

При данном внутреннем расчетном давлении ПРП, прочность данного участка сохранена и следовательно можно эксплуатировать его дальше.

Эксплуатация трубопровода ПРП может продолжаться при тех же нагрузках, на срок до проведения своевременной диагностики резервуара.

#### Литература

1. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.: ил
2. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. [текст] – СПб.: Недра, 2008. – 488с.
3. URL: <http://www.magistral-s.com/article/171/index.html>. Дата обращения: 07.12.2016.
4. Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов. Учебно-практическое пособие. – М.: «Инфра-Инженерия», 2006. – 928 с.

### МЕТОДЫ УЧЕТА ЛОГИСТИКИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАВОДНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

К. К. Курин

*Научный руководитель доцент кафедры РЭНГМ, д. т. н. В. В. Паникаровский  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия*

На данный момент, этап проектирования наземной распределительной сети следует за этапом гидродинамического моделирования. После геологического и гидродинамического моделирования, в распоряжении инженера оказываются координаты будущих скважин, проектные давления и дебиты. Кроме этих данных, инженер, при расчете вариантов развития транспортной сети, должен руководствоваться тщательным рассмотрением всех вариантов (от 3 до 20) разработки месторождения, и для каждого варианта рассмотреть различные транспортные схемы, при различных диаметрах труб, с различным количеством кустовых насосных станций (КНС). Инженер выполняет расчет капитальных затрат на строительство труб заданного диаметра (2-3), учитывает граничные скорости течения воды в трубопроводе. Цель этих подсчетов — подбор значения, удовлетворяющего требованиям минимальных капитальных затрат (меньший диаметр для меньшей металлоемкости труб, меньше КНС за счет большего диаметра труб), находя равновесие между уменьшением потерь и уменьшением металлоемкости, не нарушая технологических норм течения жидкости в трубопроводе. Как правило, оптимальные технологические требования разнятся с оптимальными затратами на строительство. Так, например, капитальные затраты на исследуемом опытным месторождении при замене труб с диаметром 1020 мм на трубы с диаметром 1420 мм увеличились примерно в 1,4 раза. Для уточнения необходимого диаметра труб, а так же количества КНС выполняется расчет эксплуатационных затрат выбранных вариантов для труб с различными диаметрами, с учетом многочисленных факторов. Также необходимо выполнить уточнение размещения КНС, для уменьшения эксплуатационных затрат на потери давления в трубе, а следственно и на электричество при разработке месторождения [1,2]. Основным критерием является соблюдение планируемых отборов на месторождении. В результате расчета по каждому варианту рассчитывается доходность, срок окупаемости и многие другие параметры. Исходя из них происходит окончательный выбор экономически эффективного варианта. В упрощенном виде критерий оценки варианта можно представить в виде формулы 1.

$$Z_{п} = C_{э} + K/T \quad (1)$$

где  $Z_{п}$  - приведенные затраты по варианту;

$C_{э}$  - годовые эксплуатационные расходы;

$K$  - капитальные вложения в строительство распределительных центров;

$T$  - срок окупаемости варианта.

Интересно то, что при всей тщательности расчета диаметров трубопровода, количества ДКС, редко подробно рассматривается разнообразие путей прокладки трубопровода. Особо остро этот вопрос стоит, когда рассматриваются КНС. На практике инженер принимает решение о расположении КНС, исходя из близости КНС к источникам материального потока (естественным водным ресурсам на поверхности, либо артезианским скважинам), топологии и геологии местности. Например, отсыпка на болотистой местности составляет 20% от всей стоимости трубопровода на этом участке. Именно поэтому, инженер может принять решение обойти некоторые проблемные участки, упрощая обслуживание трубопровода. В случаях, если месторождение осложнено наличием реки, которую необходимо форсировать, инженер также проектирует систему так, чтобы мест форсирования рек было как можно меньше. Учитывается строение пласта и, как следствие, проектируемая долговечность работы скважины, куста, месторождения. На промысле, также, нередки случаи перевода добывающих скважин в нагнетательные. Таким образом, наиболее грамотно было бы расположить КНС ближе к куполу месторождения. В то же время, при законтурном заводнении больших месторождений, имеет смысл задуматься о большем количестве КНС. Однако, редок математический подход во всех перечисленных случаях.

Определив идеальное положение КНС относительно планируемых дебитов, необходимо найти оптимальную траекторию прокладки труб от места забора воды до КНС, и от КНС до нагнетательных скважин. В случае с проектированием систем ППД, нередко возникают ситуации, когда незначительное удлинение маршрута

при наличии областей с различной стоимостью прокладки трубопровода, уменьшает капитальные затраты. Примером повышенных капитальных затрат может служить отсыпка болотистой местности, форсирование рек. Воспользуемся для расчета принципом Ферма [3]. Этот постулат предписывает лучу света двигаться из начальной точки в конечную точку по пути, минимизирующему время движения.

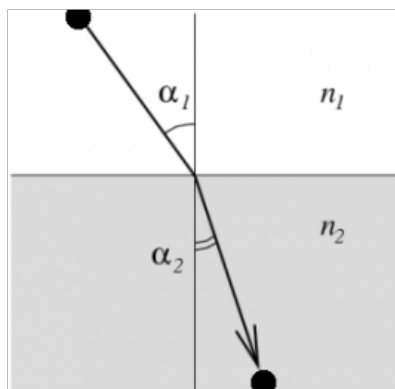


Рис. 1. Преломление луча света по принципу Ферма

Для проектирования пути трубопровода, в качестве показателя преломления вместо отношения скоростей распространения света в среде, может служить отношение стоимостей прокладки трубопровода за одинаковую единицу расстояния.

Зная показатель преломления, а также зная расстояние, на которые удалены соединяемые объекты от границы раздела сред, можно вычислить оптимальную точку входа через формулу 2.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin(a_1)}{\sin(a_2)} \quad (2)$$

Преобразуя формулу преломления 2, получим формулу 3:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\operatorname{tg}(90 - a_1)}{\operatorname{tg}(90 - a_2)} \quad (3)$$

Так как нам известно расстояние между проектируемыми объектами, получим последовательно формулы 4, 5 и 6:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{x_1 y_2}{y_1 (x - x_1)} \quad (4)$$

$$\frac{n_1 y_2}{n_2 y_1} = \frac{x}{x_1} - 1 \quad (5)$$

$$x_1 = \frac{x}{\left(\frac{n_1 y_2}{n_2 y_1} + 1\right)} \quad (6)$$

Здесь  $x$  — расстояние между объектами по оси  $x$ ;

$x_1, x_2$  — расстояние между объектом и точкой входа в раздел двух сред по оси  $x$ ;

$y_1, y_2$  — расстояние между объектом и границей раздела сред;

$n_1, n_2$  — стоимость прокладки трубопровода в среде.

Таким образом, найдено расстояние по оси  $x$  от первого объекта. С помощью этой информации просто найти итоговые длины трубопроводов в каждой из сред, стоимость прокладки вычисленным способом будет наименьшей.

Решение о той или иной траектории прокладки трубопровода, зачастую принимается умозрительно, без математического учета множества факторов. Программные продукты для моделирования процессов, протекающих в трубопроводе, таких как PipeSim или Mette, рассчитывают потери давления, расход, согласно законам гидродинамики, однако не учитывает всех вышеперечисленных факторов, которые могут позволить не только снизить потери, но и максимально эффективно разрабатывать месторождение.

#### Литература

1. А.А. Барышников, М.С. Королев, К. К. Курин, Д. В. Моторин «Метод поиска положения кустовых насосных станций относительно нагнетательных скважин». Нефтепромышленное дело. 2015. № 3. С. 7-14.
2. Гаджинский А.М. Логистика: учеб. для высших и средних специальных учебных заведений. -М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1999. -169 с.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 3: Излучение. Волны. Кванты. Перевод с английского (издание 4). — Эдиториал УРСС. — ISBN 5-354-00701-1.