершенствование конструкции продольно-осевых коронок проходческого комбайна избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 5. – С. 2–6.
2. Распределение напряжений в узлах крепления дискового инструмента на коронках проходческих комбайнов / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2012. – № 6. – С. 34–40.
3. Напряженное состояние узлов крепления дискового инструмента в трехгранных призмах радиальных коронок / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов, А.В. Воробьев // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2013. – № 2. – С. 22–25.
4. Разработка реверсивных коронок для проходческих комбайнов с дисковым инструментом на сменных трехгранных призмах / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков, А.В. Воробьев // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 9. – С. 40–44.
5. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.: ил. + DVD – (Мастер).
6. Пат. 2494253 РФ : МПК Е 21 С 27/02 (2006.01), Е 21 С 35/24 (2006.01). Проходческий комбайн / Антонов Ю.А., Горощенко Н.О., Буялич Г.Д. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. професион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). – № 2012113667/03 ; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27. – 8 с.
7. 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. професион. 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.
8. Пат. 128898 РФ : МПК Е 21 С 27/00 (2006.01). Узел крепления дискового инструмента в трехгранный призме / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Мухортиков С.Г., Воробьев А.В. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. професион. 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.
9. Пат. 134586 РФ : МПК Е 21 С 27/00 (2006.01). Устройство для защиты внутреннего пространства трехгранный призмы от продуктов разрушения / Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Борисов А.Ю., Цехин А.М. ; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. професион. 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.

□Авторы статьи:

Маметьев

Леонид Евгеньевич,
д.т.н., профессор каф.
горных машин и комплек-
сов КузГТУ.
тел. 8(3842) 39-69-40

Хорешок

Алексей Алексеевич,
д-р техн. наук, проф., , зав.
лаб. средств механизации
отработки угольных пла-
стов Института угля СО
РАН. тел. 8(3842) 39-69-40.

Борисов

Андрей Юрьевич,
ст. преподаватель. каф.
горных машин и комплек-
сов КузГТУ
E-mail: bau.asp@rambler.ru

. Воробьев

Алексей Васильевич,
к.т.н., доцент каф. горно-
шахтного оборудования
(Юргинский технологиче-
ский институт (филиал)
ППУ), E-mail: vorob@tpu.ru