

3. Шевко Н.А., Мордвинов В.А., Гудков Е.П. К оценке некоторых технико-экономических показателей при добыче нефти // Актуальные проблемы геологии нефти и газа: Материалы регион. научно-практ. конф. Ухта, 1999. С. 282–284.

Получено 28.05.03

УДК 681.31.00: 622.276

Ю.В. Шурубор

Пермский государственный технический университет

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (В ПОРЯДКЕ ОБОБЩЕНИЯ ОПЫТА СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

Краткое изложение основных принципов автоматизации инженерного проектирования, сформулированных автором на основе обобщения собственного опыта создания комплексов программ проектирования-анализа разработки и эксплуатации нефтяных месторождений.

При рассмотрении принципов автоматизации инженерного проектирования в различных публикациях обычно слишком много места уделяется сугубо математическим аспектам, в связи с чем содержание проблемы нередко остается в тени и инженеру, которому приходится заниматься «переводом» решения задач проектирования на ЭВМ, довольно трудно отделить главное от второстепенного. Особенно пугающим выглядит требование предварительной формализации инженерных задач. Опыт, накопленный автором в связи с автоматизацией проектирования-анализа разработки нефтяных месторождений и эксплуатации нефтедобывающих скважин [1, 2], позволяет утверждать, что по отношению ко многим задачам инженерного проектирования проблема формализации решается как бы сама собой в ходе составления соответствующей программы для ЭВМ, а в большинстве других задач оказывается легко преодолимой на основе достаточно глубокого понимания содержательной стороны задачи, не требуя обращения к сложным формальным построениям. Изложению такой точки зрения на автоматизацию инженерного проектирования и посвящена настоящая статья.

Ключевые задачи любого инженерного проектирования относятся к классу задач, в принципе не имеющих единственного решения. К примеру, подбирая оборудование и режим работы конкретной нефтедобывающей скважины, при достаточном терпении мы всегда сможем доказать, что данная задача имеет несколько решений, практически эквивалентных одно другому по всем технико-экономическим показателям, которые могли бы рассматриваться в качестве мер эффективности функционирования скважины. Отсюда следует, что не может быть инженерного проекта, полностью свободного от волонтаристских элементов. Признавая неизбежность волонтаристских решений, мы все же должны стремиться свести количество таких решений к минимуму и сделать их предельно «прозрачными», что достигается за счет использования некоторых количественных или полуколичественных оценок эффективности запроецированной технической системы и ее частей. Все волонтаристские элементы как бы поглощаются используемым набором критериев эффективности, обеспечивающим переход от сугубо нематематической, не имеющей единственного решения задачи к математической задаче минимизации или максимизации выбранных критериев эффективности. К сожалению, сами критерии обычно получаются такими, что их максимизации или минимизации нельзя достичь на основе поиска экстремумов соответствующих аналитических функций и нужно обращаться к многовариантному моделированию — последовательному перебору возможных наборов проектных решений, направленному на выявление среди них того, на котором критерии эффективности достигают значений, не слишком отличающихся от интересующих нас экстремумов.

Многовариантность проектного моделирования предопределяет огромную трудоемкость данного вида инженерной деятельности. Именно поэтому инженерное проектирование нужно считать работой, даже частичная автоматизация которой, как правило, оказывается весьма эффективной в экономическом смысле и по отношению к которой «передача» наиболее обременительных для человека функций инженера-проектировщика электронным вычислительным машинам в высшей степени актуальна. Автоматизация проектирования не только освобождает людей от весьма трудоемкой и малоприятной работы, ускоряет решение большинства задач и весь процесс проектирования, взятый в целом, но и, обеспечивая возможность увеличения количества рассматриваемых вариантов на один-три порядка, способствует кардинальному улучшению качества проектов.

Однако современным ЭВМ содержательные аспекты задач недоступны, ибо пока что компьютеры способны выполнять только строго формализованные логические и математические преобразования информации, в которой нет никаких метафорических, многозначных элементов, в силу чего автоматизация проектирования невозможна без предварительной формализации инженерных задач. Сами эти задачи в первом приближении можно считать охватывающими три основные направления инженерной деятельности: изобретательство, инженерный анализ и принятие решений.

Хотя изобретательская деятельность сопряжена с выполнением множества легко формализуемых сравнительно простых логических операций, с кото-

рыми успешно справляется ЭВМ, в своих определяющих аспектах изобретательство опирается на интуицию и то ли принципиально неформализуемо, то ли станет формализуемым только тогда, когда мы научимся моделировать с помощью ЭВМ не только левополушарное, но и правополушарное мышление человека. Если такое продвижение в моделировании работы человеческого мозга и возможно, то лишь в достаточно отдаленном будущем, потому что сегодня наши представления о сущности правополушарного мышления крайне неоднозначны и примитивны: расхожий термин «образное мышление»; гипотеза аналоговой природы правополушарного мышления; высказывания о голографических формах хранения и обработки информации в нервных сетях и т.п. Общий вывод ясен: в настоящее время речь должна идти в основном о формализации инженерного анализа и принятия решений и, по большому счету, объектами автоматизации могут стать только эти два направления инженерной деятельности. При этом плоды изобретательства должны передаваться автоматизированным системам проектирования в качестве заранее подготовленных (может быть, во взаимодействии с соответствующими машинными программами, работающими в режиме диалога с инженером-изобретателем) экспертных заключений и рекомендаций.

Иное дело – инженерный анализ. Со времен позднего средневековья он использует более или менее формальные физические и информационные модели объектов и процессов реального мира и математические модели действительности, вполне формальные по своей изначальной природе. Поэтому формализация любой задачи инженерного анализа, ранее решавшейся без применения ЭВМ, никаких открытий обычно не требует: достаточно аккуратного мышления; иногда муторно аккуратного, сопряженного с большими затратами времени и аналогичного тем совокупностям взаимосвязанных мыслительных операций, которые реализуются в ходе составления программ для ЭВМ. Иначе говоря, имея дело с задачами инженерного анализа, можно исходить из того, что процесс формализации задачи «естественным образом» включен в процедуру составления программы для решения этой задачи на ЭВМ.

Что касается принятия решений, то, в конечном счете, все задачи данного направления сводимы к минимизации или максимизации некоторого функционала – соответствующей данной конкретной задаче меры потерь или эффективности, характеризующей качество рассматриваемых вариантов проектного решения. В инженерной практике по указанной выше причине чаще всего ограничиваются приближенной минимизацией или максимизацией, достигаемой за счет последовательного перебора элементов некоторого множества допустимых решений, расчета численных значений функционала, соответствующих каждому из элементов, и отбора решения с минимальным или максимальным значением функционала. Понятно, что в большинстве ситуаций формализация принятия решения порождает лишь одну поистине серьезную проблему – конструирование (изобретение) и экспериментальная проверка приемлемости функционала, предложенного в качестве критерия (меры, показателя) качества (эффективности) решений. Проблема эта достаточно сложна не только в содержательном смысле, но и с формальных позиций, поскольку обычно приходится

иметь дело с многомерными, комплексными (учитывающими сразу несколько факторов) критериями эффективности, создаваемыми на основе объединения двух или большего количества простых (однофакторных) критериев в некоторое единство – аддитивный, мультипликативный, минимаксный, максиминный или иного типа общий критерий.

Изложенным объясняется, почему инженерное проектирование оказалось видом интеллектуальной деятельности, неплохо подготовленным к «переводу на ЭВМ»: при написании программ, решающих задачи проектирования, мы можем в основном выступать в ролях «переводчиков» традиционных методик решения задач инженерного анализа и генерации возможных решений на «язык ЭВМ», отвлекаясь лишь на изобретение функционалов, служащих критериями эффективности решений и обеспечивающих автоматизацию (полную или частичную) отбора «правильных» («оптимальных») решений.

Есть еще одно обстоятельство, которое, как и наличие потребности в изобретении критериев эффективности решений, не позволяет отождествлять работу по созданию программного обеспечения автоматизированного проектирования с работой «переводчика». Формализации подлежат не только отдельные задачи инженерного анализа и принятия решений, но и весь процесс проектирования как единая целостность. Проектирование в целом всегда рассматривалось как творческая, неформальная деятельность и можно было ожидать, что проблема «глобальной» формализации проектирования окажется очень сложной. К счастью, с нею удастся справиться исходя из почти очевидной трактовки проектирования как процесса создания описания нового или модернизируемого изделия, устройства, технологического процесса, технического или техноприродного (пример: разрабатываемая нефтяная залежь) объекта, которое (описание) достаточно для изготовления изделия, устройства, реализации процесса, формирования объекта в заданных условиях (природа, техника, экономика, способные понять и реализовать проект люди). Другими словами, при «глобальной» формализации проектирования имеет смысл истинные цели «подменять» фиктивными, относящимися к содержанию и форме проектных документов, отождествлять процесс проектирования с генерацией, последующими дополнениями и корректировками проекта как документа.

Особо следует выделить два очень важных требования к программам, решающим задачи инженерного проектирования. Поскольку такие программы, как правило, работают в режиме диалогового взаимодействия с пользователем, в большей или меньшей мере, явным или скрытым образом выступающим в роли поставщика некоторых экспертных заключений и рекомендаций, значительную часть промежуточных и окончательных результатов они должны выдавать в формах легко воспринимаемых человеком графических отображений и документов. От программ также требуется максимальное сокращение сведений, вводимых при решении задач проектирования непосредственно пользователем через пульт ЭВМ, что обеспечивается созданием обслуживающих процесс проектирования автоматизированных баз данных и знаний.

Приведенные соображения полезны при подготовке технических заданий на создание различных автоматизированных систем инженерного проектирова-

ния. Становится очевидным, что в таких технических заданиях нет особого смысла уделять большое внимание задачам инженерного анализа: достаточно указать, на какие традиционные методики будут опираться решения этих задач в рамках проектируемой автоматизированной системы. В то же время должны предусматриваться специальные исследования, направленные на конструирование мер качества проектных решений; создание «глобального» описания проекта, под которое будет работать система; выбор структур баз данных и знаний; определение принципов и средств обеспечения проектируемой системы экспертными заключениями и рекомендациями; уяснение требований к графическим отображениям и документам, используемым в системе. В процессе таких исследований необходимо максимально полно учесть уровень квалификации пользователей, на которых ориентируется система. Вполне понятно, если квалификация пользователя окажется более низкой, чем предполагалось при проектировании системы, последняя будет просто бесполезной. Если же квалификация пользователя намного выше уровня, под который создавалась система, работа с ней покажется пользователю слишком скучной и малопродуктивной, что приведет к быстрому отказу от широкого применения системы в практике проектирования.

Продолжительность практического использования конкретной автоматизированной системы проектирования без внесения в ее работу существенных корректив можно увеличить, если начиная с момента составления технического задания на создание этой системы стремиться к тому, чтобы с системой могли работать пользователи относительно невысокой квалификации (начинающие инженеры-проектировщики), но в то же время она не казалась бы слишком примитивной и «скучной» специалисту с глубокими знаниями и большим практическим опытом решения проектных задач соответствующего содержания. Осуществить такое стремление можно за счет создания системы, на любом этапе своей работы способной предложить собственное полное решение очередной задачи проектирования, но обязательно требующей согласия пользователя на свое предложение и в случае отсутствия согласия предоставляющей пользователю возможность для детального исследования ситуации в целях выработки другого решения. Практическая возможность разработки автоматизированных систем инженерного проектирования, которыми могут пользоваться специалисты различной квалификации (от студентов старших курсов и до научных работников), подтверждена нами при создании экспертно-имитационной системы проектирования-анализа эксплуатации нефтедобывающих скважин [1] и комплексов программ системно-структурного имитационного моделирования разработки нефтяных залежей [2].

Библиографический список

1. Гудков Е.П., Мордвинов В.А., Шурубор Ю.В. Комплекс программ проектирования-анализа эксплуатации нефтедобывающих скважин // Тез. докл. XXIX научно-техн. конф. горно-нефтяного факультета ПШТУ / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1998. С.40-41.

2. Шурубор Ю.В., Мордвинов В.А., Гудков Е.П. Ретроспективно-перспективное укрупненное имитационное моделирование разработки нефтяных залежей // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. Международ. науч. конф.: В 7 т. Т.1. Секции 1,4 / Санкт-Петербург. гос. технолог. ин-т (техн. ун-т). СПб., 2000. С. 118–121.

Получено 18.03.03

УДК 622.245

Л.Н. Долгих

Пермский государственный технический университет

К ПРИЧИНАМ НАРУШЕНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КОЛОНН НА ФЕДОРОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Рассмотрены вопросы устойчивости эксплуатационных обсадных колонн в нефтяных скважинах Федоровского месторождения при их эксплуатации. Показано, что одной из причин нарушения колонн является достижение в теле труб напряжений, сопоставимых по своей величине с пределом текучести материала труб, расчетным путем определена максимально допустимая стрела прогиба труб.

При строительстве скважин на Федоровском месторождении (ОАО «Сургутнефтегаз») в период с 1973 по 1986 г. использовалась упрощенная конструкция скважин с «коротким» кондуктором, который не перекрывал неустойчивые и размываемые отложения чеганакских и люлинворских глин. При бурении в этих интервалах отмечалось усиленное кавернообразование. В проектах на строительство скважин не предусматривалось поднимать цемент за эксплуатационными колоннами до устья, а только с перекрытием башмака кондуктора на 100 м. Фактически же из-за значительного кавернообразования цемент за эксплуатационной колонной часто не поднимался даже до башмака кондуктора. Кроме того, сами каверны не заполнялись цементным раствором полностью. Поэтому в этих интервалах при потере устойчивости обсадная колонна может иметь значительный изгиб. Осевые силы, которые приводят к потере устойчивости колонны, складываются из силы от изменения температуры при эксплуатации скважины (против той, которая была при креплении скважины), повышения давления внутри колонны в начале эксплуатации, осевой сжимающей нагрузки от собственного веса свободной (незацементированной) части колонны.

При обвязке устья скважины эти осевые нагрузки должны учитываться при дополнительном натяжении колонны. Однако на практике, как правило, выбирается только вес незацементированной части колонны.