

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Д. А. Пичугин (Астрахань)

Основным исполнителем работ на всех этапах освоения морских нефтегазовых месторождений являются суда и плавучие технические средства нефтегазопромыслового флота (НГФ). Нефтегазопромысловый флот отличается от морского транспортного и рыбопромысловых флотов чрезвычайной сложностью структуры. Даже по укрупненной классификации НГФ включает более шестидесяти одноцелевых судов и плавучих технических средств (ПТС), а если учитывать многоцелевые суда, то количество судов флота значительно возрастает. НГФ характеризуется также наличием значительного числа комплексов и групп судов и ПТС, имеющих свои частные цели, из которых складывается общая цель флота – освоение нефтегазовых ресурсов континентального шельфа.

НГФ для добычи полезных ископаемых с шельфа Каспийского моря представляет собой сложную морскую региональную транспортную систему, элементы которой рассредоточены на небольшой территории и связаны между собой и с внешней средой сложными динамическими и стохастическими связями. Параметры НГФ взаимосвязаны таким образом, при котором изменение одного ведет к изменению многих других. Это выдвигает ряд первоочередных проблем, связанных с научно-обоснованным развитием структуры НГФ и системы его взаимодействия, исходя из стоящих перед ней задач.

Сложные в техническом отношении и дорогостоящие этапы освоения морских нефтегазовых месторождений включают комплекс взаимосвязанных этапов. По классификации принято выделять семь основных этапов. Для каждого из них характерны специфическая технология и оборудование [1].

Расчет потребности судов НГФ следует вести по годам, в соответствии с генеральной схемой освоения акваторий (или лицензируемого участка), устанавливающей очередность ввода месторождений в эксплуатацию. Расчет по годам позволит установить динамику численности и номенклатуры судов, что дает возможность заранее предусмотреть дальнейшее использование высвобождающихся судов по назначению, или, в противном случае, продажу или реконструкцию (исключительно в отдельных случаях).

Безусловно, поскольку сама генеральная схема многовариантна, такие расчеты могут быть также многовариантными, что позволит установить или выбрать наиболее рациональный.

Основным в теории проектирования судов является вариантный метод. В основу вариантного метода положен выбор наилучшего варианта судна из заранее рассчитанных вариантов с систематически меняющимися элементами. Существенное преимущество вариантного метода – его наглядность. Однако удобство и наглядность метода проявляются при ограниченном количестве оптимизируемых элементов. Недостаток вариантных моделей состоит в том, что выбор оптимальных характеристик возможен лишь из предварительно заданных значений, например дедвейта. Попытки уменьшить интервал ведут к резкому росту размерности задачи, что при нескольких оптимизируемых характеристиках и немалом количестве направлений перевозок затрудняет решение задачи либо вообще делает ее неразрешимой. По причине большой размерности вариантной модели в ней практически невозможен достаточно детальный учет взаимодействия судов и специфических особенностей их использования.

Непрерывные модели более гибки в этом отношении – оптимальные значения характеристик определяются непосредственно. Однако использование таких моделей

на уровне флота связано с трудностями вычислительного характера. Локализация же задачи рассмотрением отдельных типов судов или комплексов исключает возможность объективной оптимизации (унификации типов) [2].

Поскольку количество направлений перевозок в бассейне Каспийского моря значительно, то целесообразнее применять непрерывные модели.

Используя достоинства моделей обоих типов, целесообразно рассматривать двухэтапную последовательность решения задачи оптимизации характеристик судов и пополнения флота. На первом этапе вариантная модель позволяет определить типы судов пополнения и сбалансировать заданные объемы перевозок и имеющиеся ресурсы. Поскольку такая модель, как было показано, должна учитывать ранее построенные суда, в результате решения можно установить нагрузку – объемы грузоперевозок, приходящиеся на суда пополнения, т.е. суда, которые должны быть построены в планируемом периоде. Тогда на втором этапе для этих объемов и уже существенно меньшего числа направлений перевозок ставится задача уточнения характеристик новых судов с учетом более детальных условий эксплуатационного и производственного характера. Для той же цели целесообразно использовать непрерывные модели, позволяющие оптимизировать непосредственно характеристики судов.

Для решения задачи оптимизации, которая имеет вид

$$F(X) \rightarrow \text{extr},$$

где F – функционал; X – область искомых решений; extr – экстремум (принимает в зависимости от решаемой задачи минимальное или максимальное значение).

Под областью искомых решений понимается множество параметров системы, входящих в модель функционирования нефтегазопромыслового флота. В качестве функции используются суммарные приведенные затраты.

Это выражение реализуется с учетом ограничений и граничных условий. Поиск экстремума можно осуществлять соответствующими математическими методами. В качестве метода поиска экстремума предлагается использовать метод генетических алгоритмов (ГА).

Идея генетических алгоритмов взята из теории Дарвина о эволюции. В ГА создаются виды (решения), которые скрещиваются между собой, мутируют, самые неудачные умирают. Суть алгоритма в том, что изначально имеется набор произвольных видов. Каждый вид содержит в себе набор хромосом (переменных, значение которых надо найти), которые и надо рассчитать. Сначала имеются в популяции виды, у которых все хромосомы случайны. После этого происходит скрещивание видов и, возможно, мутирование. После этого отбираются самые лучшие виды (у которых минимальна целевая функция), а самые плохие (с максимальными целевыми функциями и с хромосомами, которые не попадают в заданный интервал) удаляются из популяции. На следующей итерации скрещивание, мутирование и отбор повторяются. Благодаря этому постепенно остаются только те, у которых целевая функция близка к минимуму. И так повторяется до тех пор, пока не будет найдено удовлетворяющее решение.

ГА отличаются от других оптимизационных и поисковых процедур следующим:

- работают в основном не с параметрами, а с закодированным, множеством параметров;
- осуществляют поиск из популяции точек, а не единственной точки;
- используют целевую функцию, а не ее различные приращения для оценки информации;
- используют не детерминированные, а вероятностные правила.

ГА работает до тех пор, пока не будет выполнено заданное количество генераций или на некоторой генерации будет получено решение заданного качества или возникнет преждевременная сходимость, когда найден локальный оптимум и ГА не может найти из него выход.

В отличие от других методов оптимизации ГА, как правило, анализируют различные области пространства решений одновременно и более приспособлены к нахождению новых областей с лучшими значениями целевой функции за счет объединения квазиоптимальных решений из разных популяций.

Дадим сравнение некоторых терминов естественной генетики ГА:

- хромосома – решение (тип судна);
- популяция – набор решений (состав флота);
- поколение – генерация ГА (процесс реализации одной итерации алгоритма);
- ген – элемент, находящийся в хромосоме (длина, ширина, осадка, мощность, дедвейт и т.п.);
- аллель – величина (значение) элемента;
- фенотип – структура (структура флота);
- эпистасис – множество параметров, альтернативные решения.

Таким образом, флот можно представить как «организм» имеющий определенный набор хромосом, состоящий из генов. В результате эволюции можно получить оптимальные параметры «организма».

На первом этапе определяются входящие в состав флота типы судов, в том числе и унифицированные, задаются ограничения и граничные условия для рассматриваемого бассейна и месторождения.

На основе анализа прототипов различных типов судов, входящих в состав НГФ, получены зависимости основных характеристик судов от грузоподъемности, мощности скорости и т.п., которые в дальнейшем используются при разработке математической модели.

Выразив через основные характеристики судов стоимость серии судов, с учетом коэффициента серийности, эксплуатационных затрат, с учетом принципа оптимизации в логистике, получили зависимость приведенных затрат от основных характеристик судов. Рассматривая в качестве портов различные варианты необходимо учитывать имеющуюся инфраструктуру и затраты связанные с ее модернизацией.

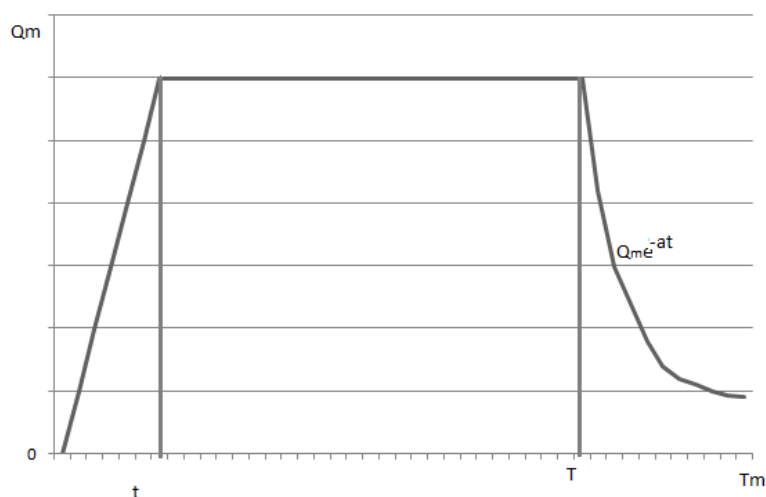
Решение поставленной задачи осуществляется с помощью детерминированных и стохастических методов. Такой подход обусловлен особенностями функционирования флота в условиях действия случайных факторов и динамическим характером, протекающих в нем процессов. В качестве основной привязки целесообразно использовать динамику добычи углеводородов.

При разработке морских месторождений основными грузами являются грузы, обеспечивающие ведение работ на платформе и добываемые углеводороды. Потребность в грузах на платформе зависит от глубины залегания пласта, количества скважин и скорости бурения. Динамика добычи углеводородов зависит от запасов, геолого-физических характеристик пласта и состава извлекаемых углеводородов. Динамику добычи можно записать в виде

$$\int_0^T q(t) dt = \gamma Q_3,$$

где T – время эксплуатации месторождения; $q(t)$ – текущее значение добываемой нефти, м^3 ; Q_3 – запасы нефти месторождения, м^3 ; γ – коэффициент, зависящий от минимального устьевого давления.

Динамика добычи представлена в виде графика на рисунке.



Связав продолжительность бурения скважин с необходимыми запасами грузов (трубы, технологические жидкости и т.п.) на платформе, получим грузооборот для судов снабжения. Грузооборот танкеров связан с динамикой добычи углеводородов на месторождении.

Таким образом, предлагаемая имитационная модель с использованием генетических алгоритмов позволяет определить изменение количественного и качественного состава нефтегазопромыслового флота с учетом динамики добычи углеводородов. Разработанная имитационная модель позволяет учитывать изменения транспортной обстановки на Каспийском море и функционирования системы.

Литература

1. Морские инженерные сооружения. Ч. 1. Морские буровые установки: Учебник / Р.В. Борисов, В.Г. Макаров, В.С. Никитин, А.С. Портной, В.Ф. Соколов, И.В. Степанов, О.Я. Тимофеев; Под общ. ред. **В. Ф. Соколова**. СПб.: Судостроение, 2003. 535 с.
2. **Пашин В. М.** Оптимизация судов. Л.: Судостроение, 1983. 254 с.