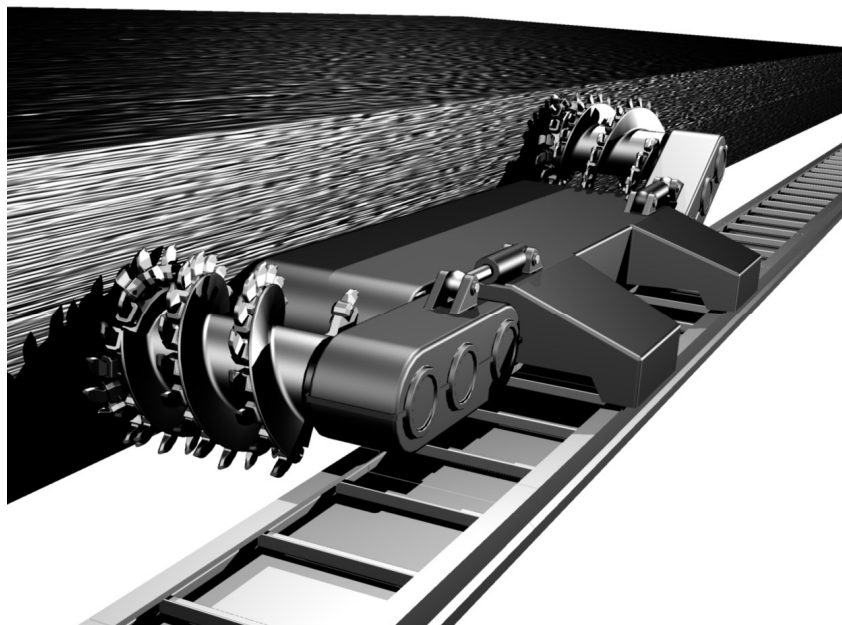


Н.Г. БОЙКО

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ  
СИЛОВЫХ СИСТЕМ  
ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ**

МОНОГРАФИЯ



ДОНЕЦК  
ГВУЗ «ДонНТУ»  
2012

**Рецензенты:**

Заведующий кафедрой горных машин  
Донецкого национального технического университета,  
доктор технических наук, профессор *А.К. Семенченко*

Первый заместитель директора по научной работе  
ГП «ДОНГИПРОУГЛЕМАШ», лауреат Государственной премии Украины,  
доктор технических наук *Н.И. Стадник*.

Печатается по решению Ученого совета Донецкого национального технического  
университета, протокол №2 от 17 февраля 2012.

**Бойко Н.Г.**

Б77 Оптимизация параметров силовых систем очистных комбайнов: монография /  
Н.Г. Бойко. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. – 214 с.: ил. 40, табл. 3. – Библио-  
гр.: 32 наим.

ISBN 978-966-377-121-2

Изложены вопросы динамики и оптимизации параметров силовых систем очи-  
стных комбайнов, находящихся под действием, в том числе и случайной нагрузки.  
Показано, что такие системы являются динамическими и могут быть описаны диф-  
ференциальными линейными и нелинейными уравнениями, а для их решения можно  
использовать корреляционно-спектральную теорию случайных функций.

Показано, что для очистных комбайнов система привода исполнительных ор-  
ганов может быть разделена на электрическую и механическую системы и рассмат-  
риваться отдельно одна от другой.

Для инженерно-технических работников, работников угольного и горного ма-  
шиностроения, преподавателей, аспирантов и студентов, ведущих подготовку спе-  
циалистов и обучающихся по специальности «Горное оборудование».

УДК 622.232.72.031.2

Викладені питання динаміки та оптимізації параметрів силових систем очис-  
них комбайнів, що знаходяться під впливом, в тому числі, і випадкового навантажен-  
ня. Показано, що такі системи є динамічними і можуть описуватися диференційними  
лінійними та нелінійними рівняннями, а для їх рішення можна використовувати коре-  
ляційно-спектральну теорію випадкових функцій.

Показано, що для очисних комбайнів система приводу виконавчих органів мо-  
же бути розділена на електричну та механічну системи і розглядатися окремо одна від  
другої.

Для інженерно-технічних працівників, працівників вугільного та гірничого  
машинобудування, викладачів, аспірантів та студентів, що ведуть підготовку фахівців  
та навчаються за фахом «Гірниче обладнання».

ISBN 978-966-377-121-2

© Бойко Н.Г., 2012

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 5  |
| 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИЛОВЫХ СИСТЕМ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ И ИХ НАГРУЗКИ .....                               | 7  |
| 1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА .....  | 7  |
| 1.1.1. Характеристика электродвигателей комбайна .....  | 7  |
| 1.1.2. Одновигательный привод исполнительного органа .....  | 9  |
| 1.1.3. Многодвигательный привод исполнительного органа .....  | 11 |
| 1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ КОМБАЙНА В ЗАБОЕ .....                                 | 16 |
| 1.2.1. Встроенная система перемещения .....   | 16 |
| 1.2.2. Вынесенная система перемещения .....   | 19 |
| 1.2.3. Расположение корпуса комбайна над конвейером .....   | 23 |
| 1.2.4. Смещение корпуса комбайна с конвейера .....  | 23 |
| 1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА НАГРУЗКИ СИЛОВЫХ СИСТЕМ .....   | 23 |
| 1.3.1. Нагрузка от разрушения пласта .....  | 24 |
| 1.3.2. Нагрузка от погрузки угля .....  | 26 |
| 1.3.3. Нагрузка от перемещения комбайна .....   | 28 |
| 1.3.4. Характер внешнего возмущения комбайна .....  | 29 |
| 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....  | 30 |
| 2.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ .....  | 30 |
| 2.1.1. Задача экстраполирования .....   | 32 |
| 2.1.2. Задача фильтрации .....  | 33 |
| 2.1.3. Задача дифференцирования случайной функции .....   | 33 |
| 2.2. ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ .....  | 35 |
| 2.3. НЕЛИНЕЙНЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ .....   | 46 |
| 2.3.1. Особенности исследования нелинейных динамических систем ..   | 46 |
| 2.3.2. Определение закона распределения вероятностей случайной функции на выходе линейной части системы ..... | 50 |
| 2.3.3. Приводимые нелинейные системы .....  | 54 |
| 2.3.4. Нелинейные системы с обратной связью .....   | 59 |

|  |     |
|--|-----|
| 3. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ СИСТЕМ<br>ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ .....                         | 68  |
| 3.1. СИСТЕМА ПРИВОДА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА .....  | 68  |
| 3.1.1. Физическая и математическая модель системы привода<br>исполнительного органа.....     | 68  |
| 3.1.2. Решение и анализ математической модели системы привода<br>исполнительного органа..... | 71  |
| 3.1.3. Оптимизация параметров системы привода исполнительного<br>органа.....                 | 90  |
| 3.2. СИСТЕМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ .....  | 100 |
| 3.2.1. Физическая и математическая модель системы перемещения<br>комбайна .....              | 100 |
| 3.2.2. Решение и анализ математической модели<br>перемещения комбайна .....                  | 104 |
| 3.2.3. Оптимизация параметров системы перемещения комбайна .....                             | 146 |
| 3.3. СИСТЕМА УСТОЙЧИВОСТИ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ .....   | 160 |
| 3.3.1. Физическая и математическая модель<br>устойчивости комбайна.....                      | 161 |
| 3.3.2. Решение и анализ математической модели<br>системы устойчивости комбайна .....         | 166 |
| 3.3.3. Оптимизация параметров системы устойчивости комбайна.....                             | 177 |
| СПИСОК ИСТОЧНИКОВ .....  | 181 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ<br>МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ .....                        | 183 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РЯД ТЕЙЛОРА И ЕГО СВОЙСТВА .....   | 199 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ<br>В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ .....                      | 201 |

## ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее развитие механизации и автоматизации производственных процессов, в т.ч. и при добыче угля, являющийся до сих пор и в ближайшей перспективе для Украины одним из основных источников энергии, обуславливает необходимость в разработке новых средств механизации этого процесса, а также повышение надежности работы и ресурса оборудования. Дальнейшее совершенствование оборудования для добычи угля невозможно без совершенствования методов его расчета и улучшения технологии изготовления. Все эти и другие процессы невозможны без более детального аналитического описания протекающих в этом оборудовании процессов.

Основным звеном в процессе добычи угля является угледобывающая машина – комбайн, агрегат, гидроимпульсная установка и др. Наиболее распространенным способом добычи угля в настоящее время является комплексная механизация этого процесса, а основной добычной машиной является очистный комбайн.

Современные очистные комбайны – это сложная электрогидромеханическая силовая система, мощность которой достигает порядка 500 кВт. Габариты этой машины весьма ограничены по высоте и, особенно, при добычи угля из тонких пластов. Достаточно сказать, что высота корпуса очистного комбайна для тонких пологих пластов составляет 350 мм, а мощность его достигает порядка 300 кВт. И эту энергию в ограниченных габаритах необходимо транспортировать от двигателя к исполнительному органу. Крутящий момент на выходном валу редуктора привода исполнительного органа достигает порядка 100 кНм, а тяговое усилие – около 200 кН.

Процесс разрушения угля исполнительным органом комбайна происходит в силовом режиме, а характер разрушения угля – «сколами», т.е. в виде отрыва отдельностей от массива пласта. Кроме того, угольные пласты изобилуют твердыми включениями в виде сернистого колчедана, пирита, кварцита и др. твердых включений, которые не прорезаются режущим инструментом комбайна, а выбиваются из пласта. В тех случаях, когда размеры твердых включений достаточно большие в виде линз, валунов и др., происходит опрокидывание двигателя или двигателей при многодвигательном приводе. И практически вся кинетическая энергия вращающихся элементов конструкции уходит на дополнительную деформацию валопровода – дополнительное его закручивание. Все это приводит к тому, что нагрузка на привод представляет собой случайный характер с «выбросами» ее выше уровня при нормальной работе.

Аналитическое описание этих довольно сложных процессов, протекающих в системах рассматриваемых ниже машин, с помощью хорошо развитого аппарата дифференциальных уравнений с детерминированной правой

частью, т.е. с возмущением, заданного в виде детерминированных функций, не дает желаемых результатов. Точнее, получаемые при таком описании результаты лишь приближенно описывают протекающие в системах этих машин процессы и являются приближенными, и не в полной мере адекватно отражают как характер этих процессов, так и количественные результаты.

Эта работа и направлена на то, чтобы в более полной мере отразить те процессы, которые протекают в системах рассматриваемых машин, как по характеру, так и количественно. Поэтому для аналитического описания таких сложных систем, которыми являются системы очистных комбайнов, и протекающих в них процессов требуется и более сложный математический аппарат. Таким аналитическим аппаратом и является теория случайных функций и ее спектрально-корреляционный анализ, который и используется в предлагаемой монографии.

Предлагаемая работа ставит перед собой задачу помочь широкому кругу специалистов в области горного машиностроения и специалистов по эксплуатации этого оборудования, а также научным работникам, использующим методы теории вероятностей, овладеть прикладными методами теории случайных функций. Поэтому в предлагаемой монографии используется только тот математический аппарат, который изучается в курсе высшей математики высших технических учебных заведений.

Автор выражает благодарность канд. техн. наук, доц. Федорову О.В. и инж. Грач В.В. за помощь в подготовке монографии к изданию, и уверенность в том, что материал этой монографии будет полезен как магистрам, аспирантам, так и преподавателям специальных дисциплин высших технических учебных заведений, и будет благодарен всем, кто пришлет свои замечания, направленные на улучшение изложенного материала.