

## НАУЧНАЯ НОВИЗНА КАК ЭЛЕМЕНТ ДИДАКТИЗМА

Ю.Д. Ариненков, канд. тех. наук, доцент,  
Донецкий национальный технический университет

*Обобщается опыт разработки адекватных обогащительной технологии методов моделирования схем с использованием научной новизны как элемента дидактизма в учебном процессе.*

*Generalised experience of development identical enrichment technology of methods of modeling of schemes with using scientific novelty as an element didacticism in the scholastic process.*

По оценке Р.Е. Шеннона [1], моделирование - широкодоступный и довольно плохо описанный предмет огромной важности, необходимый не только для тех, кто проектирует системы, но и для тех, кто их эксплуатирует. Более лаконично по такому же поводу сказал Козьма Прутков: "Нельзя объять необъятное". Поэтому признаком зрелости технической науки можно считать наличие у неё ареала специальных научных методов и приёмов моделирования, необходимых и достаточных для решения текущих и проблемных задач в конкретной области знаний.

Классические методы моделирования процессов обогащительной технологии базировались на поиске закономерностей в традиционной форме полиномиальных аппроксимаций изучаемых зависимостей, которые, как показала длительная практика, оказались эфемерными. Несостоятельность такого подхода проявилась в наличии проблем описания характеристик обогащаемого материала, технологических процессов и схем их соединения. Требовался новый научный подход.

В качестве альтернативы "научному" поиску полиномиальных аппроксимаций несуществующих аналитических закономерностей в обогащении автором в работе [2] предложена концепция моделирования "as is" применением специализированных методов *knot*- и *area*-интерполяции данных соответственно ситового и фракционного анализов на ЭВМ (*knot*- узел, *area*- область, площадь, кривые ситового состава интерполируются по точно известным точкам, а кривая выхода от элементарной зольности - сглаживанием площади каждой фракции). Это направление получило развитие в работе [3], в которой обоснован метод форматирования 5-мерных массивов данных обога-

тимости (таких как крупность, зольность, сера, плотность, выход), снявший проблему совместимости форматов данных от разных поставщиков обогащаемого сыпучего материала.

Теперь вся информация о характеристиках углей хранится в электронной базе данных и выводится на экран видеомонитора в форме графиков или таблиц желаемого формата. Благодаря указанной научной новизне, моделирование обогатительной технологии приобрело принципиально новое качество - универсальность описания характеристик обогащаемых материалов, проблема поиска эфемерных закономерностей устранена.

Очевидно, что эта новизна важна не только для самой науки, но и, особенно, для изучения этой науки, так как наличием признака научной новизны указывается целенаправленность соответствующих методов на решение проблем конкретной науки.

Здесь ставится задача на примерах публикаций автора показать не только полезность, эффективность предложенного подхода и применимость разработанного программного обеспечения для принятия решений по оптимальному управлению обогатительной технологией, но и роль имевшей место в этих разработках научной новизны как элемента дидактизма курсов "Моделирование технологических процессов" и "Расчёт схем на ЭВМ" для студентов специальности "Обогащение полезных ископаемых".

К началу чтения указанных курсов автор готовился, имея теоретический и практический опыт в области автоматического управления обогатительной технологией, где методы моделирования автоматических устройств фундаментально разработаны. Однако, попытки систематизировать литературные источники в области моделирования процессов обогащения не дали результатов, так как каждый автор критиковал предыдущего (это называют эффектом предыдущего докладчика, что свидетельствует о незавершённости решения обсуждаемой проблемы).

Были выделены три главные проблемы: указанная выше проблема описания характеристик обогащаемого материала, проблема моделирования процессов и проблема моделирования технологических схем. При разработке этих проблем учитывались не только пункты министерской учебной программы, но и интересы (запросы на решение задач) и преподавателей смежных дисциплин, и студентов. Все новые теоретические, алгоритмические и программные разработки включались в материал лекций, что позволяло от схоластиче-

ского изложения иногда необязательных методов переходить к новым, с их обоснованием на фоне возникающего любопытства и придрочивой критики студентов.

Как известно, большинство людей определённо не симультантны, они не готовы к восприятию нового: что всякая новизна, и научная в том числе, на подсознательном уровне воспринимается как потенциальная опасность. Ожидаемая опасность многолика, и снять её можно только подбором соответствующего контраргумента. Студент, как правило, такого опыта не имеет, но и непосредственно приобрести такой опыт нельзя не только из-за трудоёмкости, высокой стоимости и даже опасности в некоторых случаях, но и из-за чрезвычайно низкой вероятности наступления таких событий.

Вопрос исчисления вероятностей увлекательно рассмотрен в книге Анри Пуанкаре “О науке” [4]. В применении к обсуждаемому вопросу, из личного опыта автора известен пример последовательности нескольких невероятных, но имевших место, событий, предшествовавших разработке способа определения удельной электропроводности порошкового материала, только благодаря обсуждению которых в экспертном совете Комитета по изобретениям (ВНИИГПЭ) группе авторов было выдано авторское свидетельство № 1059498 [5].

Дидактическое значение этого изобретения очевидно. Осознавая это, автор, в соответствии с календарным планом лекций и уровнем подготовки студентов, излагал по теме новые разработки в области моделирования обогатительной технологии.

Уникальный результат получен сравнением в одинаковых условиях опыта работы двух групп исследователей.

Первая группа 5 лет изучала электростатическую сепарацию золы-уноса традиционным методом, и на 2500 опытах удовлетворительной модели процесса не получила, а вторая -с применением специального показателя сепарабельности в течение месяца на 50 опытах получила надёжную и содержательную модель с более чем тысячекратным ускорением. Этот уникальный опыт показывает, что альтернативы целевому ориентированному моделированию обогатительной технологии нет.

Таким образом, каждая лекция обязательно содержала новые научные сведения либо опыт оригинальных разработок в этой области. Обсуждались история, методология разработок, аномальные результаты и корректность решения задачи. С увеличением объёма новых знаний потребовалось перейти к системному изложению

разработанных методов, количество которых превысило 30. Все три проблемы моделирования обогатительной технологии решены и оба курса полностью базируются на новых теоретических и программных разработках. Это позволило проблему моделирования обогатительной технологии продвинуть до проблемы принятия оптимальных решений по управлению производством на ЭВМ и решить её.

Сейчас студенты данной специальности имеют в своём распоряжении пакет программ моделирования характеристик обогащаемого материала, методов прогнозирования параметров процессов и фабрики в целом с помощью макромодели - транслятора технологических схем. Это позволяет поднять уровень подготовки студентов в области принятия решений по управлению технологией.

Вопрос принятия решения по управлению технологией является сложным. Выделяют экономическую, технологическую и социальную составляющие решения задачи. Хозяин, конечно, хочет улучшить экономику своего предприятия без дополнительных затрат, только за счёт улучшения организации производства, но он не может доверять сомнительной математической модели принятия такого решения, так как кроме опасности получения неверного решения и непредсказуемого убытка он ещё должен учитывать интересы и других лиц, участвующих в производственном процессе.

Экономическая составляющая принимаемого решения связана с поиском максимума прибыли. В работе [6] решён вопрос аналитической оптимизации процессов переработки многокомпонентных полезных ископаемых, без активного поиска оптимума на процессах. Там дана графическая интерпретация принятия решения для оптимального выделения концентрата с учётом влияния серы. Рассмотрен вопрос целевого ориентирования системы ценообразования, решение которого позволяет согласовать интересы поставщика, обогатителя и потребителя продуктов обогащения угля, дана формула оценки сепарабельности многокомпонентного полезного ископаемого.

Все теоретические положения работы реализованы в графической программе FRACTIAS, по графикам которой лицо, принимающее решение (ЛПР), может учесть все характеристики обогащаемого материала и обоснованно назначить наиболее предпочтительный экономико-технологический режим.

Однако, принимая решение, ЛПР должно быть уверенным в его реализуемости. Для ответа на такой вопрос необходимо уметь оценивать процессы и достоверно прогнозировать результаты обогащения.

В работе [7] впервые сформулирована область допустимых ошибок, дано её описание, выполнен анализ свойств, изложен метод обоснованного прогноза результатов обогащения с помощью предложенного показателя селективности. Предложена и доказана теорема-критерий правильности методов оценки и прогноза результатов обогащения, на основе которой создана программа оценки результатов промышленного исследования обогатительных процессов и прогноза результатов обогащения EXPERT07.

Для определения выходов продуктов разработана программа TOOBIGAX, на основании данных о количестве золы в каждой фракции исходного продукта и нескольких продуктов обогащения вычисляющая их выходы методом Жордана-Гаусса с поиском ведущего элемента по строкам и столбцам.

Высокая точность и простота применения разработанных методов оценки и оптимизации процессов с помощью ЭВМ позволили предложить их с позиции беззатратного энергосбережения [8].

Однако, все технологические процессы связаны друг с другом наличием многих связей в технологической схеме, в том числе циркуляций.

Для определения состояния процессов в любой точке многосвязной технологической схемы разработана макромодель-транслятор CONCEPT1, структура которой не зависит от конкретной технологии и не ограничена по глубине её описания [9]. Это достигнуто благодаря включению в макромодель-транслятор только наиболее общих алгоритмов, совершенно одинаковых для любой обогатительной фабрики.

Однажды отлаженная, программа макромодели-транслятора безотказно работает на описании любой технологической схемы. Пример выдаваемой при этом на дисплей текстовой, числовой и графической информации показан на рисунке.

В двух верхних строках приведена общая информация о номере работающей схемы (фабрика может иметь несколько вариантов схем обогащения), о клавишах доступа к управлению производительностью (Tempo), выбору процесса для настройки и просмотра (Control of Process), влажности рядового угля (Wgru), сообщается о содержании шлама в оборотной воде и дана величина невязки общего баланса технологической схемы.

shema001.uda Tempo 100.0 т/ч Control of Process Quit				Особый момент 35			
Wpu= 7.00% Шлам в оборотной воде		24.7г/л Отсадка13-100м		Невязка 0.00000%			
Рекомендации	Имя параметра	Размерность	Выбор	Величина	Оценки технологии		
	МаксКрупность	мм		0.700	РасходТехноВоды		
ПлотнРазделения	ГрнчЗольность	%		41.000	м3/т рядового:		
1630 кг/м3	СтпнОбогащения	доли единицы		0.970	оборотн. 2.633		
	ИзмлчмстПороды	%		0.000	технич. 0.000		
РасходДобавВоды	ИзмельчмстУгля	%		0.000	Циркуляция БОВ:		
78.742 м3/ч	ВлажнстОтходов	%		7.500	263.251 м3/ч		
	ВлажнстКонцнтр	%		99.000	6.607 т/ч		
ВлажнстПродуктв	МагнетитОтходв	кг/т		0.000	Сброс воды БОВ:		
9.07% На вход	МагнетитКнцнтр	кг/т		0.000	0.000 м3/ч		
воду 2.5 м3/ч	ВлажнстВхода	%		78.730	0.000 т/ч		
Имя продукта	И	% Выход т/ч	Зола %	Сера %	г/литр	W, %	Вода м3/ч
7 Питание- 2188		30.38 30.38	43.51	1.00	231.1	78.73	112.449
11 Породы13-100мм		13.57 13.57	85.42	1.00	1416.3	7.50	1.100
12 Кнцнрт13-100мм		16.81 16.81	9.70	1.00	138.0	86.88	111.350

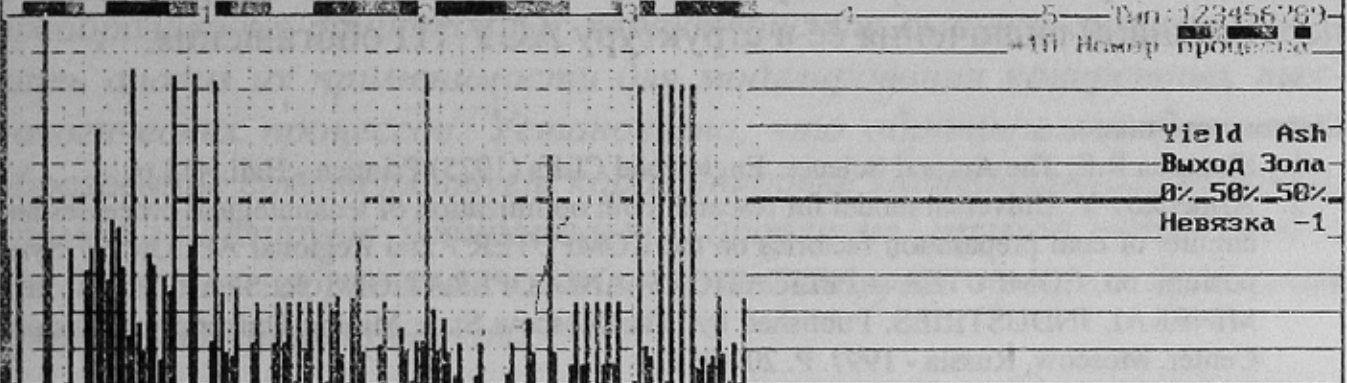


Рисунок - Информация макромодели фабрики CONCEPT1.EXE

Справа приведены общие оценки состояния водно-шламовой части схемы: расход оборотной и технической воды, её циркуляция через бак оборотной воды, аварийный сброс этой воды из бака за пределы фабрики. В центре рисунка приведены параметры настройки выбранного процесса и их состояние, а слева - рекомендуемые параметры настройки режима обогащения (оптимальная плотность разделения и расход добавочной воды в этот процесс) и по настройке всей схемы (оптимальная подача воды в головной процесс). Ниже этих блоков расположен блок информации о текущих параметрах выбранного на просмотр процесса (выход, нагрузка, зола, сера, содержание твёрдого, влажность, расход воды в питании процесса и в каждом полученном продукте).

В нижнем блоке размещена графическая информация - столбиковые диаграммы состояния всех параметров всех процессов схемы.

Нужно подчеркнуть, что предложенная полностью новая методология моделирования обогатительной технологии не просто облегчает ручной труд, но и придаёт ему принципиально новое качество. Так, например, для условий ЦОФ Киевская макромодель выдаёт 7600 значений параметров по любой точке технологической схемы. Для нахождения этих значений путём решения гипотетической системы

линейных уравнений потребовалось бы составлять и решать матрицу с количеством элементов 48094225. Только ввод элементов этой матрицы, без обоснования самой системы уравнений, занял бы более 100 лет, при новой же методологии подобные вопросы вообще не возникают. Вместе с тем, обсуждение со студентами новых работ резко повышает ответственность лектора за их достоверность, обоснованность, полезность.

Разработанная макромодель применяется студентами в лабораторном практикуме для приобретения опыта принятия управляющих решений в условиях действующего обогатительного предприятия с перспективой включения её в структуру АСУ ТП обогащения.

**Список источников.**

1. Shannon R.E. The Art and Science. Englewood Cliffs (1975) Printice - Hall, 418 p.
2. Arinenkov Y. Universal model for research both optimization of technological processes and circuits of coal preparation factories on the COMPUTER / 2nd Regional APCOM'97 Symposium on COMPUTER APPLICATIONS AND OPERATIONS RESEARCH IN THE MINERAL INDUSTRIES. Published by: The Moscow State Mining University Publishing Center. Moscow, Russia - 1997. P. 209-214.
3. Ариненков Ю.Д. Метод форматирования массивов данных обогатимости полезных ископаемых // "Наукові праці Донецького державного технічного університету". Випуск 16, серія гірничо-електромеханічна. Донецьк: ДонГТУ, 2000. С. 3-10.
4. А. Пуанкаре. О науке. М., «Наука», 1983. 559 с.
5. Ариненков Ю.Д., Ельяшевич М.Г., Оглоблин Н.Д., Коткина Л.А. и Ильяной С.И. Способ определения удельной электропроводности порошкообразных материалов. Авторское свидетельство на изобретение № 1059498. Бюллетень № 45, 1983.
6. Ариненков Ю.Д. Аналитическая оптимизация процессов переработки полезных ископаемых. // "Наукові праці Донецького національного технічного університету". Випуск 24. Серія: Економічна.: ДонНТУ, Донецьк, 2002. С. 277-284.
7. Ариненков Ю.Д. Оценка и прогноз параметров обогащения. // "Наукові праці Донецького державного технічного університету". Випуск 35. Серія: гірничо-електромеханічна. Донецьк: ДонНТУ, 2001. С. 10-15.
8. Ариненков Ю.Д. Оптимизация технологии обогащения как беззатратный метод энергосбережения. Региональный журнал Донбасса «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ» №11, 2001. С.13-15.
9. Ариненков Ю.Д. Точность последовательных вычислений в модели с делящимися потоками и циркуляцией // "Наукові праці Донецького державного технічного університету". Випуск 29. Серія: Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем. Севастополь-«Вебер» Wb -Донецьк: ДонГТУ, 2001. С. 277-284.