

УДК 519.876.2

К.О. ЗАПАДНЯ, Т.Ф. МАНДРИЙЧУК

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Статья посвящена решению задачи разработки модели анализа потоковых процессов в сложных распределенных технологических комплексах. Для исследования потоковых процессов и задач управления ими была разработана компьютерная имитационная модель, реализованная в интегрированной системе моделирования

потоковые процессы, технологический комплекс добычи, переработки и транспортировки нефти, моделирующие алгоритмы, система имитационного моделирования

Введение

Потоковые процессы в производственных системах характерны для распределенных технологических комплексов, таких как технологический комплекс добычи, переработки и транспортировки нефти (ТКДПТН). Для эффективного управления потоковыми процессами необходима интеграция отдельных технологических процессов, создание многоуровневых информационно-управляющих систем, с помощью которых можно осуществлять долгосрочное планирование и оперативное диспетчирование всей технологической цепи от поставщика до потребителей. Специфика таких комплексов заключается в непрерывном цикле работы и обслуживания техники, высоких эксплуатационных требованиях к используемому технологическому оборудованию.

В работе рассматривается новый класс моделей, которые могут более полно и достоверно с большой степенью адекватности описывать потоковые процессы производства с учетом возможных возмущений объективного и субъективного характера. Эффективным инструментом, позволяющим учесть влияние различных факторов и ситуаций, является системное имитационное моделирование. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой модели анализа потоковых процессов, для решения задач анализа и про-

гнозирования плановых показателей производства.

1 Особенности процессов управления ТКДПТН

ТКДПТН представляет собой сложную распределенную систему, состоящую из следующих основных объектов:

- месторождения в виде кустовых скважин, из которых добывается нефть;
- цех первичной переработки нефти (ЦППН);
- цех по предпродажной подготовке нефти (ЦПРПН);
- головная перекачивающая станция (ГПС);
- промежуточные перекачивающие станции (ППС);
- резервуарные парки (РП);
- наливные насосные станции (ННС);
- линейные участки трубопроводов.

Схема сооружений магистрального трубопровода показана на рис. 1. № 1 – головная перекачивающая станция; № 2 – промежуточная перекачивающая станция, совмещенная с наливной станцией; № 3, № 4 – промежуточные перекачивающие станции; 1 – резервуарный парк; 2 – нефтеперерабатывающий завод; 3 – наливная эстакада; 4 – наливная насосная; 5 – перекачивающая насосная.

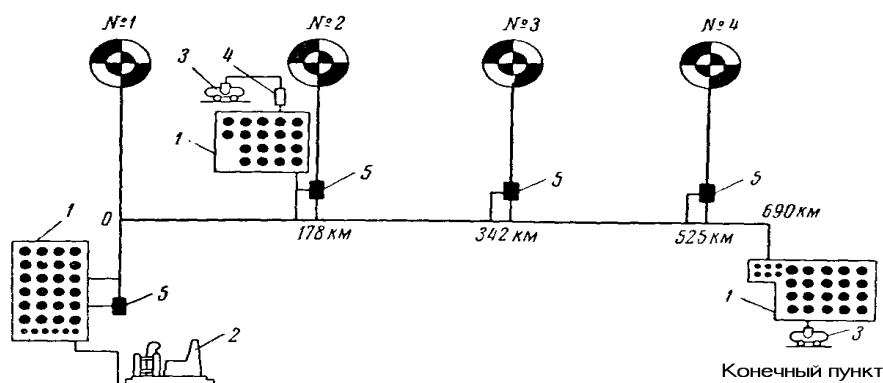


Рис. 1. Схема сооружений магистрального трубопровода

Для снижения стоимости строительства головные перекачивающие станции магистральных продуктопроводов и нефтепроводов размещают на площадках нефтеперерабатывающих заводов и установок подготовки нефти, вблизи резервуарных парков, что позволяет использовать (существующие) емкости, систему энергоснабжения, водоснабжения, канализации и другие подсобные сооружения.

Промежуточные станции размещают вдоль трассы, с учетом равномерного распределения давления по всем станциям трубопровода, с соблюдением требования о расположении площадок вблизи населенных пунктов, железных и шоссейных дорог, а также источников электро- и водоснабжения.

Перекачивающие и наливные станции в большинстве случаев размещают на общей площадке. Отдельные наливные станции сооружают только в случае, если их нельзя территориально совместить с другими объектами, что практически бывает редко.

На наливных станциях производится прием нефтепродуктов или нефти из магистрального трубопровода и налив их в железнодорожные цистерны или наливные суда. По составу сооружений и выполняемым технологическим операциям они идентичны крупным перевалочным нефтебазам. Единственным отличием являются имеющиеся на наливных станциях устройства для приема смеси последовательно перекачиваемых нефти или нефтепродуктов.

На магистральных нефтепроводах, оканчивающихся на нефтеперерабатывающих заводах, специальных конечных станций не имеется, и нефть передается непосредственно в резервуарный парк завода.

На магистральных трубопроводах, передающих нефть или нефтепродукт на головную станцию другого магистрального трубопровода, также не имеется специальных конечных станций, и передача производится в резервуары этой головной станции.

В настоящее время на большинстве действующих трубопроводов промежуточные станции имеют емкости. В то же время почти на всех вновь строящихся трубопроводах емкости на промежуточных станциях не предусматриваются. Это дает не только значительную экономию капиталовложений и эксплуатационных расходов, а также снижение потерь, но и уменьшает пожарную опасность станций.

Перекачивающие станции разделяются на головные и промежуточные.

Головные станции предназначены для приема нефти с установок по ее подготовке или нефтепродуктов с нефтеперерабатывающих заводов и перекачки их из емкости в магистральный трубопровод. В состав технологических сооружений головной станции входят: резервуарный парк, перекачивающая насосная с совмещенной или отдельной подпорной насосной, трубопроводы, установка фильтров.

Промежуточные станции служат для повыше-

ния давления перекачиваемой жидкости в магистральном трубопроводе. В состав технологических сооружений промежуточных станций входят: перекачивающая насосная, трубопроводы, установки фильтров, а в некоторых случаях еще и резервуары и подпорные насосные.

ТКДПТН в силу своих особенностей, основными из которых являются распределенность и большой перечень задач управления решаемых на различных уровнях иерархии, относится к классу систем, исследование, анализ и синтез которых невозможен без привлечения современных методологий проектирования и моделирования. При этом сам процесс добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов характеризуется большими энергозатратами, высокими эксплуатационными требованиями к используемому технологическому оборудованию, непрерывным циклом работы и обслуживания техники. Одним из основных направлений исследования при этом является анализ динамики поведения нефтекомплекса с учетом многочисленных возмущений объективного и субъективного характера.

При проектировании сложных распределенных систем различного назначения широко применяются методы математического моделирования, которые позволяют определить количественные и качественные характеристики проектируемой системы. В основном эти методы используются для структурно-функционального синтеза и анализа создаваемых систем, для сокращения лабораторных и натурных испытаний разрабатываемых систем с целью удешевления и ускорения процесса проектирования.

Во многих работах, связанных с формализацией знаний о создаваемой системе характерно описательное представление, алгоритмы поиска рациональных проектных решений, понятия состояний и ограничения. Ряд авторов на начальных этапах проектирования сложных систем предлагает применять логико-комбинаторные подходы к описанию знаний о проектируемом объекте. Ввиду того, что знания

зачастую носят не только количественный, но и качественный характер, многие авторы (О.И. Ларичев, А.Н. Борисов) используют для построения системы знаний методы нечетких множеств и отношений. Методы многокритериального синтеза используют Ю.А. Дубов, О.И. Ларичев и др. Также во многих работах используются методы теории принятия решений и эвристические методы.

Существующие в настоящий момент методы имитационного моделирования не позволяют описать с единых позиций все потоковые процессы, протекающие в ТКДПТН, и не используют методы промышленной логистики. Поэтому предлагается подход, который обладает универсальностью в описании процессов управления ТКДПТН и высоким уровнем детализации при построении моделей.

2 Событийное имитационное моделирование процессов управления

Созданию имитационной модели предшествует этап обследования сложной системы, на котором формируют цели исследования, перечень характеристик, описание изменяемых переменных, алгоритмы функционирования системы. Сложная система в имитационной модели представляется как совокупность структурных элементов (узлов) и связей между ними, где каждому элементу соответствует программный модуль, в котором имитируется его работа. После определения элементов описываются связи, которые задают переходы между отдельными элементами, имитируя при этом потоки в системе. Имитация имеет своей основной целью моделирование динамики, т.е. изменения состояний элементов системы во времени.

При событийном моделировании сложной системы выделяют узловые моменты динамики в виде событий. Каждое событие выполняется мгновенно во времени, модельное время затрачивается только на переход от события к событию. Реализация событий во времени напоминает цепную реакцию: при

отработке любого события планируется одно или несколько последующих (будущих) событий. Для этого организуется список будущих событий. На каждом шаге моделирования обрабатывается одно событие E_j из упорядоченного по времени списка будущих событий. В начале моделирования список будущих событий содержит только начальное событие E_n (имеет время $T=0$) и конечное событие E_k . При выборке события значение переменной модельного времени T становится равным значению времени из списка. После выполнения действий, связанных с текущим событием, механизм управления осуществляет переход на следующее событие и т.д. Процесс продолжается до тех пор, пока из списка не будет выбрано конечное событие E_k , которое вызовет окончание работы системы моделирования.

Использование событийного моделирования предполагает наличие следующих основных компонент: список будущих событий (упорядоченный по времени); список устройств; список очередей; генераторы заявок; монитор, отслеживающий события. Для усиления адекватности модели и получения достаточно объективных и достоверных результатов необходимо подробное представление структуры и процессов, происходящих в технологическом комплексе, а также внешней среды.

3 Архитектура модели анализа ТКДПТН

Архитектура системы магистральных нефтепроводов в работе представлена как совокупность следующих основных множеств:

- S_M - множество поставщиков системы;
- S_C - множество потребителей системы;
- S_R - множество резервуарных парков системы;
- S_P - множество перекачивающих станций;
- S_O - множество наливных станций.

Элементами этих множеств являются соответственно: поставщик системы M , потребитель системы C , резервуарный парк системы R , перекачивающая станция P , наливная станция O .

Таким образом, имеется пять основных типовых структурных элементов системной имитационной модели. Этого вполне достаточно, поскольку они универсальны и служат основой для формирования более сложных групповых элементов, включающих два или несколько простых. Указанные выше множества, формирующие состав и структуру системы, находятся в определенных отношениях между собой (табл. 1).

Таблица 1

Отношения между основными множествами системы

Отображение	Связи	Значение
$M \Rightarrow P$	1-1	Поставщик передает нефть перекачивающей насосной станции (ПНС)
	N-1	Несколько поставщиков передают нефть ПНС
$P \Rightarrow P$	1-1	Одна ПНС перекачивает нефть другой ПНС
	1-N	Одна ПНС перекачивает нефть нескольким ПНС
	N-1	Несколько ПНС перекачивают нефть отдельной ПНС
$R \Rightarrow P$	1-1	Резервуарный парк установлен на станции
$O \Rightarrow R$	1-1	Наливная станция коммутируется с резервуарным парком
$C \Rightarrow O$	1-1	Потребитель подключен к отдельному порту наливной станции
	N-1	Несколько потребителей подключены к одному порту наливной станции
	1-N	Потребитель подключен к нескольким портам отгрузки

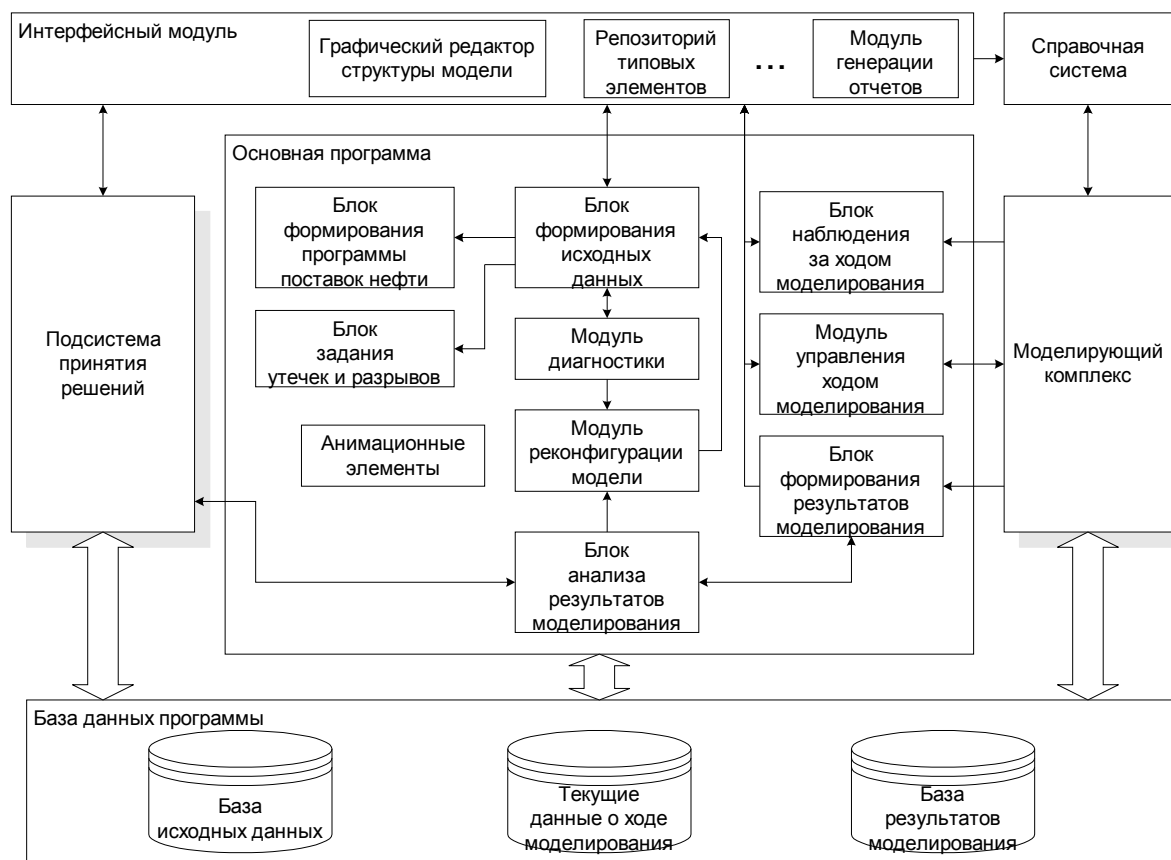


Рис. 2. Структура компьютерной системы моделирования

4 Структура компьютерной системы моделирования ТКДПТН

Для исследования потоковых процессов и задач управления ими была разработана компьютерная имитационная модель, которая представляет собой интегрированную систему для быстрого создания интерактивных представлений сложных распределенных комплексов на примере нефтеперекачки и проведения вычислительных экспериментов с ними.

Реализация системной имитационной модели выполнена в виде программного комплекса (рис.2), состоящего из следующих основных компонент: интерфейсного модуля; библиотеки типовых элементов; графического редактора; моделирующего комплекса; подсистемы принятия решения (пред-

ставляющей собой отдельный программный продукт); блока формирования программы поставок нефти; блока автоматического задания утечек и разрывов; блока формирования исходных данных; модуля диагностики; модуля реконфигурации модели; модуля управления ходом моделирования; блока наблюдения за ходом моделирования; блока анализа результатов моделирования; базы данных программы; справочной системы.

Реализация программной модели осуществлена с помощью современной технологии объектно-ориентированного модульного программирования.

При использовании компьютерной системы моделирования разработка моделей осуществляется с использованием технологии визуального проектирования, которая включает в себя следующие этапы: разработка графической схемы имитационной модели, отражающей структуру технологического ком-

плекса; описание и параметризация модели; отладка модели; проведение имитационного эксперимента с моделью; сбор, обработка и интерпретация результатов моделирования.

Процедура сбора результатов моделирования предполагает запись их в базу данных, как в процессе, так и по завершению прогона модели. Процедура обработки результатов моделирования предполагает построение и исследование зависимости влияния одного или нескольких факторов на значения локальных и интегральных оценок. Обработка результатов может заключаться также в нахождении доверительных интервалов для локальных и интегральных оценок путем выполнения нескольких прогонов модели с различными параметрами модели. Процедура интерпретации результатов моделирования заключается в формулировке выводов о поведении технологического комплекса при различных сочетаниях входных параметров и их уровней, а также в оценке влияния его структуры или отдельных механизмов на значения контролируемых характеристик.

Заключение

Разработанная компьютерная имитационная модель потоковых процессов производства обеспечивает решение следующих задач: анализ выполнения основных плановых показателей добычи, транспортировки и продажи нефти с учетом возможных перебоев и срывов; анализ результатов управления запасами нефти и свободными емкостями резервуарных парков; рассматривать работу комплекса в краткосрочном и долгосрочном аспектах (прогнозирование наличия и объемов поставок нефти с учетом изменения характеристик месторождения); учет влияния основных аварийных ситуаций, изменение ценовой политики.

Таким образом, компьютерная система моделирования позволяет анализировать, прогнозировать и планировать сложные технологические комплексы с накоплением статистической информации и подго-

товкой данных для принятия решений по управлению потоковыми производственными процессами.

Литература

1. Федорович О.Е., Прохоров А.В., Рамирес Томас. Решение задач планирования и анализа программы развития предприятия с помощью системного моделирования // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*, Вип. 14. – Х.: Держ. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т". – 1999, с. 190-194.
2. Прохоров А.В., Рамирес Томас. Системная модель анализа сложных технических комплексов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Вип. 20.- Х.: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т". – 2000. – С. 122-126.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
4. Технология системного моделирования / Под ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
5. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. – М.: Наука, 1987. – 142с.
6. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 302с.
7. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. – М.: Наука, 1986. – 296с.

Поступила в редакцию 25.09.03

Рецензент: доктор техн. наук, профессор Федорович О.Е., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков