

ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта
на диссертационную работу Турарова Аманкельды Кабдыгалиевича на
тему «Численное решение многофазной динамической модели
газлифтного процесса», представленную на соискание ученой степени
доктора философии (PhD) по специальности «8D05401-Математика»

Диссертационная работа «Численное решение многофазной динамической модели газлифтного процесса» посвящена разработке эффективных вычислительных алгоритмов, математическому обоснованию и численной реализации моделей прямых и обратных задач, описывающих газлифтный процесс добычи нефти и определение пластового давления в сложных геометрических конфигурациях. В настоящее время, в условиях истощения традиционных нефтяных месторождений и повышения требований к энергетической эффективности, актуальной задачей для нефтегазовой отрасли становится внедрение современных методов численного моделирования, оптимизации и управления технологическими процессами добычи. Особенно значимой является реализация газлифтных систем, которые позволяют повысить коэффициент извлечения нефти при относительно низких капитальных затратах. Актуальность данного направления определяется необходимостью повышения продуктивности стареющих месторождений, снижения затрат и обеспечения устойчивого развития отрасли. Эффективность газлифтного метода в значительной мере зависит от обоснованного выбора параметров закачки газа и точности построенных математических моделей скважин.

В диссертационной работе рассматриваются прямая и обратная задачи, описываемые уравнениями Навье–Стокса для сжимаемого газа. Также разработаны и проанализированы численные методы для двумерного случая течения жидкости в осесимметричной области, что позволяет учитывать сложную геометрию и пространственное распределение параметров в реальных условиях эксплуатации скважин.

Целью работы является построение и исследование численного алгоритма для решения прямой и обратной задачи газлифтного процесса на основе математической модели движения газа и жидкости.

Особенностью диссертационной работы является комплексный подход к решению актуальных задач нефтедобычи, сочетающий методы математического моделирования, численного анализа и оптимального управления. В работе рассматриваются как прямая, так и обратная задачи,

связанные с моделированием газлифтного процесса, что позволяет не только описывать физическое поведение системы, но и решать задачу восстановления недостающих параметров, таких как начальные значения давления, объемного расхода газа и пластовое давление.

Отличительной чертой исследования является применение уравнений Навье–Стокса для сжимаемого газа в качестве основы математической модели, а также формулировка обратной задачи как задачи оптимального управления с использованием метода сопряжённых уравнений. Такой подход требует построения сопряжённой ретроспективной задачи, вычисления градиента целевого функционала по начальному расходу и реализации градиентного итерационного алгоритма. Это накладывает высокие требования на точность аппроксимации, устойчивость численного метода и сходимость алгоритма.

Значимой особенностью является также учет сложной геометрии области моделирования, в частности, постановка задачи в двумерной L-образной области, моделирующей эксплуатационную зону скважины. Для данной конфигурации разработан оригинальный алгоритм на основе переменных «функция тока – вихрь скорости», с последующим восстановлением давления по интегральным формулам. Это позволило численно определить пластовое давление на входе при известных параметрах на выходе, что имеет большое прикладное значение для инженерной практики.

Кроме того, в работе предложены разностные схемы второго порядка аппроксимации для прямой и сопряжённой задач, включая явные, неявные и схемы с весами, обеспечивающие устойчивость при больших временных шагах. Проведены численные эксперименты, в которых показана эффективность разработанного алгоритма как в восстановлении начальных условий, так и в построении производственных характеристик скважины. Особое внимание уделено задаче течения через пористую среду, что дополнительно приближает модель к реальным условиям эксплуатации газлифтных скважин.

Таким образом, уникальность и новизна задачи, решаемой в данной диссертационной работе, состоит в объединении методов численного моделирования, сопряжённого анализа, оптимального управления и обработки данных для описания сложного, многозонального газожидкостного процесса с целью повышения эффективности нефтедобычи. Это делает представленное исследование актуальным как в теоретическом, так и в прикладном аспекте, а предложенные методы – перспективными для практического внедрения в системы управления добычей.

Результаты диссертационной работы Турарова А.К. были представлены на научных семинарах и международных конференциях по математике и информационным технологиям. Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются публикациями в международных рецензируемых изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, а также в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Диссертация является завершенным научным исследованием и свидетельствует о достаточном уровне теоретической подготовки докторанта, владении им широким спектром методов научного исследования. Учитывая актуальность рассматриваемой темы, диссертация А.К. Турарова "Численное решение многофазной динамической модели газлифтного процесса" рекомендуется для защиты в диссертационном совете.

**Зарубежный научный консультант,
доктор физико-математических наук,
профессор, академик НАН
Азербайджана**



Ф.А. Алиев

