

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ МНОГОФАЗНОГО ПОТОКА В ТРУБОПРОВОДЕ И СКВАЖИНЕ**

**Стрюк С.О., Овчаренко А.М.**

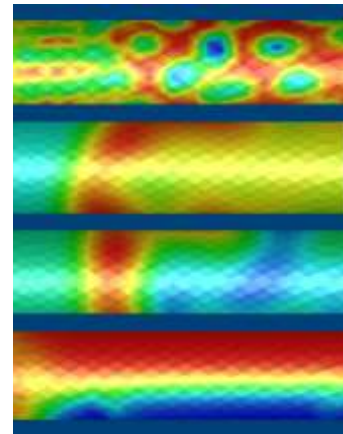
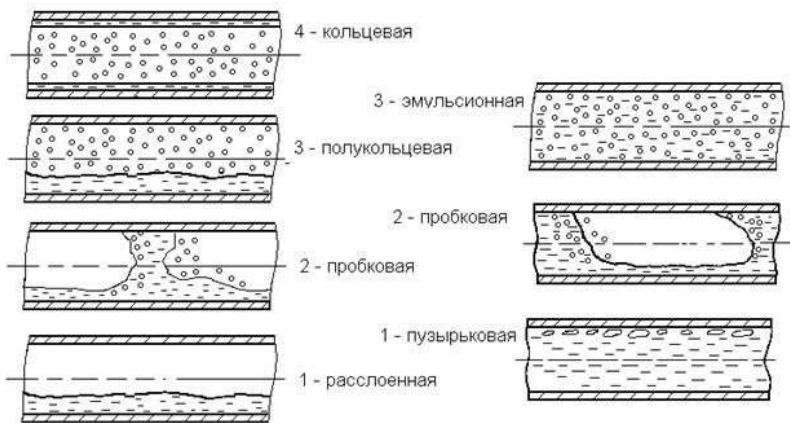
Научный руководитель профессор П.В. Бурков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

При построении цифровых двойников месторождений, проектировании наземной инфраструктуры, а также при эксплуатации объектов месторождений отсутствует достоверное представление о структуре многофазных потоков как в скважинах, так и в трубопроводах, рисунок 1 [1]. Возможность автоматизированного определения структуры потока, определения точек изменения структуры потока и визуализации позволит повысить показатели эффективности эксплуатации и надежности трубопроводов и оборудования нефтяных месторождений.

В настоящий момент на рынке отсутствует отечественное программное обеспечение, позволяющее получить наглядное представление о режиме течения в трубопроводе. Разрабатываемый алгоритм позволит оперативно получать представление о режимах течения многофазного потока при проведении гидравлических расчетов.

Авторами проекта уже разработана и тестируется MVP продукта «FlowAnalyzer», реализованная в среде Python с применением инструментов Unifloc [3]. Алгоритм выводит на экран тип потока и его визуализацию, например, некоторые из полученных визуализаций потока представлены на рисунке 2. Расчет производится на основе заданных в интерфейсе (рисунок 3) входных данных о трубопроводе – рабочее давление, внутренний диаметр трубопровода, угол наклона трубопровода к горизонту, абсолютная шероховатость стенок трубы; и о транспортируемой среде – дебит фаз жидкости и газа, плотность и вязкость жидкости и газа, поверхностное натяжение.



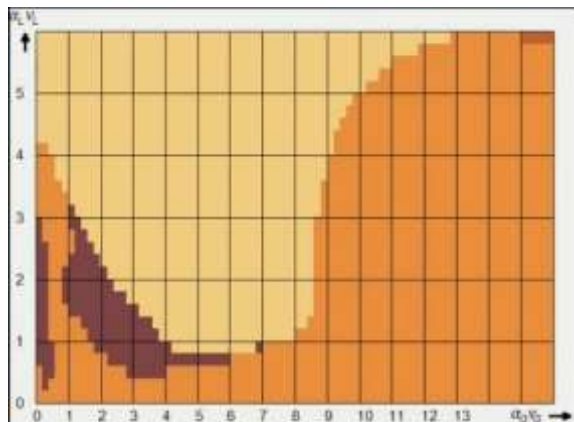
**Рис. 1. Типовые структуры потока при высоком газосодержании (слева) и низком газосодержании (справа)**

**Рис. 2. Визуализации потоков, построенных программой**

Следующим важным шагом в процессе доработки алгоритма является добавление динамической карты потоков, рисунок 4 [2].



**Рис. 3. Пользовательский интерфейс тестовой версии программы**



**Рис. 4. Динамическая карта потоков**

Такая карта позволит наглядно показать, в какой зоне находится поток с заданными параметрами. А ее динамическое изменение позволит пользователю продукта понять тенденцию к переходу из одной структуры потока к другой.

Разработанный авторами алгоритм планируется использовать как отдельную информационную систему, либо интегрировать с существующими ПО для гидравлического расчета трубопроводов (Petroleum Experts GAP, OIS Pipe).

Практическое назначение разработанной системы заключается в определении специалистом текущего режима течения многофазного потока в нефтесборных трубопроводах, скважинах. На основе этих данных специалист может спрогнозировать изменение режима течения при изменении входных параметров с целью оптимизации режима работы трубопроводов и нефтепромыслового оборудования (УЭЦН, АГЗУ, сепараторов и др.). А оптимизация работы трубопроводов и оборудования, в свою очередь, производится с целью сокращения операционных затрат, повышения эффективности работы оборудования и повышения межремонтного периода.

### Литература

1. James P. B., Mukherjee H. Multiphase flow in wells // Doherty Memorial Fund of AIME SPE-1990. – 1999.
2. Соломичев, Р. И. и др. Перспективы развития ультразвуковых расходомеров при измерении параметров многофазного потока в нефтегазовой промышленности // Сфера нефть и газ. — 2020. — № 2. — С. 24-28
3. Хабибуллин Р. Unifloc 7.3 VBA Руководство пользователя // UserManual: — URL: <https://usermanual.wiki/Document/U7manual.427271840.pdf> (дата обращения: 13.03.2023).

## СПОСОБЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

**Сыпачев П.А.**

Научный руководитель доцент М.С. Турбаков

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия*

Природный газ является одним из ведущих энергоносителей в стране чему способствуют огромные внутренние запасы. Природный газ широко используется в различных отраслях промышленности и экономики. Транспортировка природного газа является важным этапом его добычи и распределения.

Перед транспортировкой газа, отобранного из скважин, требуется определенная подготовка. Процесс подготовки требует многоступенчатой процедуры для удаления примесей, которые могут повредить оборудование. Первый этап происходит на месте проведения ГРП, второй - в специальном сепараторе. Третий этап проходит в компрессорной установке. Для удаления излишков воды из смеси также могут использоваться абсорбенты. В противном случае природный газ может кристаллизоваться и засорить трубы. Дросселирование и охлаждение также являются методами, используемыми для осушения природного газа. Наконец, в топливо добавляются присадки, придающие природному газу характерный вкус.

После подготовки топливо транспортируют одним из пяти существующих способов. Рассмотрим каждый из способов транспортировки более подробно.

Трубопроводный транспорт. Трубопроводный транспорт является наиболее распространенным способом транспорта природного газа. Используются специальные трубы, которые могут быть как подземными, так и надземными. Перекачка газа осуществляется с помощью компрессорных станций, которые располагаются на определенных участках трубопровода. Компрессоры создают давление в трубах, необходимое для перемещения газа на большие расстояния. Трубопроводы могут иметь различные диаметры и длины, в зависимости от объема газа, который необходимо перевезти. К бесспорным плюсам транспортировки природного газа при помощи трубопроводов относят: маленькие денежные издержки на перекачку, высшую скорость доставки больших размеров горючего к клиенту, бесперебойность работы, минимизация утрат при транзите, простота применения и сервиса трасс и недоступность утечек в находящуюся вокруг среду.

Железнодорожный автотранспорт. Этот метод доставки применяется в тех случаях, когда получатель располагается на значимом удалении от газонаполнительных станций или же в стороне от автодорог. Газ имеет возможность быть перевезен в особых цистернах или же контейнерах, которые загружаются на железнодорожные платформы. Вероятна организация перевозки сжиженного газа и в баллонах. В данном случае перевозка выполняется в скрытых вагонах. Данный метод транспортировки нередко применяется для доставки природного газа до пространств, где его возможно применить в качестве горючего. К бесспорным плюсам транспортировки природного газа при помощи трубопроводов относят: маленькие денежные издержки на перекачку, высшую скорость доставки больших размеров горючего к клиенту, бесперебойность работы, минимизация утрат при транзите, простота применения и сервиса трасс и недоступность утечек в находящуюся вокруг среду.

Автомобильный транспорт. Используется для транспортировки газа на короткие расстояния или, когда не доступны железнодорожные или трубопроводные маршруты. Перевозка природного газа автоцистернами является довольно распространенным методом. Газ может перевозиться в специальных цистернах или контейнерах и загружаться на автомобильные платформы. Перед транспортировкой газ сжимается по специальной технологии. Температура топлива понижается до минус 160 градусов Цельсия, в результате чего его объем уменьшается примерно в 600 раз. Затем топливо под давлением загружается в автоцистерны. Транспортировка осуществляется в соответствии со строгими правилами.