

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета имени С. Торайғырова

1997 ж. құрылған
Негізін 1997 г.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

1 2015

Д. Ж. Мажимова¹, В. В. Рындин²

¹дипломник кафедры механики и нефтегазового дела; ²к.т.н., профессор, кафедра механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ MATHCAD ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДА ЕСКЕНЕ-КУРЫК

Приведена программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов работы нефтепроводов.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, Mathcad, гидравлический расчет, насосы, нефтеперекачивающие станции, характеристики трубопровода.

Mathcad – это новое решение для ведения инженерных вычислений, которое одновременно позволяет вести сами вычисления и документировать их, существенно снижая риск появления дорогостоящих ошибок. Эта система имеет хорошо продуманные встроенные текстовый, формульный и графический редакторы. Использование Mathcad позволяет писать примечания к расчетам вдвое быстрее, но реальная ценность этого приложения – в возможности проверки и отладки. В среднем этот этап занимает при использовании приложения Mathcad в три раза меньше времени, чем в случае применения Microsoft Excel, что является явным повышением производительности труда.

На кафедре «Механика и нефтегазовое дело» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова разработана программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов работы нефтепроводов.

При проектировании нефтепровода Ескене-Курык (рисунок 1) была использована математическая система Mathcad. Исходными данными для программы при расчете трубопровода были протяженность трассы 700 км, диаметр 1020 мм, пропускная способность 38 млн. т/год, расчетная температура нефти (температура грунта на глубине заложения нефтепровода),

плотность нефти при стандартной температуре, кинематическая вязкость нефти [1].

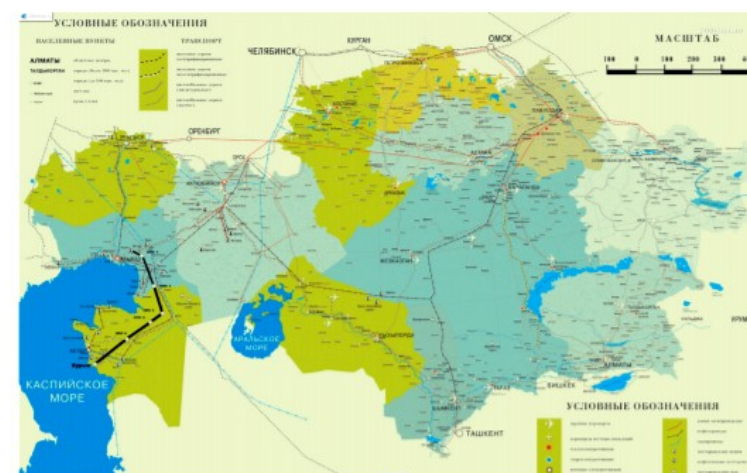


Рисунок 1 – Нефтепровод Ескене-Курык (выделен тёмным цветом)

На основе исходных данных были произведены гидравлический и прочностной расчёты, определены толщина стенки трубопровода, число нефтеперекачивающих станций, а также их положение на трассе нефтепровода, выбрано необходимое насосное оборудование. Определена необходимость лупинга и его длина [2].

Суммарные характеристики шести ($n = 6$) перекачивающих станций (зависимости развиваемых напоров H от подачи насосов Q) с суммарным числом всех магистральных насосов n_n , равным 16, 18 и 20, записываются в виде трёх уравнений [2]:

$$n_n = 3 \cdot n - 2 = 16, H_{16}(Q) = N_3 \cdot H_{ин}(Q) + n_n \cdot H_{мн}(Q) - n \cdot h_{вн};$$

$$n_n = 3 \cdot n = 18, H_{3n}(Q) = N_3 \cdot H_{ин}(Q) + n_n \cdot H_{мн}(Q) - n \cdot h_{вн};$$

$$n_n = 3 \cdot n + 2 = 20, H_{20}(Q) = N_3 \cdot H_{пн}(Q) + n_n \cdot H_{мн}(Q) - n \cdot h_{вн},$$

где $H_{ин}$ – напор, развиваемый подпорным насосом;

$H_{мн}$ – напор, развиваемый магистральным насосом;

N_3 – число эксплуатационных участков;

$h_{вн}$ – внутростанционные потери гидравлического напора.

Характеристики трубопроводов (зависимости потери напора от расхода нефти) без лупинга и с лупингом (при наличии параллельного участка для перекачки нефти) задаются следующими уравнениями [2]:

$$H(Q) = 1.02 \cdot i(Q) \cdot L + \Delta Z + N_3 + h_{\text{ост}},$$

$$H_{\text{луп}}(Q) = 1.02 \cdot i(Q) \cdot (L - L_{\text{луп}} \cdot (1 - \omega)) + \Delta Z + N_3 + h_{\text{ост}},$$

где L и $L_{\text{луп}}$ – длины трубопровода и лупинга;

ΔZ – разность геодезических высот в конце и в начале трассы;

$h_{\text{ост}}$ – остаточный напор в конце нефтепровода;

ω – коэффициент для расчёта гидравлического уклона лупинга.

Гидравлический уклон определяется по формуле Лейбензона [3]

$$i(Q) = \beta \cdot \frac{Q_c^{2-m} \cdot \nu^m}{d^5 - m},$$

где Q_c – секундный объёмный расход, м³/с;

ν – кинематическая вязкость;

d – внутренний диаметр трубопровода;

m и β – коэффициенты, определяемые по таблицам для соответствующего режима течения нефти.

Совмещённые характеристики нефтепровода и перекачивающих станций приведены на рисунке 2.

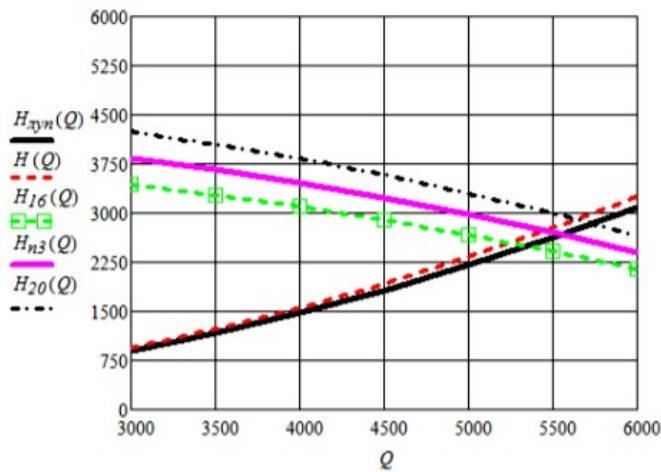


Рисунок 2 – Совмещённые характеристики нефтепровода и нефтеперекачивающих станций

В данной работе расстановка станций была осуществлена аналитически с использованием системы Mathcad. Графическое представление результатов расчета дает наглядное представление о режиме работы нефтепровода. После задания соответствующих уравнений на экране автоматически вычерчиваются наклонные линии гидравлического уклона (зигзагообразная линия) и волнистая линия продольного профиля трассы (рисунок 3). Точки пересечения линий гидравлического уклона от каждой станции с профилем трассы дают координаты положения соответствующей станции. Точки пересечения можно определить приближённо – графически путём наведения курсора мыши на точку пересечения и считывания координат в специальном окне, либо точно – путём совместного решения уравнений характеристик от соответствующих станций и трубопровода.

Предварительно задаём в первом приближении значения координаты x , например, $x = 100$. Далее решение осуществляется методом последовательных приближений с помощью встроенного блока Given-Find:

$$\text{Given } H_1(x) = z(x); x_{\text{ст}2} = \text{Find}(x) = 80,311; z_{\text{ст}2} = z(x_{\text{ст}2}) = 138,115;$$

$$\text{Given } H_2(x) = z(x); x_{\text{ст}3} = \text{Find}(x) = 204,544; z_{\text{ст}3} = z(x_{\text{ст}3}) = 58,802;$$

$$\text{Given } H_3(x) = z(x); x_{\text{ст}4} = \text{Find}(x) = 326,129; z_{\text{ст}4} = z(x_{\text{ст}4}) = -10,118;$$

$$\text{Given } H_4(x) = z(x); x_{\text{ст}5} = \text{Find}(x) = 409,905; z_{\text{ст}5} = z(x_{\text{ст}5}) = 69,396;$$

$$\text{Given } H_5(x) = z(x); x_{\text{ст}6} = \text{Find}(x) = 488,057; z_{\text{ст}6} = z(x_{\text{ст}6}) = 170,987.$$

Все построения произведены в масштабе, поэтому по графику несложно определить напор и давление в любом сечении нефтепровода.

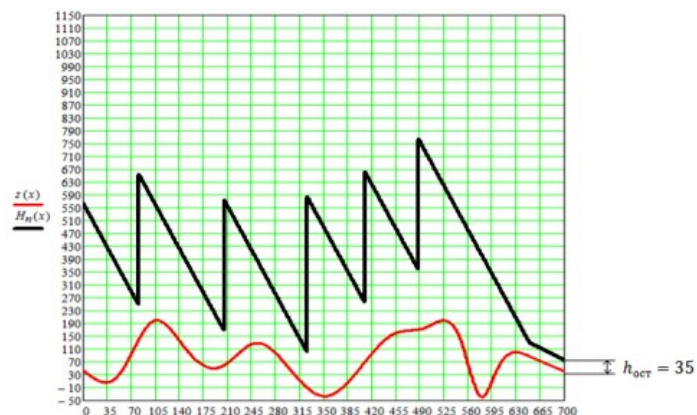


Рисунок 3 – Распределение напоров по длине нефтепровода (зигзагообразная линия); волнистая линия – профиль трассы

Результаты работы были доложены Д. Ж. Мажимовой на английском языке в декабре 2014 г. в Российском государственном университете нефти и газа им. И. М. Губкина на конференции «Transportation and Storage: transportation and storage of hydrocarbons and petroleum products» с докладом «The program of calculation of an oil pipeline Eskene-Kuryk in system Mathcad», где она заняла 2-е место среди 150 студентов, магистрантов, PhD из 28 вузов восьми стран мира.

Выводы. Применение системы MathCad позволяет в общепринятом виде производить расчёт нефтепровода, определять его оптимальные режимы работы, автоматизировать построение графиков, определять координаты положения станций, распределение напора вдоль трассы, что способствует сокращению сроков создания как самих программ, так и проектирования нефтепроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение : ГОСТ 1510-84. – Введен 01-01-85. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 18 с.

2 **Тугунов, П. И., Новоселов, В. Ф., Коршак, А. А., Шаммазов, А. М.** Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа : ООО «Дизайн Полиграф Сервис», 2002. – 658 с.

3 **Тугунов, П. И.** Транспортирование вязких нефтей и нефтепродуктов по трубопроводам / П. И. Тугунов, В. Ф. Новоселов. – М. : Недра, 1973. – 176 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.15.

Д. Ж. Мажимова, В. В. Рындин

Ескене-Курык құбырын есептеу үшін MATHCAD математикалық жүйені қолдану

С. Торағыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 27.02.15 баспаға түсті.

D. Zh. Mazhimova, V. V. Ryndin

Using of mathematical system MATHCAD for calculation of pipeline Yeskene-Kuryk

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 27.02.15

Автоматты түрде құбырларын жұмыс режимдерін зерттеу жүргізу, станциялар ұстанымын жүйесі мен операциялық нүктесін анықтау үшін құбырлар мен сорғы станцияларының QH-сипаттамаларын салу үшін математикалық Mathcad бағдарламасы берілді.

There is presented the program of calculation of the main oil pipeline in system Mathcad, which allows to build QH-characteristics of pipelines and the pumping stations automatically, to define the position of stations and working point of system, to conduct research of operating modes of oil pipelines.

