

Список литературы

1. В.Ф. Бобков, Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. – М.:Транспорт, 1992. – 288с.
2. Н. Е. Сакович, Улучшение охраны труда водителей сельскохозяйственных транспортных средств путем инженерно-технических мероприятий : дис. канд. техн. наук : 05.26.01.- Орел: 2006. - 195 с.
3. А.Н. Загородних, Т.И. Белова, Математическое моделирование условий и безопасности труда водителей самоходных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- М.:2006г., с.29-32.
4. С.Н. Зарипова, Влияние климатических факторов на условия эксплуатации и безопасность горнотранспортного оборудования// Горный журнал №2 .- М.:2007. – с. 102-106.
5. А.А. Хорешок, Д.В. Стенин, А.С. Фурман, Исследование скоростей движения карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика №5. – М.: 2009. – с. 48-49.
6. В.Л. Яковлев, В.Л.Могилат, Проблемы безопасной эксплуатации автомобильного транспорта на открытых горных работах. //Горный информационно-аналитический бюллетень №3 .- М.:МГГУ, 2004г., - с. 122-124.
7. Е.М. Лобанов, В.В. Новизенцев Методика оценки эмоционального состояния водителей с использованием психофизиологических показателей //Учет требований безопасности движения при проектировании дорог.- М.:МАДИ, 1975г.,с. 110-132.
8. Б.А.Щит, Н.Н. Чуклинов, Ограничение скорости движения на дорогах имеющих участки с недостаточной видимостью //Влияние скорости на режим и безопасность движения, сб. научных трудов. - М:МАДИ. – 1980г. – с. 64-69.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 14.04.10*

УДК 622.271.3

© С.П. Пушкин

СТАБИЛИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Обоснован рациональный метод стабилизации качества добываемого угля в условиях сложноструктурных угольных залежей, базирующийся на взаимосвязи параметров выемки и угла падения пластов, рациональном распределении объемов добычи по добычным заходкам с учетом резерва производительности роторных экскаваторов, соблюдения требований по количественным и качественным показателям по разрезу, наличия нескольких групп потребителей.

Обґрунтований раціональний метод стабілізації якості вугілля, що добувається в умовах складноструктурних вугільних покладів, який базується на взаємозв'язку параметрів вибоїв і кута падіння пластів, на раціональному розподілу обсягів видобутку по добувним заходкам з урахуванням резерву продуктивності роторних екскаваторів, дотримання вимог по кількісним і якісним показникам за розрізами, наявності декількох груп споживачів.

Justified a rational method of stabilization of the coal mined in a complex structural coal deposits based on the relationship and the parameters extraction and corner of downs, the rational allocation of production to the mining attempts taking into account the reserve rotary excavator productivity, comply with the requirements of quantitative and qualitative indicators for the section, and the presence of several consumer groups.

Сжигание угля с нестабильным качеством на тепловых электростанциях вызывает снижение паровой мощности, абразивный износ поверхностей нагрева котлоагрегатов, ограничения производительности вспомогательного оборудования, увеличение эксплуатационных затрат на выработку электроэнергии и выбросов золы и других вредных веществ в атмосферу [1]. Наоборот, потребление однородного по качеству угля позволяет увеличить выработку электроэнергии, уменьшить удельный расход топлива.

Таким образом, для уменьшения загрязнения окружающей среды, рационального использования земель и запасов угля в недрах, повышения эффективной работы угольных карьеров и электростанций необходимо осуществлять мероприятия, направленные на стабилизацию качества добываемого угля.

В условиях сложноструктурных залежей однородность угля в вагонах зависит от взаимосвязи способов и параметров выемки и горно-геологических условий залегания пластов. Взаимосвязь между ними можно установить на основе имитационного математического моделирования на компьютере процесса отработки роторными экскаваторами различных типов сложных забоев, геологическая структура которых представлена математической моделью [4].

Для исследования были выбраны условия разработки сложноструктурных угольных залежей Экибастуского бассейна. В результате расчетов по геологическим картам забоев, обрабатываемых роторными экскаваторами различной мощности по различным технологическим схемам, установлены корреляционные зависимости, характеризующие изменение зольности добытого угля в зависимости от вида стружки, применяемого выемочно-погрузочного оборудования, которое определяет параметры экскаваторных блоков, и величины угла падения пластов.

При отработке добывающих заходов вертикальными стружками количество прослойков, загружаемых в вагон, определяется, с одной стороны, параметрами стружки (высотой, толщиной, шириной), с другой – их углом падения. Поэтому изменчивость качественных показателей угля по вагонам зависит от мощности экскаваторов (диаметра ротора) и условий залегания пластов.

При разработке пластов в диапазоне от 0 до 60...70° вертикальными стружками экскаваторами производительностью 1250...5000 м³/час коэффициент вариации повагонной зольности параболически зависит от величины угла падения пластов и на 10...30% меньше, чем при горизонтальных стружках (рис. 1).

Незначительное повышение эффективности стабилизации качества угля (на 3...5%) при разработке пластов с углом падения более 60° горизонтальными стружками объясняется большим влиянием на процесс усреднения угля серповидной стружки.

С увеличением угла падения пластов коэффициент вариации зольности угля при использовании экскаваторов типа ЭРП-1250 с диаметром ротора 6...7 м резко снижается, а при использовании экскаваторов типа ЭРШРД-5000 с диаметром ротора 13м - немного увеличивается (рис. 2).

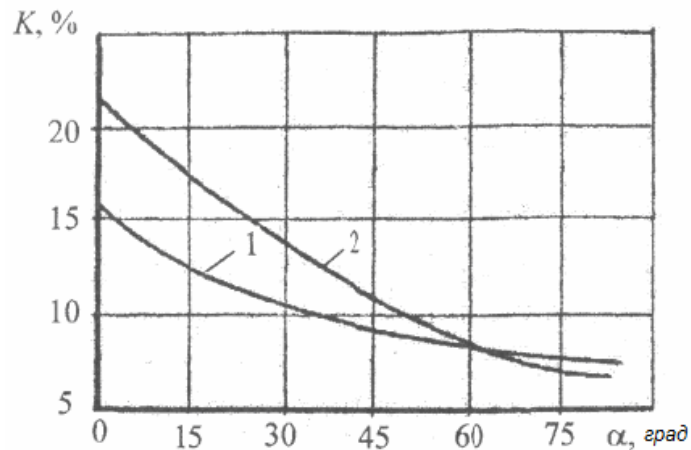


Рис.1. Зависимость коэффициента вариации зольности угля K от угла падения пластов α при различных способах разработки сложноструктурного забоя: 1 – вертикальные стружки; 2 - горизонтальные стружки

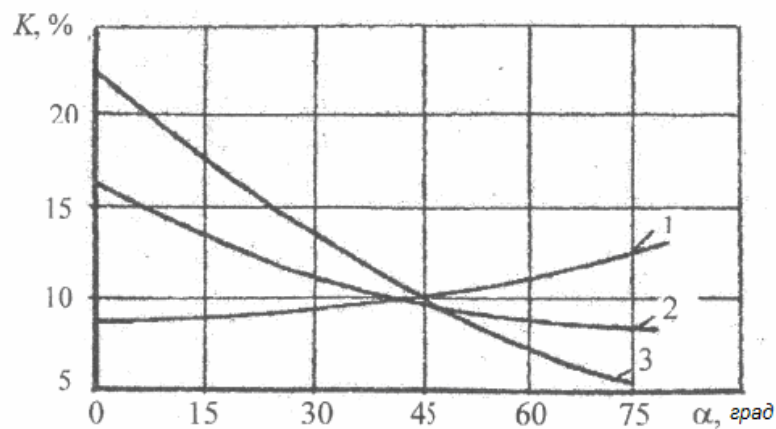


Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации зольности угля K от угла падения пластов α при разработке сложноструктурных забоев экскаваторами теоретической производительности 1250...5000 м³/ч: 1 - экскаватор ЭШРД-5000, 2 - экскаватор СРС (к) -2000; 3 - экскаватор ЭРП – 1250

Кривая зависимости коэффициента вариации зольности угля при использовании экскаваторов СРС(к) -2000 (2), диаметр ротора которого около 10 м, занимает промежуточное положение между кривыми (1) и (3). Это свидетельствует о закономерности увеличения изменчивости повагонной зольности угля с увеличением мощности экскаваторов, которые применяются при разработке пластов крутого залегания, и уменьшения коэффициента вариации зольности при использовании экскаваторов с большими размерами роторов для отработки пластов пологого залегания. То есть, коэффициент вариации повагонной зольности угля при разработке пластов с углом падения от 0 до 40...50° обратно пропорционален, а с углом падения более 50° прямо пропорционален высоте и толщине вертикальных стружек.

Повышение стабилизации качества угля при разработке пластов пологого и наклонного залегания более мощными экскаваторами обусловлено большим влиянием на изменчивость зольности высоты выемочного слоя, увеличение ко-

того приводит к забойному усреднению значительного количества прослоев. На пластах крутого залегания эффективность забойного усреднения в большей степени определяется шириной стружки, загружаемой в вагон, величина которой для экскаватора типа ЭРП-1250 ориентировочно вдвое больше, чем для экскаватора типа ЭРШД-5000. Поэтому для лучшей стабилизации по вагонной зольности угля разработку пластов наклонного залегания (с углом падения до 40...50°) необходимо выполнять мощными экскаваторами, а пласты крутого залегания - экскаваторами теоретической производительностью 1250 м³/час.

Дальнейшее повышение стабилизации качества добытого угля при использовании горнотранспортного оборудования и рациональной технологии разработки сложноструктурных забоев достигается оперативным управлением добычными работами в режиме усреднения качества, на стадии подготовки к которому предполагается решение задач текущего и оперативного планирования [6].

Решение задачи месячного планирования добычи угля осуществляется на основе цифровой модели месторождения или базы данных, включающей геологическую, маркшейдерскую и нормативно-справочную информацию. При этом учитывается положение фронта горных работ на начало планируемого периода и график планово-предупредительных ремонтов экскаваторов, перемещения железнодорожных путей, подготовленные запасы горной массы, плановые задания по объему и качеству угля и другие технико-экономические показатели.

В общем виде решение задачи сводится к определению оптимальных объемов добычи угля для каждого экскаватора на каждые сутки при условии достижения экстремального значения такого критерия:

$$F = \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^P \left(\frac{\sum_{i=1}^n K_{cit}^l V_{it} A_{it}^{d(l)}}{\sum_{i=1}^n V_{it}} - A^{d(l)} \right)^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где T -число дней в периоде, который планируется; P - число групп потребителей; n - число экскаваторных заходок; K_{cit}^l - коэффициент соотношения угля l -ой группы потребителей в i -ой заходке в t -е сутки; V_{it} - план добычи угля для i -го экскаватора в t -е сутки, т/сутки; $A_{it}^{d(l)}$ - зольность угля l -ой группы потребителей в i -ой заходке в t -е сутки, %; $A^{d(l)}$ - плановое значение средней зольности угля по карьере по l -ой группе потребителей.

Минимизация критерия (1) выполняется при следующих ограничениях:

- обеспечение плана добычи на карьере по каждой группе потребителей на t -сутки;
- учета пропускной способности транспортных коммуникаций и равномерности распределения объемов добычи для каждого экскаватора в течении всего периода планирования;
- выполнение экскаваторами месячных объемов добычи, а карьером - заданных качественных показателей.

На уровне суточного и сменного планирования добычных работ возникает необходимость корректировать объемы добычи по экскаваторам из-за изменений геологических характеристик обрабатываемых забоев, (зольности угля, коэффициентов соотношения различных групп, коэффициентов внутренней вскрыши), вследствие аварийных остановок экскаваторов, отклонения объемов добычи угля от месячного план - графика. Поэтому на этом уровне планирования решается задача межзабойного усреднения угля.

Задача межзабойного усреднения угля решается на основе геолого-технологических карт забоев. Количественные и качественные показатели угля согласно принятой технологии рассчитываются при помощи имитационного модели процесса разработки сложного забоя [4].

При отсутствии сведений о поступлении вагонов Министерства транспорта, в которых перевозится уголь к электростанциям, необходимо стремиться к максимальному выполнению объема добычи угля по карьере:

$$\sum_{i=1}^n V_i \rightarrow \max. \quad (2)$$

При этом производительность каждого экскаватора не должна быть больше максимально возможного значения и меньше минимально необходимого значения; необходимым условием является выполнение плана добычи угля по каждой группе по карьере и по каждому добывающему участку, учета пропускной способности транспортных коммуникаций карьера и ограничений с заданными качественными показателями.

При известном количестве поступающих вагонов решение задачи сводится к оптимальному распределению известного объема добычи угля по забоям.

Как функция цели применяется выражение:

$$\sum_{i=1}^n K_{ci}^l V_i (A_i^{d(l)} - A^{d(l)})^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Кроме приведенных выше ограничений, в модели учитывают работу аккумуляемых и усреднительных складов по каждой группе потребителей.

В результате решения задачи методом линейного программирования определяются оптимальные объемы добычи в каждом добывающем забое.

На втором уровне планирования решается задача усреднения угля в отправительских маршрутах. Решение задачи сводится к расчету графика работы железнодорожного транспорта, который позволяет выявлять последовательность подачи в забои угольных и породных эшелонов, а также формировать на углеборочных станциях карьеров маршруты с минимальными отклонениями средневзвешенной зольности от планового значения при наименьших затратах времени. График является основой оперативного управления добывающими работами в режиме усреднения угля.

Обоснование рационального метода стабилизации качества добытого угля, резерва производительности экскаваторов, количества отправочных путей на углеборочной станции карьера осуществляется по минимуму суммарных затрат на добычу, транспортировку, сжигание угля с учетом колебаний качественных показателей и замыкающих (компенсационных) затрат на производство равного количества электроэнергии.

Суммарные затраты целесообразно определять на основе имитационного моделирования на компьютере процесса функционирования добывающего выемочно-транспортного комплекса карьера. Моделирование выполняется с использованием конкретной схемы транспортной сети карьера по суткам отдельных месяцев на основе графика планово-предупредительных ремонтов экскаваторов [7].

Исходной информацией являются данные о фактической динамике работы оборудования и зольности угля по заходках при эффективной технологии их разработки. Производительность экскаваторов, зольность угля в эшелонах, количество и время прибытия вагонов на углеборочную станцию и в карьер на каждом шаге моделирования разыгрываются с помощью датчиков случайных чисел исходя из установленных законов распределения.

Моделирование процесса функционирования выемочно-транспортного комплекса продолжается до полной загрузки разыгранных генератором случайных чисел эшелонов, которые поступили в карьер за сутки.

Для сравнительной оценки различных вариантов стабилизации качества угля моделирование выполняется в несколько этапов. На первом этапе специальное распределение объемов добычи угля по забоям и маршрутам с целью стабилизации его качества не происходит. На следующих этапах в алгоритм модели последовательно вводятся блоки междузабойного усреднения угля и усреднения угля в маршрутах. В первом из них распределяются объемы добычи между экскаваторными забоями, во втором происходит последовательный перебор вариантов формирования маршрутов из эшелонов с разной зольностью при исполнении ограничений на продолжительность простоя вагонов Министерства транспорта в карьере, выполнение требуемых качественных показателей по группам потребителей, технологии формирования маршрутов и т.п. Моделирование осуществляется при разных количествах экскаваторов и отправочных путей на углеборочной станции карьера.

По результатам моделирования строятся зависимости среднеквадратического отклонения зольности угля по маршрутам, продолжительности простоев вагонов, изменений расходов по карьере и на электростанциях от коэффициента резерва производительности экскаваторов и количества отправочных путей на углесборочной станции карьера.

Коэффициент резерва производительности экскаваторов

$$K_p = \sum_{i=1}^n Q_i / Q_k,$$

где Q_i - производительность i -го экскаватора, млн т; Q_k - производственная мощность карьера, млн т.

Выбор рационального резерва производительности оборудования осуществляется одновременно с обоснованием рационального варианта стабилизации качества угля на основе технико-экономических расчетов.

Расчеты, выполненные для горнотехнических условий сложноструктурных залежей Экибастуского бассейна, позволили определить, что при разработке мощных сложных пластов роторными экскаваторами усреднение угля в мар-

шрутах и оптимальное распределение объемов добычи угля по заходках даже без подключения резервных экскаваторов и строительства вспомогательных путей на углеборочной станции карьера позволит снизить изменчивость зольности угля соответственно на 12 и 20%. При этом средние квадратичные отклонения маршрутной зольности и продолжительность простоя вагонов на углеборочной станции карьера гиперболически зависят от коэффициента резерва производительности экскаваторов и количества отправок путей и уменьшаются с увеличением последних (рис. 3, а). Это вызывает, соответственно, снижение удельных расходов топлива и улучшение технико-экономических показателей работы электростанций, сокращение расходов на простои вагонов и повышение эффективности работы карьеров. С другой стороны, увеличение резерва производительности горнотранспортного оборудования повышает расходы по карьере (рис. 3, б), но уменьшает расходы на электростанциях.

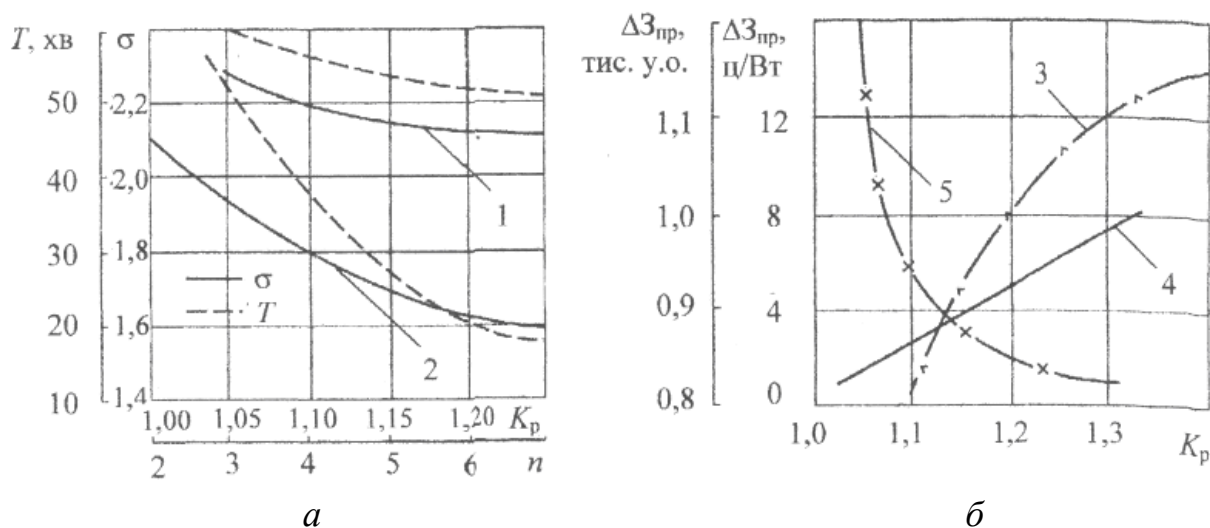


Рис. 3. Зависимость среднего квадратичного отклонения σ и продолжительности простоя вагона T от количества отправок путей n (1) и коэффициента резерва производительности экскаваторов K_p (2); изменение сокращения расходов на простои вагонов $\Delta Z_{пр}$ на 1 млн т добытого угля (3), изменение затрат ΔZ по карьере (4) и на электростанции (5)

Рациональный метод стабилизации качества угля обосновывается при условии минимизации суммарных затрат на производство электроэнергии.

На основании расчетов установлено, что выбор рационального метода в значительной степени определяется резервом производительности роторных экскаваторов.

Эффективным является сочетание способов стабилизации качества угля. Целесообразно сочетать распределение объемов добычи угля по заходкам с его усреднением в маршрутах при резерве производительности экскаваторов 10...20% и наличии 4...5 запасных отправок путей на углеборочной станции карьера (рис. 4). Это дает возможность уменьшить среднее квадратичное отклонение зольности угля по маршрутам на 30...35%, сократить продолжительность простоев вагонов на углеборочной станции на 35...40%, снизить затраты на добычу угля с последующим его сжиганием на электростанциях на 4...6%.

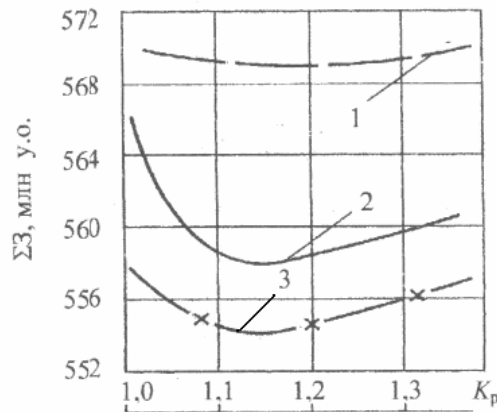


Рис. 4. Изменение суммарных приведенных затрат на производство электроэнергии ΣZ при разных вариантах стабилизации качества угля: 1 - усреднение угля в маршрутах; 2 - межзабойное усреднение угля; 3 - сочетание указанных способов

Выводы

1. Валовая разработка сложноструктурных угольных пластов с углом падения от 0 до 60...70° вертикальными стружками обеспечивает в сравнении с разработкой горизонтальными стружками снижение коэффициента вариации повагонной зольности на 10...30 %, а с углом падения, большим 70°, коэффициент вариации зольности угля отличается незначительно.

2. При валовой выемки угля из сложноструктурных пластов повышения стабилизации качества достигается использованием экскаваторов с диаметром ротора 10...13 м на участках с углом падения залежей от 0 до 40...50° и экскаваторов с диаметром ротора 6...7 м - на участках с углом падения залежи в диапазоне 50...90°.

3. Рациональное распределение объемов добычи угля по добывающим заходкам и отправительских маршрутах при помощи решения задач месячного и оперативного планирования добычных работ в режиме усреднения угля позволяет снизить изменчивость зольности угля соответственно на 20 и 12%.

4. В условиях сложноструктурных залежей целесообразно сочетать распределение объемов добычи угля по заходкам с его усреднением в маршрутах при резерве производительности экскаваторов 10...20% и наличии 4...5 резервных отправочных путей на углесборочной станции карьера, обеспечивающего уменьшение изменчивости зольности угля по маршрутам на 30...35%, сокращение длительности простоев вагонов на углесборочной станции на 35...40%, снижение расходов на добычу угля с последующим его сжиганием на электростанциях на 4-6% .

Список литературы

1. Дахов А. И., Михайловский Ю. М. Некоторые проблемы, возникающие при сжигании низкосортных топлив на ТЭС // Электрические станции. - 1983. - №3.-С. 14-18.
2. Шаль Р. Р. Обоснование рациональной технологической схемы усреднения угля сложноструктурных пластов, разрабатываемых роторными экскаваторами:... Дис. канд. техн. наук. - М., 1984. - 218 с.

3. Кузин Ю. С, Разработка технологических схем и методов расчета усреднительных складов угля для разрезов большой производственной мощности: Дис...канд. техн. наук. -М., 1985. - 180 с.
4. Беляков Ю. Й. Проектирование экскаваторных работ. – М.: Недра, 1983.-349с.
5. Кривцов М. В., Пушкін С.П. Планування видобутку вугілля в режимі усереднення якості при розробці складноструктурних пластів // Проблеми охорони праці в Україні. - Зб. наук. праць.-Вип. 13.-К: ННДІОП. - 2007. - С. 104-112.
6. Пушкин С. Я. Оперативное планирование работы транспорта при отработке сложных угольных пластов // Технологические процессы открытых горны работ и их совершенствование. Научн. сообщ./ ИГД им. А А. Скочинского. -Вып. 211.- 1982. -С. 38-43.
7. Кривцов М. В., Ковалевич С. В., Пушкін С. П. Комп'ютерне моделювання процесу функціонування добувного виймально-транспортного комплексу кар'єру // Проблеми охорони праці в Україні. -Вип. 12.-К.: ННДІОП.-2006.-С. 91-96.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 22.02.10*

УДК 622.6:622.33.012.2

© А.Я. Рыбалко

ПЕРВИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЯГОВОЙ СЕТИ ДЛЯ ИНДУКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПЕРЕДВИЖНЫМ ПОТРЕБИТЕЛЯМ

Рассмотрена двухпроводная тяговая сеть системы электроснабжения передвижных потребителей. Получены выражения для определения полного сопротивления многопроволочных проводов трубчатого сечения тяговой сети для диапазона частот 5000-10000 Гц с учетом проявления поверхностного эффекта и эффекта близости.

Розглянута двухпроводна тягова мережа системи електропостачання пересувних споживачів. Отримані вирази для визначення повного опору багатопроволочних проводів трубчатого перетину для діапазону частот 5000-10000 Гц з врахуванням поверхневого ефекту та ефекту близькості.

The two-wire traction network of system of an electrical supply of mobile consumers is considered. Expressions for definition of full resistance of multiwire wires of tubular section of a traction network for a range of frequencies of 5000-10000 Hz taking into account display of superficial effect and effect of affinity are received

Предмет исследования. Рассматриваем основной элемент системы электроснабжения для передачи электроэнергии по индуктивной связи передвижным потребителям – тяговую сеть. Это двухпроводная замкнутая на конце линия с ограниченной длиной ($l \leq 10$ км), выполненная специальным проводом. Структура провода для использования на токах повышенной частоты общеизвестна [13]; она представляет собой полую проводящую трубу в диэлектрической среде: наружная оболочка исполнена из диэлектрика, трубчатый проводник цилиндрической формы, внутренняя центральная часть заполнена диэлектриком. Конструкция провода для тяговой сети, прокладываемой в условиях угольных шахт, нами отработана экспериментально, опробована в процессе приемочных испытаний и продолжительной опытной эксплуатации [6,