



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»**  
Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске

Пудов Евгений Юрьевич  
Хорешок Алексей Алексеевич

# **САПР ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

Прокопьевск 2018

*Рецензенты:*

**Кожухов Л. Ф.**

*к.т.н., доцент кафедры технологии  
и комплексной механизации горных работ  
филиала КузГТУ в г. Прокопьевске*

**Герике Б. Л.**

*д.т.н., профессор, главный научный сотрудник  
лаборатории угольного машиноведения  
ФИЦ УУХ СО РАН*

Пудов Е. Ю., Хорешок А. А. / САПР горных машин и оборудования: учеб. пособие / Гос. учреждение Кузбас. гос. техн. ун-т. – Прокопьевск, 2018. – 91 с.

**ISBN 978-5-6040382-6-0**

Данное учебное пособие предназначено для детального изучения вопросов автоматизации инженерных расчетов с использованием метода конечных элементов применительно к горным машинам и их конструктивным узлам.

Помимо теоретического материала, в учебном пособии приведены примеры конечно-элементного анализа узлов горных машин. На их основе студенты могут освоить практические навыки инженерных расчетов с использованием МКЭ, применительно к горным машинам и оборудованию.

УДК 622.23.05

© Е. Ю. Пудов, А. А. Хорешок, 2018  
© Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Применение МКЭ в САПР горных машин .....	7
1.1. Общие положения о МКЭ.....	7
1.1.1. Преимущества и недостатки метода. Сходимость и точность .....	7
1.1.2. Описание исходных данных при использовании МКЭ.....	9
1.1.3. Структура пакетов программ, реализующих МКЭ.....	11
1.1.4. Современное программное обеспечение с реали- зацией МКЭ для проведения инженерных расчетов. Круг решаемых задач .....	13
1.2. Основные виды конечных элементов.....	20
1.3. Использование среды T-FLEX Анализ, применительно к решению задач прочности .....	23
1.3.1.1. Построение 3D моделей деталей и сборочных единиц для последующих инженерных расчетов .....	23
1.3.1.2. Построение 3D сборок.....	36
1.3.2. T-FLEX Анализ .....	40
1.4. Этапы статического анализа.....	41
1.4.1. Создание объемной твердотельной модели .....	41
1.4.2. Создание «Задачи».....	42
1.4.3. Генерация конечно-элементной сетки.....	43
1.4.4. Задание материала изделия.....	49
1.4.5. Задание креплений .....	50
1.4.6. Задание нагрузений .....	53
1.4.7. Выполнение расчета .....	57
1.4.8. Анализ результатов статического расчета прочности.....	60
1.4.8.1. Анализ перемещений.....	61
1.4.8.2. Анализ напряжений .....	62
1.4.8.3. Оценка запаса прочности .....	63
2. Определение причин выхода из строя конструктивных элементов горных машин с применением МКЭ .....	65
2.1. Этапы статического анализа тела рабочего оборудования экскаватора Liebherr R984C.....	70

3. Разработка алгоритмов ремонтно-восстановительных работ для горных машин на основе САПР и МКЭ.....	79
Вопросы для самоконтроля .....	86
Заключение.....	87
Список литературы.....	88

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подэрни, Р. Ю. Механическое оборудование карьеров : учеб. для вузов / Р. Ю. Подэрни – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2003. – 606 с.: ил.
2. Сафохин, М. С. Горные машины и оборудование: учеб. для вузов / М. С. Сафохин, Б. А. Александров, В. И. Нестеров. – М.: Недра, 1995. – 463 с.
3. Тургунбаев, М. С. Нагруженность и усталостная долговечность рабочего оборудования экскаваторов при разработке каменистых грунтов с изношенными зубьями ковша: автореф. дис. канд. техн. наук / М. С. Тургунбаев. – М.: ОшТУ, 2002. – 19 с.
4. Кузьмин С. С. Параметры копания грунта поворотом ковша обратной лопаты : автореф. дис. канд. техн. наук / С. С. Кузьмин. – М.: МГСУ, 2003. – 21 с.
5. Герасимова, Т. А. Исследование и совершенствование методов проектных расчетов несущих конструкций экскаваторов : автореф. дис. канд. техн. наук / Т. А. Герасимова. – М.: ГУЦМиЗ, Красноярск, 2005. – 26 с.
6. Путятин, А. Н. Оценка долговечности металлоконструкций шагающих экскаваторов при разработке взорванных пород на угольных разрезах Кузбасса: дис. канд. техн. наук / А. Н. Путятин. – М.: КузГТУ, 2005. – 157 с.
7. Щербаков, И. С. Система автоматизации моделирования одноковшового экскаватора с гидроприводом: автореф. дис. канд. техн. наук / И. С. Щербаков – М.: СиБАДИ, 2006. – 17 с.
8. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В. И. Мяченков, В. П. Мальцев, В. П. Майборода [и др.]; под общ. ред. В. И. Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989. – 520 с.: ил.
9. Конюхов, А. В. Основы анализа конструкций в ANSYS: учеб. пособие для вузов / А. В. Конюхов. – Казань: изд-во КазГУ, – 2001. – 101 с.
10. T-flex CAD. Трехмерное моделирование. Краткое руководство пользователя. – Москва: Изд-во «Топ Системы», – 2009. – 840 с.
11. Решетов, Д. Н. Надежность машин / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – М.: высш. шк., – 1988. – 362 с.

12. T-flex CAD. Основы. 2D проектирование и черчение. Руководство пользователя. — М.: Изд-во «Топ Системы», — 2009. — 824 с.

13. Синяков, А. А. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта карьерного экскаватора типа механическая лопата в условиях северных регионов России: — автореф. дис. канд. техн. наук / А. А. Синяков. — Люберцы, 2005. — 26 с.

14. Красноштанов, С. Ю. Хрупкое разрушение и восстановление крупногабаритных деталей горного оборудования карьеров / С. Ю. Красноштанов, А. П. Макаров // Горное оборудование и электромеханика. — 2008. — №3.

15. Замрий, А. А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде АРМ Structure3D. — М. : Изд-во АПМ, 2006. — 288 с.

16. Надежность и долговечность машин / Б. И. Костецкий, И. Г. Носовский, Л. И. Бершадский, А. К. Караулов. — Киев: Техника, 1975. — 405 с.

17. Гольдбухт, Е. Е. Критерий предельных состояний механического и гидравлического оборудования карьерных экскаваторов // Научные сообщения ИГД им. А. А. Скочинского, — М. — 1990. — 52 с.

18. Гонкин, С. И. Показатели технологичности конструкции изделия / С. И. Гонкин, Г. А. Яновский // Стандарты и качество. — 1972. — № 10. — С. 37 — 41 с.

19. ГОСТ 13377 — 67. Надежность в технике. Термины. — М. : Изд-во стандартов, 1967. — 52 с.

20. ГОСТ 16503 — 70. Промышленные изделия. Номенклатура и характеристика основных показателей надежности. — М.: Изд-во стандартов, 1970. — 32 с.

21. ГОСТ 17509 — 72. Надежность изделий в машиностроении. Система сбора и обработки информации. Методы определения точечных оценок показателей надежности по результатам наблюдений. — М.: Изд-во стандартов, 1972. — 47 с.

22. ГОСТ 17510 — 72. Надежность изделий в машиностроении. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений. — М.: Изд-во стандартов, 1972. — 21 с.

23. ГОСТ 18831 – 73. Технологичность конструкций. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1973.– 23 с. англ.

24. Замрий А. А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде АРМ Structure3D. – м.: Изд-во АПМ, 2006. – 288 с.

25. Катанов Б. А., Хорешок А. А., Внуков В. Г. Безопасные методы ведения ремонтно-монтажных работ. МУ при курс. и дипл. проектировании. – Типография ГУ КузГТУ, Кемерово, 2005г. – 15 с.

**Пудов Евгений Юрьевич ·  
Хорешок Алексей Алексеевич**

# **САПР ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

Печатается в авторской редакции

Сверстано и отпечатано в филиале КузГТУ в г. Прокопьевске  
653039, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а

Подписано в печать 28.09.18. Отпечатано на ризографе.  
Формат 60x84 1/16. Объем 5,7 п. л. Тираж 100 экз. Заказ 281.