

УДК 622.330.4

М.А. Антонов, В.В. Агафонов, А.Е. Ютяев

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБКОЙ ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕДОБЫЧИ

Приводится анализ основ методологии синтеза гибких технологий угледобычи на основе феноменологического (эвристико-эволюционного) подхода.

Ключевые слова: технологические системы, оптимизация, угольные шахты, горнодобывающее оборудование.

В статье на примере проектирования технологических систем угольных шахт описано новое научное направление исследований, заключающееся в создании и развитии методологии (системных методов, математических моделей и алгоритмов) комплексной оптимизации технологических процессов, технологических схем, режимов их работы и горнодобывающего оборудования на основе феноменологического подхода.

Данный подход базируется на интегрально-эвристическом принципе синтеза пространственно-планировочной топологии технологических схем, эвристическом принципе формирования режимов их работы, детерминированных моделях оптимальных процессов и выбора горнодобывающего оборудования, эвристико-эволюционном принципе оптимизации сложных систем. Для этого в состав системы расчетов должны входить программные комплексы, позволяющие решать следующие задачи:

- синтез пространственно-планировочной топологии (структуры) технологических схем;
- формирование технологических режимов работы основных технологических подсистем (очистные и подготовительные работы, вентиляция,

транспорт-подъем, технологический комплекс поверхности и др.);

- расчет материальных и трудовых ресурсов;
- выбор оптимального горнодобывающего оборудования;
- расчет целевой функции (критерия оптимальности);
- технико-экономический анализ технологических схем;
- эвристико-эволюционная оптимизация пространственно-планировочной топологии, режимов работы и элементов горнодобывающего оборудования.

При реализации феноменологического подхода к оптимизации впервые создан эвристический алгоритм автоматизированного синтеза пространственно-планировочной топологии (структуры) технологических схем на основе гипотетической обобщенной схемы (эталон-шахта), что позволяет синтезировать сотни реальных технологических схем.

На основе исследований, изложенных в статье, впервые стал возможен комплексный и всесторонний анализ технологических схем угольных шахт.

В соответствии с феноменологическим подходом синтез конкретных технологических схем ведется на основе «декомпозиции», упрощения

обобщенной схемы с предельно большим числом элементов и связей (потоков).

Упрощение обобщенной схемы осуществляется по определенным эвристическим правилам.

В предлагаемой обобщенной схеме значительно сокращается количество связей, так как нереальные связи отсутствуют. Это сокращает размерность задачи. Кроме того, применение эвристических правил при варьировании связями и наборами элементов технологической схемы также упрощает задачу оптимизации реальной схемы.

При этом возможность варьирования не только связями, но и наборами элементов существенно расширяет возможность метода. Более того, обобщенная схема должна систематически пополняться новыми элементами и связями по мере появления новых решений в технологии данного производства и развития научно-технического прогресса.

В этом случае сама обобщенная схема становится синонимом новых технологий и новой горнодобывающей техники.

Система автоматизированного проектирования работает следующим образом:

1. В автоматическом или диалоговом автоматизированном режиме синтезируется исходная пространственно-планировочная топология технологической схемы угольной шахты.

Синтез пространственно-планировочной топологии технологической схемы — одна из сложнейших научно-технических проблем. Синтез возможно осуществлять на основе гипотетической обобщенной схемы обустройства и эвристико-эволюционного алгоритма. Для этого в компьютер вводятся потоковая матрица смежно-

сти обобщенной схемы и алгоритмы вариации элементами и связями.

2. С помощью эвристического алгоритма задается исходный режим функционирования технологической схемы (автоматически или в диалоговом автоматизированном режиме).

3. При известной (текущей) пространственно-планировочной топологии технологической схемы рассчитывается материальный и трудовой ресурсы (в автоматическом режиме). На этой базе формируются исходные данные для выбора горнодобывающего оборудования (режимные параметры на входе и выходе).

4. Производится выбор горнодобывающего оборудования из базы данных. Оборудование должно выбираться лучшее из имеющегося, либо должны выдаваться задания на поиск недостающего нового оптимального оборудования.

5. Рассчитывается критерий оптимальности (целевая функция). В качестве критерия оптимальности обычно принимается технико-экономический критерий (прибыль, доход, чистая прибыль, чистый доход).

6. Проводится технико-экономический анализ при текущих пространственно-планировочной топологии технологической схемы, режиме ее работы и наборе элементов горнодобывающего оборудования.

7. Проверяется, все ли варианты горнодобывающего оборудования перебраны.

8. Если перебор горнодобывающего оборудования не завершен, делается подбор нового. В процессе этого перебора выбирается наилучший набор оборудования.

9. После выбора оптимального оборудования, соответствующего текущему значению пространственно-планировочной топологии и режима

работы, следует проверка: — перебраны ли все режимы.

10. В случае если не все режимы оценены, по разработанному алгоритму изменяется режим и процедуры повторяются с п. 2. Такие процедуры повторяются до тех пор, пока для данной пространственно-планировочной топологии технологической схемы будет найден оптимальный технологический режим и оптимальное оборудование.

11. Следует проверка, — перебраны ли все альтернативные варианты пространственно-планировочной топологии технологической схемы угольной шахты.

12. В случае если не все пространственно-планировочные топологии технологической схемы оценены, по разработанному алгоритму изменяется топология технологической схемы обустройства и все расчеты повторяются с п. 1. Этот итерационный процесс длится до тех пор, пока в заданной области не будут перебраны все пространственно-планировочные топологии технологических схем.

В результате в заданной области изменения пространственно-планировочных топологических, режимных, конструктивных переменных (для оборудования) получаем оптимальную по выбранному критерию на уровне топологии технологической схемы, технологического режима и горнодобывающего оборудования.

Здесь еще раз подчеркиваем, что оптимальная технологическая схема может быть только та, которая оптимальна на всех уровнях. Если, к примеру, пространственно-планировочная топология технологической схемы угольной шахты неоптимальна, то какими бы оптимальными ни были режим работы и горнодобывающее оборудование, схема в целом оптимальной не будет.

Все расчеты в процессе оптимизации проводятся по упрощенным, но достаточно точным моделям.

13. Оптимальная технологическая схема (и несколько близких к ней) далее оптимизируются по более сложным и точным моделям для идентификации их технологических, технических и экономических показателей и исключения случайных факторов при выборе оптимальной.

Оптимальная технологическая схема окончательно утверждается для дальнейшей работы на всех этапах проектирования.

Для нормального функционирования всей системы расчета должна быть разработана база данных, включающая в себя сведения о технологических схемах и режимах работы, геомеханических свойствах пород, влияющих на процессы добычи угля, сведения о горнодобывающем оборудовании, экономические сведения, справочные материалы, необходимые для проектирования, программы расчетов параметров процессов и горнодобывающего оборудования в узлах технологических схем и т.п.

Одной из самых сложных проблем является синтез пространственно-планировочной топологии технологической схемы на основе обобщенной. Поэтому следует рассмотреть этот вопрос подробнее.

На начальном этапе представляется обобщенная технологическая схема добычи угля, которая включает в себя предельно большое количество элементов и связей потоков.

Она создана на основе анализа существующих современных способов и схем добычи угля и включает в себя практически все самые современные научно-технические решения, элементы и модули, применяемые в том или ином случае.

Разработанная обобщенная технологическая схема включает все наиболее распространенные процессы добычи угля и возможные технологические способы осуществления этих процессов.

Таким образом, из обобщенной технологической схемы практически можно набирать все возможные конкретные технологические схемы добычи угля, хотя некоторые из них могут быть и невыгодны с технико-экономической точки зрения. Это обусловлено тем, что в обобщенной схеме предусмотрено не оптимальное, а максимально возможное число элементов.

Связи между элементами предусмотрены также неоптимальные, а принципиально возможные.

Для решения задачи синтеза различных пространственно-планировочных топологий наиболее удобным является построение и анализ характеристического потокового графа гипотетической обобщенной схемы (эталон-шахты) с использованием его «структурных возможностей». Вершины характеристического потокового графа соответствуют элементам обобщенной схемы, которые изменяют конкретную характеристику потоков, а также внешним и внутренним источникам воздействия.

Дуги характеристического графа отвечают информационным потокам данной конкретной характеристики. Главное требование к характеристическому потоковому графу — его изоморфность пространственно-планировочной топологии технологической схемы угольной шахты.

Поскольку построенная технологическая модель обладает значительным числом вершин и дуг, то требуется несколько упрощенное изображение узлов этого графа, а именно: все дуги, инцидентные одной и той же

вершине, локализованы в соответствующих частях графа, что позволяет более просто ориентироваться в анализируемой модели.

Так как конечной целью анализа данной пространственно-планировочной топологической модели является получение конкретных программ синтеза и расчета технологических схем, то для применения ЭВМ удобной оказывается матричная форма представления графа.

Так как обычно применяемые матрицы привели бы к слишком большеразмерным массивам чисел, то для анализа обобщенной системы добычи угля можно использовать потоковую матрицу смежности.

В ней по вертикали формируются элементы, из которых информационные потоки выходят, а по горизонтали — элементы, в которые информационные потоки входят.

Связь между элементами технологической схемы в матрице показана номером связующего элемента потока. При этом разными в схеме считаются потоки, различающиеся составом и/или параметрами.

Нужно подчеркнуть, что предлагаемая потоковая матрица сложности несет в себе наиболее полную информацию о пространственно-планировочной топологии (структуре) технологических систем угольных шахт.

С учетом этого она и используется для синтеза конкретных технологических схем на основе обобщенной. Анализируется список максимального числа элементов технологической схемы и фрагменты списка потоков.

В основу математической модели положена потоковая матрица смежности и алгоритмы формирования набора элементов и информационных потоков.

Эвристический алгоритм синтеза гибких технологических схем на ос-

нове обобщенной схемы заключается в следующем.

Для превращения обобщенной (гипотетической) схемы в конкретную технологическую схему добычи угля необходимо проанализировать характеристический потоковый граф обобщенной схемы и исключить из него множество вершин, не присущее заданной конкретной схеме, а также все связанные с ними дуги, по определенным эвристическим правилам.

Изложенные соображения легли в основу двухуровневого эвристического алгоритма синтеза гибких технологических схем угольных шахт. На верхнем уровне осуществляется синтез схем из всех реально возможных сочетаний элементов обобщенной схемы. Для каждого такого сочетания составляется потоковый граф и потоковая матрица смежности меньшей размерности, чем исходная.

Размерность матрицы равна числу элементов во множестве синтезируемой технологической схемы. Это достигается исключением из исходной матрицы столбцов и строк под номе-

рами исключенных из исходной обобщенной схемы элементов.

Кроме того, из множества дуг исходной обобщенной матрицы исключаются все дуги, выходящие из исключенных элементов.

Дуги, входившие в исключенный элемент, из инцидентного с ним элемента, направляются в следующие остающиеся во множестве элементы.

На нижнем уровне при фиксированном множестве элементов обеспечивается синтез схем с различными связями между элементами.

При анализе конкретных технологических схем, полученных на базе обобщений, происходит качественный скачок. После наложения определенных ограничений на исходную обобщенную схему синтезируется целый класс схем в количестве от нескольких десятков до нескольких сотен (в зависимости от наложенных ограничений), которые можно сравнить между собой до, а затем после ввода нового элемента или изменения связей.

Результатом расчетов являются все возможные варианты конкретных технологических схем в виде их матриц. **ГИАЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Антонов М.А. — аспирант,
Агафонов В.В. — аспирант,
Югяев А.Е. — студент,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

