

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»

С. Ф. Мулявин¹, Э. А. Мулявина², А. В. Стрекалов¹, Ж. М. Колев¹,
А. И. Филиппов¹, И. Г. Стешенко, О. А. Баженова¹

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

²Тюменский государственный институт культуры, г. Тюмень, Россия

Аннотация. В работе описывается опыт использования когнитивных технологий в процессе реализации Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС 3+). Этот опыт основывается на развитии и применении в образовании когнитивных информационных систем как разновидности пользовательских компьютерных программ. Они содержат алгоритмы и технологии, используемые в реальном производстве при подготовке проектных документов для месторождений нефти и газа в России. Программа является частью образовательной среды университета и может быть использована и в образовательных целях для формирования профессиональных компетенций, и на производстве.

Ключевые слова: когнитивные технологии; когнитивная информационная система; компетенции; программный комплекс

COGNITIVE TECHNOLOGIES IN TEACHING OF BACHELORS AND MASTERS ON DIRECTION «OIL AND GAS BUSINESS»

S. F. Mulyavin¹, E. A. Mulyavina², A. V. Strekalov¹, Zh. M. Kolev¹, A. I. Filippov¹,
I. G. Steshenko¹, O. A. Bazhenova¹

¹Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

²Tyumen State Institute of Culture, Tyumen, Russia

Abstract. The article describes the experience of usage cognitive technologies in the process of implementing the Federal State Educational Standard of the Third Generation. This experience is based on the development and application in the educational cognitive information system as a kind of program for computers. It contains the algorithms and techniques, which are used in the production when creating project documents for oil and gas fields in Russia. This computer program is part of the electronic educational environment of the university and can be used both for educational purposes, for forming professional competencies of students and in the actual production.

Key words: cognitive technologies; cognitive information system; competences; software package

Введение

В настоящее время при проектировании месторождений уже не достаточно получить и проанализировать некий набор данных, необходимо решить многокритериальную задачу с выбором оптимального варианта. Такие навыки разработчик приобретает путем многолетнего опыта практической деятельности, но вызовы времени таковы, что молодой специалист, пришедший на производство со студенческой скамьи, должен обладать этими компетенциями. Добиться этого можно, применяя инновационные технологии, в частности, используя когнитивные информационные системы. Под такой системой мы понимаем вычислительную систему искусственного происхождения, способную эффективно имитировать действия человека при работе с неким набором данных.

Применение такой системы специально ориентировано на развитие интеллектуальных способностей, воображения и ассоциативного мышления. Помимо этих личностных и профессиональных качеств, тренажер готовит бакалавров к производственно-технологической и экспериментально-исследовательской видам профессиональной деятельности. Овладевая работой на программном комплексе, студент обучается решать следующие профессиональные задачи:

- осуществлять технологические процессы добычи нефти и газа, сбора и подготовки скважинной продукции;
- эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при добыче нефти и газа, сборе и подготовке скважинной продукции;
- осуществлять промысловый контроль и регулирование извлечения углеводородов;
- эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при трубопроводном транспорте нефти и газа, подземном хранении газа;
- эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при хранении и сбыте нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов;
- анализировать информацию по технологическим процессам и техническим устройствам в области бурения скважин, добычи нефти и газа, промыслового контроля и регулирования извлечения углеводородов на суше и на море, трубопроводного транспорта нефти и газа, подземного хранения газа, хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов;
- проводить регламентированные методиками экспериментальные исследования технологических процессов и технических устройств в области бурения скважин, добычи нефти и газа, промыслового контроля и регулирования извлечения углеводородов на суше и на море, трубопроводного транспорта нефти и газа, подземного хранения газа, хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов;
- выполнять статистическую обработку результатов экспериментов, составлять отчетную документацию.

Применение программного комплекса позволяет сформировать целый ряд профессиональных компетенций бакалавра: ПК-1 (способность применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику); ПК-5 (способность применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды); ПК-17 (способность использовать методы технико-экономического анализа); ПК-24 (способность планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать выводы); ПК-25 (способность использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности); ПК-26 (способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов), предусмотренных ФГОС 3+ для бакалавров.

При обучении магистров данный программный комплекс может быть востребован с целью подготовки к решению следующих профессиональных задач:

- в научно-исследовательской деятельности:

- совершенствование и разработка методов анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в области бурения скважин, добычи нефти и газа, промыслового контроля и регулирования извлечения углеводородов на суше и на море, трубопроводного транспорта нефти и газа, подземного хранения газа, хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов;
- создание новых и совершенствование существующих методик моделирования и расчетов, необходимых при проектировании технологических процессов и технических устройств; совершенствование и разработка новых методик экспери-

ментальных исследований физических процессов нефтегазового производства и технических устройств;

- разработка моделей проектных решений по управлению качеством в нефтегазовом производстве;

- в производственно-технологической деятельности:

- анализ и обобщение опыта разработки новых технологических процессов и технологического оборудования в нефтегазовой отрасли;

- осуществление регламентированных и внедрение новых технологических процессов нефтегазодобычи и транспорта нефти и газа, фиксация и анализ результатов этих процессов;

- применение новых и совершенствование регламентированных методов эксплуатации и обслуживания технологического оборудования, используемого при нефтегазодобыче и транспорте нефти и газа;

- проведение многокритериальной оценки выгод от реализации технологических процессов, проектов, работы нефтегазовой организации;

- оценка инновационных рисков при внедрении новых технологий, оборудования, систем.

Магистр, работая с данной когнитивной, системой формирует следующие профессиональные компетенции: ПК-3 (способность планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы); ПК-4 (способность использовать профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов); ПК-17 (способность управлять сложными технологическими комплексами (автоматизированными промыслами, системой диспетчерского управления), принимать решения в условиях неопределенности и многокритериальности); ПК-18 (способность анализировать и обобщать экспериментальные данные о работе технологического оборудования); ПК-19 (способность совершенствовать методики эксплуатации и технологии обслуживания оборудования); ПК-20 (способность применять инновационные методы для решения производственных задач); ПК-21 (способность конструировать и разрабатывать новые инновационные технологические процессы и оборудование нефтегазодобычи и транспорта нефти и газа); ПК-22 (способность анализировать возможные инновационные риски при внедрении новых технологий, оборудования, систем); ПК-23 (способность применять полученные знания для разработки проектных решений по управлению качеством в нефтегазовом производстве).

Методы и материалы

Геологические пласты и залежи месторождений УВС описываются набором параметров, которые представлены в таблице «Геолого-физическая характеристика пластов месторождения» (далее ГФХ) (рис. 1).

Данные параметры частично взаимосвязаны между собой и взаимозависимы, что позволяет контролировать корректность их задания. На основе комплексного анализа этих параметров можно сформировать экспертное заключение (выводы) о свойствах пласта, залежи и месторождения, охарактеризовать их, и описать поведение на перспективу.

Следовательно, по геолого-физической характеристике пластов месторождения можно прогнозировать в первом приближении его перспективные возможности, оценивать влияние на его состояние благоприятных и негативных природных и техногенных факторов, выбирать технологии воздействия.

К сожалению, гидродинамическое моделирование не может дать ответы на все вопросы, возникшие в ходе разработки месторождения, оно служит лишь дополнительным инструментом, позволяющим понять процессы, происходящие в нем.

	П а р а м е т р ы	Ед.изм.	Объекты ЮКЗ
1	Средняя глубина залегания кровли, Н	м	2600
2	Абсолютная отметка ВНК, Н _{внк}	м	-2489
3	Абсолютная отметка ГНК, Н _{гнк}	м	
4	Абсолютная отметка ГВК, Н _{гвк}	м	
5	Тип залежи		пластовая, сводовая
6	Тип коллектора		поровый
7	Площадь нефте/газонасыщенности, S	тыс.м ²	332000
8	Средняя общая толщина, h	м	15
9	Средняя нефтенасыщенная толщина, h _{нн}	м	11,3
10	Средняя эффективная газонасыщенная толщина, h _{гн}	м	0,0
11	Средняя эффективная водонасыщенная толщина, h _{вн}	м	3,7
12	Коэффициент пористости, К _{пор}	доли ед.	0,2
13	Коэффициент нефтенасыщенности ЧНЗ, К _{нн}	доли ед.	0,58
14	Коэффициент нефтенасыщенности ВНЗ, К _{нн}	доли ед.	0,46
15	Коэффициент нефтенасыщенности пласта, К _{нн}	доли ед.	0,52
16	Коэффициент газонасыщенности пласта, К _{гн}	доли ед.	0,0
17	Проницаемость, К _{пр}	мкм ²	0,099
18	Коэффициент песчанности, К _{песч}	доли ед.	0,784
19	Расчлененность, К _{расч}	ед.	3,28
20	Начальная пластовая температура, Т _{пл}	°C	82
21	Начальное пластовое давление, Р _{пл}	МПа	25,8
22	Вязкость нефти в пластовых условиях, μ_n	мПа*с	1,66
23	Плотность нефти в пластовых условиях, ρ_n , пл	г/см ³	0,784
24	Плотность нефти в поверхностных условиях, ρ_n	г/см ³	0,850
25	Объемный коэффициент нефти, ν_n	доли ед.	1,5
26	Содержание серы в нефти, C _s	%	0,69
27	Содержание парафина в нефти, C _p	%	7,0
28	Давление насыщения нефти газом, Р _{нас}	МПа	9,4
29	Газосодержание, Г _ф	м ³ /т	150
30	Давление начала конденсации	МПа	0
31	Плотность конденсата в стандартных условиях	г/см ³	0
32	Вязкость конденсата в стандартных условиях	мПа*с	0,35
33	Потенциальное содержание стаб.конденсата в газе (C ₅₊)	г/м ³	1,040
34	Содержание сероводорода, C _{H2S}	%	
35	Вязкость газа в пластовых условиях	мПа*с	1
36	Плотность газа в пластовых условиях	кг/м ³	1
37	Плотность газа в стандартных условиях	кг/м ³	0,1
38	Коэффициент сверхсжимаемости газа	доли ед.	0,66
39	Вязкость воды в пластовых условиях, η_v	мПа*с (сПа)	1
40	Плотность воды в поверхностных условиях, ρ_n	г/см ³	1,009
41	Сжимаемость	1/МПа×10 ⁻³	
	нефти, ν_n		8,1
	воды, ν_v		4,6
	породы, $\nu_{пор}$		7,2
42	Коэффициент вытеснения (водой), К _{выт}	доли ед.	0,435
43	Коэффициент вытеснения (газом), К _{выт2}	доли ед.	0
44	Коэффициент продуктивности, К _{прод}	м ³ /сут*МПа	5

Рис. 1. Общий вид таблицы ГФХ

Инженеру по разработке месторождений необходимо осмыслить и спрогнозировать то, чего он не видит и не может проверить эмпирически. Таким образом, необходимы косвенные методики, дающие представление о разрабатываемом объекте.

Для решения этих задач сегодня применяются коммерческие гидродинамические симуляторы, позволяющие решать широкий спектр практических задач с высокой

точностью. Однако подтверждаемость таких моделей в настоящее время существенно меньше 100 %, поскольку с их помощью можно получить физически некорректные или не соответствующие факту результаты. Даже при работе с реальными данными инженеру-разработчику достаточно сложно определить, на какие тренды и асимптоты в поведении месторождений необходимо ориентироваться. По этой причине гидродинамическое моделирование в последнее время становится не только наукой, но и искусством. Лишь благодаря опыту и пониманию сути процессов, характерных для каждого конкретного месторождения, гидродинамическое моделирование позволяет качественно прогнозировать технологические показатели разработки.

Известно, что месторождение можно разработать только один раз, поэтому любая ошибка в этом процессе неисправима. Однако, применяя метод моделирования, можно выполнить эту процедуру несколько раз и изучить различные варианты. При использовании моделирования в качестве инструмента можно повысить эффективность использования пластовой энергии, выбора методов воздействия на нее, что приведет к увеличению конечной нефтеотдачи и более экономичной разработке месторождения.

Разрабатываемый нами в условиях лаборатории ТРИЗ программный комплекс является частью электронной информационно-образовательной среды вуза, призванной обеспечивать, согласно требованиям ФГОС 3+ к условиям реализации программ бакалавриата и магистратуры, проведение занятий, процедур оценки результатов обучения с применением электронного обучения. Комплекс предлагает технологию эффективного моделирования, которая опирается на интегральные и инженерные модели, уникальные аналитические решения, алгоритмы и методики, созданные учеными и специалистами России в 70–90-е годы прошлого столетия.

Он включает в себя симулятор «НЕМЕЗИДА», базу данных «ПАНТЕРРА-ТИУ» и экспертную систему «EXPERT-SYSTEM». Симулятор «НЕМЕЗИДА» имеет возможности моделировать системы на нерегулярных сетках с использованием многомасштабных методов расчета дифференциальных и интегральных уравнений [1]. «EXPERT-SYSTEM» обеспечивает обоснование проектных решений, дает возможность управления разработкой месторождений (рис. 2) и повышения качества проектирования разработки месторождений УВС.



Рис. 2. Структура программного комплекса

Программный комплекс представляет собой набор инструментов, включающий как инженерные методики, так и сложные математические модели. Заложенные в нем программные решения и методики прошли апробацию в условиях реального производства. Используемые алгоритмы и методики разработаны и формализованы специалистами АО СибНИИНПи ООО «Нефтегазпроектсервис», частично опубликованы в литературных источниках и методических рекомендациях [1–12].

К необходимости разработки данной когнитивной системы сотрудников лаборатории ТРИЗ при кафедре разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Тюменского индустриального университета подтолкнули очевидные сложности в подготовке современного специалиста нефтегазового дела. А именно:

- высокие темпы влияния научно-технического прогресса на практику добычи нефти и газа, неизбежное отставание учебного и лабораторного оборудования от передовых методик, применяемых на производстве;
- широкий круг проблем, требующих решения в условиях реального производства, невозможность овладения всем спектром требуемых для их решения компетенций одним специалистом;
- длительный период (10–15 лет) подготовки квалифицированного специалиста, способного принимать своевременные и адекватные решения;
- отсутствие достаточного количества компьютерных программ, контрольно-оценочных средств для проверки сформированности названных компетенций, новых учебников и квалифицированных преподавателей для подготовки таких специалистов.

Представленная когнитивная (экспертная) система состоит из следующих частей (модулей):

1. Анализ ГФХ нефтяной залежи.
2. Анализ ГФХ газоконденсатной залежи.
3. Анализ текущего состояния разработки нефтяной залежи:
 - 1) анализ состояния фонда скважин;
 - 2) анализ добычи жидкости, нефти, воды;
 - 3) анализ формирования системы заводнения;
 - 4) анализ энергетического состояния;
 - 5) анализ проведенных мероприятий.
4. Анализ текущего состояния разработки газоконденсатной залежи:
 - 1) анализ состояния фонда скважин;
 - 2) анализ добычи газа, воды, конденсата;
 - 3) анализ формирования системы заводнения;
 - 4) анализ энергетического состояния;
 - 5) анализ проведенных мероприятий.
5. Анализ выработки запасов нефти из пластов.
6. Анализ выработки запасов газа из пластов.

Экспертная система может использоваться в трех режимах: режим «Обучение»; режим «Тестирование»; режим «Профи» (дающий возможность применения данной системы действующим специалистом в условиях реального производства).

Проиллюстрируем работу системы в каждом из этих режимов. Ниже приведены оболочки проверочной программы обучения студентов «EXPERT-ГФХ». Окно программы представляет собой таблицу ГФХ по пласту, слева приводится открывающееся меню с вопросами. Каждый обучающий вопрос снабжен несколькими версиями ответов, одна из которых — правильная (рис. 3).

Параметры	размерность	значения
12 Коэффициент пористости	доли ед.	0,235
13 Коэффициент нефтенасыщенности ЧНЗ	доли ед.	0,336
14 Коэффициент нефтенасыщенности ВНЗ	доли ед.	0,311
15 Коэффициент нефтенасыщенности пласта	доли ед.	0,315
16 Коэффициент газонасыщенности пласта	доли ед.	
17 Проницаемость	мкм2	0,029
18 Коэффициент песчаности	доли ед.	0,58
19 Расщепленность	ед.	6,4
20 Начальная пластовая температура	°C	65
21 Начальное пластовое давление	МПа	15,6
22 Вязкость нефти в пластовых условиях	мПа·с	7,4
23 Плотность нефти в пластовых условиях	г/см3	0,831
24 Плотность нефти в поверхностных условиях	г/см3	0,848
25 Объемный коэффициент нефти	доли ед.	1,04

Рис. 3. Окно программы «EXPERT-ГФХ» в режиме «Обучение»

Образцы ответов показываются после вопроса или высвечиваются в дополнительном окне программы. Кроме того, в режиме «Обучение» дается и подсказка ответа.

В режиме «Тестирование» студент просматривает информацию и выбирает один ответ. В конечном итоге по завершении теста программа выдает количество правильных ответов. В конце процедуры студент видит резюме (рис. 4), в котором содержится экспертное заключение по месторождению.

В режиме «Профи» программа выдает результат в виде экспертного заключения в текстовой форме, сообразно с тем, как это делается при подготовке отчетов для защиты проектного решения на Центральной комиссии по разработке месторождений углеводородного сырья (ЦКР).

«Коллектор характеризуется высокой нефтенасыщенной толщиной ($h_{nn}=11.3$ м), высокой проницаемостью ($K_{прон}=0.099$ мкм²), средней расчлененностью ($K_{расч}=3.28$), высоким коэффициентом песчаности ($K_{песч}=0.784$ - ГСК гидродинамически связный коллектор). Коллектор поровый, характеризуется высокой продуктивностью ($K_{прод}=6.84$ м³/сут*МПа). При депрессии на пласт 8 МПа дебит жидкости составит 46.51 т/сут. (способ эксплуатации - ЭЦН). Необходимость применения технологий интенсификации добычи отсутствует.

Термобарические условия типовые: пластовое давление близко гидростатическому ($P_{пл}=25.8$ МПа, $P_{гст}=26$ МПа) Коэф.ф. аномальности давления равен 0.99, пластовая температура средняя ($T_{пл}=82$ град. С при расчетной $t_{пл} = 80.6$ град. С).

Залежь пластовая, сводовая, нефтяная, характеризуется низким значением коэффициента нефтенасыщенности ($K_{nn}=0.52$ -коллектор недонасыщенный), входные дебиты новых скважин будут иметь начальную обводненность 1.91178856%, коэффициент вытеснения средний ($K_{выт}=0.435$). При этом коэф.ф. остаточной нефтенасыщенности $K_{он}$ равен 0.294.

Рис. 4. Вывод программы «EXPERT-ГФХ» в режиме «Профи»

Выводы

Таким образом, разработанная компьютерная программа «EXPERT-ГФХ» представляет собой когнитивную систему и выступает частью электронной образовательной среды вуза. Она позволяет эффективно реализовать основные образовательные программы подготовки бакалавров и магистров, разработанные на основе ФГОС 3+. Многоуровневые возможности такой системы обеспечивают ее применение для формирования профессиональных компетенций, их совершенствования и повседневного применения в профессиональной деятельности.

Библиографический список

1. Стрекалов А. В. Системный анализ и моделирование гидросистем поддержания пластового давления. – Тюмень: ИФ «Слово», 2002. – 324 с.
2. Мулявин С. Ф. Проектирование разработки нефтяных и газовых месторождений: учеб. пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 220 с.
3. Мулявин С. Ф., Облеков Г. И. Проектирование разработки газовых и газоконденсатных месторождений: учеб. пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 171 с.
4. РД 153-39.0-110-01. Методические указания по геолого-промысловому анализу разработки нефтяных и газонефтяных месторождений. – М., 2002. – 120 с.
5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 61 от 21.03.2007 «Об утверждении Методических рекомендаций по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений». – 120 с.
6. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 12-р от 18.05.2016 «Об утверждении Временных методических рекомендаций по подготовке технических проектов разработки месторождений УВС». – 30 с.
7. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 254 от 08.07.2010 «Об утверждении требований к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений углеводородного сырья». – 25 с.