

Таким образом, для создания имитационной модели в среде «Amesim» в начале работы строим принципиальную схему исследуемой гидравлической системы с объемной адаптацией к нагрузке (рис. 1). Затем задаем начальные параметры работы гидравлической системы и требуемую нагрузку на потребителях. После указания в программе всех требуемых значений и сбора принципиальной схемы исследуемой гидравлической системы с объемной адаптацией к нагрузке начинаем симулировать работу системы в автоматическом режиме [3].

После завершения расчета и симуляции работы системы строим диаграмму загрузки каждого элемента системы во время рабочего цикла (рис. 2), а также замеряем полученные значения основных рабочих параметров в определенных условиях эксплуатации и в заданный момент времени (рис. 3).

В результате имитационного моделирования гидравлической системы с объемной адаптацией к нагрузке в различных условиях эксплуатации удалось проанализировать работоспособность гидравлической системы при различных значениях основных параметров системы и при различных условиях нагружения, что, в свою очередь, позволяет свести к минимуму допущение негативных факторов при работе системы на ранних этапах проектирования.

Литература

1. Имитационное моделирование гидросистемы снегоочистителя «Амкодор 9531» в среде «FluidSim» / Е. В. Хазеев [и др.] // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2021. – С. 109–111.
2. Гидросистема мобильной машины : пат. RU 2276237 C2 / В. П. Баторшин, Е. С. Голоскин, А. М. Петров. – 2004. – 8 с.
3. Гимадиев, А. Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах : электрон. учеб. пособие / А. Г. Гимадиев, П. И. Грешняков, А. Ф. Синяков ; Электрон. текстовые. – Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2014. – 136 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АНАЛИЗА РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Д. В. Симогостицкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель О. К. Абрамович

Теория разработки нефтяных и газовых месторождений в настоящее время располагает широким набором строгих, с позиций фундаментальных наук, аналитических способов решения множества основных задач проектирования и геолого-промыслового анализа разработки. На разных этапах освоения нефтяных и газовых месторождений используется моделирование с высокой степенью адекватности моделей. Высокоинтеллектуальные программные продукты позволяют повышать точность геологического прогноза с описанием природного резервуара, его параметров и строения в трехмерном варианте. Для создания 3D-моделей, например, эффективно используют продукты фирмы Landmark, такие как En-Rich, StratWorks и Z-map Plus. При предметном изучении залежей отмечаются индивидуальности их геологического строения и условий залегания нефти, а также особенности сложившихся систем разработки. Роль анализа разработки нефтяных месторождений сложно переоценить, в том числе и в оценке достоверности числящихся на балансе запасов. Основным смыслом геолого-

промышленного анализа разработки состоит в воспроизводстве корректного научно обоснованного представления об изменениях состояния залежей углеводородов во времени в результате извлечения из залежи нефти и газа [2].

Просматривая результаты анализа ряда месторождений как за рубежом, так и в Беларуси, можно констатировать некоторое отступление от классических законов с позиций фундаментальных наук и аналитических способов решения задач проектирования и разработки. Постановке такой проблемы посвящены представленные материалы. Проанализировав ряд графиков разработки нефтяных месторождений Западной Сибири и месторождений Припятского прогиба, установлены факты закачки избыточных объемов воды по отношению к объемам отобранной из залежей жидкости. Для сопоставления были задействованы данные по следующим месторождениям: Варьеганское, Возейское, Каменоложское, Северо-Варьеганское, Тарханское (см. таблицу).

Данные по дисбалансу «закачка–добыча» на месторождениях России

| Месторождение | Закачка воды, м ³ | Добыча нефти, м ³ | Добыча воды, м ³ |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Варьеганское | 526 млн | 136,82 млн | 144 млн |
| Возейское | 199 млн | 51,76 млн | 115,29 млн |
| Каменоложское | 400 млн | 200 млн | 120 млн |
| Северо-Варьеганское | 207,7 млн | 58,82 млн | 82,35 млн |
| Тарханское | 443 тыс. | 176,47 тыс. | 223,53 тыс. |

Подобные вопросы становятся еще более актуальными, когда факты пятикратного превышения объемов закачки воды против проектных уровней интерпретируются в качестве положительных технологических показателей разработки залежей.

Основная суть процессов заводнения нефтяных пластов состоит в том, чтобы обеспечить замещение объемов пластовой продукции, отбираемой из залежей, объемами закачиваемой воды. Поэтому учет объемов закачиваемой воды можно использовать в качестве метода контроля за разработкой залежей.

При оценке состояния разработки многих наиболее крупных залежей и месторождений Оренбургской области приведены соотношения объемов закачанной воды и отобранной жидкости по объектам (рис. 1), разрабатываемым с заводнением в большей части по внутриконтурным схемам, и эти соотношения по отдельным объектам представлены на рис. 1.

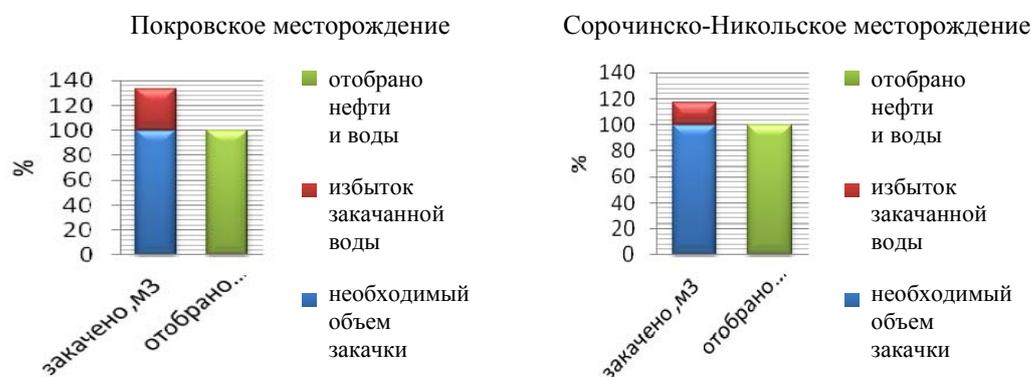


Рис. 1. Соотношения объемов закачанной воды и отобранной жидкости по объектам Оренбургской области

Принципиальное аналитическое выражение для составления баланса «закачка–отбор» на основе промышленной информации за любой период времени представляется в виде формулы

$$V_{\text{в}} - \frac{q_{\text{н}}\beta_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}}} - \frac{q_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = \pm\Delta V,$$

где $V_{\text{в}}$ – объем закачанной воды, м³; $q_{\text{н}}$ – количество добытой нефти, т; β – объемный коэффициент нефти, ед.; $\rho_{\text{н}}$ – плотность нефти, т/м³; $q_{\text{в}}$ – количество добытой воды, т; $\rho_{\text{в}}$ – плотность добытой воды, т/м³; ΔV – объем избытка (+) или недостатка (–) закачанной воды, м³.

Отрицательный результат решения уравнения свидетельствует о проявлении естественной энергии пластовой системы, а величина – о масштабах ее проявления.

Избыток закачки воды – положительный результат решения уравнения представляется как издержки производства или как положительный технологический показатель разработки. Однако это предположение не оправдывается ни теоретически, ни с практической точки зрения, что еще раз подчеркивает актуальность данной темы. Кроме того, при внутриконтурном заводнении залежи избыточная закачка воды неизбежно будет сопровождаться вытеснением части запасов нефти за пределы первоначального объема залежи, и чем больше численное значение результата решения, тем больше потерь запасов нефти следует ожидать. В случае, если результат решения уравнения близок к нулю, т. е. если объем закачанной воды равен объему отобранной из пласта жидкости, то следует констатировать, что выработка запасов из залежи происходит лишь за счет закачки воды [1].

Оценка с помощью уравнений материального баланса на упругом режиме показывает, что закачка воды в объеме всего одного процента от порового объема водонасыщенной породы должна привести к увеличению пластового давления на 15–20 МПа, а нефтенасыщенной породы, как минимум, на 5 МПа. А поскольку во многих случаях степень компенсации отбора закачкой не сопровождается закономерным и соответствующим ей поведением пластового давления в разрабатываемых залежах, то, возможно, происходит перераспределение пластовой энергии и перемещение пластовых жидкостей внутри всего нефтеводоносного резервуара в значительных масштабах, в этом случае подход к результатам анализа должен быть индивидуальным.

Однако есть месторождения, которые являются классическим примером согласованности степени компенсации отбора закачкой и поведения пластового давления. В качестве такого варианта можно рассмотреть фактические данные разработки семилукской залежи Речицкого месторождения Беларуси. Это – пластовая, сводовая, тектонически экранированная залежь нефти с карбонатным типом коллектора, разрабатываемая, в связи с полным отсутствием естественного влияния водоносной области, с поддержанием пластового давления путем закачки воды в законтурные скважины. На графике (рис. 2) представлена синхронизированная более чем 35-летняя история детального поведения технологических показателей разработки этой залежи: добычи нефти, воды, жидкости; закачки воды, разности объемов закачанной воды и дебитов жидкости и пластовых давлений в добывающих и нагнетательных скважинах. Четко вырисовывается видимая связь степени компенсации отбора жидкости закачкой воды в законтурные скважины с поведением пластового давления. Данное месторождение

является положительным примером использования метода материального баланса для качественной оценки достоверности информации об объемах закачиваемой в залежи воды. В качестве рекомендации при анализе графиков разработки залежей нефти следует обращать внимание на дисбаланс «закачка–отбор», чтобы найти правильное тому объяснение.

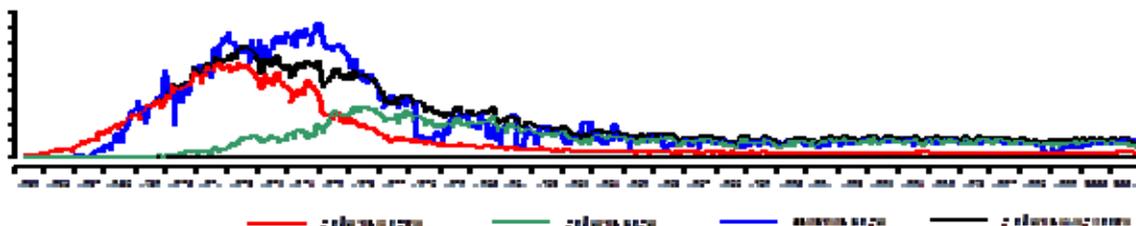


Рис. 2. Показатели разработки семилюкской залежи Речицкого месторождения

Таким образом, можно утверждать, что основные задачи геолого-промыслового анализа разработки нефтяных залежей должны находиться не в области формальной оценки состояния выработки числящихся балансовых запасов, а в плане оценки достоверности величины этих запасов, а также соответствия сложившихся системы разработки и механизма воздействия на пласты. Представления о величине реальных запасов формируются в процессе этого анализа.

Литература

1. Муляк, В. В. Практические последствия закачки избыточных объемов воды при заводнении нефтяных залежей / В. В. Муляк, В. М. Салажев, А. А. Бохан / XV Губкинские чтения. Нефтегазовая геологическая наука – XXI век : тез. докл. – М., 2004.
2. Чоловский, И. П. Промыслово-геологический контроль разработки месторождений углеводородов / И. П. Чоловский, Ю. И. Брагин. – М. : Нефть и газ, 2002.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ С УЧЕТОМ РЕЖИМА ПРИРАБОТКИ

А. Д. Дещеня

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. С. Кульгейко

Реальные поверхности, полученные методами механической и физико-технической обработки, характеризуются чередой выступов и впадин разной высоты, расстояния и формы, образующих неровности поверхности. Совокупность микронеровностей с относительно малыми шаговыми параметрами рассматриваются и нормируются как шероховатость поверхности. Шероховатость является одной из основных геометрических характеристик поверхности, определяющих ее эксплуатационные показатели и играющих большую роль в соединениях деталей. В подвижных соединениях деталей шероховатость в значительной степени влияет на трение и износ сопрягаемых поверхностей [1].

При недостаточно гладких трущихся поверхностях, т. е. при большой шероховатости, соприкосновения между ними происходят в отдельных точках, что значительно увеличивает удельное давление. Вследствие этого смазка выдавливается