

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ДЕТАЛЯХ И НАДЕЖНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе функционирования и выполнения технологического процесса производства техническое состояние деталей металлургического оборудования, подвергающихся непрерывным разрушающим воздействиям, непрерывно ухудшается. Это обусловлено результатом воздействия технологических нагрузок и ряда других факторов, которые носят случайный характер. Данные факторы ведут к возникновению и протеканию различного вида повреждений (износа, физического старения, поломок и др.) деталей оборудования. Достигнув критического уровня, накопленные в результате процесса эксплуатации, повреждения приводят к нарушению работоспособного состояния оборудования, выработке детали ресурса, и как следствие, к ее отказу. Отказ любого элемента оборудования, в свою очередь, приводит к остановке процесса производства, ухудшая его технологические и технико-экономические показатели [1].

Отсутствие контроля, за протеканием процессов повреждения деталей, приводит к снижению уровня обеспечения надежности функционирующего оборудования. В связи с этим, к одному из первоначальных мероприятий, направленных на повышение надежности оборудования, следует отнести комплекс методов включающих расчет деталей на износ, прочность и долговечность. Данные методы должны учитывать: выяснение основных причин потери деталями способности выполнять без повреждений заданные технологические функции, определение характера износа и поломок, и влияние факторов вызывающих повреждение деталей [2].

Одним из методов обеспечения надежного функционирования деталей металлургического оборудования на стадии эксплуатации, а также, оценки показателей надежности на стадии проектирования, является использование математического описания (моделирования) процессов повреждения.

Наряду с решением данных задач, использование математического описания процесса повреждения элементов металлургического оборудования, поможет решить значительный комплекс проблем, оказывающих влияние на технические и технико-экономические показатели производства (рисунок 1).

Моделирование повреждений позволяет анализировать внутренние связи и внешние воздействия, характерные для уникальных категорий оборудования, к которым относятся металлургические машины. На основании общих принципов формирования отказов, данные модели обеспечивают: разработку алгоритмов оценки надежности сложных изделий, учет обратных связей во взаимоотношении «технологический процесс – выходные параметры машины», оценку взаимодействия параметров машины и особенностей потери ею работоспособности. Решение перечисленных задач дает возможность разрабатывать более совершенные модели отказов разнообразных элементов (деталей, узлов, механизмов) металлургических машин [3].

Большинство процессов накопления повреждений в деталях металлургического оборудования происходит в течение длительных промежутков времени, т.е. имеют ярко выраженную динамику протекания. Эти процессы являются причиной отказов деталей оборудования и изменения его состояния во времени [4]. Учет в моделях повреждений большой инерционности деталей, возрастания периодичности внешних воздействий, взаимодействия обратимых и необратимых процессов, малой скорости процессов, в совокупности с адаптированными фундаментальными принципами динамики машин и теории автоматического управления, позволяют решить задачи, связанные с надежностью сложных систем, к которым относится металлургическое оборудование.

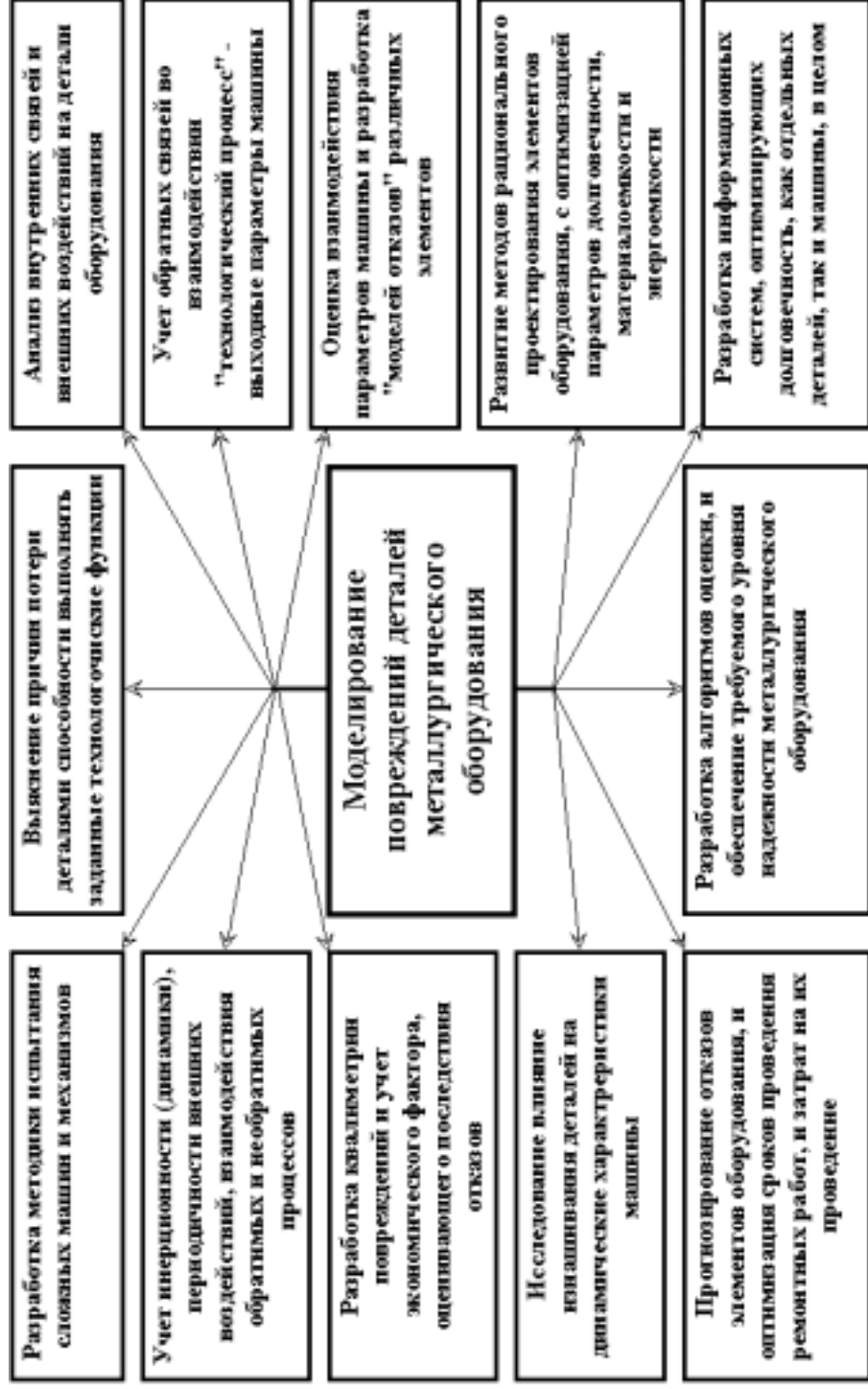


Рисунок 1 - Направления использования моделирования поврежденных деталей металлургического оборудования

Это, в свою очередь, приведет к новому подходу в оценке устойчивости механической системы, точности ее функционирования, изменению представлений о передаточных функциях механизмов, а также к необходимости разработке более совершенного математического аппарата [5].

В последнее время [6-8], наиболее остро встает проблема дальнейшего развития и реализации методов прогнозирования надежности на основе моделей отказов [9-11], которые базируются на закономерностях процессов повреждения (физики отказов) с учетом их вероятностной природы [12]. Это направление является ключевым для решения основных задач, связанных с оценкой надежности на стадии проектирования и эксплуатации, при наличии реального образца машины. Наиболее обоснованным является использование методов статистического моделирования повреждений, учитывающих вероятностные режимы эксплуатации оборудования, внешние воздействия и характеров протекания процессов повреждения. При этом актуальность такого подхода объясняется необходимостью дальнейшего совершенствования методов прогнозирования надежности деталей, подвергающихся таким видам повреждений, как изнашивание и усталостное разрушение, имеющих ярко выраженный характер в металлургических машинах, и являющихся основными причинами их отказов [13-15].

Актуальным направлением использования моделей повреждения является разработка методов расчета предельных состояний отдельных деталей и машины в целом, а также разработка квалиметрии повреждений – методов численной оценки степени повреждения деталей, различных по своей природе и характеру [16]. Основанием для рассмотрения этого направления является экономический фактор, оценивающий последствия отказов и выступающий в качестве критерия оптимизации требований к показателям надежности. Решение такой задачи позволит провести нормирование показателей безотказности и долговечности детали, и машины в целом, регламентировать скорости протекания процессов повреждения, предельных состояний деталей, и машины в целом, запасов надежности, скорости изменения выходных параметров, что обеспечит наиболее эффективное использование оборудования [17].

Рассмотрение принципов накопления повреждений и разработка моделей для их описания позволяет исследовать влияние изнашивания деталей на динамические характеристики машины [18-20]. Эта связь достаточно сложна, так как в уравнениях динамики присутствуют члены, зависящие от времени и имеющие случайную природу [21-24]. Раскрытие этих закономерностей на основе моделей повреждений, позволит изучить явления, связанные с изменением выходных параметров машины во времени и отказами функционирования из-за разрушения деталей. Достаточно часто, отказы функционирования являются следствием возрастания динамических нагрузок в машине при износе ее элементов. Для металлургических машин, особенно быстроходных и тяжело нагруженных, именно динамические явления лимитируют допустимые величины износов и ресурс деталей [22, 25].

Наиболее перспективным направлением использования результатов моделирования повреждения деталей, является создание специальных систем информации о степени повреждения ремонтируемых деталей, не достигнувших предельного состояния и не имеющих отказов, для недопущения которых и производится ремонт. Этот источник информации, который в настоящее время практически не применяется, позволит оценить степень использования параметров надежности детали и обоснованно назначить ресурс машины. Разработка систем информации, содержащих информацию о надежности деталей на стадии эксплуатации, является фундаментом к разработке систем управления надежностью оборудования, оценки тенденций ее изменения и достигнутого уровня [26-28].

Уникальность, и в большинстве случаев, единичность металлургического оборудования, создает необходимость использования математического описания процессов накопления повреждений, для разработки методики испытания сложных объектов, к которым относится металлургическая машина. Высокая безотказность

отдельных деталей оборудования исключает применение традиционных методов испытания на надежность, применяемых для относительно простого оборудования [1, 4, 16, 27, 29-31]. Подобные методики позволяют на стадиях проектирования и изготовления нового оборудования получать информацию об уровне надежности его элементов. Развитие методов испытания, в сочетании с прогнозированием и использованием достоверной информации; разработка алгоритмов по оценке надежности, с учетом постоянно поступающей информации о фактическом текущем техническом состоянии детали; выявление максимальных реализаций потери деталью работоспособности; сочетание испытания со статистическим моделированием процесса повреждения; оценка и прогнозирование протекания ведущих процессов повреждения – является базой для создания подобных методик.

Поддержание и восстановление работоспособности металлургической машины является сложным процессом, зависящим от таких факторов, как: конструкция машины, методов ее эксплуатации, организации системы ремонта и технического обслуживания, экономических факторов и т.д. Выявление рациональных методов ремонта и технического обслуживания связано с их оптимизацией, где первое место отводится критерию экономичности [32-34]. Это требует учета и вероятного анализа особенностей накопления повреждений деталей, и как следствие, потери ею работоспособности, а также оценки реальных возможностей по их восстановлению [35-37]. Правильная организация системы ремонта и обслуживания может при тех же затратах значительно повысить эффективность использования и надежность функционирования металлургических машин и оборудования, а также обеспечит целесообразность и эффективность проведения профилактических операций и ремонтно-восстановительных работ [38]. Функционирование моделей накопления повреждений деталей, в рамках специальной системы, называемой, ремонтной службой предприятия [39, 40], обеспечит требуемый уровень работоспособности оборудования.

ВЫВОДЫ

Создание и использование математических моделей накопления повреждений деталей металлургического оборудования, является одним из перспективных направлений решения задач повышения их надежности на всех этапах существования (проектирование, изготовление, испытание и эксплуатация).

При построении математических моделей накопления повреждений используется большое количество методов и подходов, имеющих определенные особенности и базирующиеся на различной исходной статистической информации.

Построению математических моделей предшествует тщательное изучение процессов, приводящих к зарождению, развитию и достижению критического уровня повреждения деталей металлургического оборудования.

Наличие большого количества разнообразных металлургических машин, имеющих свои конструктивные и эксплуатационные особенности, требует индивидуального подхода к разработке математического аппарата, описывающего процесс передачи технологической нагрузки, как главного фактора повреждения, от рабочего органа машины ко всем ее конструктивным элементам.

Использование моделей повреждения деталей металлургического оборудования на стадии его проектирования и эксплуатации, обеспечит решение ряда задач, таких как: обоснование оптимальной долговечности деталей оборудования, снижение материалоемкости и энергоемкости конструкций, повышение производительности машин.

Использование математических моделей накопления повреждений, является отправной точкой в решении многих задач исследовательского, технологического и технико-экономического направления, связанных с повышением надежности работы оборудования и обеспечением непрерывности технологического процесса, что предотвратит снижение технико-экономических показателей производства.

Перечень ссылок

1. *Гребеник В.М., Цапко В.К.* Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. - М.: Металлургия, 1989. – 592 с.
2. *Когаев В.П., Дроздов Ю.Н.* Прочность и износостойкость деталей машин: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. - М.: Высшая школа, 1991. -319 с.
3. *Проников А.С.* Параметрическая надежность машин. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 560 с.
4. *Седуш В.Я.* Надежность ремонт, и монтаж металлургических машин: Учебник. – К.:УМК ВО, 1992. – 368 с.
5. *Труханов В.М.* Надежность в технике. - М.: Машиностроение, 1999. –598 с.
6. *Седуш В.Я., Ченцов Н.А., Ченцова Н.С.* Прогнозирование сроков отказа металлургического оборудования // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1994. № 3. – С. 75-77.
7. *Рыньков Р.Н.* Прогнозирование усталостного ресурса элементов изделий при случайном нагружении на основе теории информации // Надежность и контроль качества. – 1995 №8. – С. 20-28.
8. *Сопилкин Г.В. Ошовская Е.В.* Модель прогнозирования комплексного показателя надежности машин // Вопросы проектирования, эксплуатации технических систем в металлургии, машиностроении, строительстве. Труды международной научно-технической конференции. Старый Оскол, 1999, Часть I, С. 191-193.
9. *Ллойд Д., Липов М.* Надежность. Организация исследования, методы, математический аппарат. Пер. с англ. Коваленко И.Н., Русакова Г.А. Под ред. Бусленко Н.П. – М.: Советское радио, 1964. – 686 с.
10. *Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д.* Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965 - 524с.
11. *Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б.* Модели отказов. Под ред. Гнеденко Б.В. – М.: Советское радио, 1966. – 166 с.
12. *Коллинз Дж.* Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение. (J. A. Collins Failure of materials in Mechanical Design, New York, 1981): Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 624 с.
13. *Гриневич В.И., Цапко В.К.* Прогнозирование усталостной долговечности деталей металлургического оборудования // Надежность и долговечность машин и сооружений. – К.: Наукова думка. 1986. Вып. 9. С. 17-21.
14. *Тарасов Ю.Л., Миноранский Э.И., Перов С.Н.* Прогнозирование надежности конструкций по критерию усталостного повреждения // Надежность и долговечность машин и сооружений. - К.: Наукова думка. Вып.6, 1984., С. 91-96.
15. *Дроздов Ю.Н.* Прогнозирование интенсивности изнашивания трущихся тел на основе теоретико-инвариантного метода // Проблемы машиностроения и надежность машин. 1999. №1. С. 28-35.
16. *Проников А.С.* Надежность машин. –М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
17. Надежность машин. Энциклопедия. В 40 тт. – М.: Машиностроение. 1998. – Т. IV-3. 592 с.
18. *Кожевников С.Н.* Динамика машин с упругими звеньями. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 162 с.
19. *Иванченко Ф.К., Полухин П.И., Тылкин М.А., Полухин В.П.* Динамика и прочность прокатного оборудования. - М.: Металлургия, 1970. - 487 с.
20. *Иванченко Ф.К., Красношанка В.А.* Динамика металлургических машин. – М.: Металлургия, 1983. – 295 с.
21. *Кожевников С.Н.* Динамика нестационарных процессов в машинах. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.

22. *Большаков В.И.* Исследование динамических нагрузок металлургических машин // Защита металлургических машин от поломок. Сборник научных трудов. Мариуполь. – 1999. Вып. № 4. - С. 6-14.
23. *Большаков В.И., Веренев В.В.* Особенности идентификации динамической модели главного привода листопрокатного стана // Защита металлургических машин от поломок. Сборник научных трудов. Мариуполь. - 1998. Вып. № 3. - С. 30-34.
24. *Вышинский В.Т.* Построение оптимальной динамической модели машины с последовательным соединением механизмов на примере стана холодной прокатки труб // Защита металлургических машин от поломок. Сборник научных трудов. Мариуполь. - 1998. Вып. № 3. - С. 73-77.
25. *Большаков В.И., Цапко В.К.* Проблемы защиты металлургических машин от поломок // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1998. - № 3. - С. 89-91.
26. *Горелов Д.А., Гугель А.С.* Системы управления в черной металлургии. - К.: Техніка, 1982. - 143 с.
27. *Гребеник В.М., Гордиенко А.В., Цапко В.К.* Повышение надежности металлургического оборудования: Справочник. – М.: Металлургия, 1988. – 688 с.
28. *Шудра В.Ф., Желтан Т.А.* Организация технического обслуживания производства в промышленно развитых капиталистических странах. – К.: УкрНИИНТИ, 1987. - 17 с.
29. *Плахтин В.Д.* Надежность ремонт, и монтаж металлургических машин. - М.: Металлургия, 1983. - 415 с.
30. *Притыкин Д.П.* Надежность, ремонт и монтаж металлургического оборудования. Учебник. - М.: Металлургия, 1985. – 368 с.
31. *Жиркин Ю.В.* Надежность и ремонт металлургических машин, Свердловск, УПИ, 1979. – 89 с.
32. *Аптекарь С.С., Вендров И.Г., и др.* Организация ремонта оборудования металлургических предприятий. - К.: Техніка, 1981, - 159 с.
33. *Бельгольский Б.П., Коцюба А.И., Простак С.А.* Совершенствование организации и планирования ремонтов металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1987. - 96 с.
34. *Сарамутин В.И.* Технология ремонта и монтажа машин и агрегатов металлургических заводов. Учебник для техникумов. - М.: Металлургия, 1991. - 239 с.
35. *Шудра В.Ф.* Механизм восстановления парка промышленного оборудования. - К.: Техніка, 1990. - 143 с.
36. *Цеков В.И.* Ремонт деталей металлургических машин. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1987. - 320 с.
37. *Кружков В.А., Чиченев Н.А.* Ремонт и монтаж металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1985. - 320 с.
38. *Седуш В.Я., Сопилкин Г.В., Вдовин В.З и др.* Организация технического обслуживания металлургического оборудования. – К.: Техніка, 1986. – 124 с.
39. *Ченцов Н.А.* Задачи и структура ремонтной службы металлургического предприятия // Защита металлургических машин от поломок. Сборник научных трудов. Мариуполь. - 1998. Вып. № 3. - С. 7-13.
40. *Ченцов Н.А., Ручко В.Н., Сулейманов С.Л., Сидоров В.А.* Компоненты системы технического обслуживания металлургического оборудования // Защита металлургических машин от поломок. Сборник научных трудов. Мариуполь. - 2000. Вып. № 5. - С. 20-26.