

Список литературы

1. **Аристов А. О.** Квазиклеточные сети. Синтез и циркуляция // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 2. С. 125—131.
2. **Аристов А. О.** Теория квазиклеточных сетей и ее приложения // II Международная научно-практическая конференция "Научно-техническое творчество молодежи — путь к обществу, основанному на знаниях": сб. науч. докладов. М.: Изд-во МГСУ, 2012. С. 230—234.
3. **Аристов А. О.** Квазиклеточные сети. Теоретическая база и программный инструментальный моделирования // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов "Наука и Образование". 2012. № 11 (42). С. 25.
4. **Аристов А. О.** Методы синтеза квазиклеточных сетей // Научный вестник МГГУ. 2013. № 9 (42). С. 16—21.
5. **Аристов А. О.** Циркуляция в квазиклеточных сетях и их классификация // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 9. С. 188—194.
6. **Форд Л. Р., Фалкерсон Д. Р.** Потоки в сетях: пер. с англ. М.: Мир, 1966. 277 с.
7. **Введение** в моделирование пешеходных потоков // Хабр. [электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/post/158975/> дата обращения: 07.12.13.
8. **Аристов А. О.** Потоки в квазиклеточных сетях // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. Электрон. журн. 2013. № 3 (20). С. 36—41. URL: <http://www.gypravlenie.ru>.
9. **Горбатов В. А.** Фундаментальные основы дискретной математики. М.: Физматлит, 1999. 544 с.
10. **Аристов А. О., Моргачев К. В., Рябов Л. П., Суворов А. В., Федоров А. М.** Компьютерные системы поддержки принятия решений: учеб. пособие. М.: Изд-во МГГУ, 2012. 172 с.
11. **Аристов А. О.** Об элементах квазиклеточных сетей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 11. С. 322—332.

УДК 681.518:339.13

Э. М. Димов, д-р техн. наук, проф.,
О. Н. Маслов, д-р техн. наук, проф., зав. каф., e-mail: maslov@psati.ru,
Ю. В. Трошин, канд. техн. наук, доц.,
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования

Рассматривается проблема снижения неопределенности исходных данных при статистическом имитационном моделировании (СИМ) объектов с малой прецедентной базой. Показаны способы ее решения, направленные на повышение эффективности управленческих решений, принимаемых с помощью СИМ.

Ключевые слова: метод статистического имитационного моделирования, неопределенность исходных данных, эффективность управленческих решений

A. M. Dimov, O. N. Maslov, Ju. V. Troshin

Reducing Uncertainty in a Choice of Management Decisions Using Statistical Simulation

The article is about problem of initial data uncertainty reducing in statistical simulation of objects with small case-base. There are shown solutions of that problem aimed at improving efficiency of management decisions made with the help of statistical simulation.

Keywords: statistical simulation, initial data uncertainty, efficiency of management decisions

Введение

Развитие теории систем управления (СУ) иерархическими и многокритериальными сложными системами (СС) организационно-технического типа (социально-экономическими, экологическими, военными и т. п.), неотъемлемыми компонентами которых являются лица, принимающие решения (ЛПР), до настоящего времени остается актуальной проблемой, имеющей важное практическое значение [1—5]. Анализ и синтез таких СУ встречает ряд

принципиальных трудностей: сложно, например, оптимизировать режим работы СС, компоненты которой (подсистемы и элементы) имеют возможность самостоятельно максимизировать свои функционалы. Поэтому, во-первых, в понятие оптимальности СУ, предназначенных для управления СС, "необходимо вложить конкретный разумный смысл" [6]. Во-вторых, следует рассмотреть перспективы использования при решении задач управления ими новых информационных технологий — в частности,

компьютерного метода статистического имитационного моделирования (СИМ) [2]. В-третьих, чтобы избежать путаницы в терминах, целесообразно сформулировать четыре следующих исходных тезиса.

1. Для достижения научно-исследовательских и коммерческих целей в настоящее время создаются "имитационные системы" [3, 4], каждая из которых представляет собой организационно-техническую (человеко-машинную, диалоговую) СС и состоит из математических (алгоритмических) моделей и системы процедур, позволяющей объединить эти модели с ЛПР, а также специального математического обеспечения, включающего систему алгоритмов для решения конкретных задач, в том числе оптимизационных.

2. Каждая такая имитационная (информационная) СС представляет собой наукоемкий проект, разработка и реализация которого требуют значительных усилий ЛПР разного профиля, базируются на результатах исследований фундаментального характера [6].

3. Проблема обеспечения адекватности СИМ связана с учетом как детерминированных характеристик, так и достаточно большого числа (до 100 и более) стохастических факторов (параметров СИМ-модели), влияющих на данный объект или процесс, проблема точности СИМ обусловлена тем, что полученные экспериментальные (числовые) результаты носят случайный характер [2, 3].

4. Возможности метода СИМ позволяют строить, наравне со статическими, динамические модели объектов (СС, СУ), эффективность функционирования которых зависит от взаимодействия во времени указанных стохастических факторов (случайных параметров СИМ-модели) [7, 8].

Анализ предметной области СИМ показывает, что случайность параметров является характерной особенностью моделей большинства реальных СС. Несмотря на то, что эти модели имеют градацию влияющих факторов: от наиболее важных (безусловно включаемых в состав модели) к неопределенным и незначительным (которыми ЛПР считают возможным пренебречь), воспользоваться данной градацией не всегда удастся, поскольку это сказывается на качестве (точности и адекватности) результатов СИМ. Наличие неопределенности параметров моделей СС и СУ, по нашему мнению, следует считать объективным неустранимым и неотъемлемым фактором, существенно влияющим на эффективность управления СС.

Цель статьи — анализ перспектив и возможностей СИМ по уменьшению влияния неопределенности параметров социально-экономических систем (далее СЭС) как одного из наиболее важных для практики вариантов реализации СС организационно-технического типа, СУ и их моделей (математических, компьютерных, имитационных) на качество управленческих решений. Принимая ответственность за отличия данной версии СИМ от

других известных аналогов [2, 3, 7—9], условимся именовать ее методом Димова—Маслова (МДМ). Главными особенностями МДМ являются:

- ориентация на слабоструктурируемые и плохо формализуемые задачи, связанные с исследованием и управлением СЭС, с учетом трудности применения к ним методов и средств классической теории управления техническими СС [6];
- системный подход — ввиду многообразия свойств и рабочих характеристик СЭС, а также зачастую нестандартных и неоднозначных требований к их СИМ-моделям;
- использование знаний разного типа (верифицированных и аксиологических) при определении исходных условий для проведения СИМ.

Принципы моделирования и требования к СИМ-модели

Введение СИМ-модели в состав СУ [4, 5] иллюстрирует рис. 1, где объектом управления является СЭС с входными параметрами X и выходными параметрами Y , реализующая бизнес-процесс $Y = \Psi(X; U)$ в условиях возмущающих воздействий внешней (рыночной) среды E ; субъектом управления — ЛПР с управляющим воздействием $U = F(Y; Y_M; E)$; при этом на вход СИМ-модели воздействуют входные параметры СЭС X , а на ее выходе фигурируют выходные параметры $Y_M = \Psi(X; U; E)$, которые поступают к ЛПР совместно с выходными параметрами СЭС как $Y + Y_M$. В работах [1, 2, 9] в общем виде, а в [10] применительно к условиям и целям функционирования конкретного объекта, представлена также двухконтурная схема СУ, где с помощью внешнего контура ЛПР может управлять СЭС помимо СИМ-модели, а внутренний контур включает СИМ-модель и предназначен для выбора наилучших в данный момент времени управленческих решений с учетом результатов, полученных с помощью МДМ (второй контур, см. более подробно на схеме рис. 3).

Считается, что способность ЛПР представлять взаимодействие частей СЭС менее надежна, чем знания о каждой из них. Поэтому, построив СИМ-

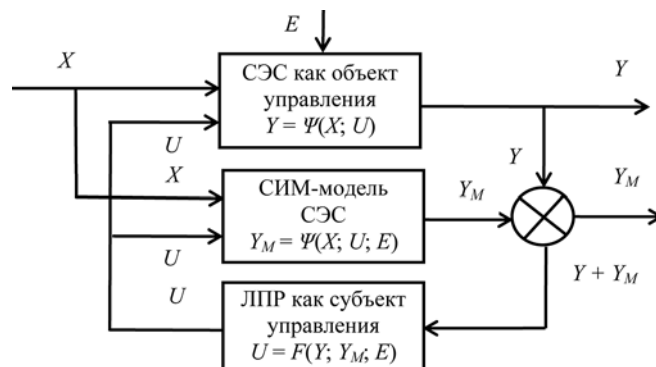


Рис. 1. Структура СУ с включением СИМ-модели СЭС в контур управления

модель и наблюдая на ней взаимодействие разных факторов, можно промоделировать и исследовать с помощью МДМ и возможные варианты состава, и структуры СЭС, и режимы ее работы с тем, чтобы выбирать наиболее подходящие из них в режиме реального времени. На СИМ-модель также возлагается задача выявления внешних факторов и возмущений, к которым чувствительна реальная СЭС; при этом модель может быть эффективной и в том случае, когда она правильно отражает лишь то, что мы посчитаем сущностью исследуемой СЭС после ее вербального моделирования. Запись функции решения [2, 7–9] предпочтительна в виде цепочки простых уравнений с учетом необходимых условий и ограничений. Отметим, что задача повышения точности вычислений не ставится, если СИМ-модель нечувствительна (робастна) к принятым допущениям (ошибки и искажения в рамках МДМ можно вносить преднамеренно, чтобы проверить это). Усложнение вычислительных методов делает формулировку уравнений менее понятной, тогда как преимуществами СИМ-модели, напротив, являются ее простота и наглядность [2–9, 11].

В то же время СИМ-модель призвана функционировать в максимально широких границах изменения переменных и параметров: во-первых, потому что в будущем может понадобиться расширение пределов изменения условий работы реальной СЭС; во-вторых, поскольку нельзя предсказать заранее, какие значения примут по ходу СИМ различные переменные; в-третьих, ввиду необходимости выяснить, как будет работать и окажется ли полезной СИМ-модель за пределами границ, которые имеются у рассматриваемой СЭС, поскольку разработка новых СЭС обычно предполагает их действие вне рамок прежней практики [2, 7, 8].

Если параметры и правила работы СЭС точно не определены и нет возможности их оценить, но они являются управляемыми, с помощью СИМ-моделей можно также исследовать воображаемые ситуации и сценарии развития событий несмотря на то, что речь будет идти о правдоподобии, а не о точности и адекватности (в строгом смысле слова) результатов СИМ по МДМ, предназначенных для управления СЭС.

Особенности проведения первоначальных этапов СИМ

Методика СИМ для СЭС, подверженных воздействию E на рис. 1 (управляющему, исследователю, негативному) со стороны внешней среды, предусматривает проведение следующих действий [2, 7–9, 11].

1. Содержательное описание СЭС и постановка задачи на СИМ, определение исходных данных, результатов СИМ и критериев для их оценки.

2. Проведение комплексного исследования СЭС: сбор и обработка всей доступной информации о ней для проведения СИМ.

3. Идентификация законов распределения исходных данных, расчет статистических оценок параметров этих законов.

4. Математическое моделирование блоков СЭС и СЭС в целом, программирование СИМ-модели, разработка плана компьютерного эксперимента.

5. Имитация процесса функционирования СЭС на СИМ-модели.

6. Статистическая обработка и интерпретация результатов СИМ.

Можно видеть, что идеология СИМ по МДМ гораздо шире идеи использовать технологию метода Монте-Карло (ММК) для исследования и прогнозирования параметров СЭС [7, 8]. Известны два подхода к СИМ: школа Форрестера—Медоуза полагает, что данные пп. 1–3 допустимо задавать в первом приближении, а затем варьировать их при проведении СИМ [11]. Затраты времени на решение исследовательских задач, с учетом параметров современных ЭВМ, не играют особой роли, однако при работе с такой "игрушечной" моделью трудно сохранить объективность принимаемых решений и, напротив, легко получить любой желаемый (в том числе ошибочный) результат [2].

Подход большинства отечественных специалистов предполагает использование в интересах СИМ теории организации и планирования научного эксперимента [3–8]. Достоверность всех фигурирующих при этом данных (исходных, промежуточных, итоговых) тесно связана с их кумулятивностью, под которой будем понимать свойство данных минимального объема адекватно отображать необходимые характеристики исследуемого объекта [9]. Считается, что достичь кумулятивности можно с помощью упомянутого комплексного исследования СЭС, т. е. путем сбора и обработки необходимого объема информации по пп. 1–3.

При необходимости моделировать объекты с малой прецедентной базой (проектируемые, инновационные, разведанные) возникают трудности, для преодоления которых МДМ использует возможности ММК. Решение проблемы кумулятивности при этом сводится к рациональному вербальному моделированию СЭС, в ходе которого важно найти правильное сочетание детерминированных и статистических методов, используемых при проведении СИМ.

На рис. 2 штриховым контуром обозначены этапы, определяющие точность и достоверность исходных данных для проведения СИМ. Поскольку реальная СЭС является основным источником информации о себе самой, определить эти данные (соответствующие им характеристики и параметры СЭС обозначим как группу $X_1; X_2, \dots, X_N$) можно в рамках проведения исследования СЭС, итогом которого являются статистические сведения, относящиеся к указанной группе. После анализа и обработки первичных данных (в виде гистограмм, графиков, числовых оценок параметров и т. п.) определяются типовые законы распределения для $X_1; X_2, \dots, X_N$ из

числа известных и доступных для разработчиков СУ вероятностных функций (типовых законов), а также проводится оценка их параметров, обычно отличающихся от полученных ранее первичных оценок.

Затем с помощью технологии ММК "разыгрываются" массивы случайных чисел $X'_1; X'_2, \dots, X'_N$, соответствующих им X_1, X_2, \dots, X_N , которые совместно с другими группами исходных данных, формируют состав воздействий $A_1; A_2, \dots, A_N$ на входы

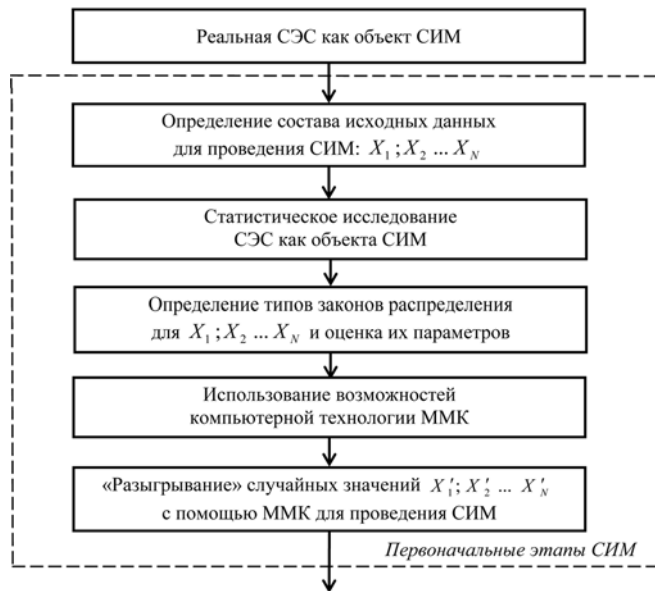


Рис. 2. Этапы СИМ, влияющие на точность и достоверность исходных данных

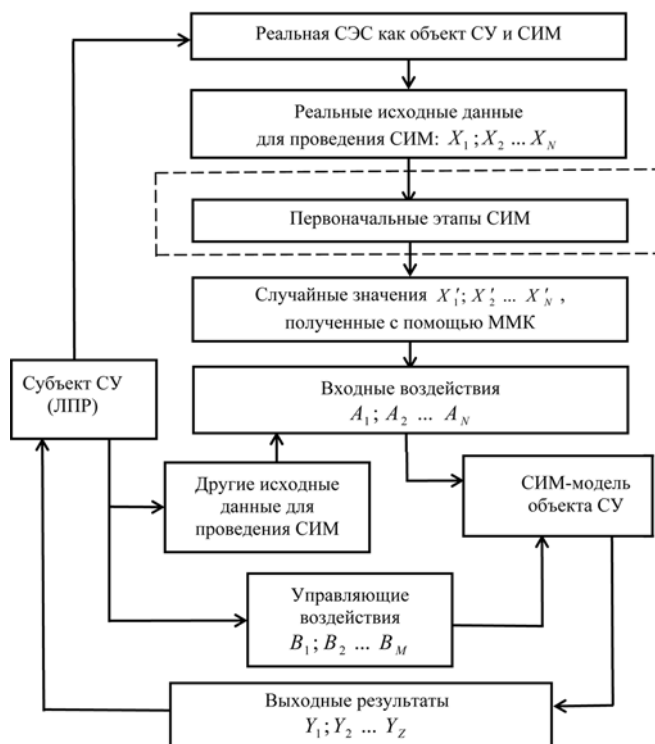


Рис. 3. Схема СУ объектом с применением его СИМ-модели

СИМ-модели. На схеме рис. 3 помимо указанных этапов СИМ и входных воздействий $A_1; A_2, \dots, A_N$ показаны воздействия $B_1; B_2, \dots, B_M$, необходимые для управления СИМ-моделью, а также выходные данные $Y_1; Y_2, \dots, Y_Z$, т. е. результаты СИМ, которые субъект СУ (в простейшем случае это ЛПР) использует для управления СЭС по внутреннему контуру (внешний контур на рис. 3 не показан). Отметим, что в адекватной СИМ-модели управляющие воздействия $B_1; B_2, \dots, B_M$ должны в требуемой мере соответствовать факторам (методам и средствам), которые позволяют управлять реальной СС.

Мы видим, что неопределенности (неточности, неадекватности, нестационарности), присущие исходным данным X_1, X_2, \dots, X_N , преобразуются в неопределенности входных воздействий $A_1; A_2, \dots, A_N$ и результатов СИМ $Y_1; Y_2, \dots, Y_Z$, т. е. непосредственным образом "участвуют" в формировании качества управленческих решений (см. рис. 3), потенциально ухудшая его. Поэтому уменьшение этих неопределенностей или снижение их влияния на результаты СИМ по МДМ представляют для разработчиков СУ не только теоретический, но и важный практический интерес.

Применение СИМ для решения прикладных задач

Ограничимся двумя примерами использования СИМ по МДМ для решения задач, связанных с управлением СЭС. Первым примером является управление бизнес-процессом выполнения заказов (удовлетворения заявок) клиента [1, 2]. Заказами при этом считаются любые требования клиента, а исполнителем — любая организация, выполняющая эти требования (абстрактная СЭС, реализующая абстрактную продукцию). В упрощенном виде этот алгоритм применяется для учебных целей, в более сложном — для управления инфокоммуникационной компанией (ИКК). В последнем случае обобщенный алгоритм для прогнозирования процесса оплаты населением услуг крупной региональной ИКК при 34 входных параметрах СИМ-модели включает более 200 укрупненных шагов-действий, объединенных в следующие блоки:

- ввод исходных данных;
- объявление и обнуление переменных СИМ;
- моделирование поступления заявок;
- сравнение момента поступления заявки с окончанием периода моделирования;
- моделирование обслуживания заказов (обработки заявок);
- расчет итоговых показателей и вывод результатов СИМ.

Выходными данными СИМ здесь являются: число включенных и отключенных за период моделирования абонентов; два графика, иллюстрирующие динамику изменения числа абонентов (рис. 4, а) и дебиторской задолженности (рис. 4, б); общая сумма начислений и оплаты по дням; число претен-

зий, процент оплаты по ним и другие показатели. Важными результатами СИМ являются величина упущенной выгоды ИКК от перерывов в предоставлении услуг, а также затраты, связанные с изменением тарификации абонентов при их включении и отключении.

Второй пример — моделирующий алгоритм бизнес-процесса восстановления работоспособности (реанимирования) нефтяных скважин [10], который в качестве СЭС имеет важное практическое значение по трем причинам. Во-первых, его успешное выполнение ведет к значительному экономическому эффекту; во-вторых, он определяет правильность распределения трудовых ресурсов нефтедобывающей компании (НДК); в-третьих, существенно влияет на характер экологического взаимодействия НДК с окружающей средой. Особенностью данной СИМ-модели оказалась неожиданно тесная взаимосвязь "технического" и "организационного" компонентов СЭС, поскольку для рационального распределения трудовых ресурсов НДК необходимо правильно выбирать порядок реанимирования скважин, находить наиболее экономичные методы и средства их восстановления, которые достаточно сложным образом зависят от целого ряда технических параметров объекта и геолого-минералогических характеристик месторождения. Поэтому в работе [10] применение СИМ по МДМ для уменьшения неопределенности сочетается с методами факторного анализа и обработки многочисленных и разнородных данных (статистических и детерминированных), включая: статический и динамический

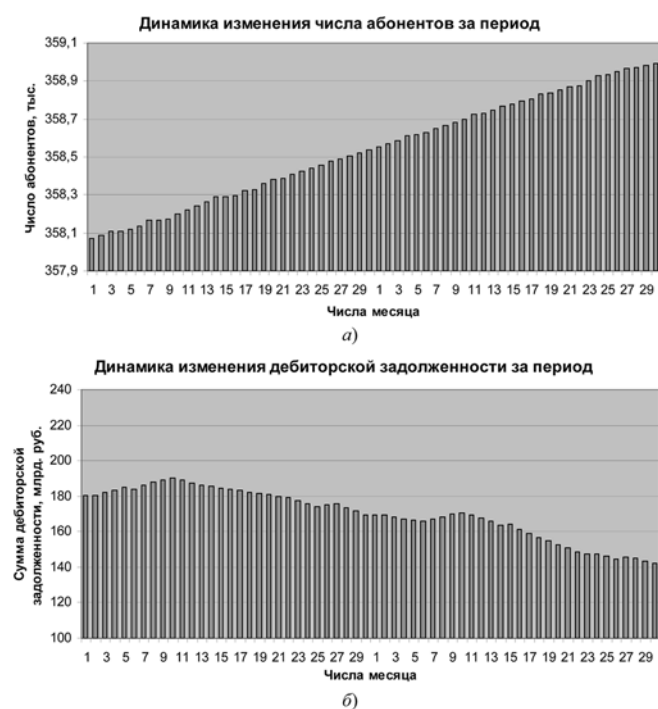


Рис. 4. Прогноз динамики показателей работы ИКК на два месяца: а — число абонентов; б — сумма дебиторской задолженности

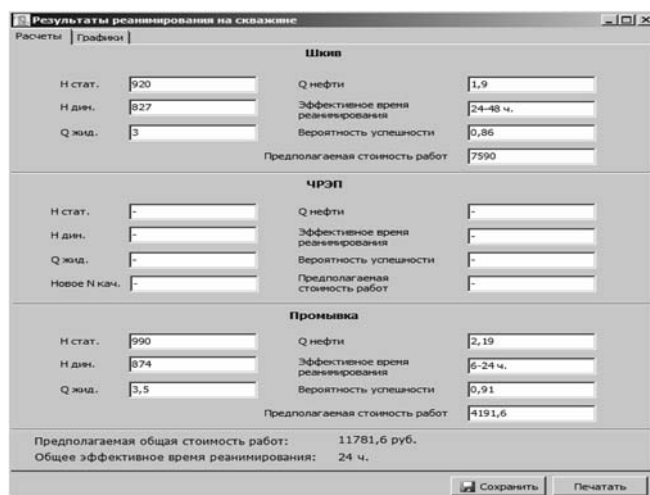


Рис. 5. Результаты СИМ-реанимирования скважины верхнего горизонта

уровни жидкости в каждой скважине; дебиты жидкости и нефти; характеристики способа реанимирования (с помощью частотного регулируемого преобразователя, универсального шкива, промывки химическими реагентами); параметры скважин и т. п.

На рис. 5 представлено окно итогов СИМ по МДМ скважины на верхнем горизонте месторождения, откуда видно, что реанимирование с помощью универсального шкива не приводит ее в работоспособное состояние: статический и динамический уровни жидкости (920 и 827 м) не достигли прежних режимных значений (937 и 851 м); дебит жидкости и нефти в сутки аналогичным образом составляют 3 м³ и 1,9 т (было 3,1 м³ и 2 т); ожидаемое время работ 24...48 ч при вероятности успешности 0,86 и стоимости 7590 руб. Напротив, комбинированный вариант "универсальный шкив + + промывка" ведет к требуемому росту статического (до 990 м) и динамического (до 874 м) уровней жидкости; увеличению дебита жидкости и нефти (до 3,5 м³ и 2,19 т в сутки) с вероятностью 0,91 при стоимости работ 11 781 руб. в течение 6...24 ч.

По итогам СИМ в автоматическом режиме СУ формирует планы-графики для бригад восстановления скважин. Каждый такой план-график содержит информацию о номерах бригады и скважины; варианте реанимирования; новом числе качаний станка-качалки; виде промывочной жидкости (при необходимости промывки); дате и времени начала работ; оптимальной продолжительности восстановления; вероятности успешности; делаются также отметки о принятии к исполнению и дате фактического исполнения (которые заносятся в базу данных НДК после завершения работ на скважине).

Статистическое исследование объекта: резервы и новые возможности

Трудность устранения влияния неопределенности исходных данных на результаты моделирования

хорошо известна ЛПР — разработчикам СС и СУ. "Как ни труден отбор надежных данных в физике, гораздо сложнее собрать обширную информацию экономического или социологического характера, состоящую из многочисленных серий однородных данных... В этих обстоятельствах безнадежно добиваться слишком точных определений величин, вступающих в игру. Приписывать неопределенным по самой своей сути величинам какую-то особую точность бесполезно и нечестно, и, каков бы ни был предлог, применение точных формул к этим слишком вольно определяемым величинам есть не что иное, как обман и пустая трата времени" [12].

В то же время: "Многие не признают потенциальной пользы модели, основываясь на том, что у нас нет достаточных данных для моделирования. Они уверены, что первым шагом должен быть широкий сбор статистических сведений. Верно же как раз обратное". И далее: "Мнение о том, что математическая модель не может быть построена, пока не будут полностью известны каждая константа и функциональная зависимость, является недоразумением" [11]. Принимая во внимание эти и другие имеющиеся (в чем-то схожие, в чем-то противоречащие друг другу) точки зрения, МДМ избирает стратегию "стучитесь, и вам откроется" на основании следующих аргументов.

Согласно теории управления СС, в основу принятия решений могут быть положены экспертные, теоретико-вероятностные, вероятностно-статистические и статистические методы и модели (рис. 6). Применительно к проектированию СУ СЭС экспертные методы представляются слишком "слабыми", а статистические — слишком жесткими. Лучшее решение — это СИМ по МДМ, сочетающее достоинства теоретико-вероятностного и статистически-вероятностного подходов, а также технологию ММК [4—5]. Сегодня СИМ является одним из универсальных и эффективных средств исследования СС: математики используют его при проведении компьютерных экспериментов, призванных проверить и подтвердить аналитические выкладки. Прикладные специалисты видят в СИМ средство решения задач, не решаемых другими способами. Системные аналитики применяют СИМ, когда объем знаний об иерархии СС существенно меньше знаний о ее подсистемах и элементах. Менеджеры заинтересованы в управлении бизнес-процессами СЭС с помощью СИМ (см. рис. 3). Поэтому предложение использовать данный метод при проектировании СУ представляется закономерным.

При изучении СЭС в интересах проектирования СУ задача СИМ заключается в исследовании реакции разных вариантов реализации СЭС на комбинации разных (позитивных и негативных) воздействий на нее. Соответственно, управление СЭС предусматривает разработку СУ, которая в заданной (максимально возможной, минимально не-



Рис. 6. Методы и модели теории СС, применимые при разработке СУ



Рис. 7. К определению принципов моделирования и проектирования СУ СЭС

обходимой) мере призвана усилить последствия позитивных воздействий (за счет положительных обратных связей) и препятствовать негативным воздействиям за счет отрицательных обратных связей. Целью СИМ при этом является создание и применение моделей СЭС и СУ, которые отражают их кумулятивные (минимальные по объему и максимальные по содержательности) характеристики, необходимые и достаточные для проектирования СУ, что в схематичном виде иллюстрирует рис. 7.

Отметим, что схема рис. 7 отражает идеологию любого моделирования СС: мысленного, вербального, физического, математического, компьютерного имитационного и т. д. [9]. Во всех этих случаях после выполнения ряда первоначальных этапов (по аналогии со схемой рис. 2) осуществляется переход из реальной среды в виртуальную, где исследуются свойства моделей СС и СУ с тем, чтобы полученные результаты затем вернуть из виртуальной среды в реальную.

Эффективность и практическая значимость такого возвращения зависят от двух причин: во-первых, они обусловлены точностью и адекватностью используемых моделей, во-вторых, соответствием их параметров характеристикам реальных объектов. В этом смысле кумулятивность СИМ-модели означает отсутствие у нее управляемых параметров, которые не имеют себе аналогов на реальном объекте, что сразу обнаруживает целый ряд недостатков моделей, обычно рекомендуемых при проектировании СС.

Школа Форрестера—Медоуза не считает препятствием для проведения СИМ отсутствие надежных и достоверных исходных данных, но ее подход не обеспечивает возможность управления СЭС, поскольку возникающие неопределенности могут быть слишком большими. В то же время проведение трудоемких исследований на объекте и преодоление сложностей, возникающих при моделирова-

нии конкретных СЭС, также не оправдывают себя, если итог сводится к выбору из двух-трех типовых моделей, которым примерно в равной мере не противоречат (например, в соответствии с критерием Пирсона) полученные экспериментальные данные [2, 9]. Поэтому МДМ считает возможным не исключить, но максимально упростить и автоматизировать первоначальные этапы СИМ (см. рис. 3):

- во-первых, так как на рынке сегодня присутствуют программные продукты, предназначенные для обработки статистических данных с идентификацией соответствующих им законов распределения и оценкой параметров этих законов [13];
- во-вторых, потому что для обширного класса устойчивых (робастных) СЭС результаты СИМ не должны (и не будут на практике) в критической мере зависеть от правильности действий ЛПР на данном этапе;
- в-третьих, нужно иметь в виду, что неопределенность исходных данных означает недостаток или неполноту верифицированных знаний о СЭС как объекте СИМ, но не их отсутствие, а тем более недостаток или отсутствие соответствующих аксиологических знаний [14], что в рамках МДМ дает новые возможности для развития СИМ.

Заключение

Дальнейшее повышение эффективности использования СИМ по МДМ для управления СЭС может быть связано с применением теории риска [15], а также разновидностей неоклассической теории вероятностей (ТВ) — теории шансов и ожидаемой (объективной и субъективной) полезности. Введение в анализ вместо объективной частотной вероятности значений субъективной вероятности, отражающих опыт и знания ЛПР, выражающих их предпочтение и познавательную активность, еще более сближает теоретико-вероятностные и экспертные методы на рис. 6.

Важно также, что СИМ по МДМ для достаточно большого класса СС (как чисто каузальных, так и обладающих стохастическими свойствами) легко и просто сочетается с теорией риска [16]. В рамках концепции "риск как неопределенность" его значение считается объективно существующей случайной величиной, связанной с вероятностным распределением возможных исходов некоторой операции (процедуры, процесса), что характерно для традиционной ТВ. При концепции "риск как возможность", которая использует теоретико-вероятностные и экспертные модели (см. рис. 6), теория риска сближается с теорией ожидаемой полезности и ТВ шансов.

Существенны два обстоятельства. Во-первых, все эти исследовательские действия происходят в виртуальной среде и относятся к СИМ-моделям СС (см. рис. 7), а не связаны с изучением объекта в реальной среде, результатом которого могут быть упо-

мянутые "обман и пустая трата времени", хотя для достижения цели СИМ этого достаточно. Во-вторых, речь здесь идет не об аппроксимации неполных, неточных, недостоверных и неадекватных данных, полученных путем предварительного изучения СЭС, а именно о моделировании объекта, в качестве своеобразной характеристики которого выступает неопределенность знаний о нем.

С точки зрения теории СС здесь путаницы нет, так как неопределенность знаний о СЭС, являющейся объектом СИМ, сама может считаться виртуальной СС и быть объектом СИМ. Развитие и совершенствование методов и средств СИМ по МДМ, направленное на снижение неопределенности исходных, промежуточных и выходных данных, имеет важное практическое значение, поскольку способствует повышению эффективности действий ЛПР, связанных с управлением СЭС и других СС организационно-технического типа.

Список литературы

1. Димов Э. М., Маслов О. Н., Скворцов А. Б. Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Ч. 1. Реинжиниринг и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. М.: ИРИАС, 2006. 386 с.
2. Димов Э. М., Маслов О. Н., Пчеляков С. Н., Скворцов А. Б. Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Ч. 2. Имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. 350 с.
3. Голенко Д. И., Димов Э. М., Осокин В. В. Вопросы оптимального планирования в системах управления дискретно-непрерывным производством // Опыт применения прикладных методов математики и вычислительной техники в народном хозяйстве. М.: Статистика, 1974. С. 15—32.
4. Димов Э. М. Оптимальное управление комплексным производством дискретно-непрерывного типа на основе имитационного моделирования // Опыт применения прикладных методов математики и вычислительной техники в народном хозяйстве. М.: Статистика, 1975. С. 58—73.
5. Димов Э. М. Имитационное моделирование и оптимизация управления в сложных производственных системах. Саратов: Изд-во СГУ, 1983. 165 с.
6. Моисеев Н. Н. Элементы теории оптимальных систем. М.: Наука, 1975. 526 с.
7. Димов Э. М., Маслов О. Н. О развитии математических принципов метода имитационного моделирования // Инфокоммуникационные технологии. 2003. Т. 1, № 2. С. 5—11.
8. Димов Э. М., Маслов О. Н. О точности и адекватности метода статистического имитационного моделирования // Инфокоммуникационные технологии. 2007. Т. 5, № 1. С. 60—67.
9. Павловский Ю. Н. Имитационные модели и системы. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН, 2000. 134 с.
10. Патент RU 2 469 370 С1. Способ реанимирования нефтяных скважин // Димов Э. М., Маслов О. Н., Халимов Р. Р. и др. Заявл. 16.05.2011, опубл. 10.12.2012, бюлл. № 34.
11. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). Пер. с англ. М.: Прогресс, 1971. 340 с.
12. Винер Н. Творец и робот: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1996. 104 с.
13. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
14. Виттис В. А. Организация сложных систем. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2010. 66 с.
15. Королев В. Ю., Бенин В. Е., Шоргин С. Я. Математические основы теории риска. М.: Физматлит, 2007. 544 с.
16. Маслов О. Н. Безопасность корпорации: моделирование и прогнозирование внутренних угроз методом риска. Самара: Изд-во ПГУТИ-АЭРОПРИНТ, 2013. 170 с.