

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕМОНТНЫХ СЛУЖБ В ОРГАНИЗАЦИЯХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

© 2011 А.И. Ладошкин, И.А. Майорова, Е.А. Харитоновна*

Ключевые слова: нефтяная промышленность, ремонт, скважины, модели, алгоритм, оптимизация.

Рассматриваются возможности применения экономико-математических методов и моделей для повышения эффективности ремонта скважин при формировании плана-графика ремонтных работ в организациях нефтедобывающего комплекса.

Данную проблему рассмотрим на примере формирования и оптимизации графика ремонта скважин. В общем случае задача оптимизации графика ремонта скважин формулируется следующим образом.

Для имеющегося набора скважин как объектов, подлежащих ремонту в плановом периоде, и заданного количества ремонтных бригад требуется построить маршруты их передвижения по данным объектам, позволяющие обеспечить достижение заданного критерия оптимальности.

Важная роль на этапе постановки задачи оптимизации графика ремонта скважин и построения ее экономико-математической модели принадлежит обоснованному выбору критерия оптимальности, представляющего собой количественную оценку результатов планирования.

При определении искомого критерия за основу было принято то положение, что оптимальный план имеет двоякий аспект и предусматривает достижение в плановом периоде:

1) максимального конечного результата (прибыли) при заданных ограничениях на трудовые, материальные и финансовые ресурсы;

2) заданного конечного результата с наименьшими затратами.

Рассмотрим возможность и особенности использования данных критериев для оптимизации графика ремонта скважин.

Использование прибыли в качестве основной цели планирования имеет ряд досто-

инств. Прибыль представляет собой качественный показатель работы предприятия, поскольку характеризует уровень выполнения задания по объему и реализации готовой продукции (услуг), отражает повышение технического уровня производства, эффективность использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, совершенствование методов хозяйствования.

Однако на величину прибыли влияют изменение цен и специфика оплаты ремонта скважин. Плановая прибыль по каждой скважине представляет собой разницу между сметной стоимостью ремонта и плановой себестоимостью ремонта. Причем плановая себестоимость ремонтных работ заранее согласовывается с заказчиком (нефтедобывающей организацией), поэтому повысить прибыль ремонтной организации можно путем снижения фактической себестоимости оказываемых услуг по ремонту скважин. Основными источниками снижения затрат являются: совершенствование техники и технологии ремонта, снижение удельных норм расхода материалов и энергии, сокращение транспортных издержек и другие. Указанные мероприятия находят отражение в плане повышения эффективности производства ремонтной организации и составляют его главное содержание.

И вместе с тем следует отметить, что часть данных мероприятий, связанная с повышением качества плановых разработок, может быть реализована на этапе формирования графика ремонта скважин. По этой причине кри-

* Ладошкин Альберт Иванович, доктор экономических наук, профессор; Майорова Ирина Альбертовна, кандидат экономических наук; Харитоновна Елена Альбертовна, кандидат экономических наук. - Самарский государственный технический университет. E-mail: vestnik@sseu.ru.

терий минимума затрат может быть положен в основу оптимизации графика ремонта скважин.

Отражая цели управления объектом как замкнутой экономической системой, критерий оптимальности должен учитывать то обстоятельство, что рассматриваемый объект "ремонтная организация" выполняет функции технического обслуживания нефтедобывающего предприятия и должен исходить из его целей и задач. Поэтому на втором этапе была рассмотрена возможность корректировки критерия - минимум затрат на ремонт скважин - и ввести в него так называемые штрафные функции, учитывающие добычу нефти из скважин, прошедших процедуру ремонта. Однако данная вариация целевой функции не представляется целесообразной по следующим причинам.

Во-первых, указанные штрафные функции не имеют постоянной аналитической зависимости для разных организаций по ремонту скважин и периодов планирования, что осложняет их определение.

Во-вторых, аналитические выражения штрафных функций в силу большой зависимости от природного фактора носят весьма условный характер, что делает сомнительным их использование при решении задачи.

Поскольку, ремонтные организации выполняют функции обслуживания нефтедобывающих предприятий, постольку и критерий оптимизаций графика ремонта скважин должен учитывать интересы последних.

Экономические интересы нефтедобывающих предприятий в основном связаны с объемами добываемой нефти. В общем случае спрос на сырую нефть со стороны потенциальных ее потребителей является непостоянным и зависит от множества факторов экономического и политического характера. В одних случаях появляется повышенный спрос на сырую нефть и тогда нефтедобывающая организация стремится к увеличению ее производства. В других случаях может произойти падение спроса на сырую нефть, что неминуемо повлечет за собой снижение ее добычи. Таким образом, разные целевые установки по объему нефтедобычи на тех или иных временных интервалах должны учитываться и при формировании графика ремонта скважин.

В частности, если прогнозируется рост потребительского спроса на сырую нефть, то и в модели оптимизации графика ремонта скважин в качестве целевой функции целесообразно принять максимум добычи нефти в плановом периоде. Если прогнозируется стабильный или падающий спрос на сырую нефть, то в качестве целевой функции можно принять минимум затрат на ремонт скважин.

Критерий минимума затрат на ремонт скважин преимущественно отражает экономические интересы ремонтных организаций, критерий максимума добычи нефти из отремонтированных скважин в плановом периоде преимущественно отражает интересы нефтедобывающих организаций на этапе формирования графика ремонта скважин. Для согласования экономических интересов обеих сторон предлагается в качестве целевой функции использовать так называемый коэффициент ремонтной эффективности ($K_{рз}$). Аналитическое выражение данного коэффициента вытекает из логики следующего рассуждения.

Качество ремонта скважин можно оценить через показатель нормативной добычи нефти из отремонтированных скважин в межремонтном периоде, который может быть спрогнозирован по каждой скважине при принятии решения о целесообразности ее ремонта.

Поскольку на ремонт каждой скважины требуются денежные средства (Z), обоснованные в заказ-наряде, постольку отношение прогнозируемой нормативной добычи из скважины к затратам на ее ремонт будет характеризовать ремонтную эффективность данной скважины.

Таким образом, на основании комплексного анализа экономических интересов нефтедобывающих предприятий и организаций по ремонту скважин сделан вывод о том, что в качестве целевой функции при оптимизации графика ремонта скважин можно принять один из следующих¹:

- ♦ максимум добычи нефти в плановом периоде из скважин, прошедших стадию ремонта;
- ♦ максимум ремонтной эффективности;
- ♦ минимум затрат на ремонт скважин.

По первому критерию экономико-математическая модель задачи имеет следующий вид:

$$\sum_i \sum_j x_{ij} (d_i' t_i' + d_i'' t_i'') \rightarrow \max \quad (1) \quad (3)$$

при ограничениях

$$\sum_i \sum_j x_{ij} (T_i + T_n) \leq N \cdot T_{пл};$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} Z_i \leq K;$$

$$x_{ij} (x_{ij} - 1) = 0;$$

$$x_{ij} \geq 0,$$

где i - индекс скважины; j - индекс ремонтной бригады; x_{ij} - интенсивность передвижения j -й бригады по скважинам i , принимает значения 0 или 1; d_i' , d_i'' - соответственно, суточный дебит i -й скважины до проведения ремонта и после; t_i' , t_i'' - соответственно, время эксплуатации i -й скважины в плановом периоде до ремонта и после; T_i - продолжительность ремонта i -й скважины; T_n - нормативная продолжительность перехода ремонтной бригады с одной скважины как объекта на другую; $T_{пл}$ - продолжительность планового периода; N - среднегодовое число ремонтных бригад; Z_i - затраты на ремонт i -й скважины; K - денежные средства, выделенные на ремонт скважин в плановом периоде.

Если в качестве целевой функции выбран критерий максимума ремонтной эффективности скважин, то экономико-математическая модель запишется следующим образом:

$$\sum_i \sum_j x_{ij} \frac{D_{Hi}}{Z_i} \rightarrow \max \quad (2)$$

при ограничениях

$$\sum_i \sum_j x_{ij} (d_i' t_i' + d_i'' t_i'') \geq D_{пл};$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} (T_i + T_n) \leq N \cdot T_{пл};$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} Z_i \leq K_{пл};$$

$$x_{ij} (x_{ij} - 1) = 0;$$

$$x_{ij} \geq 0.$$

Если в качестве критерия принят минимум затрат на ремонт скважин, то экономико-математическая модель задачи примет вид

при ограничениях

$$\sum_i \sum_j x_{ij} (d_i' t_i' + d_i'' t_i'') \geq D_{пл};$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} (T_i + T_n) \leq N \cdot T_{пл};$$

$$x_{ij} (x_{ij} - 1) = 0;$$

$$x_{ij} \geq 0.$$

Оптимизация графика ремонта скважин рассматривается как задача календарного планирования с определением оптимальной очередности ремонта скважин и сроков их начала и окончания.

Для решения задач календарного планирования на сегодняшний день разработан ряд методов, из которых применительно к нашей ситуации наибольшее применение получили динамическое программирование² и метод ветвей и границ³.

Найти оптимальное решение задачи календарного планирования можно путем последовательного перебора всех возможных вариантов. Как правило, количество вариантов данных задач астрономически велико, поэтому метод последовательного перебора представляет исключительно длительную процедуру и не нашел практического применения.

Более эффективными, с практической точки зрения, являются методы пошагового конструирования решения задачи. Среди совокупности данных методов наибольшее распространение получил метод динамического программирования, который позволяет за конечное число итераций достичь заданных решений. Рассмотрим суть данного метода.

Динамическое программирование представляет собой математический метод поиска оптимального управленческого решения, специально приспособленный к многошаговым процессам.

Характерным для динамического программирования является подход к решению задачи по этапам, с каждым из которых ассоциирована одна управляемая переменная. Набор рекуррентных вычислительных процедур, связывающих различные этапы, обеспечивает получение допустимого решения задачи в целом при достижении последнего этапа.

В задачах динамического программирования экономический процесс зависит от времени (от нескольких периодов (этапов) времени), поэтому находится ряд оптимальных решений (последовательно для каждого этапа), обеспечивающих оптимальное развитие всего процесса в целом. Задачи динамического программирования называются многоэтапными или многошаговыми.

В целом динамическое программирование – это область математического программирования, включающая в себя совокупность приемов и средств для нахождения оптимального решения, а также оптимизации каждого шага в системе и выработки стратегии управления, т.е. процесс управления можно представить как многошаговый процесс. Динамическое программирование, используя поэтапное планирование, позволяет не только упростить решение задачи, но и решить те из них, к которым нельзя применить методы математического анализа. Упрощение решения достигается за счет значительного уменьшения количества исследуемых вариантов, так как вместо того, чтобы один раз решать сложную многовариантную задачу, метод поэтапного планирования предполагает многократное решение относительно простых задач. Планируя поэтапный процесс, следует исходить из интересов всего процесса в целом, т.е. при принятии решения на отдельном этапе всегда необходимо иметь в виду конечную цель.

Однако динамическое программирование имеет и свои недостатки. В отличие от линейного программирования, в котором симплексный метод является универсальным, в динамическом программировании такого метода не существует. Каждая задача имеет свои трудности, и в каждом случае необходимо найти наиболее подходящую методику решения. Недостаток динамического программирования заключается также в трудоемкости решения многомерных задач.

В целом алгоритм динамического программирования может быть использован как инструмент оптимизации графика строительства скважин.

Основу метода ветвей и границ составляет совокупность операций по конструированию различных вариантов плана, позволяющих эффективно сократить полный перебор. Реализация идеи данного метода проводится следующим образом:

- ◆ строится произвольная эталонная ветвь дерева возможных вариантов очередности ремонта скважин;

- ◆ перебираются последовательно вершины дерева, для каждой из них оценивается нижняя граница;

- ◆ в зависимости от величины нижней границы принимается решение о целесообразности нового ветвления той или иной вершины;

- ◆ эталонная ветвь с лучшей оценкой по нижней границе принимается за оптимальную.

Встает вопрос: какой метод эффективнее для решения задач календарного планирования – метод динамического программирования или метод ветвей и границ? Ответ на этот вопрос дается на основе сравнительной оценки по трудоемкости решения задачи о коммивояжере⁴. За примерно одинаковое время методом динамического программирования был составлен оптимальный маршрут коммивояжера между 13 городами; методом динамического программирования было рассчитано передвижение между 20 городами, а методом ветвей и границ – между 49 городами. Учитывая тот факт, что с увеличением числа городов на 10 трудоемкость решения возрастает примерно в 10 раз, можно сделать вывод о существенном преимуществе метода ветвей и границ.

Таким образом, для оптимизации графика ремонта скважин рекомендуется использовать метод ветвей и границ.

Итоговые показатели по вариантам графика ремонта скважин

Показатели	Варианты			
	Факт	Минимум затрат	Максимум добычи	Максимум ремонтной эффективности
Кол-во отремонтированных скважин	40	40	40	40
Затраты на ремонт, млн. руб.	30,5	28,8	31,3	30,1
Добыча в плановом периоде, тыс. т	33,2	32,8	36,4	36,1
Ожидаемая доля ремонтных затрат в себестоимости 1 т, %	14,7	14,4	14,2	14,2

В качестве примера оптимизации графика ремонта скважин приведем результаты расчета конкретного примера с использованием годовых данных по двум ремонтным бригадам ОАО «Самаранефтегаз» (см. таблицу).

Из приведенной таблицы видны преимущества использования математических методов в совершенствовании плановой деятельности организаций по ремонту скважин.

¹ Денисов В.Т., Ладоскин А.И. Модели организационно-экономических мероприятий по снижению затрат на ремонт скважин // Вестн. экон. наук Украины. 2006. № 1 (9).

² Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М., 1969.

³ Алгоритм для решения задачи о коммивояжере / Д.Ж. Литл // Экономика и математические методы. Т. 1. Вып. 1. 1965.

⁴ Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Указ. соч.

Поступила в редакцию 07.02.2011 г.