

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ
СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ
С УПРАВЛЕНИЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕМЫЧЕК**

Шаммазов А.М., Пирогов А.Н., Козачук Б.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Сухарников Л.В.

НИПКЦ «Нефтетранссервис»

Множество транспортных направлений нефтепроводной сети России составляют параллельно работающие нефтепроводы. Обычно используется вариант раздельной их эксплуатации. Возникновение «нештатных» ситуаций (аварии технологического оборудования и линейной части), проведение ремонтных работ, этапность подключения строящегося параллельного нефтепровода, повышение производительности направления требуют расчета новых вариантов эксплуатации с выбором не только работающего оборудования [1], но и применения новых схем транспорта за счет включения перемычек, соединяющих участки параллельных нефтепроводов (как дополнительного элемента управления). Ручной перебор и расчет таких вариантов при значительном количестве имеющихся перемычек часто затруднителен, а иногда невозможен. На практике выбор режима работы таких систем в организациях трубопроводного транспорта проводится на основе имеющегося опыта и интуиции, что не может отразить всю полноту имеющихся возможностей и претендовать на количественную обоснованность принимаемых решений.

Рассмотрим задачу выбора рационального режима работы системы параллельных нефтепроводов с управлением включения перемычек.

На рис. 1 представлен пример одной из таких систем, состоящей из двух параллельных простых (без сбросов и подкачек) нефтепроводов с перемычками.

Для нефтеперекачивающих станций (ПНС и НПС) известно количество и марки установленных насосных агрегатов, дросселирующие органы (Др) системы автоматического регулирования давления и значения уставок САРд, для линейных участков (ЛУ) и лупингов на них - внутренний диаметр, протяженность, местоположение включенных и имеющихся перемычек. Заданы

параметры перекачиваемой нефти (плотность - ρ и вязкость - ν) и суммарный расход, перекачиваемый данной системой.

Заданную производительность системы нефтепроводов можно реализовать путем включения различных комбинаций насосных агрегатов и их роторов на НПС и различных вариантов включения перемычек, соединяющих два нефтепровода.

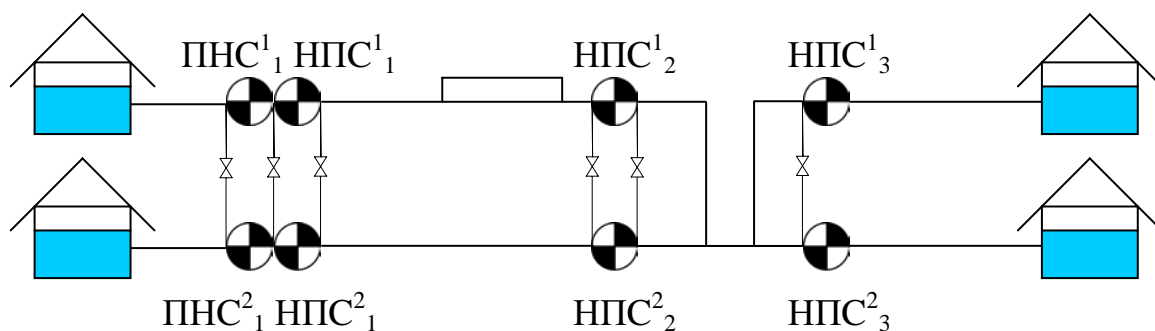


Рисунок 1. Пример схемы системы параллельных нефтепроводов

Оптимальным для заданной производительности является такой режим, для которого стоимость потребляемой электроэнергии всеми насосными агрегатами в единицу времени принимает минимальное значение при выполнении всех технологических ограничений:

$$W = \min \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{m_i} N_{ij}(u_{ij}) \cdot c_{ij} \quad (1)$$

где: m_i – Число перекачивающих станций i -го нефтепровода;
 $N_{ij}(u_{ij})$ – мощность, потребляемая насосами j -ой станции при u_{ij} -ой комбинации их включения на i -ом нефтепроводе;
 c_{ij} – стоимость электроэнергии на j -ой НПС i -го нефтепровода.

Введем для системы общий источник (F) и сток (S) и зададим напор в них. Заменяем каждую поставку и сброс «фиктивными» направленными дугами, соединяющими место сброса (поставки) с общим стоком (источником). Потери напора на фиктивных дугах равны разнице напора в точках приема (сброса) и точке общего источника (стока), если на них заданы расходы, то на эти дуги накладываются и условия фиксирования расхода. Используем понятие «простой

контур» системы (ПКс) [1] (замкнутая последовательность «конечных» элементов, у которой совпадает начальный и конечный элемент) и заменим контуры системы на них. При расчете оптимальных вариантов работы ПКс [1] добавится дополнительный объект с указанными параметрами.

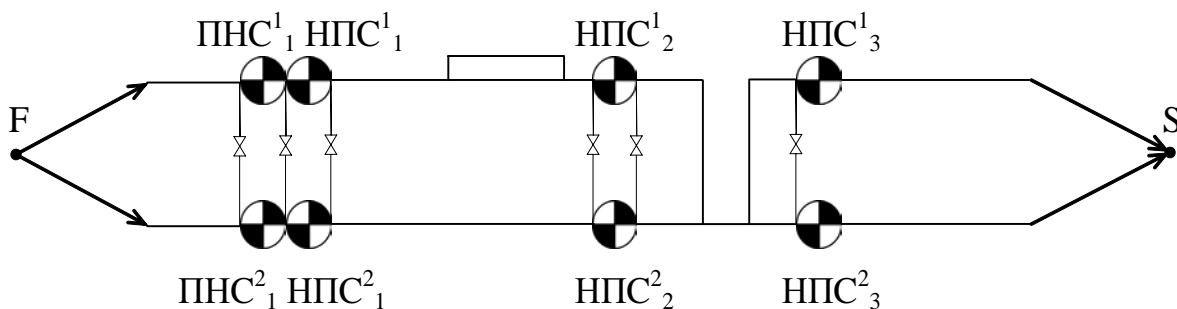


Рисунок 2. Пример схемы системы параллельных нефтепроводов с заменой источников и стоков «фиктивными» дугами

Пронумеруем по потоку имеющиеся в системе узлы (перемычки, вместе с включенными), нумерацию начнем с 2, (первым узлом является общий источник, а последним – общий сток). Количество узлов сети равно n . Простые контуры системы, которые можно образовать включением перемычек представим ориентированными дугами. После этих преобразований схема приведенного примера системы примет вид ориентированной сети показанный на рис. 3.

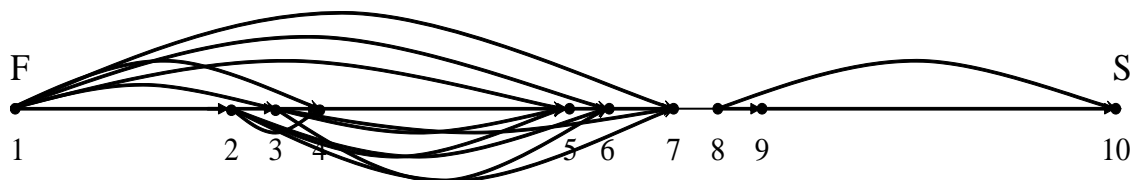


Рисунок 3. Ориентированная сеть, моделирующая некоторые варианты включения перемычек

Теперь уравнение (1) запишется в следующем виде

$$W = \min \sum_{(KL)} w_{KL}(u_{KL}) \quad (2)$$

где: $w_{KL}(u_{KL})$ – Стоимость потребляемой энергии в единицу времени для дуги (KL) при управлении u_{KL} . Под управлением дугой понимается совокупность управлений НПС $\{u_{ij}\}$ двух нефтепроводов на участке между узлами K и L

Рассмотрим объекты, взаимозависимость состояний этих объектов, а также условия, накладываемые на возможность существования таких состояний.

Пусть H_K, H_L – напор в узлах начала и конца дуги (KL) . Основным режимом работы магистрального нефтепровода является стационарный режим. Поэтому H_K, H_L связаны уравнением статики:

$$H_L = H_K + \phi_{KL}(u_{KL}), \quad K=1, \dots, n; \quad L=1, \dots, n; \quad L > K \quad (3)$$

$$A_K \leq H_K \leq B_K \quad K=1, \dots, n, \quad (4)$$

$$A_L \leq H_L \leq B_L \quad L=1, \dots, n \quad (5)$$

где: u_{KL} – управление дугой (KL) .
 $\phi_{KL}(u_{KL})$ – напор, создаваемый дугой (KL) при u_{KL} - ом управлении;
 A_K, B_K - минимально и максимально допустимый напор в K -ом узле;
 A_L, B_L - минимально и максимально допустимый напор в L -ом узле

$$H_1 = H_F \quad (6)$$

$$H_n = H_S \quad (7)$$

$$A_K = z_K + \alpha_K \quad (8)$$

$$B_K = z_K + \beta_K \quad (9)$$

где: α_K – напор, необходимый для сохранения жидкой фазы;
 β_K – максимальный напор с точки зрения механической прочности трубы;
 z_K - высотная отметка начала K -ого узла.

Задача (2) с учетом ограничений (3-5) решается методом динамического программирования на сетях [2,3]. Вычислительная схема отражает принцип динамического программирования – любой связный подпуть оптимального пути является оптимальным путем.

Рекуррентное уравнение для расчета

$$R_L(H_L) = \min \{w_{KL}(u_{KL}) + R_K(H_K)\} \quad \forall KL \in \theta$$

или

$$R_L(H_L) = \min \{w_{KL}(u_{KL}) + R_K(H_L - \phi_{KL}(u_{KL}))\} \quad \forall KL \in \theta$$

где: R_L, R_K – Значение самого короткого пути соответственно в узел L и K ;

θ – Область допустимых проектов (дуг).

$$L = 2, \dots, n; \quad L > K$$

$$R_1(H_1) \equiv 0$$

Алгоритм решения задачи был опробован на реальных данных.

Литература

1. Шаммазов А.М., Пирогов А.Н., Козачук Б.А., Сухарников Л.В. Выбор оптимального режима работы системы параллельных нефтепроводов с перемычками // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов // Уфа «ТРАНТЭК», 2006. С. 155-162.

2. Вентцель Е.С. Исследование операций // М.: «Высшая школа», 2001 С.207.

3. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования // М.: «Наука», 1965. С. 457.