

3. При выполнении расчетов потерь электроэнергии в магнитопроводах силовых трансформаторов энергосистемы, имеющих длительный срок эксплуатации, рекомендуется учитывать изменения потерь мощности в магнитопроводе, что позволит повысить точность расчета нормативных потерь в силовых трансформаторах и определить наиболее достоверную структуру потерь в электрических сетях, лежащую в основе мероприятий по энергосбережению.

Список использованных источников

1. Красовский, П. Ю. Эксплуатационная динамика параметров и технических потерь в силовых трансформаторах / Красовский П. Ю. // Гірнична електромеханіка та автоматика: наук. – Техн. зб. – 2012. – Вип. 89. – с. 20-23.
2. Красовский, П. Ю. Расчет технологических потерь электроэнергии в силовых трансформаторах с учетом срока эксплуатации / П. Ю. Красовский // Електрифікація транспорту: наук. журнал – 2015. – № 10. – с. 74-80.
3. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – Введ. 1986-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2002. – 48 с.
4. Казаков, Ю. Б. Учет изменения потерь холостого хода трансформаторов в период срока службы при расчете потерь в распределительных сетях / Ю. Б. Казаков, А. Б. Козлов, В. В. Коротков // Электротехника. – 2006. – № 5. – С.11-16.
5. Коротков, А. В. Методы оценки характеристик оборудования электротехнических комплексов городских распределительных сетей / А. В. Коротков, В. Я. Фролов // Электрика. – 2014. – № 1. – С.6-10.
6. Коротков, А. В. Результаты измерений мощности потерь холостого хода трансформаторов с различным сроком службы / А. В. Коротков, В. Я. Фролов // Электрика. – 2011. – № 8. – С.8-11.
7. Заугольников, В. Ф. Некоторые аспекты экономической работы силовых трансформаторов / В. Ф. Заугольников, А. А. Балабин, А. А. Савинков // Промышленная энергетика. – 2006. – № 4. – С.10-14.
8. Балабин, А. А. Повышение достоверности расчета потерь электроэнергии в трансформаторах 10(6)/0,4 кВ / А. А. Балабин, Ю. Д. Волчков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – №4. – С.22–23.
9. Худяков, З. И. Ремонт трансформаторов / З. И. Худяков. – М.: Высш. шк., 1986. – 232 с.
10. Волчков, Ю. Д. Повышение достоверности расчета потерь электроэнергии в трансформаторах 35 и 110 кВ / Ю. Д. Волчков, А. А. Балабин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 12. – С.41-43.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Шкрабцем Ф.П.

УДК: 658.284:622.2

А.В. Толстов, В.Н. Прокуда, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕНОСНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ И АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ

Анотація Метою роботи є розробка та реалізація системи збору та оперативного аналізу інформації про енергоспоживання у вугільній шахті. Задачами роботи є аналіз існуючих систем збору та обліку даних про енергоспоживання, а також обґрунтування необхідних компонентів для розроблюваної системи. Наукова новизна полягає у можливості узагальнення регресійних та аналітичних моделей енергопостачання вугільних шахт в рамках одного портативного пристрою. Практичне значення полягає у використанні прямих та опосередкованих показників, отримуваних за допомогою переносного пристрою, для контролю енергоефективності, що дозволяє позбутися потреби у дорогих системах АСКОЕ.

Ключові слова: SCADA системи, АСКОЕ, регресійна модель, портативні пристрої

Аннотация. Целью работы является разработка и реализация системы сбора и оперативного анализа информации об электропотреблении в угольной шахте. Задачами работы являются анализ существующих систем сбора и учёта данных об электропотреблении, а также обоснование необходимых компонентов для разрабатываемой системы. Научная новизна заключается в возможности обобщения регрессионных и аналитических моделей электропотребления угольных шахт в рамках одного портативного устройства. Практическое значение заключается в использовании прямых и косвенных показателей, получаемых с помощью переносного устройства, для контроля энергоэффективности, что позволит избавиться от необходимости приобретения дорогостоящих систем АСКУЭ.

Ключевые слова: SCADA системы, АСКУЭ, регрессионная модель, портативные устройства

Abstract. The target of this scientific article is to develop and implement a system for collecting and analyzing operational data on energy consumption in the coalmine. The objectives of this work are the analysis of existing systems for collecting and recording data on energy consumption and justification of necessary compo-

nents for the development system. Scientific innovation is the ability to generalize regression and analytical models of power of coal mines in one portable device. The practical significance is to use direct and indirect indicators obtained by using a portable device to control the energy what gets rid of the need for expensive automation of metering of electric power and energy systems.

Keywords: SCADA systems, automation of metering of electric power and energy systems, regression model, portable devices

Потребление электроэнергии энергоёмкими звеньями технологических процессов в угольной шахте требует непрерывного контроля и оперативного вмешательства. Однако, наблюдается сложность в получении данных расхода электроэнергии электроприемниками. Сегодня применяются либо находятся в разработке системы, позволяющие осуществлять измерение и учет электроэнергии: УТАС, БЗУ-2, САУКЛ, СЕУПЕШ.

Система УТАС – это унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами. Сигналы о состоянии горных машин, механизмов, оборудования и о параметрах рудничной атмосферы поступают на программируемые контроллеры системы от датчиков, которые установлены в шахте или на поверхности. Программируемые контроллеры принимают и анализируют сигналы датчиков. При превышении показаний датчиков значений, заданных уставкой контроллера, подаются команды на включение сигнализации, отключение ГШО (горно-шахтного оборудования) и электроэнергии, а также передается текущая информация о состоянии ГШО и о параметрах рудничной атмосферы по цифровому каналу связи в диспетчерскую службу. В зависимости от ситуации, диспетчер посылает управляющие команды на контроллеры ГШО, установленного как под землей, так и на поверхности для выполнения функций управления [1]. Однако, система сейчас находится в состоянии доработки.

Блок управления и защиты БЗУ-2-05-О предназначен для управления высоковольтными выключателями ячеек КРУВ-6ВМ-ОВ, КРУРН-6А или аналогичными по назначению для отходящих линий, индикации реального времени, величины напряжения на вводе, величины потребляемого нагрузкой тока, мощности, расхода электроэнергии (некоммерческий учёт), осуществления функций защиты [2]. Вместе с тем, блоки БЗУ-2 имеют низкие надежностные показатели, и должным образом не откалиброваны в местах установки.

Система автоматизированного управления разветвленными конвейерными линиями (САУКЛ) обеспечивает управление конвейерными линиями с числом конвейеров до 60 и неограниченным количеством ответвлений. В составе конвейерной линии могут быть ленточные и скребковые конвейеры с числом двигателей до четырех и с нерегулируемой скоростью рабочего органа [3]. Система САУКЛ позволяет получать информацию о величине потребления электроэнергии конвейерными линиями, однако на шахтах Западного Донбасса она пока не применяется.

Система энергомониторинга и управления электроснабжением (СЕУПЕШ), ныне на базе современных компьютерных технологий с использованием опыта, основных ключевых моментов и идей предыдущих разработок — системы КТС СОЭ и системы автоматизированного управления конвейерными линиями (САУКЛ) разрабатывается учеными ГВУЗ «НГУ». СЕУПЕШ обеспечивает энергоконтроль и автоматизированное управление высоковольтными КРУ типа КРУВ-6 (УК-6) [4].

Такие системы как АСКУЭ, АИИСКУЭ [5,6] не нашли широкого применения в горных выработках.

С учётом сказанного, предлагается использовать для диспетчеризации мобильные платформы во взрывозащищенном исполнении со степенью пылевлагозащиты IP68 на базе Android либо Windows [5,6]. Такого рода мобильные платформы в нормальном исполнении великолепно зарекомендовали себя в быту и учебной/деловой деятельности, однако их применение для производственных нужд находится пока на стадии пилотных проектов. Особенно это касается пылевлагозащитного оборудования, которое изготавливается серийно мелкими партиями.

Программное обеспечение мобильных платформ для производственных нужд требует разработки приложений под конкретные задачи, которые, в свою очередь, не находят широкого применения. Однако при должном взаимодействии программистов и специалистов – технологов, энергетиков, механиков – реализация предложенного способа контроля возможна и достаточно эффективна.

Контроль и определение энергоэффективности технологических процессов осуществляется по косвенным показателям, регистрируемым с помощью датчиков устройства: акустический шум, вибрация, измерение нагрузки токовыми клещами. Далее проводится анализ полученной информации по наработанным для объекта регрессионным моделям, которые определены стохастической зависимостью удельного расхода электроэнергии от массы добытого/перемещенного полезного ископаемого. На рис. 1 представлена схема сбора и обработки информации по продолженному способу:



Рис. 1. Схема взаємодії зовнішніх джерел сигналів з портативним вибухозахищеним пристроєм для видачі рекомендацій

В результате анализа по определенному алгоритму, портативное устройство выдает рекомендации по повышению энергоэффективности конкретного объекта: конвейера, добычного или проходческого комбайна, вентиляторов проветривания. В результате комплексного анализа, возможна выдача рекомендации по повышению энергоэффективности технологического процесса шахты в целом. Так, для ленточных шахтных конвейеров в результате анализа энергоэффективности возможны рекомендации по замене подвижных частей конвейера либо замене двигателя на менее мощный.

Пример алгоритма обработки данных анализа приведем на рис. 2. Входным параметром в данном случае является акустический шум, получаемый в месте загрузки с помощью микрофона. Принципы получения акустической информации о загрузке шахтных ленточных конвейеров описаны в работе [10]. Акустический сигнал, поступающий с датчика (микрофона) преобразуется в электрические колебания. При этом сигнал содержит «шум», от которого необходимо избавиться, пропустив его через программные фильтры, разработанные по ранее имеющимся данным. В результате получаем отфильтрованный непрерывный сигнал падения горной массы на конвейер. Используя сигнатуры определения массы угля в зависимости от уровня и частоты имеющегося сигнала по имеющимся сигнатурам определяем дискретный ряд «масс», которые заносим в массив данных. В случае ограниченного объема данных – недостаточности времени измерения, необходимости быстрого результата либо непредвиденных обстоятельств – производится прогнозирование транспортируемого объема горной массы. После чего окончательно определяются исходные данные для анализа на регрессионных моделях. В данном случае ими служат время и дискретный массив «масс» при определении электропотребления по косвенным показателям. Если же необходимо определить энергоэффективность конвейерной линии, то исходные данные необходимо дополнить сведениями об электропотреблении объекта. Такие данные также можно получить с помощью переносного устройства предварительно оборудовав его электронными токовыми клещами, применив алгоритм по структуре похожий с алгоритмом на рис. 2.

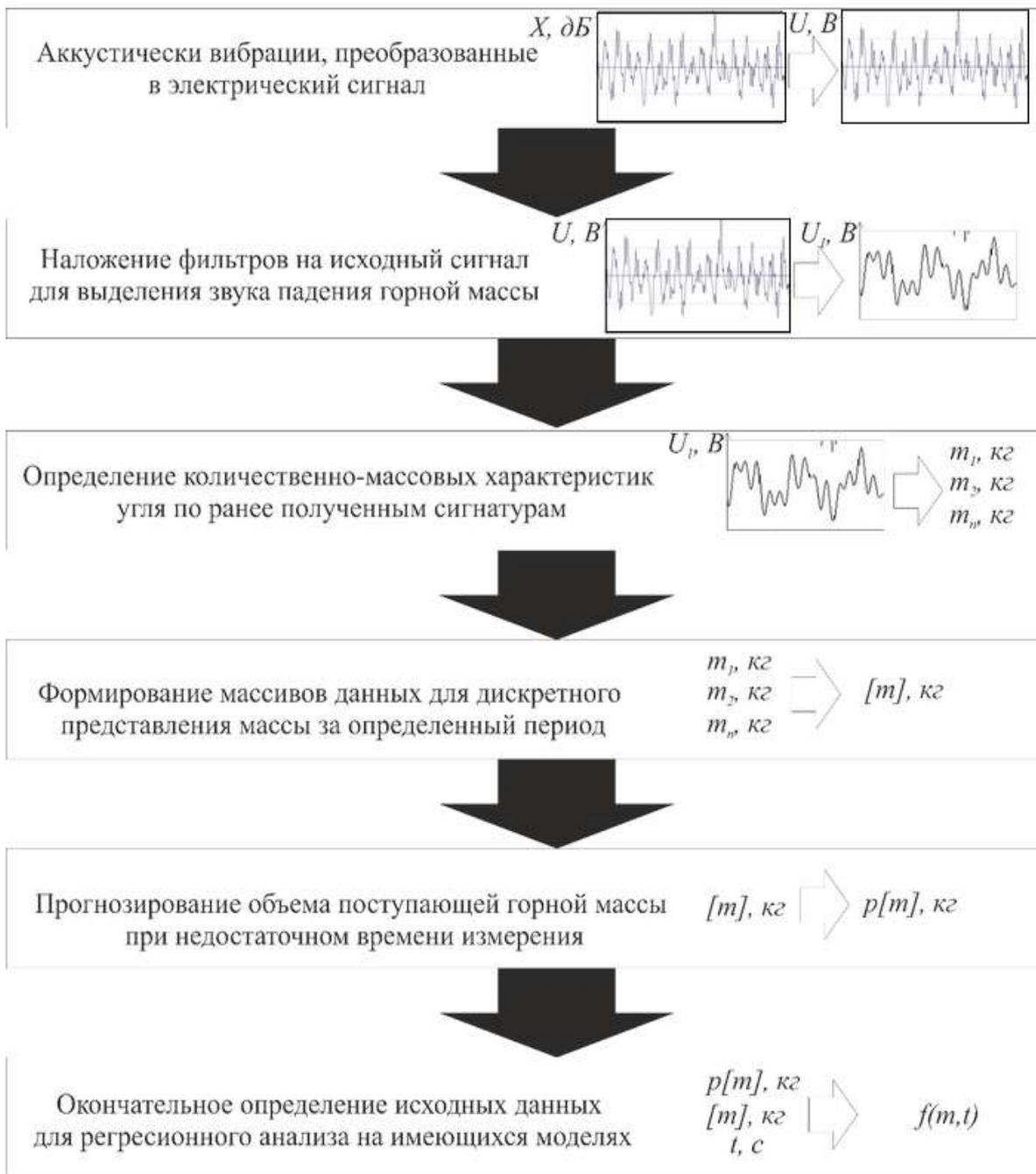


Рис. 2. Алгоритм обработки исходных данных для анализа на регрессионной модели

На рис. 3. приведен пример регрессионной модели, полученной в работе [9], для технологического процесса транспортировки полезного ископаемого шахтным магистральным конвейером. Регрессионная модель представляет собой стохастическую зависимость потребленной электроэнергии от перемещенной массы угля на определенное расстояние.

Выводы

При использовании аналитических моделей энергоэффективности на портативном устройстве позволит снизить потребление электроэнергии технологическими звеньями и шахтой в целом, не прибегая к установке дорогостоящего оборудования комплексной диспетчеризации. По выданным устройством рекомендациям главный энергетик шахты или доверенное лицо принимает решение о необходимости того или иного способа повышения энергоэффективности.

Алгоритмы и модели, которые используются в переносных устройствах, возможно уточнять с помощью нарабатываемых, в процессе новых замеров, данных. Однако, недостатком подобного рода ана-

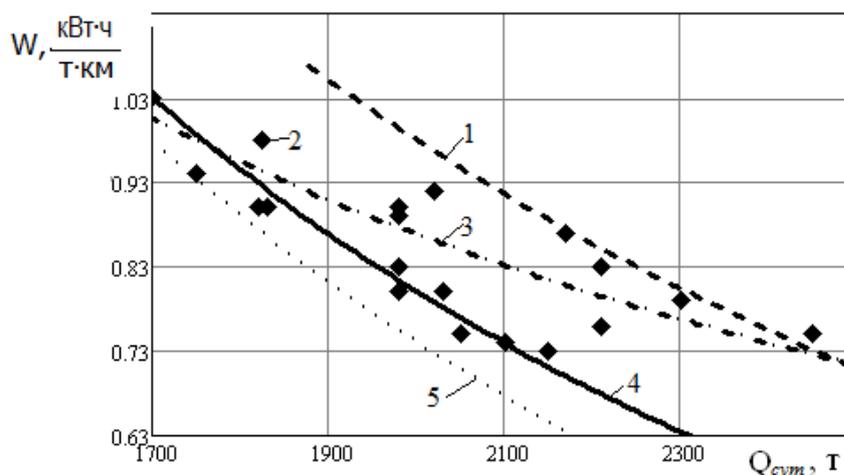


Рис. 3. Аналитически-статистическая модель зависимости удельного электропотребления конвейера 1л100к от суточного грузопотока, где
 1 – максимальное возможное электропотребление, 2 – экспериментальные точки,
 3 – регрессионная зависимость $w_{рег}(Q)=0,093+1551,9/Q$, построенная по экспериментальным данным,
 4 – математическое ожидание суточного электропотребления,
 5 – минимальное возможное электропотребление

литических моделей является необходимость исходных наработок-примеров по анализируемому либо похожему объекту.

Использование быстродействующих портативных переносных устройств, позволит производить обработку данных за считанные секунды с соответствующей выдачей рекомендаций.

Список литературы

1. Типовое руководство по оборудованию и эксплуатации унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС) в угольных шахтах (для Украины). Руководящий нормативный документ Министерства топлива и энергетики Украины. – Донецк; 2004. — 100 с.
2. Научно-производственное предприятие Рудпромавтоматика [Электронный ресурс] – Режим доступа до даних: <http://www.rpa.ua/html/ru/products/index.php>
3. Система автоматизированного управления разветвленными конвейерными линиями САУКЛ [Электронный ресурс] – Режим доступа до даних: <http://www.instroyservis.com/index.php?page=saukl&lang=4>
4. Разработка системы передачи информации для подземных условий / В.В. Ткачев, Ю.А. Аврахов, Д.А. Поперечный, П.Ю. Огеенко, Н.В. Козарь // зб. наук. пр. НГУ. – Д.: [РВК НГУ], 2004. – № 19. – Том 2. – С. 20-27.
5. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии современного предприятия [Лещёв С.А., Колосова И.В.] [Электронный ресурс] Режим доступа до файлу: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/13046/Автоматизированные системы%20контроля%20и%20учета%20электроэнергии%20современного предприятия.pdf?sequence=1](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/13046/Автоматизированные%20системы%20контроля%20и%20учета%20электроэнергии%20современного%20предприятия.pdf?sequence=1)
6. Применение АСУЭ на промышленных предприятий для решения задач энергосбережения, [Я. С. БЕ-ДЕРАК, инженер, ОАО «Азот» г. Черкассы, А. В. ДЕГТЯРЕВ, инженер, ИЭЭ НТУУ «КПИ», г. Киев] [Электронный ресурс] – Режим доступа до даних: <http://eee.khpi.edu.ua/article/download/23054/20599>
7. Взрывозащищенный планшет BARTEC успешно протестирован на возможность работы с электроприводами АУМА. Режим доступа до файлу: <https://www.auma.com/ru/kompanija/news/newsdetail/news/uspeshnoe-testirovanie-vzryvozashchishchennogo-plansheta-bartec-s-privodami-auma/>
8. Взрывозащищенный планшет Panasonic Toughpad FZ-G1 АТЕХ успешно протестирован в крупнейших российских нефтегазовых компаниях. [Электронный ресурс] Режим доступа до файлу: http://panasonic.ru/press_center/news/detail/465046
9. Методы повышения эффективности электроснабжения и энергоиспользования подземных горных машин и установок угольных шахт/ В. Т. Заика Дис. д-ра техн. наук: 05.09.03 / [Национальная горная академия Украины]. – Д., 2001. – 350 с.

10. Гаврилов, П.Д. Структура системы управления многоприводным ленточным конвейером / П.Д. Гаврилов, А.П. Носков // Электротехника, – 2009, №5 – с. 17–21.

11. Прокуда В. М. Энергоэффективность магистрального конвейерного транспорта вугільних шахт з урахуванням динаміки вантажопотоків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.09.03 "Електротехнічні комплекси та системи" / М-во освіти і науки України, Держ. вищий навч. закл. "Нац. гірн. ун-т". – Дніпропетровськ : НГУ. – 2015. – 20 с.

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

УДК: 621.3.078.4: 621.512

А.В. Бобров канд.техн.наук

(Україна, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ – ПРИВОД – КОМПРЕССОР – ПНЕВМОСЕТЬ»

Анотація. В роботі визначені вимоги при формуванні математичної моделі, що дозволяє визначити оптимальний режим роботи системи виробництва і розподілу стислого повітря, що складається з наступних елементів "електрична мережа - привід - компресор - пневмомережа". Розглянуто питання про обмеження кількості пусків, яке вводиться для створення режиму роботи приводу згідно його паспортним даним. Зроблено аналіз методів розв'язання оптимізаційної задачі системи «електрична мережа - привід - компресор - пневмосеть», з урахуванням особливостей математичної моделі. З розглянутих методів одновимірної оптимізації - сканування, половинного ділення і золотого перетину, найкращим є метод сканування, так як зміна параметра, що оптимізується P_2 відбувається зі змінним кроком, що поєднується з вимогами, що пред'являються до цього параметру математичною моделлю.

Ключові слова: електропривод, регулювання, компресор, електромеханічна система.

Аннотация. В работе определены требования при формировании математической модели, позволяющей определять оптимальный режим работы системы производства и распределения сжатого воздуха, состоящей из следующих элементов "электрическая сеть – привод – компрессор – пневмосеть". Рассмотрен вопрос об ограничении количества пусков, которое вводится для создания режима работы привода согласно его паспортным данным. Произведен анализ методов решения оптимизационной задачи системы «электрическая сеть – привод – компрессор – пневмосеть», с учетом особенностей математической модели. Из рассмотренных методов одномерной оптимизации – сканирования, половинного деления и золотого сечения, наиболее предпочтительным является метод сканирования, так как изменение оптимизируемого параметра P_2 происходит с переменным шагом, что сочетается с требованиями, предъявляемыми к этому параметру математической моделью.

Ключевые слова: электропривод, регулирование, компрессор, электромеханическая система.

Abstract. The requirements for the formation of a mathematical model allowing to determine the optimum operating mode of the compressed air production and distribution system consisting of the following elements "electric network - drive - compressor - pneumatic network" are defined in the work. The issue of limiting the number of launches, which is introduced to create the operating mode of the drive according to its passport data, is considered. The analysis of the methods for solving the optimization task of the system "electric network - drive - compressor - pneumatic system", taking into account the features of the mathematical model. Of the considered methods of one-dimensional optimization - scanning, half-division and golden section, the scanning method is most preferable, since the change in the optimized parameter P_2 occurs with a variable step, which is combined with the requirements imposed on this parameter by a mathematical model.

Keywords: electric drive, control, compressor, electromechanical system.

Введение. Система двухпозиционного регулирования давления широко применяется в поршневых компрессорных установках. Нормальная работа потребителей сжатого воздуха обеспечивается благодаря поддержанию в системе давления в заданном интервале ($P_{min} \div P_{max}$).

Повышения энергоэффективности системы "электрическая сеть – компрессор – пневмосеть" в целом можно достичь, выполнив "плавающим" верхний уровень давления. В работе [1] введен критерий экономичности для системы управления и определения значения верхнего уровня давления на одном