

А.В. Рухлов, Д.О. Кошевой

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Национальный горный университет»)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКИПОВОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Скиповые подъемные установки (ПУ) относят к наиболее энергоемким электроприемникам на угольных шахтах. В среднем на подъем затрачивается до 20% всей электроэнергии, потребляемой шахтой [1]. Полученные данные об их электропотреблении зачастую отображаются без учета такого важного фактора, как режим работы [2].

Режим работы скиповой ПУ угледобывающего предприятия определяется часовой производительностью, количеством циклов в час и продолжительностью одного цикла подъема. Вместе с тем скиповой подъем может вполне успешно использоваться в качестве потребителя-регулятора (П-Р), который применяется для выравнивая электрических нагрузок в энергосистеме. Указанная возможность скиповой ПУ представляется весьма необходимой для выравнивания нагрузок по шахте, но для этого необходимо знать значение ее средней получасовой мощности с учетом загруженности подъема. Для этого был разработан алгоритм, по определению потребляемой получасовой мощности на основе рабочих диаграмм подъемной установки.

При разработке алгоритма модели скиповой подъемной установки были приняты следующие допущения:

- рассматриваются подъемные установки спроектированные для условий шахт Западного Донбасса;
- глубина шахтного ствола – от 100 до 1000 м;
- годовая добыча – от 0,8 до 3,0 млн.т./год;
- в качестве подъемных сосудов используются неопрокидные скипы с донной разгрузкой типа СН;
- в качестве головных и уравнивающих канатов используются стальные канаты двойной свивки типа ЛК-РО и ЛК-Р соответственно;
- в качестве подъемных двигателей для одноканатных подъемных установок используются асинхронные электропривода, для многоканатных – двигатели постоянного тока.
- при одноканатном подъеме используются подъемные машины одно-и двухбарабанные, для многоканатного – подъемные машины со шкивами трения;
- в качестве диаграмм скорости принимаются пяти- и шестипериодные, как наиболее распространенные.

Основываясь на выше приведенных допущениях, разработан алгоритм определения потребляемой мощности подъемной установки в зависимости от режима работы, блок-схема которого представлена на рис. 1. В соответствии с ней последовательность выполняемых операций следующая:

1. Начало.
2. Задаются исходные данные и начальные условия
 - H_w – глубина шахтного ствола, м;
 - Q_g – годовая добыча по шахте млн.т. год;
 - tr – нормативное число часов работы подъема в сутки, которое может принимать такие значения: 18 часов – при трехсменном режиме работы по добыче, 15 часов при наличии трех подъемов в стволе (основной и вспомогательный), 14 часов – при двухсменном режиме работы по добыче;
 - N – число рабочих дней в году;
 - k – коэффициент неравномерности поступления груза, обычно принимается равным 1,5. При использовании подъемной установки (ПУ) в качестве потребителя-регулятора (ПР) – $k = 1,3$.
 - nk – количество подъемных канатов ($nk = 1$ – одноканатная ПУ, $nk = 4$ – многоканатная ПУ);
 - nc – количество подъемных сосудов ($nc = 1$ – однососудная ПУ, $nc = 2$ – двухсосудная ПУ);
 - nr – тип диаграммы скорости ($nr = 5$ – пятипериодная, $nr = 6$ – шестипериодная, $nr = 7$ – семипериодная).
3. Определяется тип подъемного сосуда с учетом часовой производительности ПУ Q_{ch} и полной высоты подъема H [3].
4. Определяется тип подъемного каната на основании выбранного типа ПУ и полной высоты подъема H . Для принятого каната определяется величина фактического запаса прочности mf .
5. Задается цикл с условием проверки принятого подъемного каната по запасу прочности, операция внутри которого производится то тех пор, пока $mf < m$, где m – величина запаса прочности каната, которая зависит от назначения ПУ и регламентируется Правилами безопасности [4].

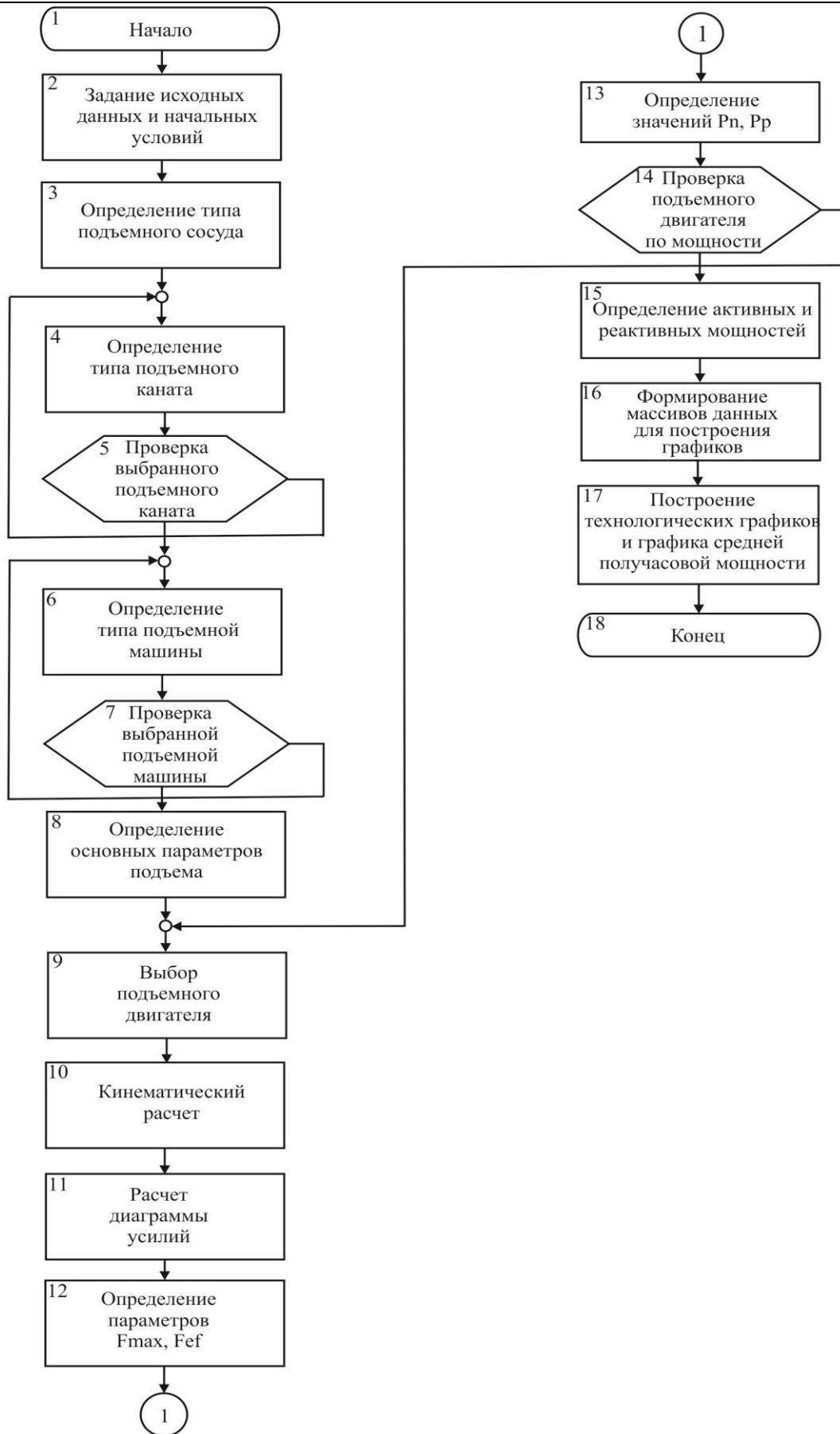


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования режимов работы скиповой подъемной установки

6. Определяется тип подъемной машины (ПМ) по расчетным значениям максимального статического натяжения головных канатов Sm_{axr} , максимальной разности статического натяжения ветвей канатов Fm_{axr} и расчетному диаметру органа навивки D_{no} [3].

В ходе выбора ПМ определяются следующие величины:

- для барабанных ПМ:
 Db – диаметр барабана, м;
 B – ширина барабана, м;
 Bb – расчетная ширина барабана, м;
 Mmi – масса органа навивки ПМ, т;
 V_{pm} – скорость подъема, м/с;
 ir – передаточное число редуктора;
 J_{kw} – момент инерции копрового шкива, т·м².
- для ПМ со шкивами трения (ШТ):
 Dw – диаметр канатопроводящего шкива, м;
 Mmi – масса шкива трения приведенная к радиусу окружности органа навивки, т;
 Jow – момент инерции отклоняющего шкива, т·м²;
 ngk – число головных канатов;
 V_{pm} – скорость подъема, м/с;
 τ – среднее удельное давление на футеровку шкива трения;
 σ – условие скольжения канатов.

7. Задается цикл с условием проверки выбранной в п.6 подъемной машины, операции внутри которого производятся до тех пор, пока $Bb < B$ – для барабанных ПМ и $\tau > 2000$, $\sigma < 1.75$ – для ПМ с ШТ.

8. Определяются основные параметры подъема, к которым относятся: количество циклов подъема в час N_c , продолжительность цикла T_c , продолжительность подъема T_d и время паузы T_{pz} .

9. Выполняется выбор подъемного двигателя для принятой ПМ по расчетным значениям числа оборотов двигателя N_{rd} и расчетной мощности P_{rd} [3].

В ходе выбора двигателя определяются следующие величины:

- P_{nd} , N_{nd} , $KPDd$ – номинальная мощность, число оборотов и КПД принятого двигателя;
- ndv – количество двигателей;
- J_{dv} – момент инерции ротора относительно собственно оси вращения, т·м²;
- J_{zp} – момент инерции зубчатой передачи, т·м².

10. Выполняется кинематический расчет с определением следующих параметров:

- M_i – приведенная масса подъемной системы, т;

V_m – максимальная скорость подъема с учетом технических параметров выбранной подъемной машины, м/с;

- X , t , a , α – массивы расстояния, времени, ускорения и альфа соответственно.

11. Рассчитывается диаграмма движущих усилий с учетом полученных ранее массивов X , a и α .

12. На основе рассчитанной диаграммы усилий определяются значения максимального движущего усилия F_{max} и эффективное движущее усилие F_{ef} .

13. Определяются значения мощности подъемного двигателя по допустимой перегрузке P_p и P_n нагреву [3].

14. Задается цикл с условием проверки подъемного двигателя по мощности, операции внутри которого производятся до тех пор, пока $P_p > P_{nd}$ или $P_n > P_{nd}$.

15. Выполняется определение активных и реактивных мощностей, а именно:

- мощности потребляемой из сети – P_c и Q_c ;
- средней мощности потребляемой за цикл подъема – P_{cr} и Q_{cr} ;
- средней получасовой потребляемой мощности – P_{cr30} и Q_{cr30} .

16. На основании произведенных ранее расчетов формируются одномерные массивы данных (векторы): скорости $V(t)$, движущих усилий $F(t)$, потребляемой мощности из сети $P_c(t)$ и $Q_c(t)$, средней получасовой мощности $P_{cr30}(kz)$ и $Q_{cr30}(kz)$.

17. По сформированным массивам данных получают технологические графики для выбранной ПУ и соответствующий ей график средней получасовой потребляемой мощности в зависимости от загрузки подъема.

18. Конец.

На рис. 2 в качестве примера приведены рабочие диаграммы скоростей (a), движущих усилий (b) и потребляемой мощности из сети (c), которые отражают основные технологические параметры подъемной установки, такие как изменение скорости движения и величины движущего усилия в течение цикла подъема, а также потребляемую мощность из сети в зависимости от типа приводного двигателя.

График средней получасовой мощности (рис 2з.) имеющий линейную зависимость $P_{cr30} = f(kz30)$ и $Q_{cr30} = f(kz30)$ формируется для диапазона коэффициента загрузки $kz30 = 0...1$, где $kz30 = 1$ соответствует максимальной загруженности подъема. Количество точек, соответствует числу циклов подъема выполняемых подъемной установкой за выбранный интервал осреднения, в данном случае 30 минут.

Данные графики были получены при выполнении рассмотренного алгоритма для скиповой ПУ с глубиной шахты $Hw = 470$ м и годовой добычей $Qg = 3.0$ млн. т/год.

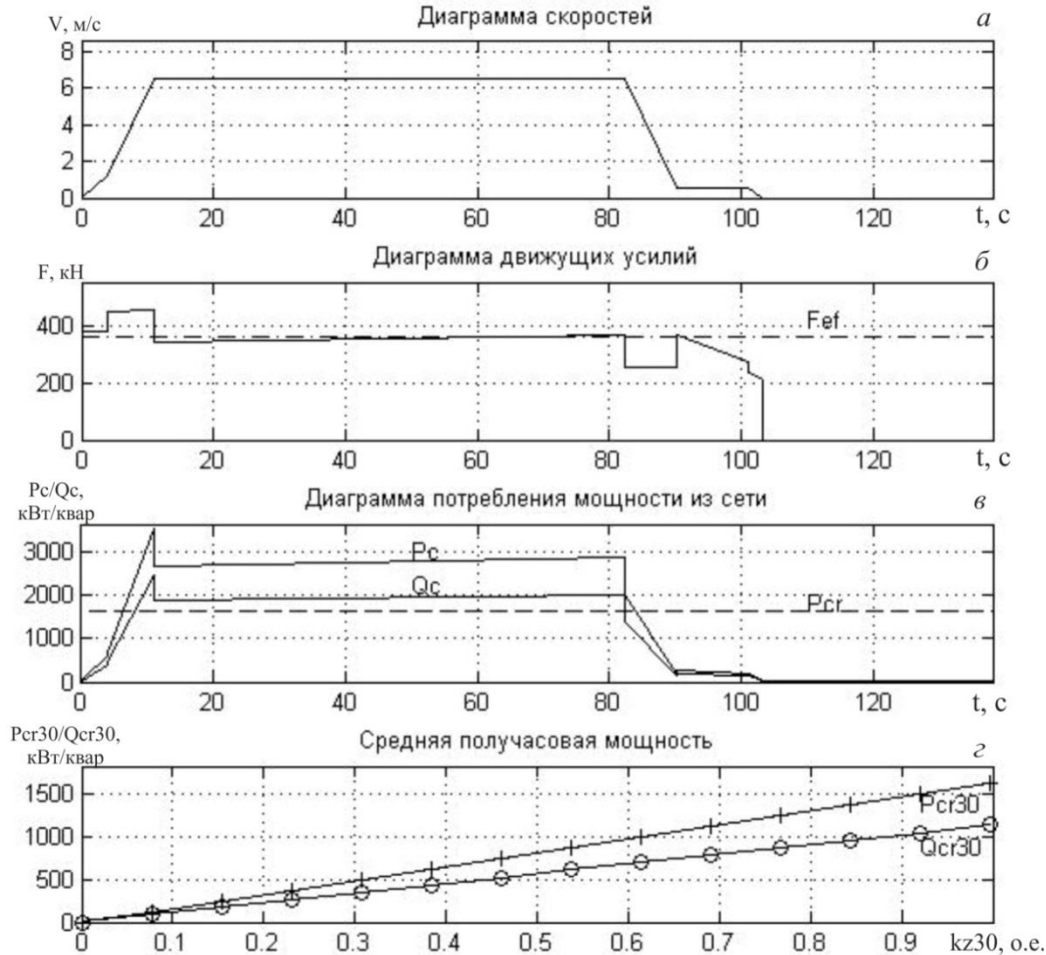


Рис.2. Рабочие диаграммы и график электропотребления в зависимости от загрузки скиповой ПУ полученные путем имитационного моделирования

Вывод:

Разработанный алгоритм имитационного моделирования позволяет определять значение средней получасовой мощности с использованием полученных путем анализа режимов работы скиповой ПУ рабочих диаграмм, для выбора элементов системы электроснабжения, а так же применять его как один из элементов комплекса мероприятий по регулированию режимов электропотребления.

Список литературы

1. Рухлов А.В. Фактические электрические нагрузки скиповых подъемных установок шахт [Текст] / А.В. Рухлов, Д.О. Кошевой // Гірничя електромеханіка та автоматика: наук.- техн. зб., 2014. – Вип. 91 – с. 34 – 37.
2. Кошевой Д.О. Анализ режимов работы стационарных установок [Текст] / Д.О. Кошевой // Матеріали міжнародної конф. «Форум Гірників – 2013», 2 – 5 жовтня 2013 р., . – Дн-ськ.: Державний ВНЗ «НГУ», Т. 4. – 2013. – С. 177 – 181.
3. Гришко А.П. Стационарные машины и установки: Учебное пособие для ВУЗов [Текст] / А.П. Гришко, В.И. Шелоганов – М. : Изд-во МГГУ, 2004. – 328 с.
4. Правила безопасности в угольных шахтах [Текст] : НПАОП 10.0-10.1-10: утв. приказом Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору от 22 марта 2010 г. №62. – К.: Государственный комитет Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору, 2010. – 431 с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Випанасенко С.І.