

13. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович [и др.]. – М.: Наука, 1980. – 478 с.

14. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами/А.И. Розловский. – М.: Химия, 1980. – 376 с.

15. Ивашечкин, В.В. Расчет энергозатрат при газоимпульсной регенерации фильтров водозаборных скважин// Энергетика–Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2004. – № 1. – С. 77-86.

16. Гаврилко, В.М. Фильтры буровых скважин/ В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 334 с.

УДК 628.15

Т.В. Козицин (БНТУ)

СРАВНЕНИЕ ДВУХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Затраты на строительство и эксплуатацию водопроводных сетей составляют одну из наиболее важных статей расходов в целом по всей системе водоснабжения, и отклонение при проектировании от оптимального варианта сети приводит к значительному перерасходу средств. Поэтому очевидность подробного технико-экономического расчета не должна вызывать ни у кого сомнения. Однако в настоящее время на практике получил широкое распространение приближенный метод определения диаметров труб участков сети по так называемым «средним экономическим скоростям». В связи с этим было принято решение провести исследование, с целью определить к чему же приводит такой подход при проектировании.

Сравнение существующих методов расчета производилось на условной модельной сети, в которой для большей наглядности и упрощения расчетов отсутствовали конструктивные участки (рисунок 1). Узловые отборы были приняты фиксированными и равными во всех узлах сети.

Сначала нами была рассчитана сеть по методу «средних экономических скоростей». Расчет производится в следующей последовательности:

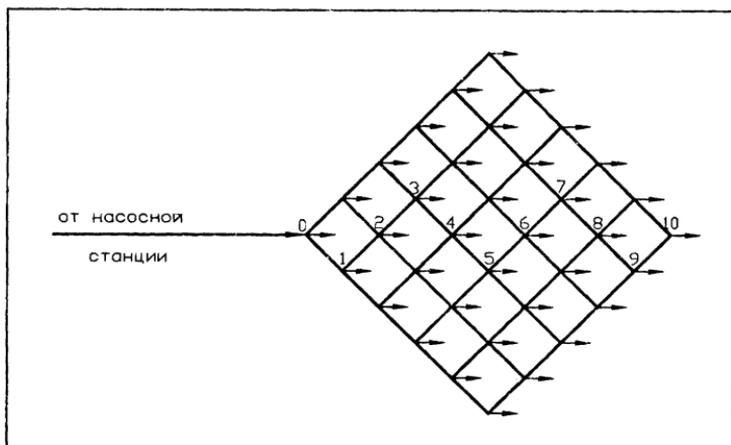


Рисунок 1 – Условная модельная сеть

1. Устанавливается желаемое распределение потоков по сети, т.е. определяются величины расчетных расходов q_i для всех линий с соблюдением баланса расходов в узлах:

$$\sum q_i = 0. \quad (1)$$

2. Назначаются диаметры участков сети по таблицам для гидравлического расчета трубопроводов [1] в соответствии со значениями расчетных расходов q_i .

Описанный метод основан на допущении, что участки водопроводной сети являются независимо работающими трубопроводами. Чтобы разобраться в сущности сделанного допущения, рассмотрим его работу.

Затраты энергии при транспортировании воды с расходом q по независимо работающему трубопроводу выражаются следующей зависимостью:

$$N = \frac{q \cdot h}{102 \cdot \eta}, \quad (2)$$

где h - потери напора;

η - КПД насосных агрегатов.

Потери напора можно выразить для квадратичной зоны сопротивления следующим образом:

$$h = S \cdot q^2, \quad (3)$$

где S - фиктивное сопротивление трубопровода.

С учетом выражения (3) формула (2) будет выглядеть следующим образом:

$$N = \frac{S}{102 \cdot \eta} \cdot q^3. \quad (4)$$

Теперь рассмотрим трубопровод с попутными отборами (рисунок 2).

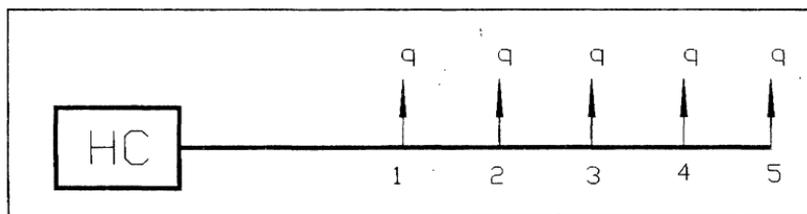


Рисунок 2 – Трубопровод с попутными расходами

В показанном случае участки 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 являются зависимо работающими трубопроводами. Затраты энергии на транспортировку расхода q_i по таким участкам можно выразить следующим образом:

$$N = \frac{Q_{НС} \cdot h}{102 \cdot \eta}, \quad (5)$$

где $Q_{НС}$ - расход воды, подаваемый от насосной станции.

С учетом (3) выражение (5) будет выглядеть:

$$N = \frac{S}{102 \cdot \eta} \cdot Q_{НС} \cdot q_i^2. \quad (6)$$

Как видно из сопоставления зависимостей (3) и (6), при пропуске одного и того же расхода по независимо работающему трубопроводу и зависимо работающему участку равных диаметров затраты энергии в последнем случае всегда больше. Причем разница будет во столько раз больше, во сколько раз $Q_{НС}$ больше q_i . Поэтому для конечных участков трубопровода (рисунок 2), для которых соотношение $Q_{НС}/q_i$ является достаточно большим, следует назна-

чать несколько большие диаметры по сравнению с тем, что требует метод «средних экономических скоростей». При определении диаметров зависимо работающих участков можно пользоваться теми же таблицами предельных экономических расходов [1], составленных для независимо работающих трубопроводов. Однако назначать диаметры нужно не по расчетным расходам q_i , а по так называемым приведенным расходам $q_{np.i}$.

Приведенный расход q_{np} – это расход, при пропуске которого по независимо работающему участку затраты энергии на преодоления потерь напора равны затратам энергии при пропуске расхода q по зависимо работающему трубопроводу такого же диаметра. Используя это определение, приравняем выражения (3) и (6). В результате получим:

$$q_{np}^3 = Q_{НС} \cdot q^2. \quad (7)$$

Путем несложных преобразований получаем:

$$q_{np} = q \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_{НС}}{q}}. \quad (8)$$

Пусть $K = \sqrt[3]{\frac{Q_{НС}}{q}}$, тогда выражение (9) будет выглядеть:

$$q_{np} = q \cdot K. \quad (9)$$

Коэффициент K называется коэффициентом приведения.

В водопроводных кольцевых сетях всегда можно выделить магистральные и конструктивные участки. Для последних диаметры на-

значаются исходя из соображений надежности. Магистральные направления в сетях можно рассматривать, как совокупность зависимо работающих трубопроводов, подобных тому, что изображено на рисунке 2. При таком подходе можно использовать метод подбора диаметров, описанный выше. Различие будет состоять в том, что коэффициент приведения K будет определяться не для каждого участка, а для совокупности участков, попадающих в расчетное сечение (рисунок 3).

Для сети на рисунке 3 формула коэффициента приведения следующая:

$$K_i = \sqrt[3]{\frac{Q_{НС}}{\sum q_j}}, \quad (10)$$

где $\sum q_j$ -- сумма расходов, проходящих через расчетное сечение.

Для сети взятой нами для анализа в начале статьи расчетные сечения пройдут, как показано на рисунке 4.

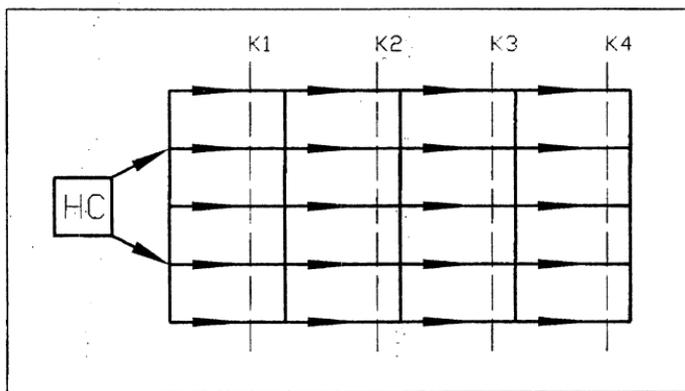


Рисунок 3 – Водопроводная сеть и расчетные сечения

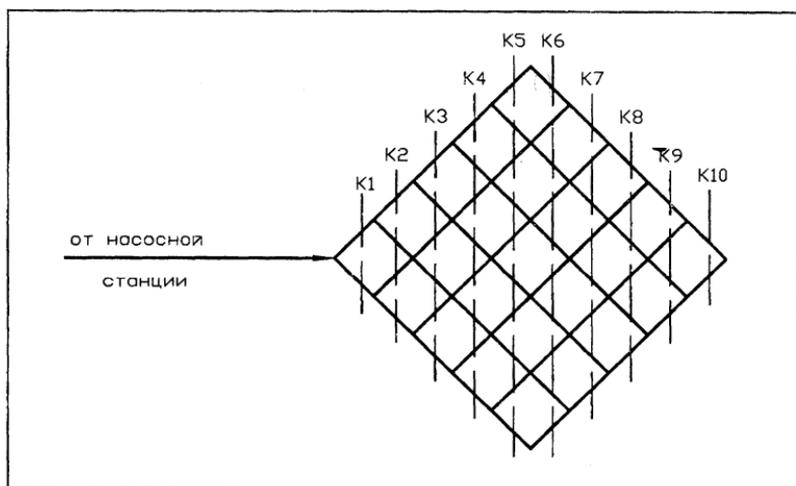


Рисунок 4 – Модельная сеть с расчетными сечениями

Описанный метод расчета водопроводных сетей был предложен доц. Седлуха С.П. Метод дает хорошие результаты, когда участки в расчетном сечении отличаются незначительно по длине и пропускаемому расходу, а также, если нет особых местных условий (что выполняется для нашей сети). В противном случае необходимо применять более подробные методы расчета [2, 3].

Сравним теперь два варианта сети (рисунок 1.) рассчитанных по методу «средних экономических скоростей» и по методу Седлуха С.П.

Для оценки оптимальности сетей использовался признак минимума приведенных затрат на строительство и эксплуатацию в течение расчетного срока эксплуатации. Разновременные затраты при этом приводились к одному моменту времени. Капитальные затраты и эксплуатационные расходы определялись по фактическим ценам на апрель 2000г.

В результате расчетов приведенные затраты на строительство и эксплуатацию по методу С.П. Седлуха оказались на 10 % меньше, чем по методу «средних экономических скоростей» (таблица 1).

Также, для большей наглядности, были проведены расчеты, целью которых было, не изменяя стоимости сети, рассчитанной по методу «средних экономических скоростей» снизить общие потери напора, и, наоборот, не изменяя потерь напора той же сети снизить

ее сметную стоимость, что и было сделано. В первом случае потери были снижены на 30 %, а во втором случае стоимость оказалась меньше на 5 % (расчеты в связи с ограниченным объемом статьи не приводятся). Хочется так же отметить, что есть практическая возможность снизить одновременно как стоимость, так и потери напора сети, рассчитанной по «средним экономическим скоростям».

Таблица 1 – Результаты расчетов сети

| Принцип расчета сети | Сметная стоимость, млн. руб. | Потери напора, м | Приведенные затраты, млн. руб. |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------|--------------------------------|
| по «средним экономическим скоростям» | 606.7 | 31.78 | 926.1 |
| по методу Седлуха С.П. | 650.9 | 16.19 | 831.9 |

Кроме того, если построить профиль пьезометрических напоров по любому пути от диктующей точки до насосной станции, например 1, 2, 3, 4, ... 10 (рисунок 1) для обеих сетей, то мы увидим, что избыточные напоры в сети меньше там, где учтена роль участков, (рисунок 5). А, следовательно, меньше и утечки, и непроизводительные расходы.

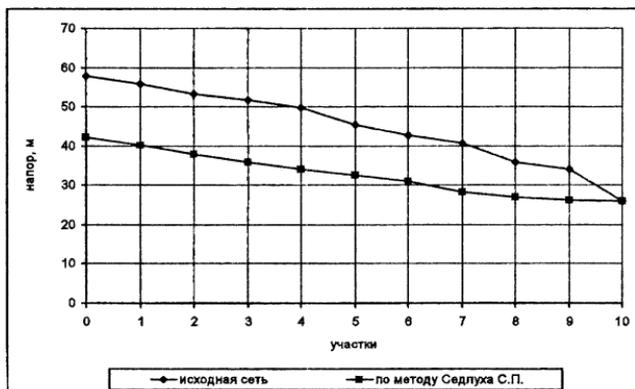


Рисунок 5 – Пьезометрические напоры

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевелев, Ф.А., Шевелев, А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1984. – 200 с.
2. Мошнин, Л.Ф. Методы технико-экономического расчета водопроводных сетей. – М.: Стройиздат, 1950. – 144 с.
3. Кикачейшвили, Г.Е. Расчет оптимальных параметров систем подачи и распределения воды – Тбилиси: Издательство Сабчета Сакартвело, 1980. – 200 с.

УДК 627.83

А.В. Пахомов (Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ

За последние полвека повсеместно значительно возросла интенсивность антропогенного воздействия на природные экосистемы, том числе на водные объекты.

Распашка лугов, склонов, пойм, лесозаготовительные работы приводят к развитию эрозионных процессов и переносу их продукции в водные объекты. Ухудшение состояния качества воды происходит за счет поступления в воды органики, биогенов, пестицидов, солей тяжелых металлов и других загрязнителей. Результат этого известен у большинства водных объектов Республики Беларусь превышены уровни ПДК (предельно допустимые концентрации) по многим загрязняющим веществам (соединениям азота и фосфора, пестицидам, органическим веществам).

В связи с этим, актуальными становятся вопросы применения на практике мероприятий по восстановлению и сохранению водных экосистем, повышения эффективности использования водных ресурсов. Он должны применяться системно и комплексно, с анализом структуры с/х угодий, агроклиматических характеристик, почв,