УДК 622.232

**ВИРТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗОК И СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИЛОВЫХ ПОДСИСТЕМ ВЫЕМОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

# Горбатов П.А., д.т.н., профессор; Перинский М.В., студент

*(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)*

Для значительного сокращения сроков создания выемочных (очистных и проходческих) комбайнов и кардинального повышения их технического уровня, прежде всего по макроуровневым показателям надежности и производительности, необходимо дальнейшее развитие и расширение применения передовых методов оптимального проектирования. Следует подчеркнуть, что в современных САПР выемочных комбайнов, как и других сложных горных машин, важнейшей составной частью процессов проектирования и конструирования является виртуальное моделирование на основе эффективных компьютерных технологий и программных продуктов [1-3 и др.]. Практически на компьютере создается виртуальная модель изделия и еще до начала производства всесторонне исследуется его функционирование в рабочих условиях. Тем самым техническое изделие совершенствуется, повышается его качество, улучшаются технико-экономические показатели на основе «компьютерных испытаний». Замена дорогостоящих и длительных натурных экспериментов и испытаний выемочных комбайнов и других сложных горных машин на быстрое и эффективное компьютерное моделирование обеспечивает создание качественных и конкурентоспособных рассматриваемых технических изделий.

Конкретные методы виртуального моделирования, рассматриваемые в работе и применяемые в САПР выемочных комбайнов, представлены на рисунке. Здесь использованы следующие условные обозначения: ВК - выемочные комбайны; ММ – математические модели; МКЭ – метод конечных элементов.

Данные методы виртуального моделирования характеризуются следующими основными особенностями:

- базируются на методологии системного подхода к выемочным комбайнам как сложным техническим системам и на современных разработках в области теории работы и оптимального проектирования рассматриваемых объектов;

- включают в качестве составных частей пакет следующих взаимосвязанных материалов – оригинальные структурно-параметрические решения; исходные расчетные схемы и математические модели, обладающие достаточным уровнем корректности; алгоритмы и программные комплексы, а также соответствующие методики расчетов;

- обеспечивают прогнозирование нагрузок и оптимизацию динамико-энергетических показателей функционирования выемочных комбайнов путем многокритериального синтеза силовых элементов с рациональными структурами и параметрами.

Рассмотрим некоторые особенности этапов виртуального моделирования.

Прежде всего, следует подчеркнуть, что при имитационном моделировании рабочих процессов выемочных комбайнов вследствие ярко выраженного динамического характера разрушения горных массивов (со случайным распределением физико-механических свойств) внешние силовые воздействия и отклики силовых подсистем (в виде нагрузок, скоростей и т.д.) носят стохастический характер. Это обусловливает необходимость использования аппарата теории случайных процессов и соответствующего математического и программного обеспечения для определения статистик рассматриваемых процессов.

.

Проверка адекватности и калибровка моделей и прикладных программ

на основе трехмерных твердотель-ных моде-лей и МКЭ

Виртуальное моделирование ВК и процессов их функционирования

на основе имитацион-ных ММ рабочих процессов ВК

Разработка альтернативных

(в т.ч. нетрадиционных) структурно-параметри-ческих решений

Разработка математического и программного обеспечения для многокритериа-льного анализа и синтеза

Разработка 3D моделей, установление рациональных конечно-элементных сеток и граничных условий

Планирование вычислительного эксперимента

Анализ результатов моделирования и структурно-параметрической опти-мизации, разработка выводов и рекомендаций

Рисунок – Основные этапы виртуального моделирования   
 выемочных комбайнов

В работах д.т.н. Болотина В.В. [4 и др.] приведена зависимость для оценки характеристической долговечности элемента, подверженного воздействию напряжений, случайный процесс изменения которых является узкополосным, нормальным:

,

где: *N*0 – базовое число циклов;

*r* – предельная (по выносливости) амплитуда напряжений;

,  - среднеквадратические отклонения соответственно напряжений и скорости их изменения;

 - табулированная гамма-функция;

 - табулированная функция  - распределения Пирсона;

m – показатель кривой усталости.

Из этого выражения видно, что для повышения долговечности необходимо минимизировать  и , причем уменьшение  более эффективно, т. к. показатель m для применяемых материалов гораздо больше единицы. Отсюда следует, что в плане улучшения параметров надежности для оценки эффективности предлагаемых структурно-параметрических решений в качестве функций цели (или единичных критериев качества) целесообразно принимать, прежде всего, среднеквадратические отклонения или дисперсии нагрузок (например, крутящего момента на валах редуктора, электромагнитного момента двигателя, нагрузок в подсистеме подвески и перемещения исполнительного органа и др.).

В качестве ограничений при постановке задач структурно-параметрической оптимизации силовых подсистем выемочных комбайнов выступают:

* параметрические ограничения, накладываемые на значения оптимизируемых параметров, исходя из возможности их конструктивно-технической реализации;
* критериальные ограничения, соответствующие допустимым значениям для каждого из критериев качества;
* в ряде случаев – функциональные ограничения, в качестве которых могут быть, например, использованы максимально допустимые по фактору формирования внешних связей дисперсии колебательных составляющих пространственных перемещений исполнительных органов.

Для большинства решаемых задач применительно к выемочным комбайнам в качестве примеров виртуального моделирования на основе 3D моделей и метода конечных элементов можно, прежде всего, отметить:

* CAD-систему автоматизированного проектирования Solid Works с возможностями трехмерного твердотельного проектирования и конструирования сборочных единиц и деталей, экспресс-анализа массово-инерционных характеристик узлов сложной конфигурации;
* интегрированную в Solid Works систему инженерных расчетов Cosmos Works, которая позволяет на основе МКЭ устанавливать особенности формирования напряженно-деформированного состояния сложных пространственных конструкций (напряжений, деформаций, перемещений).

Этап планирования вычислительно эксперимента предусматривает определение исходных данных для моделирования, выбор анализируемых и оптимизируемых величин и параметров их реализаций, установление функций целей, ограничений и граничных условий, разработку плана эксперимента. При выборе исходных данных для компьютерного моделирования весьма важно установить представительные горно-геологические условия и режимные параметры работы выемочных машин (например, для очистных комбайнов – расчетную мощность пласта, его строение и сопротивляемость резанию слагающих пласт слоев, рабочую скорость подачи и др.).

Перечень ссылок

1. Горбатов П.А. Имитационное моделирование динамических процессов в очистных комбайнах, функционирующих в автономных системах «комбайн-массив-конвейер»//Разработка месторождений полезных ископаемых: Республ. межвед. научно-техн. сб. – Киев: Техника, 1991.- Вып.88. - с. 26-31.

2. Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике // А.А. Алямовский и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800с.

3. Виртуальное моделирование и современные методы оценки прочности и ресурса горных машин / В.В. Косарев, Н.И. Стадник, В.А. Дейниченко, В.С. Воскресенский//Горное оборудование и электромеханика. – М.: Новые технологии, №5, 2006. – с. 12-16.

4. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.