

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Е. Г. Серова (Санкт-Петербург)

Российская Федерация традиционно является одной из ведущих энергетических держав. Актуальность проведения исследований в рассматриваемой области обусловлена в первую очередь тем, что акценты нефтегазодобычи, в силу снижения возможностей суши, неуклонно смещаются в сторону освоения запасов, расположенных на морском шельфе. Континентальный шельф России составляет 3,9 млн. км.<sup>2</sup> (около 28% протяженности мирового шельфа), располагает большими запасами и имеет высокую перспективность для открытия крупных месторождений. Более 85% его площади расположены в арктическом секторе. К сожалению, площадь изученных отечественных арктических акваторий не превышает 10%. Добыча углеводородного сырья из глубин российской части Мирового океана практически не ведется, хотя к перспективным относятся 3,7 млн. кв.км российских акваторий. Шельфы окраинных и внутренних морей до сих пор мало изучены глубоким бурением. Разведка ресурсов северных и дальневосточных морей находится в зачаточном состоянии, хотя ряд отечественных компаний ("Росшельф", "Лукойл", "Роснефть", "Печорморнефть" и др.) уже приблизились к реализации крупных морских проектов на шельфе России. Среди открытых месторождений четыре по запасам являются уникальными: Штокмановское – газоконденсатное, расположенное в центральной части Баренцева моря, Ленинградское и Русановское – газовые (Карское море) и Приразломное – нефтяное, в акватории Печорского моря.

Особенности добычи нефти и газа на континентальном шельфе требуют создания сложных разветвленных и динамично изменяющихся производственных структур, формирование и функционирование которых требует значительных инвестиций и текущих затрат. В условиях конкуренции рациональные производственные структуры любых предприятий и их подразделений, в том числе предприятий нефтегазодобывающей отрасли, становятся жизненно необходимыми.

Решение такого рода задач предлагается осуществлять на основе методологии:

- ситуационного анализа проблем управления комплексами технических средств нефтегазодобычи;
- изучения и систематизации содержания производственных процессов освоения морских месторождений углеводородов;
- имитационного моделирования.

Современное состояние теории и практики формирования комплексов технических средств (КТС) нефтегазодобывающего флота (НГФ) не отвечает объективным требованиям рационализации их производственных структур в условиях обостряющейся конкуренции. Это обуславливает актуальность проведения исследований, связанных с решением вопросов в этой области. Морское предприятие, занимающееся изучением и освоением нефтегазового потенциала континентального шельфа России, должно иметь такую производственную структуру, при которой результаты выше, а затраты сопоставимы, или ниже, чем у конкурентов. Поэтому общей стратегией предприятия становится стратегия обеспечения его конкурентоспособности на основе создания экономически оправданных рациональных производственных структур. Только такие предприятия могут обеспечить необходимую гибкость их функционирования к изменениям конъюнктуры рынка.

Важнейшей и в определенном смысле “первичной” среди различных структур производственных систем, является производственная структура. Производственная структура предприятия – это упорядоченная совокупность производственных подразделений и их организационных отношений. Рациональная структуризация любой производственной системы сопровождается упорядочением ее компонентного состава относительно цели (или многих целей), с учетом ее свойств и характеристик, как целостной системы.

Производственные структуры предприятий, занимающихся освоением морских месторождений нефти и газа, характеризуются сложностью, динамичностью, многоотраслевым характером.

Процесс освоения нефтегазового месторождения принято делить на несколько этапов. На всех этапах освоения морских нефтяных и газовых месторождений континентального шельфа используются суда, а также буровые и другие плавучие технические средства (ПТС), входящие в состав нефтегазопромыслового флота (НГФ). Сложность освоения морских месторождений нефти и газа определяет то, что эффективным оказывается использование не отдельных технических средств, а комплексов, включающих в себя надводные средства и глубоководную технику. Причем, на каждом технологическом этапе используется определенный набор судов и плавучих технических средств, состоящий из технологически и технически совместимых элементов, в составе и количестве, необходимом и достаточном для выполнения всех работ этапа на строящихся или функционирующих объектах морского нефтегазопромысла. В качестве таких комплексов морской техники (КМТ) выделяются: геолого-геофизический, поисково-разведочный (буровой) (ПРК), строительства стационарных буровых платформ, обустройства месторождения, эксплуатационный и комплекс ликвидации производственных объектов месторождений.

Если ограничить работу КТС одним технологическим этапом, то задача рационализации элементного состава его производственной структуры может быть сформулирована следующим образом: определить целевой и количественный состав комплекса, необходимый для выполнения всех рабочих операций этапа морской технологии на всех объектах морской нефтедобычи на регионе в заданных объемах, в заданные сроки при соблюдении технологической дисциплины и условий эксплуатации судов и ППТС, с учетом технических возможностей действующего флота и минимизации затрат.

К основным факторам, определяющим целевой и количественный состав производственных структур комплексов технических средств НГФ, относятся:

- природно-климатические и геологические условия освоения морского месторождения;
- технология и организация работы;
- технические, экономические и эксплуатационные возможности существующего НГФ;
- достоверный диапазон характеристик судов, планируемых к постройке, аренде или закупке.

Одним из самых важных и наиболее часто встречающихся этапов освоения морских нефтегазовых месторождений на отечественном шельфе в настоящее время является этап поиска и разведки, основные виды работ которого:

- разведочное глубокое бурение;
- опытная эксплуатация;
- исследование скважин;
- отбор глубинных проб нефти и газа.

Существенное влияние на результаты формирования производственной структуры ПРК оказывает ее элементный состав.

Основным структурным элементом ПРК является буровая установка (БУ). Если в качестве признака классификации принять мобильность, то можно выделить две основные группы средств для бурения морских скважин: стационарные (неподвижные) (СПБУ) и подвижные (плавающие) (ПБУ). Кроме БУ на этапе поисково-разведочного бурения используются суда служебно-вспомогательного флота и суда обеспечения подводно-технических работ (СОПТР). К судам служебно-вспомогательного флота относятся суда обеспечения (СО), пассажирские (ПС), аварийно-спасательные (АСС), цементировщики (ЦС) и нефтемусоросборщики (НМС).

При решении задач, связанных с рационализацией производственных структур комплексов, элементный аспект системного анализа имеет определяющее значение. С этой точки зрения применение имитационных моделей, как основного инструмента системного анализа, является предпочтительнее, чем использование аналитических методов. Если рассматривать КТС (в частном случае это ПРК) как сложную систему, а процесс построения рациональных производственных структур комплексов сложной морской техники как некий сложный процесс, то поставленную задачу можно сформулировать следующим образом: исследовать этот процесс с точки зрения математического моделирования, используя не аналитические методы, а имитационное моделирование – как одно из самых важных и эффективных средств, которыми располагает системный анализ. Такой подход, безусловно, является инновационным в области интенсификации добычи нефти и газа на морском шельфе и позволяет провести расчет потребности в ПБУ и судах нефтегазопромыслового флота на этапе разведочного бурения в режиме имитации, т.е. проектируется комплексный состав и определяется целевое назначение НГФ для выполнения некоторого объема работ, коммерческих скоростей бурения, природно-климатических и организационных условий региона. А затем, также в режиме имитации, оценивается выбранный вариант управления и рассматривается процесс эксплуатации сложной системы (КТС), но уже с помощью другой имитационной модели (ИМ) (хотя в рамках той же имитационной системы (ИС)), другого способа и языка формализации. Предлагаемые имитационные модели предназначены для определения экономически оправданной рациональной производственной структуры ПРК. Экономически оправданной с точки зрения:

1. снижения издержек, экономии затрат, снижения себестоимости;
2. более рациональной организации производственных процессов, направленных на сокращение сроков работ;
3. повышения качества функционирования за счет увеличения надежности в эксплуатации.

Технология математического моделирования при изучении и прогнозе реальных процессов состоит в формулировке математической модели процесса, идентификации модели с помощью необходимых экспериментов (т.е. определения фигурирующих в ней внешних величин, описывающих свойства моделируемых процессов); верификации модели, т.е. сопоставлении ее результатов с реальным течением процесса, коррекции модели по результатам верификации; эксплуатации модели, т.е. прогноза течения процесса с помощью модели. Независимо от способа проектирования и назначения моделирования можно выделить восемь этапов создания и использования имитационной модели определения элементного состава производственной структуры ПРК. Учитывая особенности исследуемого объекта (относительно небольшая величина модели, простота и ясность в формулировке технического задания), второй этап (составление концептуальной модели) объединен с первым этапом (составление содержательного описания

объекта моделирования). На этом шаге выделяется объект моделирования с указанием целей имитации, аспектов функционирования, которые необходимо изучить на ИМ, описание внешней среды, с которой он взаимодействует. В качестве критериев, по которым происходит выбор наилучшей версии из множества вариантов управления формированием элементного состава производственной структуры поисково-разведочного комплекса, предлагаются:

- 1) коэффициент времени работы по назначению;
- 2) потребное количество судов;
- 3) суммарная строительная стоимость.

Заканчивается этот этап составлением логической схемы функционирования модели (выделением основных модулей – расчет потребного количества ПБУ, СО, ПС, СОПТР, ЦС, НМС, АСС – и определением их связей и взаимодействий между собой) – см. рис. 1

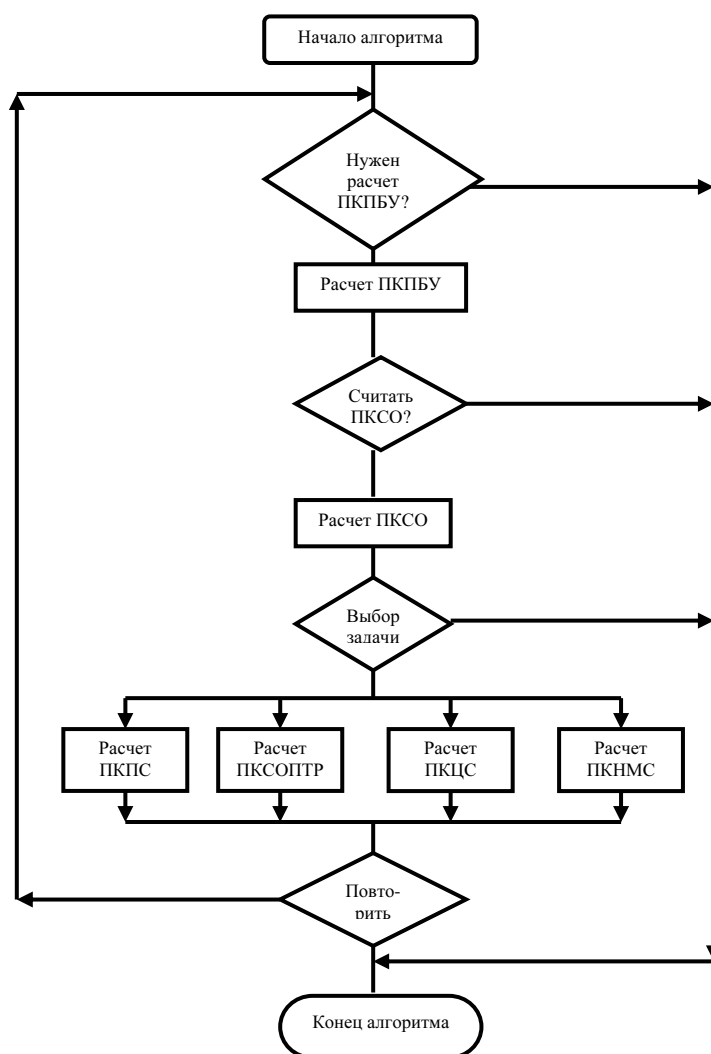


Рис.1. Укрупненная схема имитационной модели

Следующий этап – составление формального описания объекта моделирования. Выбирается смешанное представление в виде последовательности формул и алгоритмических записей. И здесь же осуществляется построение описания ИМ ПРК (т.е. опять происходит объединение технологических этапов построения имитационной модели,

на этот раз 3-го и 4-го). Результатом этапа является описание ИМ поисково-разведочного комплекса.

Пятый этап – программирование и отладка модели. Целесообразно, организуя интерактивный режим работы, предусмотреть возможность выбора, по желанию пользователя, количества лет, на которые производится расчет количества судов (от одного года до пяти лет). Пакет программ состоит из одного управляющего модуля и процедур, в каждой из которых рассчитывается необходимое количество определенного типа судов. Банк данных ИМ формируется в виде отдельных файлов до начала работы. Головная программа обращается к процедуре в том случае, если расчет данного типа судна нужен пользователю. Обращение производится с помощью выбора нужного пункта меню. Потребное количество ПБУ определяется обязательно. И, наконец, пользователь или эксперт имеет возможность выбрать форму вывода результата: в виде варианта плана или только сравнение планов по основным критериям.

Следующий этап – испытание моделей. Проводится проверка на адекватность и верификация модели.

6-й и 7-й этапы – исследование свойств ИМ. Пока не существует общепринятой теории имитации на ЭВМ, приходится полагаться на свой опыт организации имитации и на свое понимание особенностей объекта моделирования, на свою трактовку понятий “точность имитации”, “устойчивость результатов”, “стационарность режима”, “чувствительность ИМ”.

Следующий этап – эксплуатация модели. Сначала проводится планирование эксперимента, то есть определение числа и условий проведения опытов. Выбираются варьируемые параметры.

8-й этап – это проведение всех итерационных процессов и анализ результатов моделирования, в ходе которого в первую очередь необходимо оценить, показывают ли полученные данные адекватность выбранной модели процессам, протекающим в реальной системе.

Существующая методика планирования и организации работы плавучих технических средств и определения их потребности для предприятий Главморнефтегаза не включает в себя рассмотрение такого немаловажного вопроса, как анализ надежности в эксплуатации ПРК морской техники. Однако очевидно, что такая информация требуется проектировщику, когда он пытается оценить, является ли экономически оправданным создание и существование таких систем. Оценить надежность комплекса в эксплуатации – значит, определить вероятность безотказного выполнения стоящих перед ним целей, в зависимости от работоспособности или отказа составляющих его элементов. Вторая модель, предлагаемая в данном исследовании, посвящена решению этой задачи.

При составлении содержательного описания объекта моделирования используются результаты, полученные с помощью ИМ ПРК, описанного выше. А в качестве языка формализации выбирается язык теории графов, т.к. поисково-разведочный комплекс – это территориально распределенный объект, имеющий сетевую структуру. ПРК представим двухполюсным ориентированным графом, вершины которого – входящая в ПРК морская техника, а дуги – связи между составляющими комплекс элементами. Граф имеет два полюса: вход и выход (исток и сток), что тоже вполне отражает реальные процессы, происходящие в объекте моделирования (СПБУ – исток, а береговая инфраструктура и портовые сооружения – это сток).

Разработаны методы, позволяющие получать достаточно простые граничные – верхнюю и нижнюю – оценки вероятности связности двухполюсного оргграфа при условии случайного существования дуг (вершин), используя пути и разрезы графа. Одним из таких методов является метод Эзари-Прошана. Он был положен в основу пред-

лагаемой модели. В ходе эксперимента при одном варианте задания вероятностей работоспособности элементов комплекса рассматривались различные варианты его состава:

задавались различные варианты вероятностей работоспособности элементов производственной структуры ПРК (использовался датчик случайных чисел);

переназначался исток графа;

удалялась одна из вершин;

при одном варианте задания вероятности работоспособности элементов комплекса рассматривались различные варианты его состава.

В результате эксперимента сделан вывод об убыточности рассматриваемого комплекса относительно количества судов обеспечения буровых установок.

Такой способ решения достаточно универсален, т.к. теория графов применима к любому территориально распределенному объекту, имеющему сетевую структуру и представимому двухполюсным графом, метод Эзари-Прошана – тоже.

На основе проведенных исследований получены следующие выводы и результаты:

- уточнены понятия производственной структуры, элементного состава и параметрических характеристик комплексов применительно к специфическим условиям создания и функционирования ПРК;

- обоснована необходимость использования имитационных моделей при определении рационального состава производственных структур комплексов морской техники нефтегазопромыслового флота;

- изучены факторы, влияющие на определение количественных характеристик и условий эксплуатации судов, плавучих и подводных технических средств при проведении работ поиска и освоения месторождений нефти и газа на континентальном шельфе;

- создана имитационная модель и разработаны алгоритмы формирования производственной структуры ПРК, которая позволяет провести расчет потребности в буровых установках и судах нефтегазопромыслового флота на этапе разведочного бурения;

- разработан программный комплекс формирования производственной структуры ПРК, основанный на применении имитационного подхода как одного из важных инструментов системного анализа;

- разработана модель и алгоритм расчета оценки надежности функционирования производственных структур комплексов технических средств, использующая математический аппарат теории графов;

- проведены экспериментальные расчеты по оценке надежности поисково-разведочного комплекса морской техники.

Таким образом, ускорение освоения морских нефтегазовых ресурсов и формирование необходимой для этого производственной базы возможно только на основе современных научно-технических разработок в области создания и эксплуатации КТС. Предлагаемый подход, основанный на применении имитационного моделирования, позволяет определить экономически оправданный элементный состав производственной структуры КТС и исследовать специфические связи, возникающие между отдельными элементами комплексов в процессе их эксплуатации, определить такие параметры отдельных технических средств и комплекса в целом, при которых показатели качества его функционирования приобретают рациональные значения.