

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

*Фурунжиев Р.И., к. т. н., профессор (БГАТУ)*

Активное развитие и применение на предприятиях по производству сельскохозяйственной техники, прикладных НИИ и ведущих университетов страны в последние годы получили многоцелевые универсальные программные комплексы компьютерного инженерного анализа CAE (Computer Aided Engineering), предназначенных для решения задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа, теплопереноса, электромагнетизма и др. [1]. Теоретической основой большинства из этих комплексов является известный метод конечных элементов. Диапазон применимости этого метода, наглядность и сравнительная легкость реализации, делают его серьезными соперниками для любого метода. Наличие же встроенного языка программирования, например языка параметрического программирования APDL (ANSYS Parametric Design Language) в системе ANSYS, открывает новые возможности для проектирования оптимальных технических систем.

В настоящее время программный комплекс ANSYS активно применяется в учебном процессе ряда высших учебных заведений [2]. Опыт применения программы в некоторых ВУЗах России показывает, что он может быть положен в основу сквозной подготовки студентов некоторых специальностей, начиная с первого курса и заканчивая дипломным проектом. На младших курсах студенты знакомятся с возможностями геометрического моделирования конструкций средствами программы, а также импорта геометрии из CAD программ путем использования стандартных графических форматов IGES и STEP. Далее, в курсе теоретической механики, с помощью этой программы могут решаться задачи статики, кинематики и динамики. Благодаря наличию в программе модулей теплового и гидроаэродинамического анализа, а также анализа электромагнитных, электрических полей и пьезоэлектрических явлений программа используется при подготовке специалистов по ряду специальностей большинства факультетов университетов.

Особенно актуальна проблема углубленного изучения и внедрения в науку и производство методов и средств компьютерных информационных технологий в области оптимизации структуры технических решений и их топологии. Для систем, в которых структура проектируемого объекта и его топология предварительно задана, задача решается известными методами, алгоритмами и компьютерными программами параметрической оптимизации для широкого круга объектов. Между тем, выбор рациональной структуры, как правило, оказывает решающее значение на степень оптимальности искомого решения.

Методы оптимизации в рассматриваемой постановке можно классифицировать по типам переменных оптимизации, описывающих структуру и топологию конструкции. Целевая функция и ограничения записываются в виде функций этих переменных, в том числе переменных, которые описывают свойства материала. В зависимости от того, какими свойствами оптимизируемого объекта управляют конструктивные параметры в конкретной задаче, она называется оптимизацией *размеров, структуры и топологии*. Таким образом, при оптимизации предусматривается изменение геометрических размеров, структуры и топологии конструкции до тех пор пока не будет достигнут оптимум с учетом заданных ограничений.

Оптимизация размеров заключается в изменении размеров элементов конструкции при сохранении ее формы и топологии. Например, оптимизация ферм и рам, как правило,

подразумевает определение только оптимальных поперечных сечений соответствующих элементов. Топология фермы фиксирована, поэтому нет необходимости изменять аналитическую модель при изменении переменных. В континуальных плоских структурах в качестве переменной оптимизации, как правило, выбирается толщина пластины.

Оптимизация структуры подразумевает сохранение неизменной топологии объекта при изменении формы. Переменные оптимизации в этом случае задают структуру конструкции. Побочным эффектом оптимизации структуры обычно является оптимизация размеров. Вообще говоря, оптимизация размеров может считаться частным случаем оптимизации структуры. При оптимизации структуры переменными могут быть и параметры границ объемного тела. В частности, в качестве переменных могут быть выбраны координаты узлов, расположенных на границах тела. В этом случае основное требование к модели состоит в том, что она не должна ухудшаться в процессе оптимизации. Это может потребовать регенерации сетки конечных элементов на каждой итерации. При оптимизации структуры методом варьирования границ часто используется концепция областей конструкции. Под областями конструкции подразумеваются части, на которые делится расчетная схема. Границы каждой области задаются набором переменных оптимизации. Каждая область конструкции может состоять из множества конечных элементов, которые могут объединяться в суперэлементы. Существует множество способов параметризации границ: представление границы при помощи кубических сплайнов, например, кривыми Безье и B-сплайнами. Задающие точки кривых и поверхностей служат переменными задачи структурной оптимизации.

Оптимизация топологии. Глобальная оптимизация обычно обязательно включает оптимизацию топологии, которая предусматривает формирование границ проектируемого объекта, создание новых границ и удаление существующих. Образно говоря – топологическая оптимизация позволяет подобно скульптору отсечь в конструкции все лишнее из первоначального объема заготовки. Оптимизация заключается в определении значений переменных, соответствующих такой топологии объекта, которая делает поведение данного объекта оптимальным по отношению к структуре. Наиболее широко при топологической оптимизации используется подход формирования базовой структуры, согласно которого пространство конструкции покрывается сеткой узлов как в методе конечных элементов. В этих узлах прикладываются нагрузки и задаются ограничения. *Базовая структура получается путем соединения каждого узла со всеми остальными.* Простой алгоритм поиска позволяет оптимизировать базовую структуру для получения минимального веса или стоимости при условии, что напряжения или перемещения не превысят предельных значений. *В процессе оптимизации лишние элементы базовой структуры удаляются автоматически, когда площадь их поперечного сечения оказывается равной нулю с помощью имеющихся в некоторых комплексах программных средств.* Автоматическое удаление лишних элементов оказывается существенно затрудненным, так как напряжения в элементах резко возрастают при стремлении площади их поперечного сечения к нулю. *Другая проблема состоит в вырождении матрицы жесткости при удалении некоторых элементов.* Сформулированная компьютерная технология эффективно реализуется на языке параметрического программирования APDL комплекса ANSYS.

### **Литература**

1. Фурунжиев, Р.И. Методика компьютерного инженерного анализа технической и экономической эффективности повышения скорости вспашки / Р.И. Фурунжиев, Д.А.Чернышев, А.С. Ковеня // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития. Материалы XI Международной научной конференции. Минск, 14-15 октября, 2010. Том 5. 2010. – С. 92–94.

2. Фурунжиев, Р.И. Компьютерные технологии инженерного анализа в учебном процессе технических университетов // Актуальные проблемы повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса: сборник докладов Международной научно-практической конференции. 24 – 26 ноября 2010 г. В 2 ч. Ч.1 / редколл: Н.В. Казаровец [ и др.]. – Минск: БГАТУ, 2010. – с. 126-129.

УДК 544.6 : 636. 085/087

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ

*Кардашов П. В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент, Дубодел И. Б., к.т.н., доцент,  
Лицкевич Е.И., Кардашов М. В. (БГАТУ)*

На современном этапе развития животноводства важно не только заготовить достаточное количество кормов, но и добиваться того, чтобы они обеспечивали полноценное питание, высокую продуктивность и привес животных. Существенное значение имеет и дезинфекция технологического оборудования, которая в конечном итоге снижает заболеваемость скота.

Одним из способов повышения качества кормов и снижения бактерицидной загрязненности технологического оборудования является обработка их водой, прошедшей электрохимическую активацию.

Как физико-химический процесс электрохимическая активация представляет собой совокупность осуществляемых в условиях минимального выделения тепла электрохимического и электрофизического воздействий на жидкость (преимущественно, на воду) с содержащимися в ней ионами и молекулами растворенных веществ.

Электрохимическая активация позволяет направленно изменять состав растворенных газов, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства воды в пределах, намного больших, чем при эквивалентном химическом регулировании, позволяет синтезировать из воды и растворенных веществ химические реагенты (окислители или восстановители) в метастабильном состоянии.

В процессе электроактивации солевого водного раствора, определенной концентрации, происходит разделение на две фракции. В анодной зоне образуется хлорноватистая кислота гипохлорид, хлорат и перихлорат натрия, перекись водорода. Данный раствор обладает антисептическими и бактерицидными свойствами. В катодной зоне происходит выделение газообразного водорода и образование щелочи. Кроме того, в католите образуется избыточное количество гидроксидионов, которые повышают качество кормов, влияющих на рост и развитие животных.

Следовательно, для обработки кормов и дезинфекции технологического оборудования необходимы электрохимически активированные растворы, технологическая схема приготовления которых приведена на рисунке 1.

Процесс приготовления электроактивированных растворов проходит в следующей последовательности: вручную загружается поваренная соль NaCl в емкость для исходных растворов 3, открывается вентиль У1 и вода заливается в емкость 3 до уровня SL1, включается мешалка М1 на время, необходимое для растворения соли в воде, после чего включается насос М2, который перекачивает порцию раствора из емкости 3 в электрохимический реактор 2, в это же время открывается вентиль У4 и поступает вода из водопроводной сети, солевой раствор и вода перемешиваются по пути следования в