

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ РЕДУКТОРОВ ГОРНЫХ КОМБАЙНОВ

В. П. Кондрахин, В.Г. Гуляев, В.А. Тарасенко
Донецкий национальный технический университет

Обґрунтовано необхідність і запропоновані напрямки удосконалювання нормативно-технічної бази для розрахунків на утомленістну довговічність редукторів гірничих комбайнів. Впровадження нових методів розрахунку дозволить на будь-якому етапі створення й освоєння машини визначати показники довговічності для заданих гірничо-технічних умов її експлуатації.

Современные тенденции развития комбайновой выемки характеризуются резким повышением интенсивности процессов разрушения углей и пород. Повышение интенсивности работы горных комбайнов определяется в современных условиях тремя факторами.

Во-первых, для обеспечения роста производительности машин резко возросли их энерговооруженность и скорости перемещения. Так, например, энерговооруженность современных очистных комбайнов за последние 10-15 лет повысилась в 2-3 раза и достигает 300-600 кВт. Скорость перемещения очистных комбайнов выросла в 3-5 раз (с 3-5 м/мин до 10-15 м/мин).

Во-вторых, повышение конкурентоспособности продукции требует интенсификации горного производства, концентрации горных работ, что неизбежно связано с ростом требований к надежности комбайнов и их использованию во времени. Так, например, в современных высоконагруженных лавах США и Германии коэффициент машинного времени достигает 0,8-0,9, в то время как для угольной промышленности Украины пока характерны значения 0,3-0,5.

В-третьих, резко усложняются горно-геологические условия, что особенно характерно для Донбасса. При этом возрастают крепость и размеры породных прослоек, разрушаемых при выемке угля очистными комбайнами, а также увеличивается доля добычи из тонких угольных пластов сложной структуры.

Повышение интенсивности работы горных комбайнов при отсутствии возможности увеличения габаритных размеров существенно повышает требования к качеству их проектирования и расчетов на прочность и долговечность.

Существующая нормативно-техническая база для расчетов на усталостную прочность редукторов горных комбайнов основана на исследованиях 20-30 летней давности [1,2 и др.], на основе которых созданы отраслевые стандарты и руководящие документы угольной промышленности СССР (ОСТ 12.44.109-79, ОСТ 12.44.097-83, ОСТ 12.44.098-84, РД 12.25.130-89 и др.). Практически без изменения некоторые из этих нормативно-технических документов вошли в недавно введенные в действие руководящие нормативные документы Министерства угольной промышленности Украины (например, КД 12.10.040-99 и КД 12.10.041-99).

Как известно [3], ныне применяемые в горном машиностроении методы расчета на усталостную прочность основаны на использовании коэффициентов запаса прочности, которые определяются как отношение предельных амплитуд напряжений к рабочим. При определении рабочих амплитуд напряжения принимается режим работы машины, соответствующий устойчивому моменту электродвигателя, а также учитывается случайный характер рабочих нагрузок, который оценивается коэффициентом вариации крутящего момента в трансмиссии. Указанный коэффициент определяется расчетным путем по соответствующим методикам, учитывающим изменчивость нагрузки на резцах, исполнительных органах, изменчивость показателей разрушаемости горного массива и динамические свойства машины. Коэффициенты запаса прочности сравниваются с нормативными значениями, полученными на основе опыта эксплуатации машин.

Основным недостатком указанных методов расчета является то, что они не позволяют получить показатели долговечности редуктора (например, гамма-процентный ресурс) для заданных горно-технических условий эксплуатации машины и не учитывают влияния на усталостную прочность фактических режимов работы машин и максимальных пиковых нагрузок [4].

Несовершенство существующего метода особенно наглядно проявляется при расчете валов и осей на выносливость. Например, число циклов перемены напряжения кручения принимается таким же, как и число циклов перемены напряжений изгиба, которые в свою очередь определяются частотой вращения вала. На самом деле, процесс изменения напряжений изгиба и кручения валов редуктора носит сложный, неодинаковый характер, причем напряжения кручения на всех валах редуктора изменяются одинаково, а напряжения изгиба – существенно по-разному. На рисунке в качестве примера приведена качественная, упрощенная на основе детерминистических представлений картина изменения касательных и нормальных напряжений входного и выходного вала редуктора. Кривые получены расчетным путем, причем взаимное соотношение частот низко- и высокочастотных составляющих колебаний

крутящего момента и частот вращения валов принято характерным для систем приводов горных комбайнов.

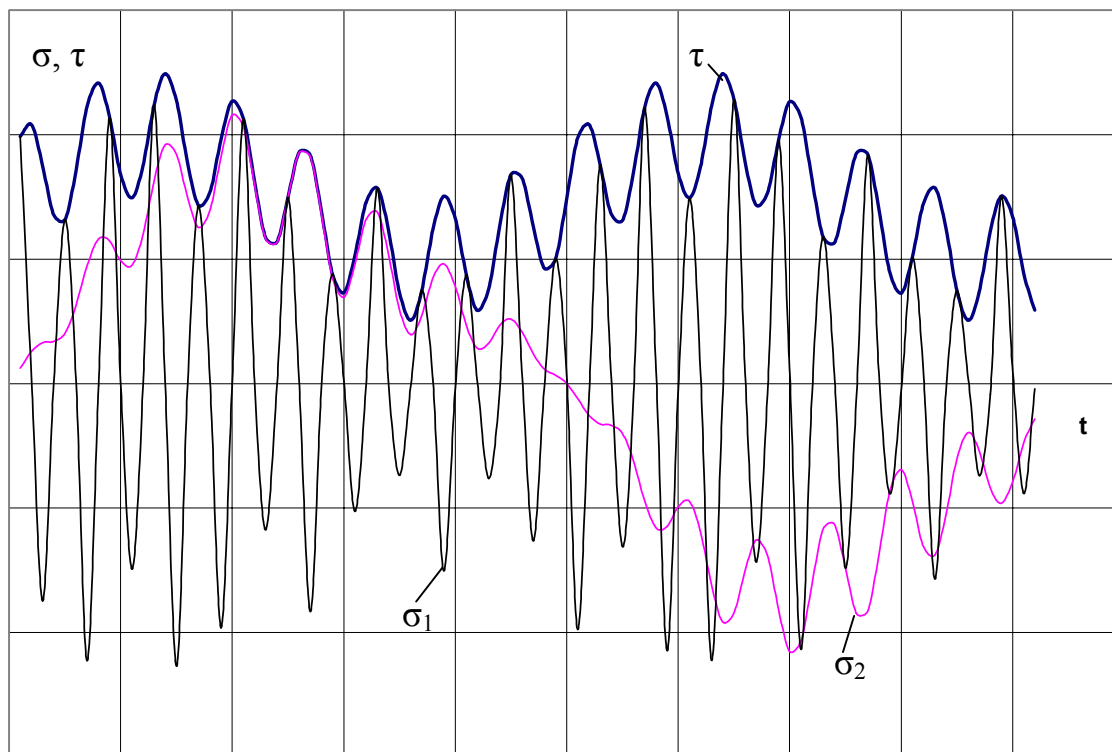


Рисунок – Характер изменения касательных τ и нормальных напряжений в опасном сечении валов горного комбайна (σ_1 – 1-й вал редуктора, σ_2 – выходной вал)

Как видно из рисунка, процесс изменения напряжений даже без учета случайного характера нагрузок является достаточно сложным и требует использования для определения числа и амплитуд циклов того или иного метода схематизации. Картина существенно усложнится, если учесть случайный характер изменения крутящего момента, а для вала исполнительного органа - также случайные изгибающие усилия, действующие на вал со стороны исполнительного органа.

За прошедшие десятилетия на фоне беспрецедентного прогресса в области создания и использования компьютерных технологий получены новые результаты в развитии как методов имитационного моделирования рабочих процессов горных машин [5], так и методов расчетов деталей машин на усталостную прочность при действии случайных нагрузок [6, 7].

В настоящее время появляется реальная возможность на любой стадии создания и освоения машины для конкретных горно-геологических и горно-технических условий ее применения расчетным путем определять функции долговечности деталей редукторов, их гамма-процентный ресурс,

выявить элементы, ограничивающие долговечность редукторов, и выбрать эффективные пути и способы ее повышения.

Можно выделить следующие этапы расчета элементов редукторов горного комбайна на усталостную долговечность с использованием современных методов:

1. Выявление основных элементарных режимов нагружения, циклически повторяющихся при эксплуатации машины, формирование блока нагружения, который учитывает фактическую периодичность включения машины и максимальные пиковые нагрузки .
2. Проведение вычислительных экспериментов с использованием имитационных математических моделей рабочих процессов исследуемой машины. Моделирование рабочего процесса машины производится в основных режимах, на основе чего определяются нагрузки на исполнительном органе и в редукторе.
3. Построение по результатам вычислительного эксперимента осциллограмм напряжений рассчитываемого элемента: зубьев зубчатых колес, валов, осей. Для вала исполнительного органа при определении напряжений изгиба следует учитывать нагрузки на исполнительном органе, а также динамические добавки, обусловленные колебаниями массивного исполнительного органа при работе машины.
4. Выделение единичных циклов нагружения путем использования методов схематизации случайных процессов (например, двухпараметрического метода «дождя»)
5. Определение экспериментальным (предпочтительней) или расчетным путем статистических характеристик сопротивления усталости (среднее значение и коэффициенты вариации предела выносливости натурной детали и параметров кривой усталости).
6. Построение на основе скорректированной линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений функции распределения долговечности (на компьютере, например, методом статистических испытаний с учетом случайного характера всех величин, определяющих долговечность).

Для практической реализации указанных методов расчета долговечности редукторов горных комбайнов следует выполнить НИР, основными задачами которой являются:

- обобщить и систематизировать методы имитационного моделирования рабочего процесса горных машин, составить библиотеку соответствующего программного обеспечения;
- разработать рекомендации по выбору представительного блока нагружения горных комбайнов для заданных условий эксплуатации;

- разработать алгоритмы и программы для реализации указанных методов расчета.

Основным исполнителем такой работы могла бы стать кафедра «Горные машины» ДонНТУ, имеющая уникальные экспериментальные данные и большой опыт разработки и использования имитационных моделей рабочих процессов горных машин [5], с участием Донгипроуглемаша и других заинтересованных организаций.

Литература

1. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. - М. : Машиностроение, 1975. - 488 с.
2. Повышение прочности и долговечности горных машин / А.В. Докукин, и др. - М. : Машиностроение, 1982. - 230 с.
3. Семенча П.В., Зислин Ю.А. Редукторы горных машин. Конструкции, расчет и испытания. - М. : Недра, 1990. - 238 с.
4. Красников Ю.Д., Солод С.В., Хазанов Х.И. Повышение надежности горных выемочных машин. - М. : Недра, 1989. - 216 с.
5. Использование методов имитационного моделирования и оптимизации при создании и совершенствовании породоразрушающих машин для угольной промышленности Донбасса / В.П. Кондрахин, В.Г. Гуляев, В.А. Тарасенко, А.И. Хиценко. - Материалы научно-практической конференции «Донбасс-2020: наука и техника – производству» Донецк, 2002, С.148-151
6. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность / В.П. Когаев, Н.А. Махутов, А.П. Гусенков. - М. : Машиностроение, 1985. - 224 с.
7. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. - М. : Машиностроение, 1993. - 364 с.

Поступила в редакцию 15.12.2003 г.