

А.В. Рухлов

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ВОДООТЛИВНОЙ УСТАНОВКИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Режим откачки воды главной водоотливной установкой (ГВУ) угледобывающего предприятия определяется шахтным притоком, объемом водосборников и, непосредственно, управлением этим режимом. Вместе с тем водоотлив как электроприемник может успешно использоваться в качестве потребителя-регулятора, который применяется для выравнивания графика электрической нагрузки (ГЭН) в энергосистеме. Указанная возможность ГВУ представляется весьма необходимой для выравнивания ГЭН самой шахты на период действия аварийной брони (АБ) электроснабжения с целью минимизации ее мощности. Для реализации такой идеи необходимо получить некоторое ограниченное множество реальных технологических режимов работы ГВУ путем применения имитационного моделирования.

В общем случае область всех возможных режимов работы главного водоотлива ограничена прямоугольником, сторонами которого являются: по вертикали – ось объема воды в водосборнике V (момент начального времени) и прямая конечного времени или промежутка времени, на котором выполняется имитирование режимов работы t_p (целесообразно принимать суточный интервал); по горизонтали – ось времени t , ниже которой насосы работают вхолостую, и прямая, ограничивающая допустимый для заполнения объем водосборников V_s , выше которой происходит переполнение водосборников. На рис. 1 приведены фрагмент графика наполнения водосборников (ГНВ) при использовании двух насосов в камере главного водоотлива и ГЭН ГВУ, поясняющие принципы имитирования режимов работы. Прямые 0, 1 и 2 соответствуют количеству работающих насосов и определяют возможные варианты функционирования водоотлива. Уравнения прямых наполнения водосборников имеют вид:

$$V = V_0 + (Q_0 - Q_n N_n)t,$$

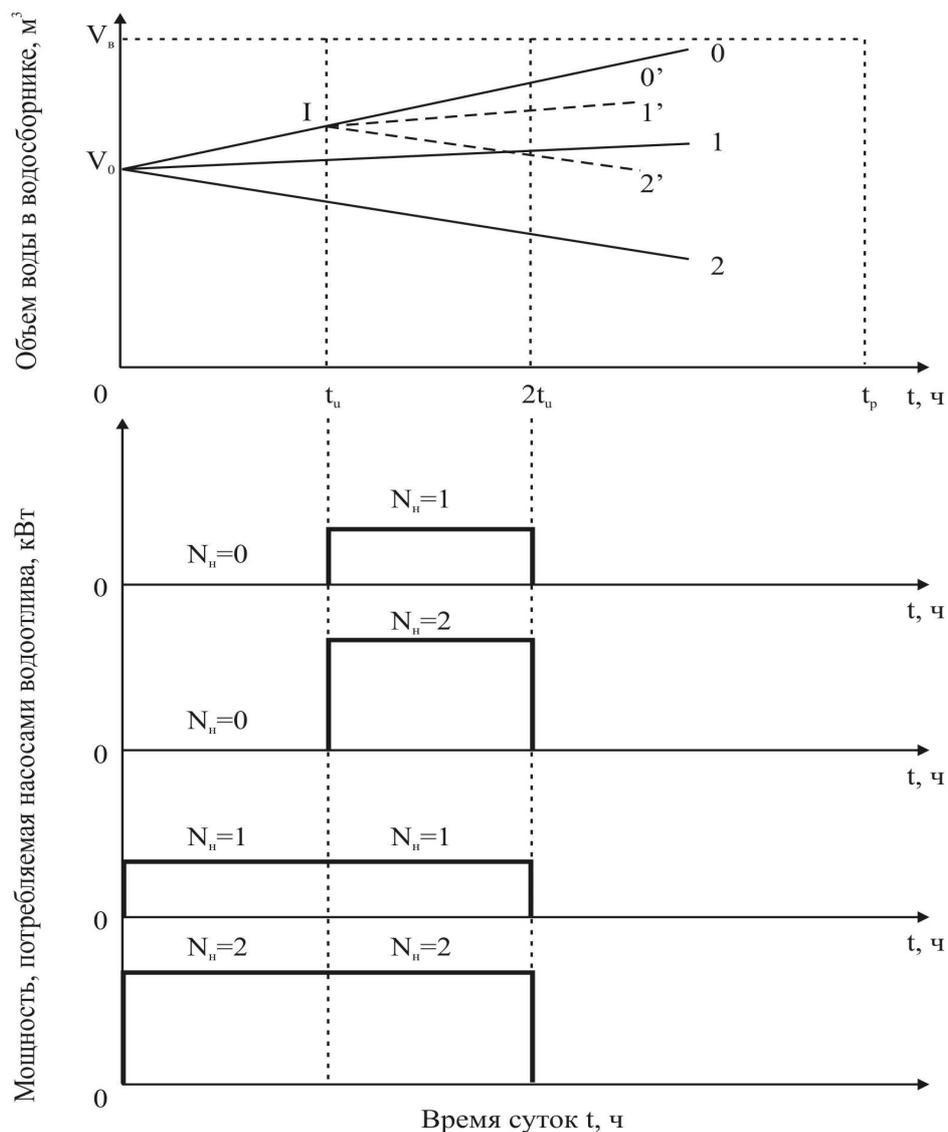


Рис.1. Принципиальная схема имитирования режимов работы и ГЭН ГВУ

где V_0 – начальный объем воды в водосборнике, м^3 ;

Q_0 – нормальный приток воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_n – номинальная подача насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$;

N_n – количество работающих на данном промежутке времени насосов, $N_n=0, 1, \dots, N_{\text{раб}}+N_{\text{рез}}$ ($N_{\text{раб}}$ и $N_{\text{рез}}$ – количество рабочих и резервных насосов, соответственно);

t – текущее время, ч.

В любой момент времени t_u (интервал изменения режима работы) из точек пересечения прямой времени с линиями наполнения ($V_0 - 0$; $V_0 - 1$; $V_0 - 2$), можно организовать новый режим работы ГВУ, например I , путем перехода на другое количество работающих насосов. Следовательно, для моделирования возможных режимов работы главного водоотлива необходимо построить пучки из $(N_{\text{раб}}+N_{\text{рез}}+1)$ прямых для каждой точки пересечения линии предыдущего временного интервала t_u с прямой наполнения водосборника. Если точка пересечения не попадает в область описанного выше прямоугольника, то такой режим отбрасывается.

При разработке имитационной модели водоотлива были приняты следующие допущения:

- приток воды в течение рассматриваемого промежутка времени t_p равномерен;
- параметры насосов и трубопроводов (напор, подача, сопротивление) для каждого совместного режима их работы постоянны;
- для откачки воды применяются насосы одного типа.

Следуя вышеизложенным принципам был разработан алгоритм моделирования ГЭН ГВУ, укрупненная блок-схема которого изображена на рис.2. В соответствии с ней последовательность операций следующая:

1. Начало.

2. Задаются исходные данные и начальные условия:

t_u – интервал изменения режима работы, ч. С целью получения реально обозримого количества реализаций ГЭН рекомендуется принимать $t_u \geq 0,5$;

t_p – промежуток времени, для которого производится моделирование, ч;

$N_{раб}$, $N_{рез}$ и $N_{тр}$ – количество рабочих, резервных насосов и трубопроводов соответственно. Суммарное количество точек определится степенной функцией вида $n = (N_{раб} + N_{рез} + 1)^{t_p/t_u}$;

Q_n , H_n и η_0 – номинальные подача, $m^3/ч$; напор, м, и КПД двигателя, о.е., насоса, соответственно;

V_0 – начальный объем воды в водосборнике, m^3 ;

Q_0 – нормальный приток воды, $m^3/ч$;

$D_{тр}$ – диаметр одного трубопроводного става, mm^2 ;

Z – количество ступеней (колес) насоса;

KB_0 – суммарное число включений насосов за время t_p . Значение KB_0 определяется для исключения вариантов с большим числом включений;

n_e , V_e – количество и емкость каждой ветви водосборника, m^3 ;

H_n – полная высота подъема воды, м.

3. Определяется емкость водосборника V_e с учетом допустимого 30 %-го заилиения наибольшей ветви.

4. По методике [1] в зависимости от типа используемых насосов и сечения трубопроводов определяются следующие величины:

r_0 – удельное сопротивление трубопровода, $ч^2/м^6$, которое зависит от диаметра става;

H_k – напор насоса при нулевой подаче, м;

B_k – коэффициент напора одной ступени (колеса);

A , B , C – постоянные коэффициенты уравнения напорной характеристики насосного агрегата;

A_1 , B_1 , C_1 – постоянные коэффициенты уравнения кривой КПД насоса.

5. Определяются расчетные напор, подача, КПД и потребляемая мощность одного насоса в зависимости от числа параллельно работающих насосных агрегатов N_n , значения которых будут отличаться от номинальных [1].

6. Задается цикл по времени T от 1 до t_p/t_u для расчета возможных переключений насосов через каждый интервал изменения режима работы.

7. Определяются параметры цикла по количеству насосов N_{min} и N_{max} и счетчик возможных вариантов G , обнуляется. При этом в моделировании на те-

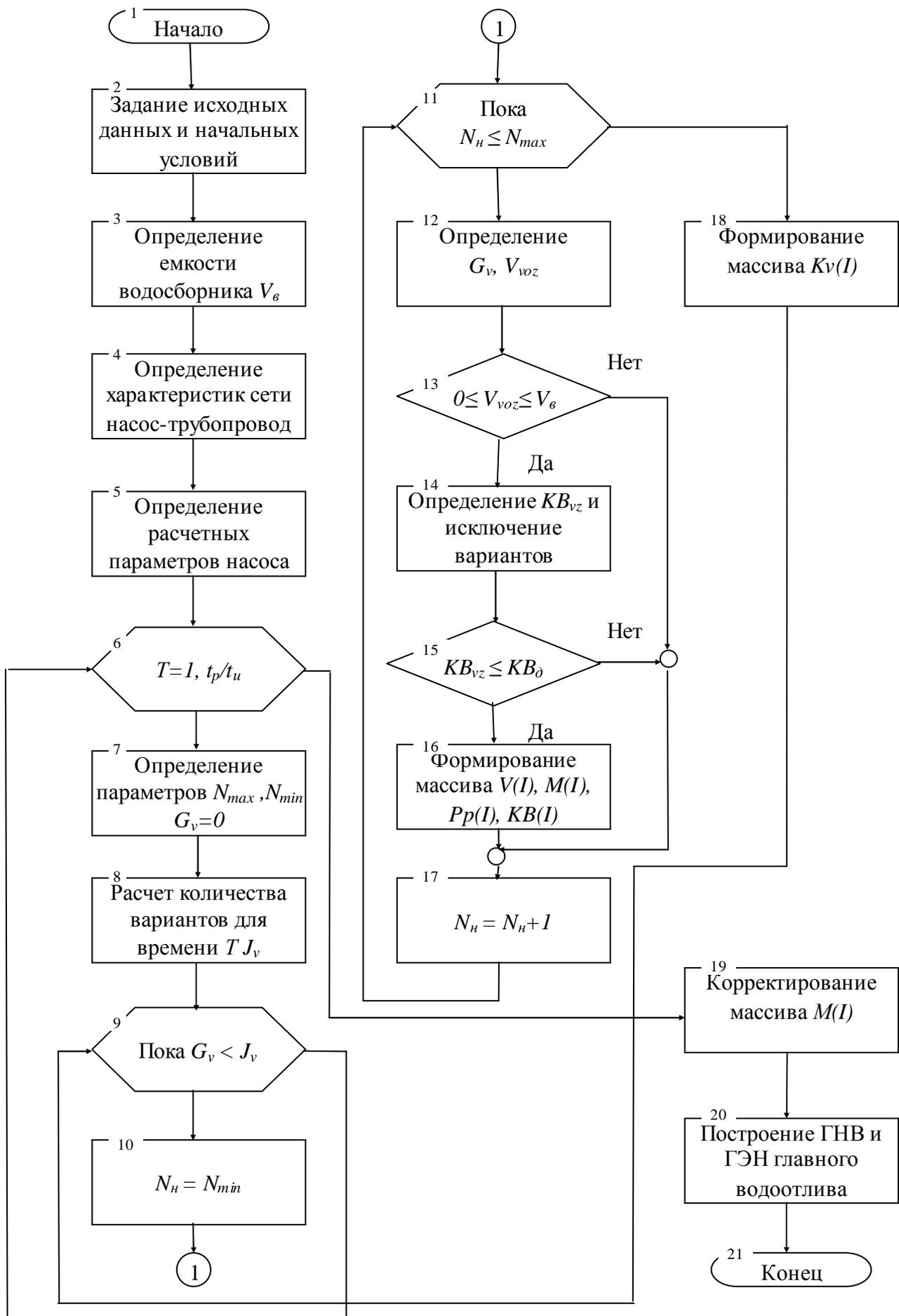


Рис.2. Укрупненная блок-схема алгоритма моделирования режимов работы водоотлива

кущем отрезке времени T можно использовать все насосы, т.е. $N_{min}=0$, $N_{max}=N_{раб}+N_{рез}$, что приведет к труднообозримому количеству реализаций ГЭН и к существенным затратам машинного времени. Возможно значительно уменьшить эти величины путем определения N_{min} и N_{max} в зависимости от значения мощности технологического процесса добычи и транспортирования угля $P_{тцу}$ для данного T . Для любого отрезка времени значение N_{max} определяется путем округления до ближайшего целого результата вычислений:

$$N_{max} = \frac{P_{max\ тцу} - P_{тцу}}{P_{одн}}.$$

8. Рассчитывается количество возможных вариантов J_v для текущего времени T и ограничения перебора точек. В общем случае можно записать:

$$J_v = J(T-1) \cdot (N_{max} - N_{min} + 1), \quad (1)$$

где $J(T-1)$ – количество полученных точек на предыдущем интервале.

При $T=1$ J_v определяется только вторым множителем уравнения (1).

9. Задается цикл с условием по количеству возможных вариантов, операции внутри которого производятся до тех пор, пока $G_v < J_v$.

10. Присваивается $N_n = N_{min}$ для начала цикла по количеству насосов.

11. Задается цикл с условием по количеству насосов, операции внутри которого производятся до тех пор, пока $N_n \leq N_{max}$, т.е. из каждой полученной на предыдущем времени T точки строится пучок из $(N_{max} - N_{min} + 1)$ прямых.

12. Определяется новое значение счетчика вариантов G_v и возможный объем воды в водосборнике.

13. Осуществляется проверка рассчитанного в п.12 значения V_{voz} на попадание в область возможных режимов работы водоотлива (описанный выше четырехугольник) по условию:

$$0 \leq V_{voz} \leq V_{\sigma}, \quad (2)$$

При выполнении условия (2) производится дальнейший расчет текущего режима (п.14), при невыполнении – точка отбрасывается и выбирается следующее значение количества насосов (п.17).

14. Определяется количество включений насосных агрегатов для возможного варианта KB_{vz} и производится его уточнение для исключения заведомо невыполнимых при данном значении ограничения KB_{σ} режимов.

15. Выполняется проверка рассчитываемого режима по допустимому количеству включений насосных агрегатов:

$$KB_{vz} \leq KB_{\sigma}. \quad (3)$$

При выполнении условия (3) производится дальнейший расчет и форми-

рование массивов (п.16), при невыполнении – точка отбрасывается и выбирается следующее значение количества насосов (п.17).

16. Определяется порядковый номер точки I и дополняются следующие одномерные массивы данных (векторы) новыми значениями для точки I : объема воды в водосборнике $V(I)$, потребляемой мощности водоотливом $P_p(I)$, количества включений насосных агрегатов $KB(I)$ и ссылок для определения исходной точки $M(I)$. Также в этом пункте присваивается новое значение коэффициенту корректирования C_v .

17. Производится переход на следующее количество насосов:

$$N_n = N_n + 1.$$

18. После перебора всех вариантов по числу насосных агрегатов формируется одномерный массив поправочных коэффициентов K_v .

19. После выполнения расчета всех точек и завершения формирования массивов данных производится корректирование массива ссылок для определения исходной точки $M(I)$.

20. По сформированным массивам данных получают любой из возможных ГНВ и соответствующий ему ГЭН ГВУ, схему всех возможных для заданных условий вариантов работы водоотлива, суммарное количество включений насосов и др.

21. Конец.

На рис.3 в качестве примера приведены ГНВ и ГЭН водоотлива, полученные при выполнении указанного алгоритма для трех насосов типа ЦНС 300-360 и притока $500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

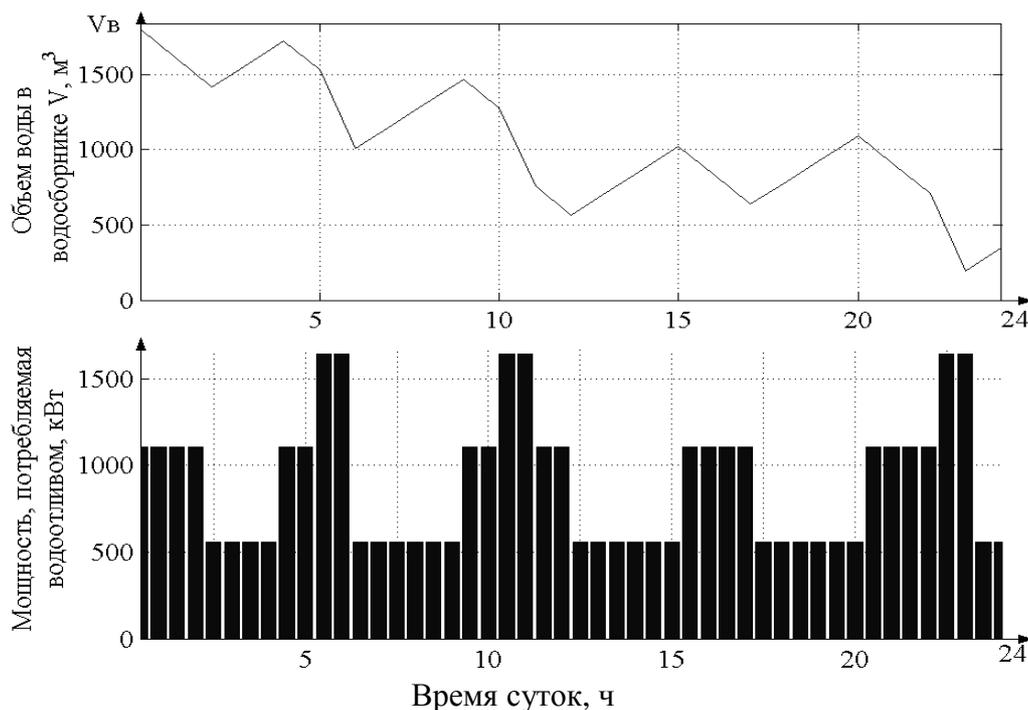


Рис.3. ГНВ и ГЭН, полученные путем имитационного моделирования режимов работы ГВУ

Вывод

Разработанный алгоритм имитационного моделирования ГЭН ВУ может использоваться для получения суммарного равномерного ГЭН шахты на период действия АБ электроснабжения, когда возникает необходимость минимизации потребляемой мощности.

Список литературы

1. РТМ 07.02.010-78. Методика расчета режимов параллельной работы насосов водоотлива шахт, имеющих большие притоки. – М.: Минуглепром СССР, 1978.