Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени Горного института, том XXIII, 1949

О закономерности горной технологии открытых работ в рудничном энергораспределении местного значения

Доц. С. А. Алаторцев

§ 1. Исходные предпосылки

Горная технология, атмосферные и природные условия, в которых происходит эксплоатация месторождения, обусловливают особую специфику, свойственную рудникам с открытыми работами. Влияние, роль и значение горной специфики настолько существенны и закономерны, что именно они во многих случаях определяют основные принципы построения и эксплоатации систем местного рудничного энергораспределения в установленных границах открытой разработки месторождения.[1]

Однако до сего времени неразрешенными проблемами в рудничной электроэнергетике открытых горных разработок являются следующие кардинальные вопросы:

1) системы рудничного энергораспределения местного значения и типы карьерных сетей для специфических горноэксплоатационных условий, сооружаемых в максимально установленных границах разработки месторождения открытыми работами;

2) оптимальное количество и месторасположение карьерных пунктов питания для периодически перемещающихся электрифицированных горных машин на свободном ходу;

3) организация планового ведения эксплоатации устройств энергораспределения на рудниках с открытыми работами при непостоянстве рабочих горизонтов, при периодически перемещающемся фронте горных работ и постепенном продвижении экскаваторных забоев;

4) классификация рудничных энергораспределительных систем и устройств местного значения.

Перечисленным принципиальным вопросам и посвящается настоящая работа автора.

Открытые горные разработки находятся в особых своеобразных и трудных условиях, вследствие чего без предварительного обобщенного изучения и исследования горной специфики нельзя создать новые наи-

[1] Стоимость устройства энергораспределения местного значения на открытых горных разработках обычно не превышает 5—10% от общих капиталовложений по сооружению рудника.

Таблица 1

Обобщенная характеристика основных горных факторов и их влияние на местную рудничную энергораспределительную систему в открытых разработках

Разделы	Общая характеристика месторождения и способы его подготовки для эксплоатации	Системы разработки и организация эксплоатации	Буровзрывные работы и их организация	Механизация открытых горных разработок	Карьерный транспорт и его организация
	I	II	III	IV	V
Основные горные факторы, влияющие на рудничную энергораспределительную систему.	Тип месторождения (высотный, глубинный, поверхностный, смешанный). Обнажаемая площадь, предельные границы разработки месторождения и общая конфигурация горных выработок. Способы вскрытия и подготовки месторождения для эксплоатации.	Система открытых горных работ, количество и отметка рабочих горизонтов, находящихся в одновременной отработке и подготовка по годам эксплоатации месторождения. Размеры рабочих площадок и непостоянство горизонтов с неровной почвой. Децентрализация и число мест работы (забоев). Периодически перемещающийся фронт горных работ, общая длина фронта и отдельных участков (блоков) на уступах. Способы отработки уступов, схемы и условия экскавации. Число и ширина экскаваторных заходок на участках (блоках) и скорость продвижения экскаваторных забоев. Расположение экскаваторов в забоях. Скорость продвижения „наступающих" смежных уступов (смежных горизонтов по фронту работ). Календарный план, производительность и общий срок эксплоатации. Работа круглый год на открытом воздухе в три смены в установленных границах разработки месторождения.	Стадии рыхления материала буровзрывными работами (первичная, вторичная). Физико-механические свойства (и удельное электрическое сопротивление) грунта. Способы бурения (станки, перфораторы, сверла и т. п.) и глубина скважин. Число скважин и их месторасположение на территории открытых разработок. Календарный план буровзрывных работ.	Тип (модель), количество, мощность и передвижной характер работы горных машин. Способы (свободный, принудительный ход) и скорость перемещения горных машин. Неопределенный и тяжелый энергетический режим работы внутрикарьерных электроприемников, обусловленный горно-эксплоатационными условиями.	Виды карьерного транспорта. Организация транспорта, способы погрузки и выдачи горных пород на дневную поверхность. Тип и емкость транспортных сосудов. Число, ширина колеи и схема развития внутрикарьерных откаточных путей по годам эксплоатации. Способы и сроки перемещения откаточных путей.
	Карьерная сеть и пункты питания на дневной поверхности (на борту карьера).	1. Общая схема энергораспределения, конфигурация, протяженность и трасса карьерной сети на дневной поверхности. 2. Радиусы действия карьерных сетей и величина эксплоатационного напряжения. 3. Система питания (односторонняя, с нескольких сторон); способы спусков и подъемов сети в карьер. 4. Конструкция, тип, месторасположения и элементы оборудования пунктов питания и карьерных сетей.			I — V

Элементы рудничного энергораспределения, на которые оказывают влияние горные факторы				Какие горные факторы оказывают влияние
	Внутрикарьерная воздушная сеть (на рабочих горизонтах)	5. Общая схема внутрикарьерного энергораспределения и типы сетей. 6. Величина эксплоатационного напряжения и радиусы действия сетей. 7. Конфигурация, протяженность, трасса, способы питания и перемещения сети. 8. Способы резервирования и секционирования сетей. 9. Расстояние, сроки и интервалы для перемещения сетей. 10. Защита сетей от попадания кусков взорванной породы. 11. Тип подвески воздушных проводов (жесткий, свободный) и допустимое сечение. 12. Конструкция опор, их габариты, вес, транспортабельность и способы перемещения.	II — V II — V II; IV; V II; III II—V	
	Внутрикарьерная сеть заземления	13. Система, конфигурация, трасса и протяженность внутрикарьерной сети заземления. 14. Способы, сроки и интервалы для перемещения сети заземления. 15. Месторасположение, количество электродов и очагов заземления.	II — V	
	Внутрикарьерные пункты питания	16. Количество и тип внутрикарьерных пунктов питания. 17. Месторасположение, способы, сроки и интервалы времени для перемещения пунктов питания. 18. Конструкция, габариты, вес, транспортабельность и способы монтажа оборудования пунктов питания. 19. Способы вводов и выводов.	II; IV; V II; IV II; IV II; IV; V	
	Внутрикарьерные гибкие кабели	20. Длина, марка, сечение, вес, трасса и срок эксплоатации гибких кабелей. 21. Способы, сроки и интервалы времени для перемещения, а также число переключений для гибких кабелей.	II, V II; IV; V	
	Карьерные, переносно-передвижные подстанции.	22. Количество, мощность и тип внутрикарьерных подстанций. 23. Месторасположение, способы, сроки и интервалы времени для перемещения подстанций. 24. Конструкция, габариты, вес, транспортабельность и способы монтажа оборудования подстанций. 25. Способы вводов и выводов.	II — V II; IV II; IV; V	
	Внутрикарьерные электроприемники — силовые	26. Энергетический режим внутрикарьерных электроприемников. 27. График нагрузки для группы внутрикарьерных потребителей.	II — V	
	Внутрикарьерные электроприемники — осветительные	28. Рабочие места, подлежащие освещению. 29. Системы освещения в горноэксплоатационных условиях.	II — V	

более совершенные энергораспределительные системы и электрооборудование для них, а также рационально планировать и эксплоатировать горноэнергетическое хозяйство на рудниках с открытыми работами.

Опыт эксплоатации и проектирования, промышленно-экспериментальные работы и многочисленные специальные наблюдения на электрифицированных рудниках с открытыми работами убедительно подтверждают огромное влияние горной технологии на местную рудничную энергораспределительную систему, обычно сооружаемую в установленных границах открытой разработки месторождения. Недоучет или пренебрежение горными специфическими условиями влечет за собой значительные препятствия к нормальному ведению горных работ, частому выходу электрооборудования и энергораспределительных устройств из строя, а также к несчастным случаям. Самые совершенные в техническом отношении системы и устройства энергораспределения, но созданные и внедренные без учета влияния, роли и значения горной специфики, не найдут широкого применения на рудниках и не будут способствовать увеличению добычи полезных ископаемых в горных предприятиях.

В результате такого положения вещей во многих случаях мы имеем значительные потери материальных средств вследствие неправильного выбора местных систем энергораспределения и электрооборудования для них, принимаемых без надлежащего учета горной специфики.

Большое значение для горных предприятий имеет правильная организация планового ведения эксплоатации местных энергораспределительных устройств, на которые также всецело влияет горная специфика.

Отмеченные дополнительные особенности, свойственные открытым разработкам, должны быть учтены и положены в основу как при усовершенствовании старой, так и при создании новой техники для электрификации рудников с открытыми работами.[1] Ибо немыслимо вначале создать новую технику, а потом искать область для ее применения в горном деле. Последнее обстоятельство имеет особенное значение для горноэнергетических объектов, находящихся в районе очистных и подготовительных выработок, где горная специфика имеет решающее значение в технике электрификации и в эксплоатации местных энергораспределительных систем. Обобщенная характеристика основных горных факторов и их влияние на местную рудничную энергораспределительную систему в открытых разработках приводится нами в табл. 1.

Данная таблица, составленная на основании опыта эксплоатации, промышленно-экспериментальных работ и специальных наблюдений, показывает, что основные горные факторы влияют в той или иной степени на все устройства энергораспределительной системы.

Однако причины влияния, а также роль и значение горной специфики для определенных устройств рудничного энергораспределения данная таблица не дает возможности определить. Эти вопросы рассмотрим ниже.

---

[1] При этом также должны быть учтены последние достижения в области электротехники вообще, поскольку горная электротехника есть прикладная энергетическая и горно-техническая дисциплина, тесно сочетающаяся с проведением горных работ и их комплексной механизацией. Ее теоретической основой являются общие законы электротехники, увязанные с основными положениями промышленной энергетики и горной технологией.

§ 2. Классификация горной специфики по признакам ее влияния, роли и значения в рудничном энергораспределении на открытых разработках

Значение и роль горной специфики в рудничном энергораспределении различны. Их важно самым тщательным образом выяснить, поскольку знание причин позволит предусмотреть перспективы и разработать более совершенную технику электрификации рудников с открытыми работами.

По признакам влияния, роли и значения в местной системе рудничного энергораспределения, горная специфика может быть разделена на два класса: А. Общерудничную-закономерную, свойственную всем открытым разработкам, и Б. Местную—частную.

Изучение и знание класса «Б» местной—частной горной специфики облегчает разрешать конкретные инженерно-технические задачи в области рационального выбора, проектирования и эксплоатации рудничного электрооборудования и энергораспределительных систем, применительно к определенным условиям на руднике.

Роль и значение класса «А» общерудничной специфики далеко выходит за указанные пределы и позволяет установить определенные ее закономерности в местной системе рудничного энергораспределения.

Установленные закономерности горной специфики дают возможность создать определенные принципы, приемы, методы и правила как для построения и эксплоатации, так и для конструирования новой наиболее совершенной техники специального горного электрооборудования.

Основные классы «А» и «Б» классификации подразделены нами на основные виды горной специфики в системе рудничного энергораспределения. Общее число неповторяющихся видов горной специфики в двух классах оказалось равным пятнадцати (см. табл. 2).

§ 3. Роль и значение основных видов горной специфики классов „А“ и „Б“ в местном рудничном энергораспределении на открытых разработках

Основные виды горной специфики класса „А“

1. Работа на открытом воздухе как фактор, обусловливающий применение специального карьерного электрооборудования и повышенных требований по технике безопасности для рудничных электроустановок.

Разработка месторождений открытыми работами ведется круглый год или реже сезонно на открытом воздухе. Значительная часть внутрикарьерного электрооборудования и энергораспределительных устройств открытых разработок находится в условиях непосредственного воздействия дождя, снега, ветра и прочих атмосферных влияний. Эта специфическая особенность вполне закономерна для всех рудников с открытыми работами; она обусловливает два основных положения:

а) необходимость в применении специального карьерного электрооборудования (электродвигателей, трансформаторов, аппаратуры и т. п.) надежной конструкции для наружных установок;

Таблица 2

Подразделение классов „А" и „Б" на основные виды горной специфики

Подразделение класса „А" на основные виды общерудничной-закономерной горной специфики	Подразделение класса „Б" на основные виды местной — частной горной специфики
1. Работа на открытом воздухе в течение длительного периода эксплоатации месторождения.	1. Способы вскрытия и подготовки определенного типа месторождения для эксплоатации. Конфигурация, глубина или высота горных выработок.
2. Значительная обнажаемая площадь в предельно установленных границах разработки месторождения открытым способом.	2. Система открытой разработки, количество и отметка рабочих горизонтов (уступов), находящихся в одновременной отработке и и подготовке по годам эксплоатации месторождения. Размеры рабочих площадок и берм. Способы отработки уступов, схемы и условия экскавации.
3. Уступообразная форма горных выработок и непостоянство рабочих горизонтов при их послойной выемке.	3. Стадии рыхления буровзрывными работами. Физико-механические свойства пород. Удельное электрическое сопротивление грунта. Способы бурения, число и глубина скважин; их месторасположение.
4. Децентрализация мест работы и перемещение (скорость) забоев. Наличие экскаваторных заходок и их ширина.	4. Емкость и тип транспортных сосудов. Организация и вид транспорта. Схема развития внутрикарьерного транспорта по годам эксплоатации.
5. Перемещение (скорость) фронта горных работ и отдельных участков (блоков) значительной протяженности.	5. Количество, тип (модель), мощность, условия работы и способы перемещения горных машин и установок.
6. Возможное (частое) наличие буровзрывных работ и их особенности (при твердых породах).	6. Организация и механизация внутрикарьерного и внешнего отвального хозяйства.
7. Постоянно или периодически перемещающиеся горные машины и установки с своеобразным и часто неопределенным режимом работы.	7. Механизация и организация работы на дневной поверхности и т. п.
8. Внутрикарьерный транспорт (локомативный или безрельсовый).	

б) повышенные требования по безопасности эксплоатации внутрикарьерных электроустановок и местных энергораспределительных сетей.

2. Значительная обнажаемая площадь в установленных границах разработки месторождения как фактор, обусловливающий применение местных энергораспределительных систем высокого напряжения и переносно-передвижных подстанций.

Значительные площади открытых горных разработок, достигающие в некоторых случаях нескольких тысяч гектаров, на которых разбросаны передвижные горные машины значительной мощности, усложняют систему энергораспределения и способы подвода электроэнергии. Трудность при этих условиях и экономическая нецелесообразность в подавляющем большинстве случаев осуществить энергораспределение под низким напряжением (до 500 *в* включительно) заставляют применять карьерные распределительные сети высокого напряжения (3000 и 6000 *в*) и понизительные переносно-передвижные подстанции для питания электроприемников небольшой мощности. Благодаря этому часто значительно усложняются карьерные электросетевые устройства и. появляется необходимость в более квалифицированном обслуживающем персонале, чем при установках низкого напряжения.

3. Децентрализация мест работы и перемещение забоев как факторы, обусловливающие применение местных переносно-передвижных систем и устройств рудничного энергораспределения.

Децентрализация мест горных работ и постепенное продвижение забоев являются характерными и закономерными признаками для всех открытых разработок. Для послойной выемки и погрузки пород применяются горные машины, работающие на определенных участках достаточно большой территории разработок. Постоянно или периодически передвижной характер работы горных машин является особенностью общерудничного порядка. Каждая горная машина имеет возможность передвигаться с определенной скоростью. Однако определенная максимальная скорость горной машины обусловливает лишь ее технические возможности для перемещения, но не определяет месторасположение машины на определенный период времени, что является наиболее важным в рудничном энергораспределении. Скорость перемещения горных машин может меняться в зависимости от горных условий (физико-механических свойств пород, высоты забоя и т. п.) и поэтому для нашего случая не будет являться характерным признаком.

Для местной энергораспределительной системы более важно знать не скорость машины, а скорость продвижения забоя, которая определяет местопребывание горной машины в определенный период времени.

Указанное в определенной мере относится как к машинам на свободном ходу (одноковшевые экскаваторы и др.), так и к машинам на принудительном ж.-д. ходу (многоковшевые экскаваторы и др.), так как их перемещение всецело зависит от возможной, по горноэксплоатационным условиям, скорости продвигания забоя.

Определенная скорость продвижения забоя будет характерным общерудничным признаком для всех открытых разработок. Децентрализация мест горных работ и скорость постепенного продвижения забоев определяют наличие на открытых разработках переносно-передвижных систем и устройств рудничного энергораспределения (карьерные сети, пункты питания, подстанции и т. п.).

В свою очередь, ширина и число экскаваторных заходок на участках (блоках) также вызывают необходимость в переносно-передвижных энергосистемах местного значения.

4. Буровзрывные работы и их особенности как фактор влияния на внутрикарьерные энергораспределительные устройства и местные системы.

При взрывных работах, применяемых для предварительного рыхления твердых пород, разлет отдельных кусков достигает иногда значительного радиуса. Благодаря этому возникает необходимость в обеспечении безаварийной работы внутрикарьерных распределительных сетей, пунктов питания, переносно-передвижных подстанций и механизмов, располагаемых часто непосредственно на рабочих горизонтах (уступах).

Наши наблюдения на союзных рудниках показали, что наибольший разлет разбрасывания взорванных пород следует ожидать при мелком бурении до 8—10 м. При глубоком бурении опасность повреждения энергораспределительных устройств и сетей менее возможна, так как разбрасывание породы получается значительно меньше (в этом случае большая часть взорванной породы оседает вниз).

Так как полностью предохранить внутрикарьерные энергораспределительные сети от повреждения не представляется возможным, то возникает необходимость хотя бы в наиболее быстрой ликвидации аварии и обеспечении бесперебойной работы. При сооружении воздушных карьерных сетей следует предусматривать расположение их на дневной поверхности (на борту карьера); в случае невозможности сооружения поверхностных сетей, рекомендуется секционировать внутрикарьерные воздушные линии при помощи разъединителей и применять двухстороннее их питание, дающее возможность выключать линию в местах, опасных от попадания кусков породы во время падения.

Аппаратура для этих целей должна применяться особо прочной конструкции и быть приспособленной для быстрого и безопасного включения и выключения.

В качестве секционирующих устройств должны применяться линейные разъединители мощности; последние для стационарных сетей устанавливаются на столбах воздушной сети; для переносно-передвижных внутрикарьерных линий разъединители монтируются на специальных переносных опорах. Секционирующие разъединители должны обеспечивать возможность отключения линий по участкам горных работ, на которых установлены рабочие машины. Взрывные работы, в свою очередь, подтверждают необходимость и целесообразность применения переносно-передвижных карьерных сетей, пунктов питания, подстанций и «местного» переносного прожекторного освещения.

5. Перемещение фронта горных работ и отдельных участков как факторы, определяющие системы рудничного энергораспределения, типы карьерных сетей и количество пунктов питания.

Продвижение экскаваторных забоев на своих участках (блоках) и перемещение самого фронта горных работ по всей его длине вызывают потребность в переносно-передвижной системе энергораспределения, а также создают эксплоатационные затруднения в отношении питания горных машин, электроприводы которых должны непрерывно (многоковшевые экскаваторы и др.) или периодически (одноковшевые экскаваторы и др.) снабжаться электроэнергией от карьерных распределительных сетей. Присоединение электроприводов горных передвижных машин к карьерным распределительным сетям осуществляется посредством специальных пунктов питания, которые должны выполняться при наименьшей громоздкости оборудования, с наименьшими первоначальными затратами, наиболее технически совершенными и безопасными для обслуживающего их персонала. Перемещение фронта работ и его

значительная длина обусловливает количество пунктов питания, а также усложняет устройство карьерного заземления.

Внутрикарьерная сеть заземления, вследствие передвижного фронта горных работ и плохой проводимости грунта на рабочих горизонтах, обычно выполняется централизованной с электродами, расположенными на дневной поверхности.

6. Постоянно или периодически перемещающиеся горные машины и установки с своеобразным и часто неопределенным энергетическим режимом работы как факторы, определяющие способы подвода электроэнергии к электроприводам и обусловливающие особенности методов расчета местного энергораспределения.

Обычно весь фронт горных работ делится на ряд участков. На каждом участке устанавливается одна или реже несколько горных машин, которые непрерывно (многоковшевые экскаваторы) или периодически (одноковшевые экскаваторы) перемещаются в пределах своего участка (блока). Расстояние между отдельными горными машинами колеблется в пределах 200—1 000 м, число же экскаваторов на уступе в редких случаях превосходит три-четыре. Горные машины на принудительном железнодорожном ходу (многоковшевые экскаваторы и др.) обычно питаются от трехфазной контактной сети при помощи скользящих токосъемателей. Присоединение к карьерной распределительной сети горных машин на свободном гусеничном или колесном ходу (одноковшевые экскаваторы и др.) производится при помощи гибких кабелей, один конец которых присоединяется к токоприемному устройству машин, а второй через пункт питания к карьерной сети.

Энергетический режим электроприводов горных машин, применяемых на открытых разработках, чрезвычайно своеобразный и часто неопределенный в зависимости от условий экскавации и физико-механических свойств пород.

Неравномерный пиковый и повторно-кратковременный режим работы экскаваторных приводов, частые толчки, сопровождающиеся сотрясением всего корпуса одноковшевой машины, в котором установлены электродвигатели и аппаратура, вызывают необходимость в усиленной конструкции и увеличенной перегрузочной способности всего электрооборудования.

Режим работы одноковшевых экскаваторов, работающих на трехфазном токе, увеличивает удельный расход энергии и мощность рабочих двигателей, а также ухудшает коэффициент мощности карьерной сети, который при пиковом режиме падает до 0,7—0,5 и ниже.

Определить обычными методами среднепотребляемые и пиковые мощности для одноковшевых экскаваторов не представляется возможным.[1] График нагрузки для группы внутрикарьерных потребителей с преобладающей экскаваторной нагрузкой также характеризуется неопределенными по продолжительности, но значительными по величине мгновенными пиками мощности. Вследствие этого не представляется возможным построить точный график нагрузки карьерной подстанции за более или менее продолжительный промежуток времени.

---

[1] См. статью С. А. Алаторцева. Удельные показатели мощности и расчетные коэффициенты для электрических экскаваторов. „Горный журнал", № 7, 1947.

7. Внутрикарьерный транспорт как фактор влияния на местную систему энергораспределения и тип внутрикарьерных распределительных сетей.

Пути внутрикарьерного транспорта (забойные — экскаваторные), а также и пути на отвалах имеют чрезвычайно существенную особенность — переносно-передвижной характер, так как по вполне понятным причинам эти откаточные пути перемещаются по мере продвигания добычных и погрузочных машин в одном случае и по мере образования отвалов — в другом.

Эта особенность приводит к специфическим деталям устройства их и всего оборудования, которое с ними механически соединено (как например, опор контактного оборудования для экскаваторов и электровозов). Передвижка откаточных путей необходима как для забойных погрузочных путей, так и для отвальных; в обоих случаях могут быть применены два способа производства этой работы — ручной или механический, специальными машинами, так называемыми путепередвигателями или путеперекладывателями.

В случае применения путеперекладчиков (типа железнодорожных кранов) крепление опор обычной конструкции к шпалам не представляется возможным.[1] Трехфазные контактные сети, опоры которых сочленяются с рельсовыми путями, должны непосредственно перемещаться вслед за продвижением фронта горных работ. Карьерные распределительные сети, опоры которых механически не связаны с откаточными забойными путями, перемещаются значительно реже, чем контактные сети, так как при удалении фронта горных работ, питание электроприводов горных машин обычно производится за счет известного запаса длины гибких кабелей.

Большое количество рабочих горизонтов (уступов) и откаточных внутрикарьерных путей при мощных открытых разработках часто заставляют располагать карьерные распределительные сети непосредственно на рабочих площадках, что затрудняет их эксплоатацию и вносит определенные особенности в конструктивное оформление деталей распределительных внутрикарьерных энергосистем местного значения. Локомотивный и безрельсовый внутрикарьерный транспорт определенным образом влияет на коэффициенты использования электроприводов горных машин, а следовательно, и на групповые графики нагрузки.

Основные виды горной специфики класса „Б"

Горная специфика класса «Б» носит местный частный характер. Однако учет ее влияния, роли и значения в местной системе рудничного энергораспределения на открытых разработках чрезвычайно важен для правильного построения и эксплоатации электросетевых устройств и систем.

Специфика этого вида может влиять на конфигурацию, трассу, сечение и протяженность карьерных распределительных сетей, месторасположение спусков и подъемов линий на рабочие горизонты, конструкцию опор, их высоту и способы сочленения с откаточными путями, месторасположение заземлителей, величину напряжения для мелких

[1] Универсальные разъемно-переносные опоры могут в любом случае крепиться к откаточным путям, см. статью С. А. Алаторцев и др. Особенности и технические возможности электрификации переносных путей. „Торфяная промышленность", № 7, 1946 г.

внутрикарьерных потребителей, мощность поверхностных и внутрикарьерных подстанций и способы их перемещения, конструкцию и способы перемещения для пунктов питания и на прочие особенности энергораспределительных устройств и систем в зависимости от местных условий для определенного рудника с открытыми работами.

§ 4. Закономерности основных видов общерудничной горной специфики класса „А", как факторы, определяющие новые принципы построения и эксплоатации местных систем энергораспределения на открытых разработках

Для выяснения определенной закономерности горной специфики в рудничном энергораспределении местного значения рассмотрим кардинальные вопросы, связанные с построением и эксплоатацией систем распределения энергии на открытых разработках.

1. Определение расстояния между карьерной распределительной сетью и экскаваторными заходками

Расстояние между карьерной распределительной сетью (КС) и линией заходки одноковшевого экскаватора (0—0) на определенный период времени ведения горных работ на участке (блоке) связано с тем или иным расположением экскаваторного забоя по отношению к трассе питающей трехфазной линии.

В начале работы одноковшевого экскаватора на участке (рис. 1) расстояние между карьерной сетью ($КС_1$) и линией заходки ($0_1 - 0_1$) будет минимальным (Σb_{min}).

По мере увеличения числа экскаваторных заходок указанное расстояние будет увеличиваться, но лишь до известного предела (Σb_{max}), обусловленного принятой длиной гибкого кабеля ($L_{max(к)}$). Достигнув максимального расстояния (Σb_{max}), карьерная распределительная сеть должна быть перенесена на новое место, параллельно продвинувшемуся за определенное число экскаваторных заходок ($\Sigma n_з$) фронту горных работ.

Поэтому расстояния Σb_{max} и Σb_{min}, обусловливающие протяженность трассы гибкого кабеля, должны быть определены для первой и последней экскаваторных заходок за период разработки участка горных работ на определенном горизонте.

Применительно к рис. 1, при равных углах откоса и размерах рабочих площадок на уступах[1] число возможных случаев может быть сведено к трем.

а) При расположении карьерной распределительной сети на одном горизонте с экскаваторным забоем:

$$\sum b_{min} \cong l_2 + l_3 + R_0^m; \qquad (1)$$

$$\sum b_{max} \cong (l_2 + l_3 + R_0^m) + (R_0^r + R_0^m) \sum n_з, \qquad (2)$$

где

$l_2 + l_3$ — допустимое расстояние между осью откаточных путей и трассой карьерной распределительной сети; определяется числом путей, расположенных на рабочей площадке уступа;

[1] В случае неравенства углов откоса, рабочих площадок и высот уступов, указанные расстояния определяются отдельно для каждого горизонта.

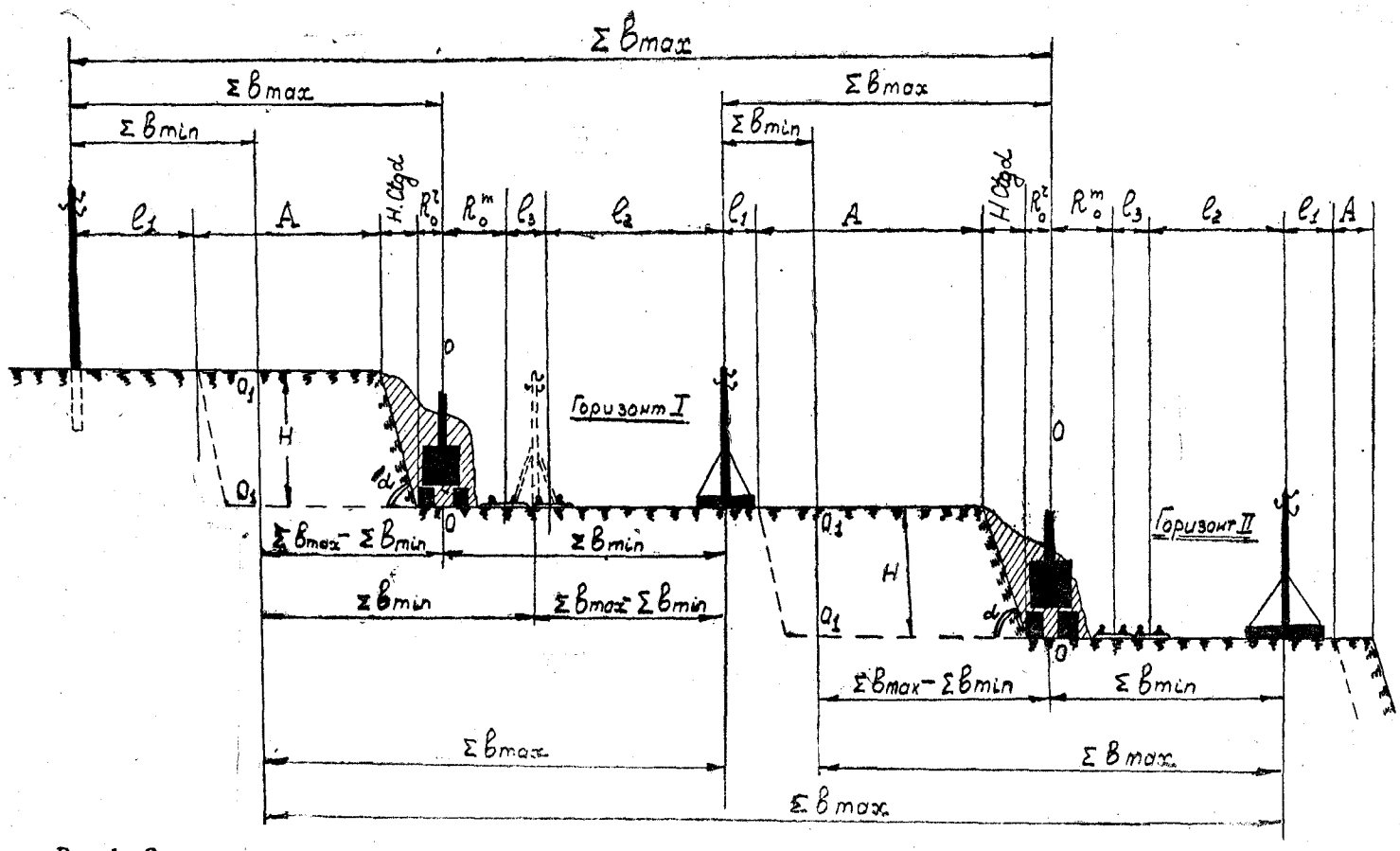


Рис. 1. Схема расположения одноковшевых экскаваторов на рабочих горизонтах (к вопросу определения расстояния между карьерной распределительной сетью и экскаваторными заходками).

R_0^m — максимальный радиус отгрузки одноковшевого экскаватора, соответствующий максимально выдвинутой рукоятке (т. е. R_0^m — горизонтальное расстояние от оси вращения экскаватора до середины ковша в процессе разгрузки);[1]

R_0^r — радиус черпания экскаватора на уровне стояния в забое;[2]

$\Sigma n_з$ — суммарное число экскаваторных заходок за период отработки участка.

б) При расположении карьерной распределительной сети на любом вышележащем горизонте по отношению к экскаваторному забою:

$$\sum b_{max} \cong (l_1 + A + H \operatorname{ctg} \alpha + R_0^r) n_y + (R_0^m + l_з + l_2)(n_y - 1); \quad (3)$$

$$\sum b_{min} \cong \sum b_{max} - (R_0^r + R_0^m) \sum n_з, \quad (4)$$

где

l_1 — минимальное допустимое расстояние между трассой карьерной распределительной сети и верхней бровкой уступа до взрыва; $l_1 \cong 3 \div 5$ *м* для внутрикарьерной сети; $l_1 \cong 30 \div 60$ *м* для карьерной сети, расположенной на борту дневной поверхности;

A — ширина разбуриваемой полосы (A отсутствует при мягких породах);

H — высота уступа до взрыва;

α — угол откоса уступа до взрыва;

n_y — число рабочих горизонтов (уступов) между карьерной распределительной сетью и экскаваторным забоем (включая уступ, на котором расположены линия и экскаватор).

При расположении карьерной распределительной сети на любом нижележащем горизонте по отношению к экскаваторному забою:

$$\sum b_{min} \cong (l_2 + l_з + R_0^m) n_y + (R_0^r + H \operatorname{ctg} \alpha + A + l_1)(n_y - 1); \quad (5)$$

$$\sum b_{max} \cong \sum b_{min} + (R_0^r + R_0^m) \sum n_з. \quad (6)$$

Длина гибкого кабеля в зависимости от способа прокладки может быть определена (рис. 2) из выражения:

$$L_{max\,(к)} = k + a + \sum b^{*} \quad (7)$$

или

$$L_{max\,(к)} = k + \sqrt{a^2 + \sum b^2}^{**}, \quad (8)$$

[1] Радиус отгрузки экскаватора обусловливает расстояние между осью вращения машины и трассой откаточных забойных путей или безрельсового внутрикарьерного транспорта на рабочих горизонтах. При широкой колее забойных путей (1524 мм) обычно максимальное расстояние от оси хода экскаватора до оси погрузочного пути

$$l_п \cong 0{,}71 R_0^m + 2{,}6 \text{ (м)}.$$

[2] Радиус черпания экскаватора определяет ширину заходки ($Ш_з$) в забое. В нормальных условиях ширина экскаваторного прохода, или ленты забоя, обычно не превышает $Ш_з \leqslant 1{,}71\ R_0^r$.

* При трассе, составленной двумя катетами, что по горноэксплоатационным условиям наиболее желательно.

** При трассе, составленной гипотенузой.

где

$k = 10-20$ м — число метров, учитывающее высоту подъема линейного конца гибкого кабеля у карьерного пункта питания, высоту подъема машинного конца кабеля на экскаваторе, неровность прокладки и некоторый запас длины гибкого кабеля;

a — отрезок гибкого кабеля, прокладываемый параллельно фронту горных работ; по условиям необходимой маневренности экскаватора обычно

$$a \geqslant 40-50 \text{ м}.$$

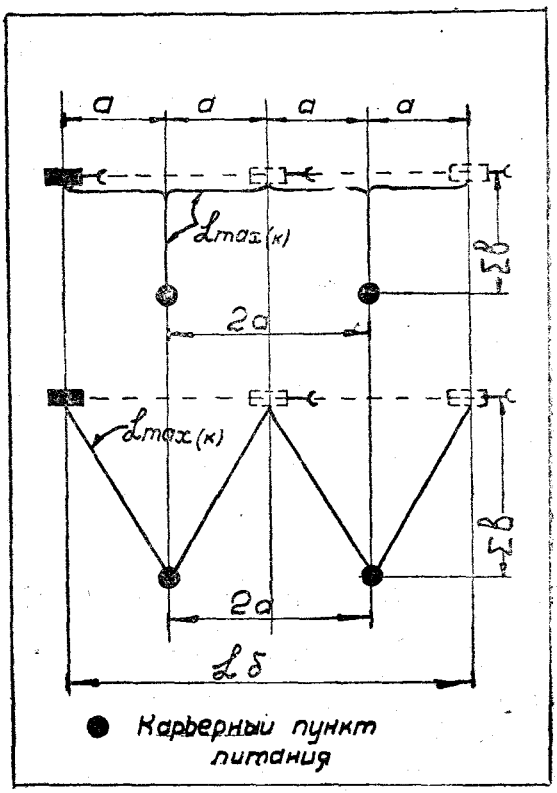


Рис. 2. Схемы питания экскаваторов посредством гибких кабелей (к вопросу определения длины гибких кабелей).

При передвижных опорах карьерной сети, механически сочлененных с откаточными путями, длина отдельных отрезков гибкого кабеля за весь период отработки участка горных работ не изменяется: [1]

$$L_{max(к)} = k + a_{max} + \sum b_{min} = \text{const} \qquad (9)$$

или

$$L_{max(к)} = k + \sqrt{a^2_{max} + \sum b^2_{min}} = \text{const}. \qquad (9)$$

[1] В этом случае опоры переносятся совместно и одновременно с откаточными забойными путями при каждой новой экскаваторной заходке.

При стационарной[1] или переносной[2] карьерной сети с опорами, не сочленяемыми с откаточными путями, в различные периоды разработки участка горных работ отдельные отрезки гибкого кабеля будут изменяться и последовательно складываться из следующих частей:

$$L_{\max(к)} = k + a_{\max} + \sum b_{\min} = k + a_{ср} + \sum b_{ср} = k + a_{\min} + \\ + \sum b_{\max} = \text{const} \qquad (10)$$

или

$$L_{\max(к)} = k + \sqrt{a^2_{\max} + \Sigma b^2_{\min}} = k + \sqrt{a^2_{ср} + \Sigma b^2_{ср}} = \\ = k + \sqrt{a^2_{\min} + \Sigma b^2_{\max}} = \text{const}. \qquad (11)$$

Отдельные длины отрезков гибкого кабеля можно определить, пользуясь следующими соотношениями:

$$\sum b_{\max} = L_{\max(к)} - a_{\min} - k = 2\sum b_{ср} - \sum b_{\min} \qquad (12)$$

или

$$\Sigma b_{\max} = \sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - a^2_{\min}} = 2\Sigma b_{ср} - \Sigma b_{\min}. \qquad (13)$$

$$\sum b_{\min} = L_{\max(к)} - a_{\max} - k = 2\sum b_{ср} - \sum b_{\max} \qquad (14)$$

или

$$\Sigma b_{\min} = \sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - a^2_{\max}} = 2\Sigma b_{ср} - b_{\max}; \qquad (15)$$

$$\sum b_{ср} = L_{\max(к)} - a_{ср} - k = \sum b_{\max} - \frac{\Sigma b_{\max} - \Sigma b_{\min}}{2} = \\ = \sum b_{\min} + \frac{\Sigma b_{\max} - \Sigma b_{\min}}{2} \qquad (16)$$

или

$$\Sigma b_{ср} = \sqrt{(L_{\max} - k)^2 - a^2_{ср}} = \Sigma b_{\max} - \frac{\Sigma b_{\max} - \Sigma b_{\min}}{2} = \\ = \sum b_{\min} + \frac{\Sigma b_{\max} - \Sigma b_{\min}}{2}; \qquad (17)$$

$$a_{\max} = L_{\max(к)} - \sum b_{\min} - k = 2a_{ср} - a_{\min} \qquad (18)$$

или

$$a_{\max} = \sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - \Sigma b^2_{\min}} = 2a_{ср} - a_{\min}; \qquad (19)$$

$$a_{\min} = L_{\max(к)} - \sum b_{\max} - k = 2a_{ср} - a_{\max} \qquad (20)$$

или

$$a_{\min} = \sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - \Sigma b^2_{\max}} = 2a_{ср} - a_{\max}; \qquad (21)$$

$$a_{ср} = L_{\max(к)} - \Sigma b_{ср} - k = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2} \qquad (22)$$

или

$$a_{ср} = \sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - \Sigma b^2_{ср}} = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2}. \qquad (23)$$

[1] Стационарная карьерная сеть не меняет месторасположения за весь период отработки участка горных работ.

[2] Переносная карьерная сеть перемещается значительно реже, чем передвижная сеть, и поэтому не имеет механического сочленения с откаточными забойными путями.

Следует также отметить, что длина и сечение гибкого кабеля должны находиться в определенных допустимых пределах. Максимальная длина гибкого кабеля, при сечении 70—95 мм² и эксплоатационном напряжении до 500 *в*, обычно не превышает 150—200 м; при сечении 35—50 мм² и напряжении 3—6 *кв* длина кабеля может быть увеличена до 250—300 м. Выше указанных пределов (при одноковшевых экскаваторах[1]) обычно не идут из-за: 1) конструктивных затруднений в устройстве кабельных барабанов при числе витков выше 3—4, предельно допустимых по условиям охлаждения, 2) значительного погонного веса и малого (1—2 г) срока службы гибких кабелей при периодическом их волочении по неровной почве карьера, 3) большего числа рабочих горизонтов с буровзрывными работами и 4) откаточными путями, неизбежно пересекаемыми гибкими кабелями, что в значительной степени сокращает маневренность одноковшевых экскаваторов и усложняет тяжелые эксплоатационные условия для карьерных электросетевых устройств.

В таблице 3 приводятся данные о допустимых длинах гибких кабелей и расстояниях между пунктами питания для электрических одноковшевых экскаваторов.

2. Определение системы местного рудничного энергораспределения и типа карьерной распределительной сети (стационарная, переносная, передвижная)

Система рудничного энергораспределения местного значения и тип карьерной распределительной сети (стационарная, переносная или передвижная, сочлененная с откаточными путями) определяются в зависимости от длины отрезка гибкого кабеля $\left(\sum b_{max} - \sum b_{min}\right)$, суммарного числа экскаваторных заходок $\left(\sum n_з\right)$, потребного для полной отработки участка горных работ на данном горизонте, и скорости перемещения фронта горных работ ($V_{су}$) „наступающего“ смежного уступа.[2]

В зависимости от способа прокладки, отдельные длины гибкого кабеля к концу отработки участка горных работ определяются из следующих соотношений:

$$L_{max\,(к)} = k + a_{min} + \sum b_{max}; \qquad (24)$$

или

$$L_{max\,(к)} = k + \sqrt{a^2_{min} + \Sigma\, b^2_{max}}; \qquad (25)$$

$$\Sigma\, b_{max} = L_{max\,(к)} - a_{min} - k; \qquad (26)$$

или

$$\Sigma\, b_{max} = \sqrt{(L_{max\,(к)} - k)^2 - a^2_{min}}. \qquad (27)$$

---

[1] При машинах непрерывного действия (многоковшевые экскаваторы) длину гибкого кабеля увеличивают до 500—600 м, что обусловливается более благоприятными условиями охлаждения и длиной фронта горных работ. Электроприводы многоковшевых экскаваторов на принудительном ж.-д. ходу обычно питаются от передвижных трехфазных контактных сетей, опоры которых механически сочленяются с откаточными путями и перемещаются совместно с ними.

[2] Конфигурация карьерной сети устанавливается на основании факторов местной — частной специфики.

Таблица 3

Допустимые длины гибких кабелей и расстояния между карьерными пунктами питания для электрических одноковшевых экскаваторов

Обозначения отдельных длин гибкого кабеля (м)	$L_{max\,(к)} = k + a + \Sigma b$, (м)					$L_{max\,(к)} = k + \sqrt{a^2 + \Sigma b^2}$, (м)				
	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k	10	10	20	20	20	10	10	20	20	20
a_{min}	40	40	50	50	50	40	40	50	50	50
$a_{ср}$	55	80	100	125	150	64	89	114	139	164
a_{max}	70	120	150	200	250	87	138	177	228	278
$2a_{min}$	80	80	100	100	100	80	80	100	100	100
$2a_{ср}$	110	160	200	250	300	128	178	228	278	328
$2a_{max}$	140	240	300	400	500	174	276	354	456	556
$\Sigma b_{min\,(усл)}$	20	20	30	30	30	20	20	30	30	30
$\Sigma b_{ср}$	35	60	80	105	130	50	74	100	124	143
Σb_{max}	50	100	130	180	230	80	134	173	224	276
$\Sigma b_{max} - \Sigma b_{min}$	30	80	100	150	200	60	114	143	194	246

Примечания:

$2a_{min}$ — расстояние между стационарными пунктами питания к концу отработки участка горных работ.

$2a_{max}$ — расстояние между передвижными пунктами питания.

В применении к рис. 1 и 3, очевидно, отрезок гибкого кабеля $\left(\sum b_{max} - \sum b_{min}\right)$ может обеспечить питание электрического экскаватора лишь при определенном числе заходок $\left(\sum n'_з\right)$, т. е.

$$Ш_з \cdot \sum n'_з \cong \sum b_{max} - \sum b_{min}; \qquad (28)$$

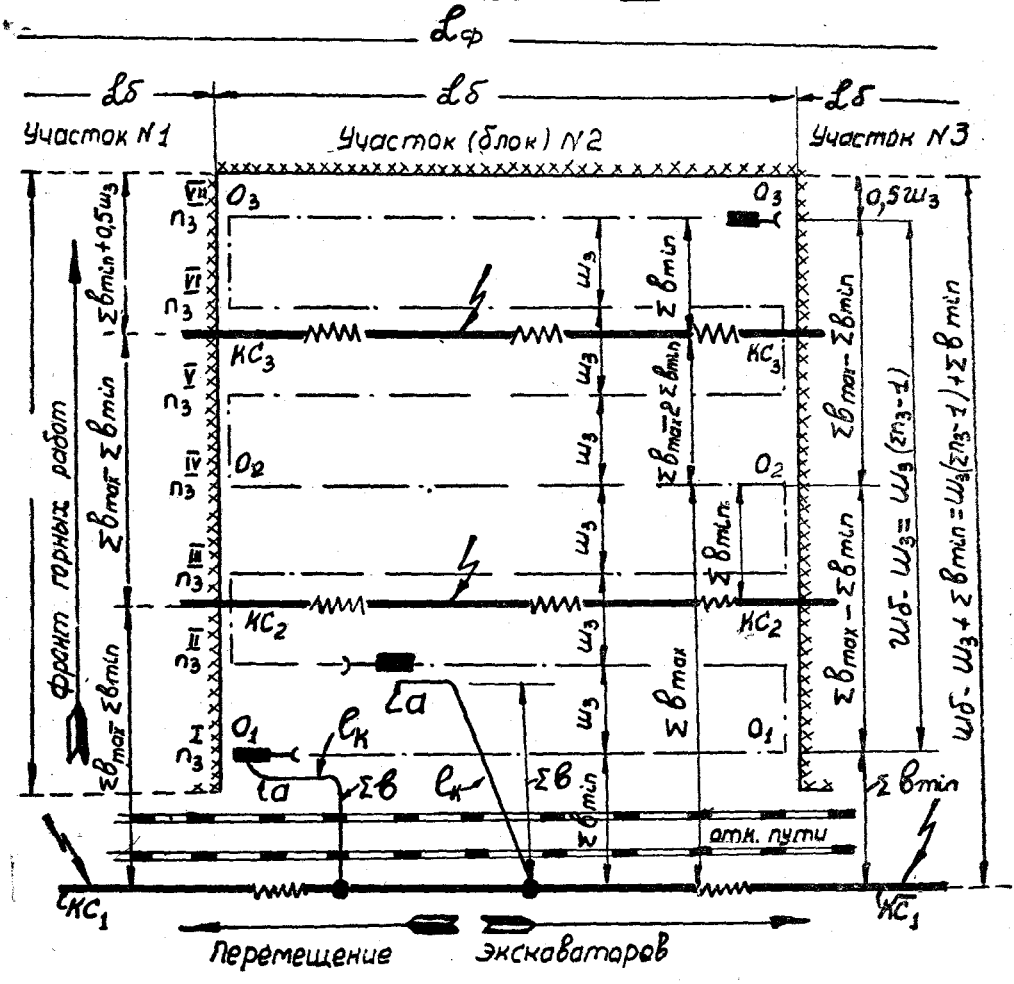


Рис. 3. Участок (блок) горных работ с расположением одноковшевых экскаваторов (к вопросу выбора системы рудничного энергораспределения и типа карьерных сетей).

откуда искомое предельное число заходок $\left(\sum n'_з\right)$ найдем, как:

$$\sum n'_з \cong \frac{\Sigma b_{max} - \Sigma b_{min}}{Ш_з}; \qquad (29)$$

где $Ш_з$ — ширина экскаваторной заходки, обусловленная радиусом черпания одноковшевого экскаватора на уровне стояния в забое.

При данном числе экскаваторных заходок $\left(\sum n'_з\right)$ карьерная распределительная сеть может не менять своего первоначального местоположения, если ее трасса проходит параллельно фронту горных работ на дневной поверхности.

Такое расположение карьерной распределительной сети, по горно-эксплоатационным условиям, следует считать наиболее желательным. Предельное число экскаваторных заходок $\left(\sum n'_з\right)$, а также скорость перемещения наступающего фронта горных работ устанавливают вполне определенную закономерность указанных горных параметров в системе рудничного энергораспределения местного значения.

Если $\sum n_з$ — суммарное число экскаваторных заходок, потребное для полной отработки участка горных работ (при двухстороннем развитии фронта работ, суммарное число заходок на каждом противоположном участке примерно будет $\frac{\Sigma n_з}{2}$);

$V_{су}$ — скорость продвижения фронта горных работ смежного наступающего уступа;

$$V_{(су)} \cong \frac{Ш_{з\,(су)} \Sigma n_{з\,(су)}}{\Sigma M_{су}} \cong \frac{Ш_{з\,(су)} V_{з\,(су)}}{L_{б\,(су)}};^1$$

$V_{оу}$ — скорость продвижения фронта горных работ основного уступа, на котором располагается данная карьерная сеть,

$$V_{оу} \cong \frac{Ш_{з\,(оу)} \Sigma n_{з\,(оу)}}{\Sigma M_{(оу)}} \cong \frac{Ш_{з\,(оу)} V_{з\,(оу)}}{L_{б\,(оу)}};^2$$

то при

$$\sum n'_з \geqslant \sum n_з \text{ или } \sum n'_з \geqslant \frac{\Sigma n_з}{2}$$

может быть принят вариант стационарной карьерной сети, расположенной на дневной поверхности.

Причем, при $\sum n'_з \geqslant \sum n_з$ распределение энергии может осуществляться по фронтально-продольной системе с односторонним спуском гибких кабелей на рабочие горизонты.

В случае $\sum n'_з \geqslant \frac{\Sigma n_з}{2}$ энергораспределение может производиться по открытой борто-кольцевой системе с двухсторонним спуском гибких кабелей на рабочие горизонты.

При наличии в карьере только одного рабочего горизонта стационарная карьерная распределительная сеть может быть расположена на рабочей площадке. Такой частный случай, например, может иметь место при месторождении поверхностного типа.

При

$$\sum n'_з \leqslant \sum n_з \text{ и } V_{су} < V_{оу}$$

или

$$\sum n'_з \leqslant \frac{\Sigma n_з}{2} \text{ и } V_{су} < V_{оу}$$

---

[1] Где $\Sigma M_{су} \cong \frac{L_{б(су)} \cdot Ш_б}{V_{з(су)} \cdot Ш_{з(су)}} \cong \frac{\Sigma n_{з\,(су)} \cdot L_{б\,(су)}}{V_{з\,(су)}}$ число смен, потребное для полной отработки участка на смежном уступе.

[2] $\Sigma M_{оу}$ тоже на основном уступе; $L_б$ длина участка (блока); $Ш_б$ ширина участка.

может быть принят вариант переносной карьерной сети с опорами, механически не сочлененными с откаточными путями, расположенной на рабочих горизонтах с достаточно длительным пребыванием на одном месте (см. подробнее формулу 37). При этом распределение энергии производится по фронтально-продольной системе.
При

$$\sum n'_з < \sum n_з \text{ и } V_{су} \geqslant V_{оу}$$

или

$$\sum n'_з < \frac{\Sigma n_з}{2} \text{ и } V_{су} \geqslant V_{оу}$$

принимается вариант передвижной карьерной сети, расположенной на рабочих горизонтах (см. формулу 37). Энергораспределение производится по фронтально-продольной системе. Выбор варианта переносной или передвижной карьерной сети зависит также от местной — частной специфики. Передвижные опоры нормальной конструкции могут механически сочленяться с откаточными забойными путями только при перемещении путей на небольшие расстояния, посредством путепередвигателей. При предварительном разбалчивании забойных путей на звенья и перемещении их путеперекладчиками или вручную, крепить опоры нормальной конструкции к рельсовым путям не представляется возможным.

Специальные разъемно-передвижные конструкции опор дают возможность в любом случае применить передвижную карьерную сеть как при одноковшевых, так и при многоковшевых экскаваторах, независимо от способа перемещения откаточных забойных путей.[1]

При станционной карьерной сети, расположенной на борту карьера, и при возможности по горным условиям эксплоатации (буровзрывные работы, число горизонтов, длина блоков, количество откаточных путей, высота опор и т. п.) осуществить непосредственный спуск поперечных линий[2] (кабельных или воздушных) на рабочие горизонты, район питания посредством гибкого кабеля может быть увеличен.

В этом случае дополнительная длина для поперечной линии ($L_{дс}$), при фронтально-поперечной системе энергораспределения определится из выражения:

$$\sum n_з \cdot Ш_з \cong \sum b_{max} - \sum b_{min} + L_{дс}, \qquad (30)$$

откуда

$$L_{дс} \cong \sum n_з \cdot Ш_з - \left(\sum b_{max} - \sum b_{min}\right). \qquad (31)$$

При поперечных линиях отрезок гибкого кабеля, прокладываемый параллельно фронту горных работ, можно принимать максимальным

---

[1] См. статью С. А. Алаторцева и др. Электрификация переносных путей. „Торфяная промышленность", № 7, 1946.

[2] Поперечные линии прокладываются в перпендикулярном направлении по отношению к фронту горных работ и применяются при фронтально-поперечной системе или при комбинированной открытой борто-кольцевой системе.

(a_{max}); второй отрезок гибкого кабеля берется примерно равным ширине заходки, т. е. $\sum b_{min} \cong Ш_з$. Такое постоянное соотношение между отрезками гибкого кабеля позволяет значительно увеличить расстояние одной поперечной линии от другой.

Согласно данным, приведенным в табл. 3, максимальное расстояние между поперечными линиями будет равно 550—556 м.

При $2a_{max} \geq \frac{L_б}{2}$ может быть принят вариант стационарных поперечных линий.

При $2a_{max} < \frac{L_б}{2}$ необходимо периодически производить перемещение поперечных линий или сооружать несколько стационарных линий, где $L_б$ длина участка (блока).

При одностороннем спуске поперечных линий с одного борта карьера, расстояние между ответвлениями

$$l_{дс} \cong \frac{L_б}{2a_{max}}. \qquad (32)$$

При двухстороннем спуске расстояние между ответвлениями может быть увеличено в два раза, т. е.

$$l'_{дс} = \frac{L_б}{4a_{max}}. \qquad (33)$$

В случае одностороннего спуска поперечной линии, необходимо периодически производить либо наращивание сети (случай удаления фронта работ от борта карьера), либо постепенно сокращать длину поперечной сети (случай приближения фронта работ к борту карьера).

Длина разового увеличения или уменьшения протяженности поперечной линии примерно равна ширине экскаваторной заходке, т. е.

$$l_у \cong Ш_з \cong \sum b_{min}.$$

Число разовых передвижек для внутрикарьерной распределительной сети за период отработки участка горных работ составит:

а) При передвижных опорах, сочлененных с откаточными путями,[1]

$$N_{кс} = N_{оп} \cong \frac{V_з \Sigma M}{L_б} - 1 \cong \sum n_з - 1; \qquad (34)$$

где $N_{оп}$ — число разовых передвижек для откаточных забойных путей;

$V_з$ — скорость перемещения экскаваторного забоя в метр/смену;

ΣM — суммарное число смен, потребное для полной отработки участка горных работ;

$L_б$ — длина участка (блока) горных работ.

б) При переносных опорах, установленных непосредственно на почве карьера,[2]

$$N'_{кс} \cong \frac{V_з Ш_з \Sigma M}{L_б (\Sigma b_{max} - \Sigma b_{min})} - 1 \cong \frac{V_з \Sigma M}{L_б \Sigma n'_з} - 1 \cong \frac{\Sigma n_з}{\Sigma n'_з} - 1. \qquad (35)$$

[1] Имея в виду необходимость перемещения путей при каждой новой экскаваторной заходке.

[2] См. пояснение к формуле (37).

• Интервал времени между двумя передвижками карьерной сети:

а) При передвижных опорах, сочлененных с откаточными путями:

$$M'_{оу} \cong \frac{L_б \Sigma n'_з}{V_з (N_{кс}+1)} \cong \frac{L_б}{V_з}. \quad (36)$$

б) При переносных опорах, установленных непосредственно на почве карьера:

$$M''_{оу} \cong \frac{L_б (\Sigma b_{max} - \Sigma b_{min})}{V_з \cdot Ш_з} \cong \frac{L_б \Sigma n_з}{V_з (N'_{кс}+1)} \cong \frac{L_б \Sigma n'_з}{V_з}. \quad (37)$$

Последнее выражение (37) справедливо лишь при одном рабочем горизонте или при нескольких, но при соотношении

$$\frac{M''_{оу}}{M''_{су}} \leq 1, \quad (37')$$

где $M'_{оу}$ — интервал времени между двумя передвижками переносной карьерной сети на основном уступе;

$M''_{су}$ — интервал времени между двумя передвижками переносной карьерной сети на смежном „наступающем“ уступе при соотношении

$$\frac{M'_{оу}}{M'_{су}} > 1 \quad (37'')$$

интервал времени для перемещения переносной карьерной сети на основном уступе уменьшается и должен быть аналогичным путем определен по горным параметрам смежного „наступающего“ уступа (в данном случае можно также применить передвижную сеть, перемещаемую одновременно с откаточными путями).

Указанное относится и к количеству разовых передвижек, число которых при отношении $\frac{M'_{оу}}{M''_{су}} > 1$ увеличится (формула 35).

Количество разовых увеличений или уменьшений длины поперечной линии за период отработки участка горных работ

$$\sum p_{дс} = N_{кс} = N_{оп} \cong \frac{V_з \Sigma M}{L_б} - 1 \cong \sum n_з - 1. \quad (38)$$

Интервал времени между двумя разовыми увеличениями или уменьшениями длины поперечных линий

$$t_{раз} = M'_{оу} = \frac{L_б}{V_з}. \quad (39)$$

При взрывных работах в районе трассы поперечной линии, во время падения, ее относят в сторону или выключают посредством секционных разъединителей.

Приведенные на рис. 4 и 5 диаграммы дают возможность определить как отдельные длины гибких кабелей, так и тип карьерной сети (стационарная, переносная или передвижная).

Основными факторами, влияющими на максимальный радиус действия карьерных распределительных сетей, являются:

1) величина эксплоатационного напряжения и допустимые потери в сети;

2) передаваемая мощность по проводам;

3) категория электроприемников и их энергетический режим;

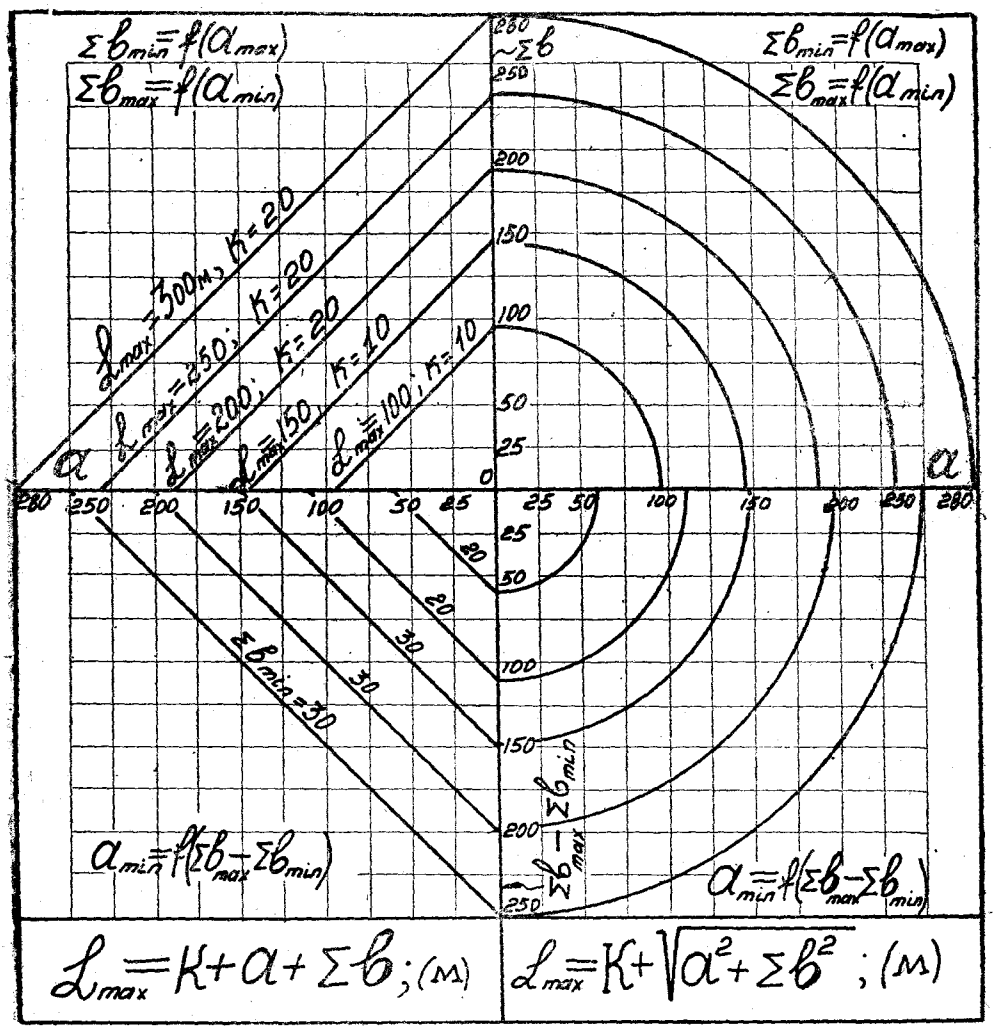


Рис. 4. Диаграмма для определения длины гибких кабелей.

4) допустимые по монтажным и эксплоатационным условиям сечения проводов для внутрикарьерных сетей;

5) размеры площади, конфигурация и предельная глубина[1] открытых горных выработок, определяющие общую протяженность электросети.

[1] Или максимальная высота при месторождениях высотного типа.

В условиях открытых горных разработок расстояния между действующими экскаваторными забоями смежных блоков обычно составляют в мягких породах 50—250 м, в скальных 150—800 м, чаще 250—300 м. На одном фронте уступа редко применяют больше 3—4 действующих экскаваторных забоев. Таким образом, максимальная длина фронта горных работ при 4 экскаваторах и расстоянии между ними 800 м не будет превышать 800×4=3200 м, чаще же 600×4=2400 м.

В соответствии с емкостью транспортных сосудов при локомотивной откатке и другими горными условиями на открытых разработках одноковшевые экскаваторы емкостью ковша свыше 4÷6 м³ получили малое распространение.

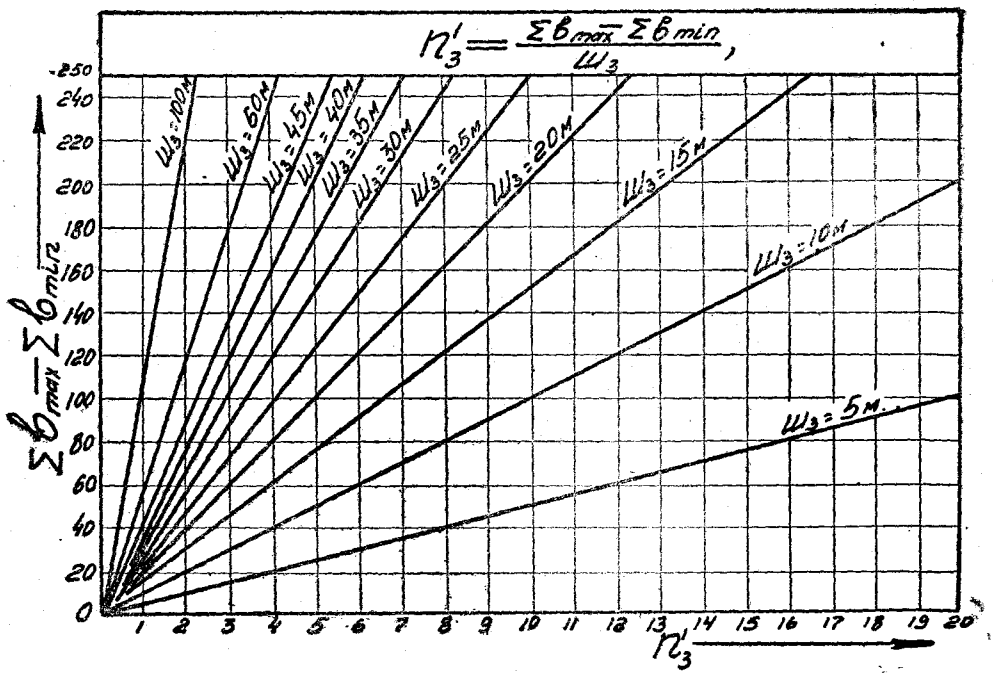


Рис. 5. Диаграмма для определения типа карьерной сети.

Многочисленные расчеты карьерных сетей для указанных условий (см. табл. 4) показывают, что при эксплоатационном напряжении 6 *кв* [1] и сечении медных проводов 50 мм², максимальный радиус действия внутрикарьерных сетей достигает:

а) при одностороннем фронтально-продольном питании:

$$L_{max\ (кс)} \cong 3{,}5 \div 4{,}5 \text{ км};$$

б) при двухстороннем фронтально-продольном питании с нормально разомкнутым по середине секционным разъединителем:

$$L_{max\ (кс)} \cong 6{,}5 \div 10 \text{ км}.$$

[1] В связи с изготовлением (с 1939 г.) электрических одноковшевых экскаваторов для 6 *кв*, для вновь проектируемых и сооружаемых рудников с открытыми работами напряжение 3000 *в* применять нерационально.

Таблица 4

Максимальные радиусы действия карьерных распределительных сетей при эксплоатационном напряжении 6 *кв* (при $\Delta U_н = 5\%$ и $\Delta U_{max} = 10\%$)****

Преобладающая категория электроприемников	Передаваемая мощность (*квт*)		Токи нагрузки (*а*)		$\cos\varphi + X\sin\varphi$	Допустимое по монтажным и эксплоатацион. горным условиям сечение медного провода	Максимальный радиус карьерной сети (км)	Требуемая максимальная протяженность сети по горным условиям (км)	$\frac{L_{max\,(кс)}}{L_{max\,(г)}}$
	$\Sigma P'_{ср}$ при нормальном режиме	$\Sigma P'_{max}$ при пиков. режиме	$\Sigma I'_{ср}$ при нормальном режиме	$\Sigma I'_{max}$ при пиков. режиме			$L_{max(кс)}$	$L_{max\,(г)}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Экскаваторы емкостью ковша, 4 м³	500	1 650	60	200	0,513	50	4,5 *÷10 **	2,4÷3,2	$\frac{1,4\,*\div1,87\,**}{3,1\,**\div4,15\,**}$
Экскаваторы емкостью ковша 6 м³	720	2 050	87	250	0,513	50	3,5 *÷6,5 **	2,4÷3,2	$\frac{1,1\,*\div1,45\,*}{2,0\,**\div2,7\,**}$
Экскаваторы емкостью ковша 4 м³	1 700	2 000	210	245	0,35	95	10,5 ***	6÷8	1,3÷1, 5
Экскаваторы емкостью ковша 6 м³	2 400	2 600	295	320	0,35	95	8,6 ***	6÷8	1,1÷1,72

* При одностороннем питании вдоль рабочих горизонтов (внутрикарьерная сеть) при фронтально-продольной системе.
** При двухстороннем питании вдоль рабочих горизонтов с нормально разомкнутым разъединителем по середине уступа (внутрикарьерная сеть при фронтально-продольной системе).
*** Для открытой борто-кольцевой системы при стационарной карьерной сети, расположенной на борту дневной поверхности.
**** Максимальный радиус действия карьерных распределительных сетей определен по формуле:

$$L_{max\,(кс)} = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}\cdot I\,(R\cos\varphi + X\sin\varphi)}\ (в).$$

Открытая борто-кольцевая стационарная карьерная сеть, монтированная на борту дневной поверхности за максимальными границами разноса карьера, при эксплоатационном напряжении 6 *кв* и сечении медных проводов 70—95 мм² обеспечивает общую протяженность сети свыше 8—10 км.

Таким образом, допустимые максимальные радиусы карьерных сетей не могут служить препятствием к нормальному ведению открытых горных работ и не окажут сколько-нибудь существенных изменений при выборе местной системы энергораспределения и типа карьерной электросети (стационарная, переносная или передвижная) по условиям горной специфики.[1]

Поэтому выбор системы местного рудничного энергораспределения по закономерным параметрам горной технологии открытых работ должен предшествовать электрическому и экономическому расчетам трехфазных карьерных сетей.

Экономическому сравнению подлежат лишь те варианты распределительных карьерных сетей, которые являются технически возможными и рентабельными в условиях открытых горных разработок.

Выбор системы рудничного энергораспределения для электрифицированных горных машин и установок на принудительном ж.-д. ходу (многоковшевые экскаваторы, отвальные мостовые транспортеры и другие) не представляет существенных затруднений. В подобных случаях обычно принимается трехфазная контактная сеть, передвижные опоры которой механически сочленяются с откаточными путями.[2]

Снабжение энергией электроприводов вспомогательных внутрикарьерных механизмов небольшой мощности (станки ударно-канатного бурения, переносно-передвижные наносы, компрессоры, лебедки и т. п.) производится от основных карьерных распределительных сетей (непосредственно при напряжении до 500 *в* или через понизительные трансформаторы).

3. Определение количества стационарных карьерных пунктов питания

При стационарной карьерной распределительной сети и стационарных пунктах питания, в различные периоды разработки участка горных работ отдельные отрезки гибкого кабеля будут изменяться и последовательно складываться из следующих частей.

$$L_{\max(к)} = k + a_{\max} + \sum b_{\min} = k + a_{ср} + \sum b_{ср} = \\ = k + a_{\min} + \sum b_{\max} \qquad (40)$$

или

$$L_{\max(к)} = k + \sqrt{a^2_{\max} + \Sigma b^2_{\min}} = k + \sqrt{a^2_{ср} + \Sigma b^2_{ср}} = \\ = k + \sqrt{a^2_{\min} + \Sigma b^2_{\max}} \qquad (41)$$

---

[1] Для питания мощных вскрышных экскаваторов 10÷15 м³ и выше, по монтажным и эксплоатационным условиям, должны сооружаться отдельные карьерные сети (индивидуальные фидеры).

[2] Перемещение путей в данном случае производится путепередвигателями.

Расстояние между соседними стационарными пунктами питания к концу отработки участка горных работ определится в виде выражения

$$2a_{\min} = 2\left(L_{\max\,(к)} - k - \Sigma\, b_{\max}\right) \tag{42}$$

или

$$2a_{\min} = 2\sqrt{\left(L_{\max\,(к)} - k\right)^2 - \Sigma\, b^2_{\max}}\,. \tag{43}$$

Количество стационарных пунктов питания к концу отработки участка горных работ составит:

а) При расположении первого пункта у начала границы фронта горных работ:

$$m_{ст} = \frac{L_б}{2a_{\min}} + 1. \tag{44}$$

б) При расположении первого пункта на расстоянии ($a_{\min}$) от начала границы фронта горных работ:[1]

$$m'_{ст} = \frac{L_б}{2a_{\min}}, \tag{45}$$

в) При комбинированной открытой борто-кольцевой системе энергораспределения с непосредственным спуском гибких кабелей на рабочие горизонты, общее (с двух сторон бортов карьера) количество стационарных пунктов питания к концу отработки участков горных работ составит

$$m'' \cong \frac{L_ф}{a_{\min}}, \tag{45'}$$

где $L_ф$ — длина фронта горных работ.

Откуда видим, что количество стационарных пунктов питания не зависит от числа горных машин (экскаваторов), установленных в карьере.

Суммарное число переключений для гибкого кабеля (с известным запасом) за период разработки горных работ:

$$\sum \gamma'_{ст} \cong \frac{s_{ср}}{2a_{ср}}\left(\sum n_з - \sum n^*_з\right), \tag{46}$$

где

$$\sum n^*_з = \frac{\Sigma\, b_{\max_1} - \Sigma\, b_{\min}}{Ш_з} \tag{47}$$

— число экскаваторных заходок, при котором не требуется переключений для гибкого кабеля.

В последнем выражении:

$\sum b_{\max_1}$ — максимальное расстояние между стационарной карьерной сетью и линией заходки экскаватора $\left(\sum n^*_з\right)$, при котором не требуется переключения гибкого кабеля:

$$\sum b_{\max_1} = L_{\max\,(к)} - a_{\max_1} - k \tag{48}$$

[1] При этом количество пунктов питания уменьшается, что является явным преимуществом.

или

$$\sum b_{\max_1} = \sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - a^2_{\max_1}}\ ; \qquad (49)$$

$a_{\max_1}$ — максимальный отрезок гибкого кабеля, прокладываемый параллельно фронту горных работ, при котором не требуется переключения для гибкого кабеля.

При одном стационарном пункте $a_{\max_1} \geqslant \frac{L_б}{2}$; (50)

при двух: $a_{\max_1} \geqslant \frac{L_б}{4}$ (51) и т. д.

$$S_{ср} \cong \frac{L_б \sum n_з + Ш_з \left(\sum n_з - 1\right)}{\sum n_з} \qquad (52)$$

средняя длина трассы, проходимой экскаватором за одну заходку.

Среднее расстояние между пунктами питания за период разработки участка горных работ

$$2a_{ср} = 2\left(L_{\max(к)} - k - \sum b_{ср}\right) = 2\left(\frac{a_{\max} + a_{\min}}{2}\right) \qquad (53)$$

или

$$2a_{ср} = 2\sqrt{(L_{\max(к)} - k)^2 - \sum b^2_{ср}} = 2\left(\frac{a_{\max} + a_{\min}}{2}\right). \qquad (54)$$

Период времени до первого переключения гибкого кабеля составит:

$$t'_{ст} \cong \frac{L_б}{V_з} \sum n'_з\ . \qquad (55)$$

Последнее выражение показывает, что стационарные пункты питания, необходимые для снабжения энергией электрифицированных машин, устанавливаются не все одновременно (сразу), а постепенно (с известным интервалом времени), по мере увеличения расстояния между карьерной сетью и фронтом горных работ на рабочих горизонтах.

Средний интервал времени между последующими переключениями гибкого кабеля определится из выражения:

$$t'_{ст} \cong \frac{\Sigma M - M' \Sigma n'_з}{\Sigma \gamma'_{ст}} \cong \frac{\Sigma M - t'_{ст}}{\Sigma \gamma'_{ст}}\ ; \qquad (56)$$

где

$$M' = \frac{L_б}{V_з} \qquad (57)$$

— число смен, потребное для одной экскаваторной заходки.[1]

$V_з$ — скорость продвигания экскаваторного забоя в метр/смену.

Приведенная на рис. 6 диаграмма дает возможность определить количество стационарных пунктов.

---

[1] Суммарное число смен, потребное для полной отработки участка горных работ, можно определить, как $\Sigma M \cong \frac{L_б \cdot Ш_б}{V_з \cdot Ш_з}$; где $Ш_б$, — ширина участка горных работ.

4. Определение количества переносных карьерных пунктов питания

Переносные пункты питания применяются при наличии как стационарной, так и при переносной карьерной распределительной сети. Перемещение пунктов при стационарной карьерной сети производится только в параллельном направлении по отношению к фронту горных работ. При переносной карьерной сети пункты питания должны периодически перемещаться в двух направлениях: как в параллельном, так и в перпендикулярном по отношению к фронту горных работ.[1]

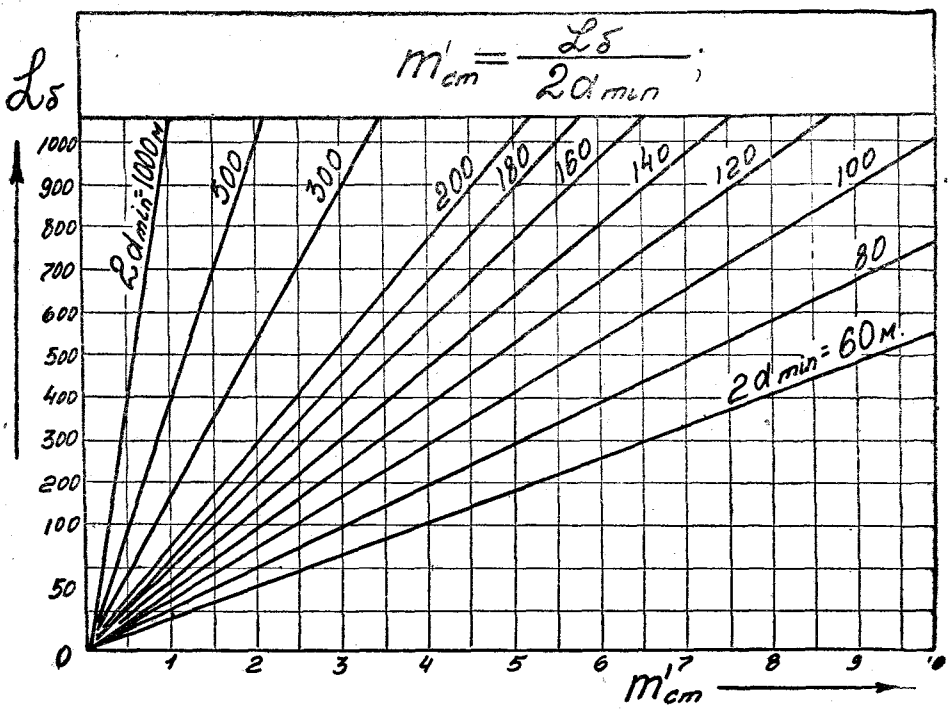


Рис. 6. Диаграмма для определения количества карьерных стационарных пунктов питания.

Количество переносных пунктов питания независимо от типа карьерной сети (стационарная или переносная) будет равно числу рабочих машин,[2] т. е.

$$m_п = n_м .^3 \qquad (58)$$

Суммарное количество разовых перемещений переносных пунктов за период разработки участка горных работ при стационарной карьер-

[1] При поперечных стационарных линиях применяют переносные пункты питания, которые преимущественно перемещаются в перпендикулярном направлении по отношению к фронту горных работ.

[2] В благоприятных случаях иногда может быть допущено питание двух электрифицированных машин от одного пункта питания, однако такое решение вопроса по эксплоатационным условиям часто не дает положительного результата.

[3] Число переносных пунктов питания всецело зависит от количества горных машин (экскаваторов), установленных в карьере.

ной сети, очевидно, будет равно числу переключений для гибкого кабеля при стационарных пунктах, т. е.

$$\sum p'_{\text{п}} \cong \sum \gamma'_{\text{ст}} \cong \frac{s_{\text{ср}}}{2a_{\text{ср}}} \left(\sum n_{\text{з}} - \sum n''_{\text{з}} \right). \qquad (59)$$

При переносной внутрикарьерной сети суммарное количество передвижек увеличится за счет периодического перемещения карьерной сети, в связи с постепенным удалением фронта горных работ.

$$\sum p''_{\text{п}} \cong \frac{s_{\text{ср}} \left(\Sigma n_{\text{з}} - \Sigma n''_{\text{з}} \right)}{2a_{\text{ср}}} N'_{\text{кс}} \cong \frac{s_{\text{ср}} \left(\Sigma n_{\text{з}} - \Sigma n''_{\text{з}} \right) \Sigma n_{\text{з}}}{2a_{\text{ср}} \Sigma n'_{\text{з}}} - 1. \qquad (60)$$

Период времени до первого перемещения переносного пункта при стационарной или переносной карьерной сети

$$t'_{\text{п}} \cong t'_{\text{ст}} \cong \frac{L_{\text{б}}}{V_{\text{з}}} \sum n''_{\text{з}}. \qquad (61)$$

Средний интервал времени между двумя последующими перемещениями переносных пунктов в параллельном направлении по отношению к фронту горных работ

$$t''_{\text{п}} \cong t''_{\text{ст}} \cong \frac{\Sigma M - M' \Sigma n''_{\text{з}}}{\Sigma p'_{\text{п}}} \cong \frac{\Sigma M - t'_{\text{ст}}}{\Sigma p'_{\text{п}}}, \qquad (62)$$

где

$$\sum p'_{\text{п}} \cong \sum \gamma'_{\text{ст}}.$$

Интервал времени между двумя перемещениями пунктов питания в перпендикулярном направлении по отношению к фронту горных работ при переносной карьерной сети

$$t''' _{\text{п}} \cong M''_{\text{оу}} \cong \frac{L_{\text{б}} \Sigma n_{\text{з}}}{V_{\text{з}} \left(N'_{\text{кс}} + 1 \right)} \cong \frac{L_{\text{б}} \Sigma n'_{\text{з}}}{V_{\text{з}}}. \qquad (63)^{*}$$

5. Определение количества передвижных карьерных пунктов питания

Передвижные пункты питания применяются при внутрикарьерной распределительной сети с опорами, сочлененными с откаточными путями.

Передвижка пунктов питания производится в двух направлениях: в параллельном направлении по отношению к фронту горных работ, при периодическом перемещении экскаваторного забоя и в поперечном направлении к фронту работ одновременно с передвижной карьерной сетью и откаточными забойными путями. Количество передвижных пунктов питания принимается равным числу рабочих машин, т. е.

$$m_{\text{пп}} = n_{\text{м}}. \qquad (64)^{**}$$

Отдельные отрезки гибкого кабеля при передвижных пунктах питания и передвижной карьерной сети за весь период разработки участка горных работ являются постоянными:

$$L_{\max\,(\text{к})} = k + a_{\max} + \sum b_{\min} = \text{const}, \qquad (65)$$

или

$$L_{\max\,(\text{к})} = k + \sqrt{a^2_{\max} + \Sigma b^2_{\min}} = \text{const}. \qquad (66)$$

* См. пояснение к формуле (37).

** Число передвижных пунктов питания всецело зависит от количества горных машин (экскаваторов), установленных в карьере.

Расстояние, на которое каждый раз производится передвижка пунктов в параллельном направлении по отношению к фронту горных работ, будет также неизменным:

$$2a_{max} = 2\left(L_{max\,(к)} - \sum b_{min} - k\right) = \text{const} \tag{67}$$

или

$$2a_{max} = 2\sqrt{\left(L_{max\,(к)} - k\right)^2 - \Sigma\, b^2_{min}} = \text{const}. \tag{68}$$

Суммарное число передвижек для передвижных пунктов питания за период разработки участка горных работ:

$$\sum p_{пп} \cong \left(\frac{L_б}{2a_{max}} - 1\right)\sum n_з + \left(\sum n_з - 1\right) \cong \frac{L_б\,\Sigma\, n_з}{2a_{max}} - 1, \tag{69}$$

где

$$p'_{пп} = \left(\frac{L_б}{2a_{max}} - 1\right)\sum n_з \tag{70}$$

— суммарное число передвижек в параллельном направлении по отношению к фронту горных работ:

$$p''_{пп} = \left(\sum n_з - 1\right) = N_{кс} = N_{оп} = \frac{V_з \cdot \Sigma M}{L_б} - 1 \tag{71}$$

— суммарное число передвижек в поперечном направлении к фронту горных работ.

При

$$2a_{max} \geqslant L_б,\ \sum p_{пп} = p''_{пп} = \left(\sum n_з - 1\right)^*. \tag{71}$$

Интервал времени между передвижками передвижных пунктов питания:

а) При параллельном перемещении по отношению к фронту горных работ:

$$t'_{пп} = \frac{2a_{max}}{V_з}. \tag{72}$$

б) При перемещении в поперечном направлении к фронту горных работ:

$$t''_{пп} \cong M'_{оу} \cong \frac{L_б\,\Sigma\, n_з}{V_з\,(N_{кс} + 1)}. \tag{73}$$

§ 5. Влияние горной специфики на принципы построения и эксплоатации системы карьерного заземления

Правильно построенная система карьерного заземления является единственной мерой, гарантирующей безопасность при прикосновении к металлическим частям, оказавшимся под напряжением при замыкании на землю.

Весьма существенную роль играет также правильная эксплоатация карьерного заземления. Выбор системы карьерного заземления

* В этом случае передвижной пункт питания находится на середине длины фронта горных работ и перемещается только в перпендикулярном направлении, совместно с карьерной сетью и откаточными путями.

и технические возможности для ее практического осуществления в условиях открытых разработок тесно связаны с горной спецификой (передвижной фронт работ, перемещение забоев, физико-механические свойства пород, плохая проводимость грунта, передвижной характер работы горных машин и т. п.).

Перечисленные виды горной специфики обусловливают применение централизованной системы карьерного заземления с преимущественным расположением электродов на дневной поверхности.

Правилами безопасности в горнорудной промышленности (Металлургиздат, 1940, стр. 86—87) и Правилами безопасности для открытых горных работ (ГГТИ при Совете Министров РСФСР 1946 г.) для карьерных электроустановок на открытых разработках рекомендуется система защитного заземления с изолированной нейтралью.

Согласно указанным правилам „На открытых горных разработках при наличии установок высокого и низкого напряжений защитные заземления должны быть выполнены раздельно".

„Электроды должны быть расположены не ближе десяти метров друг от друга" (§ 268 Правил).

„Заземления должны быть рассчитаны и устроены так, чтобы напряжение прикосновения не превышало сорока вольт" (§ 269 Правил).

Применительно к указанным правилам, схема карьерной централизованной системы заземления изображена на рис. 7. Для выполнения предписанных правилами указанных параграфов, необходимо на общих с карьерной распределительной сетью проложить два отдельных троса (марки Ж-6 или Ж-35) с выводом их на дневную поверхность и присоединением каждого к самостоятельным электродам, расположенным друг от друга на расстоянии не менее десяти метров. Прокладка двух заземляющих тросов экономически невыгодна и технически затруднительна, в особенности в пределах установленных границ разработки месторождения, где внутрикарьерные сети должны периодически переноситься по мере отработки отдельных участков горных работ.

Требуя устройство раздельных заземлений, „Правила безопасности" преследуют цель предупредить возможность в электрических связанных рудничных энергораспределительных системах перехода повышенных потенциалов от заземления оборудования свыше 1000 *в* (практические 3 или 6 *кв*) в установки с напряжением до 1000 *в* (т. е. 380—500 *в*).

Однако при устройстве раздельных заземлений, для отдельных частей внутрикарьерного оборудования, относящихся к различным эксплоатационным напряжениям, достигнуть этого невозможно.

Раздельные системы заземления до и свыше 1000 *в* для внутрикарьерного оборудования почти всегда оказываются соединенными через металлические рамы горных машин, установок или переносно-передвижных подстанций. Так, например, электродвигатели, распределительная и пусковая аппаратура, установленные на экскаваторах, независимо от эксплоатационных напряжений и рода тока (при системе Леонарда), всегда находятся на общей поворотной раме, которая „металлически" связывает все установки. Точно так же все электрооборудование, включая трансформатор, всегда монтируется на общей железной раме в переносно-передвижных подстанциях.

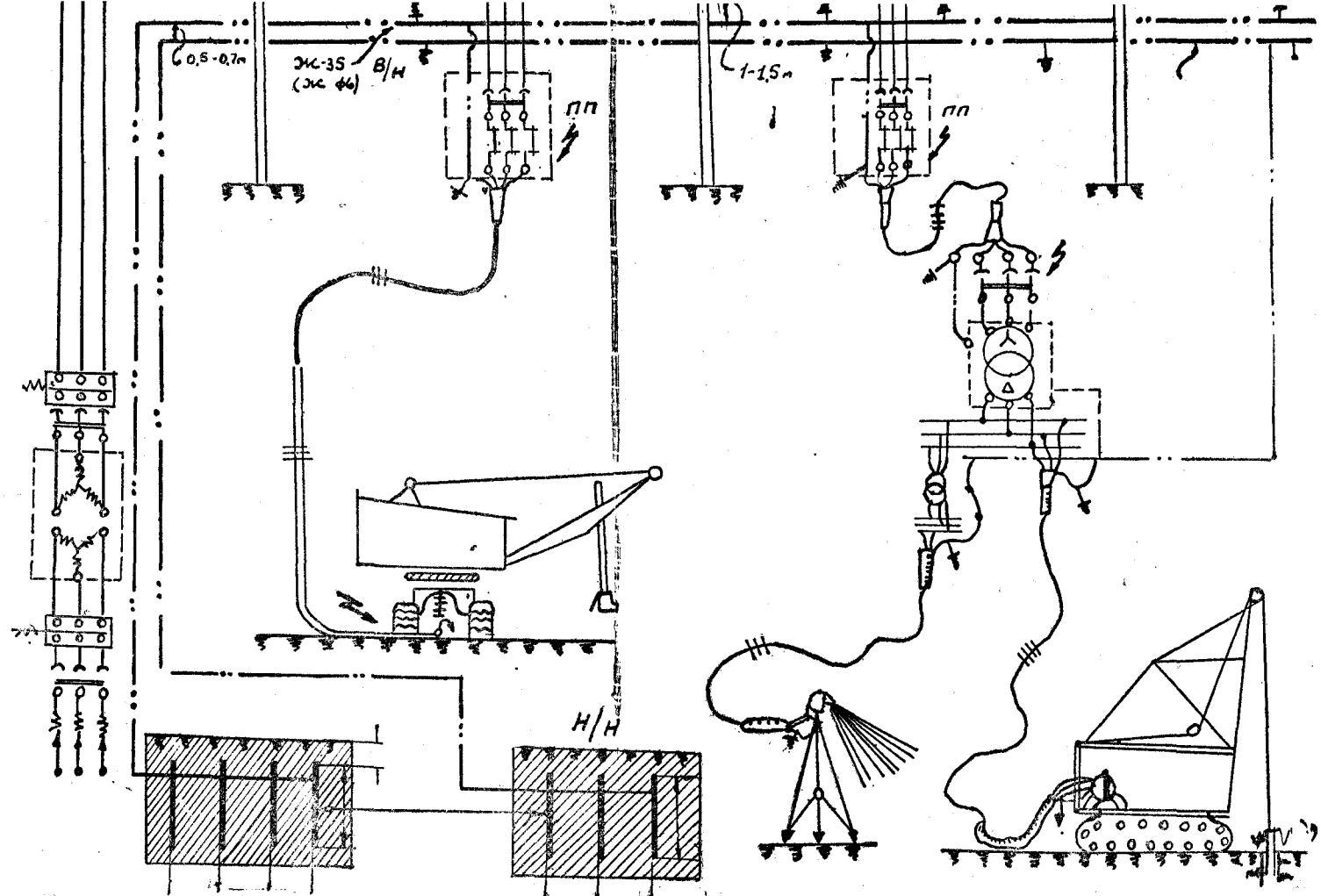


Рис. 7. Схема раздельного централизованного заземления для внутрикарьерных установок до и свыше 1000 *в*.

В таких случаях при пробое в изоляции и появлении повышенного потенциала в установках свыше 1000 *в* возникает переход повышенного напряжения в установки до 1000 *в*, так как указанные „металлические" рамы горных машин и подстанций служат общим контуром заземления.

Таким образом, требование Правил об устройстве раздельных заземлений для внутрикарьерных установок не достигает своей надлежащей цели и лишь увеличивает капитальные затраты и вносит эксплоатационно-технические затруднения.

Для предупреждения опасности появления недопустимых потенциалов установок свыше 1000 *в* на части оборудования до 1000 *в* следует для электрически связанной системы рудничного энергораспределения предусматривать одно общее заземляющее устройство, рассчитанное на абсолютный потенциал прикосновения не свыше сорока вольт.

Схема общего комбинированного заземления для внутренних установок изображена на рис. 8.

В условиях грунтов на дневной поверхности, где при централизованной системе заземления располагаются общие электроды, со средней удельной проводимостью почвы, выполнение указанного условия правил ($U_{пр} \leq 40$ *в*) не может встретить серьезных затруднений.

Существенно также остановиться на особенности расчета карьерного заземления.

Для внутрикарьерного электрооборудования свыше и до 1000 *в* предусматривается защитное заземление, как для установок с изолированной нейтралью. Так как, однако, персонал, обслуживающий экскаваторы и другие горные машины, все время находится в соприкосновении с частями производственных механизмов, то согласно требованиям общим электротехническим правилам. заземление может быть рассчитано не на ток двухфазного заземления, а на емкостной ток всей рудничной энергораспределительной системы, но только в том случае, когда имеются приспособления для автоматического отключения установки при замыкании на землю одной фазы. Вместо упомянутых приспособлений можно также ограничиться установкой на поверхностной рудничной подстанции трех вольтметров с акустической или оптической сигнализацией при условии, что на этой подстанции будет постоянное дежурство. Такое же сигнализационное устройство необходимо выполнить на работающих в карьере экскаваторах и в переносно-передвижных подстанциях.

Расчетный (заземляющий) ток рудничных энергораспределительных систем $3 \div 6$ *кв* составляется из емкостных токов воздушной и кабельной сети, длина которых для самых крупных открытых разработок не превышает 50 км для воздушных распределительных линий и $5 \div 7$ км для кабельных сетей.

В соответствии с указанными длинами высоковольтных сетей как в карьерах, так и на поверхности, суммарный емкостной ток заземления обычно не превышает 4—5 *а*.

При этом сопротивление защитного заземления составит:

$$\sum R_з = \frac{U_{пр}}{\sum I_з \cdot k_{вр}} \cong \frac{40}{5 \cdot 0{,}75} \cong 10 \text{ ом}. \qquad (74)$$

Сопротивление $\sum R_з \cong 10$ *ом* складывается из переходного сопротивления электродов, сопротивления четвертой заземляющей жилы гибкого кабеля и сопротивления железного троса (см. рис. 8).

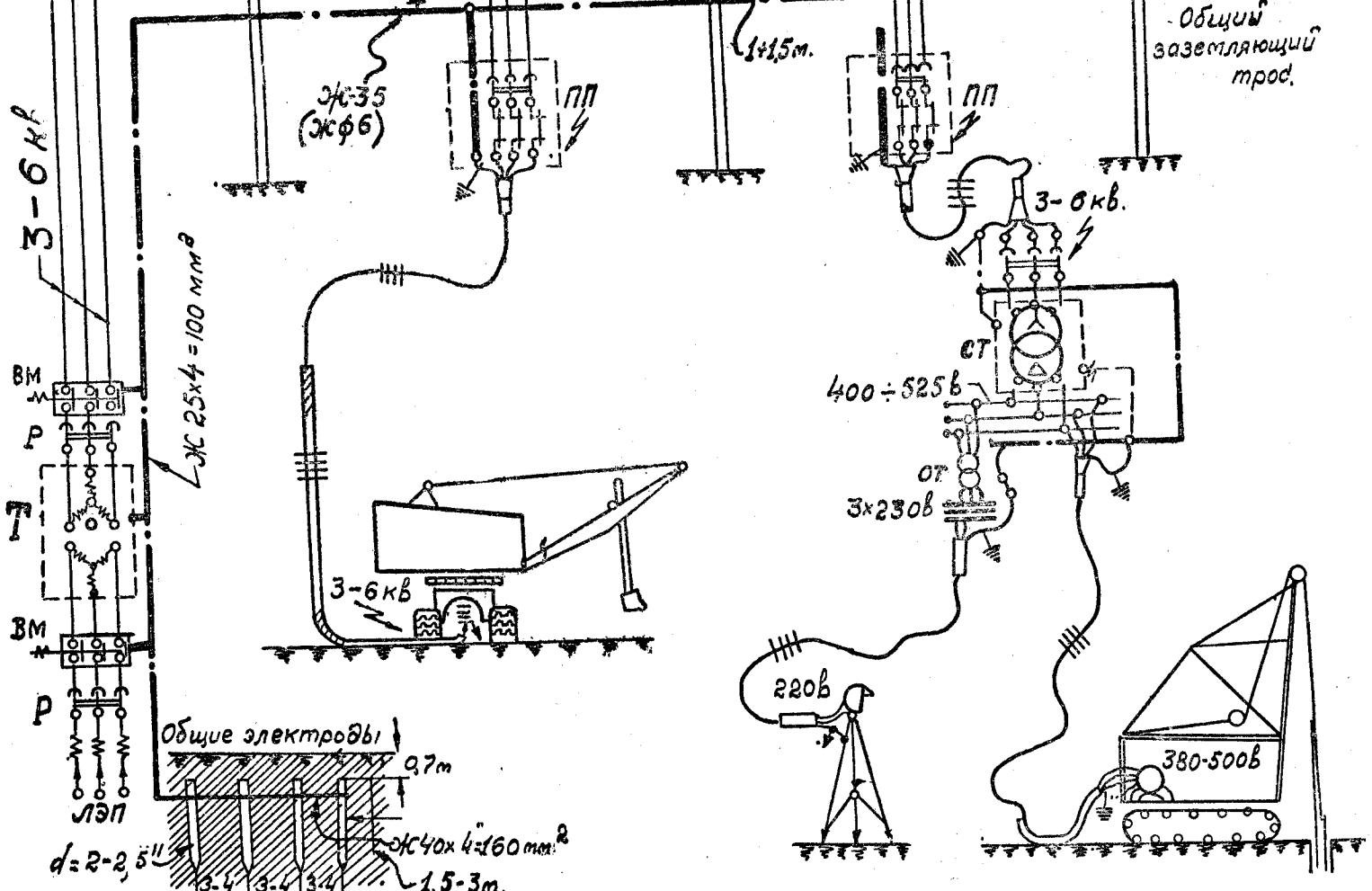


Рис. 8. Схема общей централизованной системы заземления для внутрикарьерных установок до и свыше 1000 *в*.

Сопротивление четвертой жилы гибкого кабеля обычно не превышает 0,4 *ом*, а сопротивление железного троса при переменном токе и максимальной длине 2 ÷ 3 км равно около 7—8 *ом*.

Таким образом, сопротивление электродов на поверхности составит

$$R_э = 10 - 0{,}4 - 8 = 1{,}6 \text{ ом}. \quad (75)$$

При максимальном сопротивлении растекания газовых труб 30 *ом*, число электродов на дневной поверхности, принимая коэффициент экранирования равным 0,7, не превысит

$$n_э = \frac{R_{тр}}{R_э \cdot \eta_э} = \frac{30}{1{,}6 \cdot 0{,}7} = 27 \text{ (труб)}. \quad (76)$$

Обычно число газовых труб не превышает 15—30 штук. Если в переносно-передвижных подстанциях будет предусмотрена постоянная аппаратура за состоянием изоляции сети и электроустановок, то за расчетный ток замыкания на землю можно принять ток утечки и емкости в энергораспределительной сети до 1 000 *в*, максимальная величина которого обычно не превышает 1—3 *а*.

Сопротивление всего заземляющего устройства при этом составит

$$\sum R'_з = \frac{U_{пр}}{I_у \cdot k_{пр}} = \frac{40}{3 \cdot 0{,}75} \cong 17{,}8 \text{ ом}. \quad (77)$$

Соответственно ранее приведенным данным, сопротивление поверхностных электродов

$$R'_э = 17{,}8 - 0{,}4 - 8 = 9{,}4 \text{ ом}. \quad (78)$$

Число газовых труб

$$n'_э = \frac{R_{тр}}{R'_э \cdot \eta_э} = \frac{30}{9{,}4 \cdot 0{,}7} = 5 \text{ (труб)}, \quad (79)$$

т. е.

$$n_э = 27 > n'_э = 5.$$

Последнее обстоятельство дает возможность объединить заземляющие системы для внутрикарьерных установок до и свыше 1 000 *в* при максимальном числе газовых труб, равном 27.

При отсутствии в переносно-передвижных подстанциях аппаратов непрерывного контроля за состоянием изоляции в установках до 1 000 *в*, расчетным заземляющим током будет ток плавкого предохранителя (или автомата) наибольшего по мощности асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, максимальное значение которого не превосходит 80 ÷ 100 *а*.

В этом случае общее сопротивление заземляющего устройства составит

$$\sum R''_з = \frac{U_{пр}}{I_в \cdot k_{пр}} = \frac{40}{100 \cdot 0{,}75} = 0{,}54 \text{ ом}. \quad (80)$$

Сравнение полученных данных показывает, что наибольшие трудности представляет практическое осуществление заземляющих устройств для установок до 1000 *в*, при отсутствии в переносно-передвижных подстанциях аппаратов постоянного контроля за состоянием изоляции.

Действительно, при изолированной нейтрали в карьерных электроустановках до 1000 *в* и при отсутствии аппаратов контроля изоляции,

расчетное сопротивление получается настолько малым $\left(\sum R'_з \cong 0{,}54\ ом\right)$, что технически его трудно выполнить.

Наиболее благоприятные результаты получаем при наличии аппаратов за состоянием изоляции $\left(\sum R'_з \cong 17{,}8\ ом\right)$.

В последнем случае вполне возможно объединить энергораспределительные системы до и свыше 1000 *в* и устроить общую централизованную (комбинированную) систему карьерного заземления с электродами, расположенными на дневной поверхности (см. фиг. 8).

Объединенная комбинированная централизованная система карьерного заземления дает существенную экономию как по капитальным затратам, так и по расходу металла, а также облегчает эксплоатацию.

Что касается обеспечения условий безопасности, то практически в условиях открытых разработок они, очевидно, остаются равноценными при раздельной и при объединенной системе карьерного заземления, если расчетное напряжение прикосновения не превышает сорока вольт.

Для планового ведения рудничного энергохозяйства необходимо заранее составлять календарные эксплоатационные графики, в которых указываются интервалы и сроки для перемещения карьерных сетей заземления. Расчеты, связанные с составлением календарных графиков, могут быть произведены по вышеприведенным формулам (см. § 4).

При централизованной системе карьерного заземления количество разовых перемещений для заземляющей сети и интервалы времени между указанными перемещениями рассчитываются применительно к принятому типу карьерных распределительных сетей (переносная, передвижная).

Количество разовых передвижек заземляющей сети (троса) при передвижных опорах внутрикарьерной сети, сочлененных с откаточными путями за период отработки участка горных работ, составит

$$\sum p'_ц = N_{кс}. \tag{81}$$

Интервал времени между передвижками передвижной заземляющей сети

$$t'_ц = M'_{оу}. \tag{82}$$

Количество разовых перемещений заземляющей сети при переносных опорах, механически не связанных с откаточными путями,

$$\sum p''_ц = N'_{кс}. \tag{83}$$

Интервал времени между двумя передвижками переносной заземляющей сети (см. также формулу 37)

$$t''_ц = M''_{оу}. \tag{84}$$

Подобным путем, на основании горных факторов, могут быть определены интервалы времени и сроки для перемещения местных сетей заземления с электродами, расположенными на рабочих горизонтах (см. § 4).

При стационарной карьерной распределительной сети и при переносных пунктах количество разовых перемещений для местной сети заземления будет равно

$$\sum k'_{зм} = \sum p'_{п} = \sum \gamma'_{ст}. \quad (85)$$

То же при переносной карьерной сети и переносных пунктах

$$\sum k''_{зм} = \sum p''_{п}. \quad (86)$$

Период времени до первого перемещения местного заземления при стационарной или переносной карьерной сети и при переносных пунктах питания

$$t'_{зм} = t'_{п} = t'_{ст}. \quad (87)$$

Средний интервал времени между двумя последующими перемещениями местной сети заземления в параллельном направлении по отношению к фронту работ при переносной карьерной сети и при переносных пунктах питания

$$t''_{зм} = t''_{п} = t''_{ст}. \quad (88)$$

Интервал времени между двумя перемещениями местной сети заземления в перпендикулярном направлении по отношению к фронту горных работ при переносной карьерной сети и при переносных пунктах питания (см. также формулу 37).

$$t'''_{зм} = t'''_{п} = M''_{оу} \quad (89)$$

Суммарное число передвижек для местной карьерной сети при передвижных пунктах питания и при передвижной карьерной сети с опорами, сочлененными с откаточными путями за период отработки участка горных работ,

$$\sum k'''_{зм} = \sum p_{пп}. \quad (90)$$

Интервал времени между передвижками местной сети заземления в параллельном к фронту работ направлении, при передвижной карьерной сети и при передвижных пунктах питания

$$t^{IV}_{зм} = t'_{пп}. \quad (91)$$

То же в поперечном направлении по отношению к фронту горных работ

$$t^{V}_{зм} = t''_{пп} = M'_{оу}. \quad (92)$$

Следует также указать, что возможность устройства внутрикарьерного заземления с расположением электродов на рабочих горизонтах сопряжено с местными специфическими условиями на руднике и, в частности, это связано с физико-механическими свойствами пород и удельным электрическим сопротивлением грунта, величина которого обычно достигает высоких значений.

§ 6. Классификация рудничных энергораспределительных систем и устройств на открытых горных разработках

Классификация энергораспределительных систем и устройств на открытых горных разработках имеет большое научное и практическое значение, так как она приводит к их систематизации и тем самым вносит в данную новую область познания определенный порядок.

Классификация также должна подвести итоги развития техники электрификации открытых горных разработок в СССР и содействовать использованию накопленных знаний и дальнейшему их углублению. Попутно классификация ведет к уточнениям терминологии и номенклатуры различных карьерных сетевых устройств.

Необходимость в подобной классификации давно уже назрела; однако до сих пор такой классификации нет. Нельзя не отметить, что разработка классификации рудничных энергораспределительных систем и устройств на открытых разработках достаточно сложна как по своему объему и особой горной специфике, так и вследствие того, что она принадлежит к числу тех задач, которые имеют несколько решений, соответственно с предпосылками, положенными в их основание. Поэтому для получения удовлетворительного решения поставленной задачи важно обратить внимание прежде всего на выработку исходных предпосылок. Практически полезной может быть признана та классификация, которая не страдает сложностью, запутанностью и преувеличенным числом подразделений. Но, не будучи громоздкими и сложными, обобщенные классификации энергораспределительных систем и устройств не могут все же получиться слишком короткими и совсем простыми, так как они должны обнять по возможности все карьерные электросетевые устройства; любое оборудование, существовавшее, существующее, и даже то, которое будет строиться в будущем, должно найти в них свое место. Простота классификации должна выразиться в том, чтобы можно было быстро найти в них надлежащее место и назначение для любого карьерного сетевого устройства, входящего в систему рудничного энергораспределения на открытых разработках.

Основные линии (признаки) классификации должны также отражать как горную специфику, так и общие электротехнические параметры рудничных энергораспределительных систем местного значения.

Нельзя отрицать и того, что правильно составленная классификация может еще обнаружить свободные места в сетке того или иного класса и тем может побудить исследователей к изысканиям или к созданию новых видов данной области.

Несмотря на значительное разнообразие способов распределения электроэнергии на открытых разработках, предлагаемые нами классификации устанавливают всего три основные системы рудничного энергораспределения посредством карьерных сетей (рис. 9, *а*, *б*, *в*). Все остальные способы энергораспределения будут лишь частными случаями основных систем, вошедших в данные классификации.[1] Они будут отличаться лишь различной конфигурацией и типом карьерных распределительных сетей, сооружаемых применительно к принятым на руднике системам разработки и схемам развития горных работ. В систему рудничного энергораспределения входят: карьерные распределительные сети, пункты питания, переносно-передвижные подстанции, сети заземления и вспомогательные сетевые устройства.

Перечисленные энергораспределительные устройства как по своему типу, технической конструкции, назначению и области применения, так и по месту расположения имеют свои, присущие открытым горным разработкам, специфические особенности. Указанная горная специфика имеет решающее значение при построении и эксплоатации рудничных

---

[1] См. статьи автора в „Горном журнале“ № 10 и 11 1934 г. и № 7—8 1945 г.

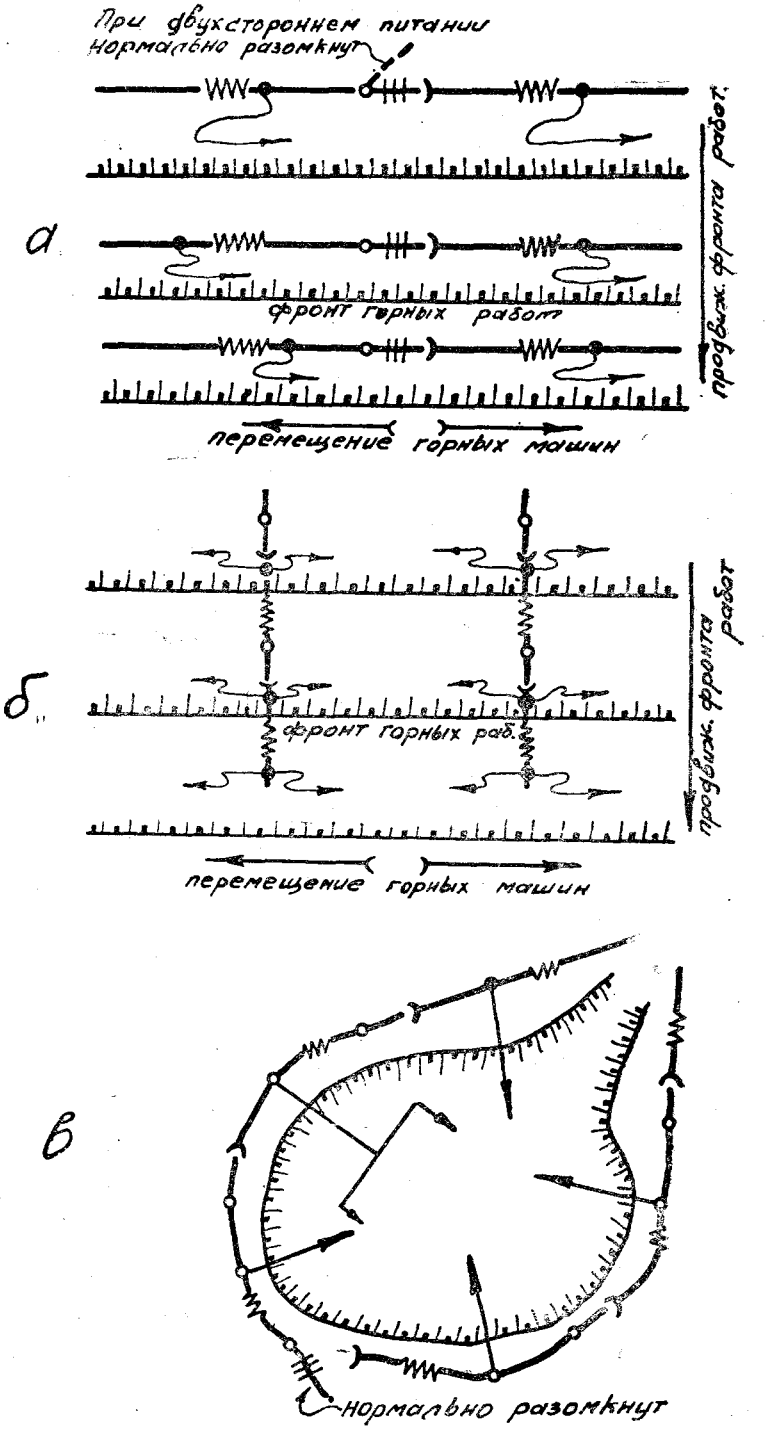


Рис. 9. *а* — Открытая фронтально-продольная система рудничного энергораспределения посредством карьерных сетей на открытых горных разработках. *б* — Открытая фронтально-поперечная система рудничного энергораспределения посредством карьерных сетей на открытых горных разработках. *в* — Комбинированная открытая борто-кольцевая (продольная и радиально-поперечная) система рудничного энергораспределения посредством карьерных сетей на открытых горных разработках.

энергораспределительных систем и поэтому должна быть учтена в данных классификациях (см. § 4).

Классификации энергораспределительных систем и устройств могут быть составлены по различным характеристическим признакам: по типу устройства, назначению, месту расположения, форме, материалу, размерам и т. п.

Классификация рудничных энергораспределительных систем открытых горных разработок по типу устройства

Первая обобщенная классификация рудничных систем энергораспределения по типу устройства представлена на рис. 10.

В основу данной классификации нами положен тип карьерных электросетевых устройств, входящих в общую совокупность энергоснабжения и распределения электроэнергии на открытых разработках, так как именно этот признак определяет общую электротехническую структуру системы местного значения. По этому признаку энергораспределительные системы разделяются на три основных класса:

I. Системы открытые фронтально-продольные с воздушными и кабельными отводами, сооружаемые параллельно фронту горных работ (рис. 9, *а*). [1]

II. Системы открытые фронтально-поперечные с воздушными и кабельными отводами, сооружаемые перпендикулярно к фронту горных работ (рис. 9, *б*).

III. Системы комбинированные открытые борто-кольцевые (продольные и радиально-поперечные) с воздушными и кабельными отводами, сооружаемые на дневной поверхности (рис. 9, *в*).

Распределение электроэнергии в максимально установленных границах месторождения при перечисленных основных энергораспределительных системах осуществляется посредством воздушных или контактных карьерных сетей независимо от типа месторождения (высотный, глубинный и поверхностный) и для любой принятой на руднике системы открытой разработки. [2]

Обобщенная классификация по типу устройства (фиг. 10) наглядна, проста и выявляет основную структуру рудничных энергораспределительных систем местного значения. Однако данная классификация не может полностью отразить и выявить роль и значение горной специфики, которая имеет решающее влияние как при построении, так и при эксплоатации энергораспределительных систем на открытых разработках.

Горная специфика может быть лучше учтена, если обобщенную классификацию составить не по типу устройства систем, а по признаку назначения и месту расположения рудничных энергораспределительных устройств на открытых разработках.

---

[1] При проходке траншей вначале возможна также фронтально-наращиваемая система, которая при дальнейшем развитии горных работ переходит в фронтально-продольную систему энергораспределения.

[2] Выбор и обоснование систем энергораспределения см. в § 4.

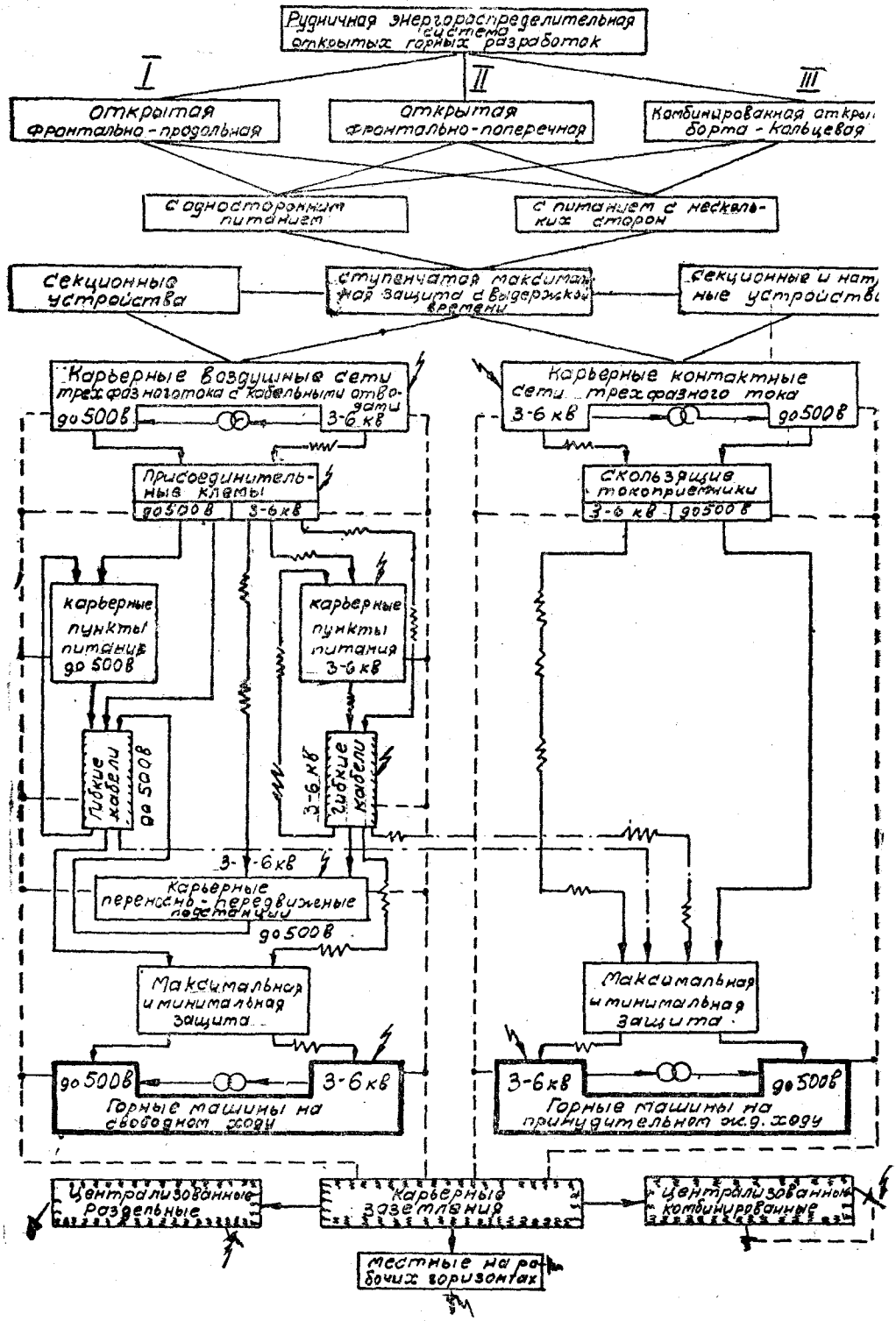
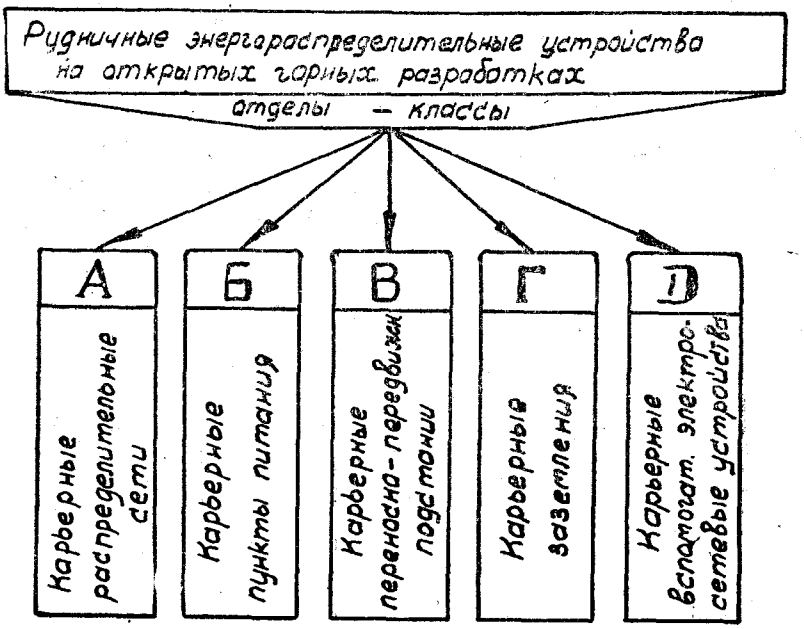


Рис. 10. Обобщенная классификация рудничных энергораспределительных систем открытых горных разработок по типу устройства.

Классификация рудничничных энергораспределительных устройств на открытых горных разработках по их назначению

Вторая обобщенная классификация по назначению разработана нами по основным главнейшим линиям (признакам), которые отражают как горную специфику, так и общие электротехнические параметры.

Рудничные энергораспределительные устройства открытых горных разработок при второй классификации разделены на пять главных классов (рис. 11).



Подразделение классов на виды классификации (см. табл. 5 ÷ 9)

Рис. 11. Обобщенная классификация рудничных энергораспределительных устройств на открытых горных разработках по их назначению.

А. Карьерные распределительные сети.
Б. Карьерные пункты питания.
В. Карьерные переносно-передвижные подстанции.
Г. Карьерные заземления.
Д. Карьерные вспомогательные электросетевые устройства.

Основные классы рудничных энергораспределительных устройств подразделены на виды (основные линии — признаки) классификации. Общее число неповторяющихся видов в пяти классах классификации оказалось равным пятнадцати. От дальнейшей детализации по разрядам мы отказались, во избежание чрезмерного загромождения классификации (табл. 5, 6, 7, 8, 9).

Указанный принцип и структура построения классификации дают возможность сделать наибольшее число утверждений и раскрыть истинные технические свойства карьерных электросетевых устройств, а также всей системы рудничного энергораспределения в целом для открытых горных разработок. Для сокращения общего объема, большей наглядности

Таблица 5

Подразделения на виды класса „А". Карьерные распределительные сети

Основные виды (линии-признаки) подразделений классификации	Пункты сходства		
1. Величина эксплоатационного напряжения трехфазного тока	220, 380, 500, 3000, 6000 в при допустимом максимальном колебании напряжения у внутрикарьерных электроприемников $\pm 10\%$		
2. Внешний и конструктивный вид	Воздушные сети трехфазного тока с отводами гибкими кабелями		Контактные сети трехфазного тока
	Стационарные	Переносные	Передвижные
3. Месторасположение	Поверхность (борт карьера)	Внутрикарьерные на рабочих горизонтах	
4. Вид транспорта (способ перемещения)	Не перемещаются	Перемещаются при снятых проводах с изоляторов: вручную, краном или экскаватором	Перемещаются без снятия проводов с изоляторов путепередвигателями одновременно с откаточными путями
5. Расстояние разового перемещения	Не перемещаются	до 30 ÷ 40 м	до 0,5 ÷ 1,5 м
6. Материал и максимальное сечение проводов	Голая медь, алюминий, железо, сечением до 95 ÷ 120 мм²	Голая медь, сечением до 50 ÷ 70 мм²	Однопроволочная голая медь, сечением до 35 ÷ 50 мм²
7. Область применения	Для питания электроприводов горных машин на свободном ходу и трансформаторных подстанций		Для питания электроприводов горных машин на принудительном ж.-д. ходу

Таблица 6

Подразделение на виды класса „Б". Карьерные пункты питания

Основные виды (линии-признаки) подразделений классификации	Пункты сходства			
1. Внешний и конструктивный вид	Открытые, закрытые, комбинированные			
	Стационарные	Переносные	Универсальные переносно-передвижные	Передвижные
2. Вид транспорта (способ перемещения)	Не перемещаются	Стрелой ж.-д. крана или экскаватора (весом до 1,5 т)		
		На носилках (весом до 100 кг)	На каретках на колесном ходу весом до 1,5 т	
			На ж.-д. платформах (весом до 1,5 т)	
			На салазках (весом до 1,5 т.)	
3. Величина эксплоатационного напряжения	Высоковольтные 3; 6 *кв*		Низковольтные: 220; 380; 500 *в*	
4. Род защиты и виды аппаратуры	Трехполюсные разъединители и трубчатые предохранители		Трехполюсные рубильники и плавкие предохранители	
	Трехполюсные разъединители и масляные выключатели		Трехполюсные выключатели, плавкие предохранители и штепсельные розетки	
5. Способы вводов и выводов	Кабельные вводы и выводы		Кабельные вводы и выводы	
	Воздушные вводы и кабельные выводы			
6. Область применения	Для кабельного питания электроприводов передвижных горных машин и трансформаторных подстанций			

Таблица 7

Подразделения на виды класса „В". Карьерные переносно-передвижные подстанции

Основные виды (линии-признаки) подразделений классификации	Пункты сходства		
1. Внешний и конструктивный вид	Открытые,	закрытые,	комбинированные
	Переносные	Универсальные переносно-передвижные	Передвижные
2. Вид транспорта (способ перемещения)	Стрелой ж.-д. крана или экскаватора (весом до 2—3 т)		На платформах горных машин (весом до 2—3 т)
	На носилках (весом до 100 кг)	На каретках (колесном ходу), весом до 2—3 т	
		На ж.-д. платформах (весом до 2—3 т)	
		На салазках (весом до 2—3 т)	
3. Расположение электрооборудования	С трансформатором, расположенным в центре кузова		С трансформатором, расположенным в задней части кузова
4. Установленная мощность	Один силовой трансформатор от 5 до 320 *ква*		
5. Величина напряжения	Первичное 3 и 6 *кв*		Вторичное: 230, 400, 525 *в*
6. Род защиты и виды аппаратуры	Трехполюсные разъединители и трубчатые предохранители		Трехполюсные рубильники и плавкие предохранители
	Трехполюсные разъединители и масляные выключатели		Воздушные максимальные автоматы
	Трехполюсные разъединители без защиты		Трехполюсные рубильники плавкие предохранители и штепсельные розетки
7. Типы контрольно-измерительных приборов	Амперметры и вольтметры		Приборы постоянного контроля изоляции
	Без измерительных приборов		Без приборов контроля изоляции
8. Способы вводов и выводов	Кабельные вводы		Кабельные выводы
	Воздушные вводы		Воздушные выводы
9. Область применения	Для питания электропроводов передвижных горных машин на свободном и принудительном ж.-д. ходу		

Таблица 8

Подразделение на виды класса „Г". Карьерные заземления

Основные виды (линии-признаки) подразделений классификации	Пункты сходства		
1. Напряжение	Раздельные и комбинированные (связанные) до и свыше 1000 *в*, с изолированной нейтралью		
2. Внешний и конструктивный вид	Стационарные централизованные	Переносно-передвижные централизованные	Переносные местные
3. Месторасположение	Заземляющая сеть и электроды на дневной поверхности	Заземляющая сеть на рабочих горизонтах; электроды на поверхности	Заземляющая сеть и электроды на рабочих горизонтах
4. Материал и расположение заземляющих проводов	Железный трос, расположенный выше рабочих проводов на общих с электросетью опорах (для грозовых районов)		Медная четвертая жила, гибких кабелей, проложенных по почве карьера
	Железный трос, расположенный ниже рабочих проводов на общих с электросетью опорах (для негрозовых районов)		
5. Вид транспорта (способ перемещения)	Не перемещаются	Совместно с карьерной распределительной сетью	
6. Область применения	Для электроприводов горных машин на свободном ходу	Для электроприводов горных машин на свободном и принудительном ж.-д. ходу	

и для удобства пользования, отдельные подразделения классов классификации представлены в виде таблиц (см. табл. 5—9), в которых отражены современные принципы их построения, как то: выбор основных признаков, имеющих практическое значение, закономерность, прогрессивность и необходимые условия для структурной схемы классификаций.

Для проверки правильности построения предлагаемой обобщенной классификации (рис. 11 и табл. 5—9) и для характеристики ее отделов по различным карьерным электросетевым устройствам приводится также примерный номенклатурный перечень и дана краткая техническая характеристика отдельных устройств, а также указаны область их применения и месторасположение в условиях горной специфики рудников с открытыми работами.[1] В этот краткий перечень, разумеется, не могли быть включены все существовавшие и существующие разновидности сетевых устройств, хотя пополнение перечня желательно и полезно.

Имея перед собой такую классификацию с составленным примерным перечнем номенклатуры и с краткой технической характеристикой, можно быстрее и легче охватить всю совокупность различных устройств рудничного энергораспределения, а также определить роль, значение и специфические особенности каждого карьерного электросетевого устройства среди прочих довольно разнообразных способов энергораспределения. Разрешая техническую задачу, при такой классификации можно легче остановить свой выбор на определенном типе сетевого устройства, применение которого может оказаться наиболее целесообразным для конкретного случая.

Выше нами уже отмечено, что построение классификации не является вполне определенной задачей, ввиду чего предлагаемые автором обобщенные классификации (рис. 10 и 11) не лишены некоторых условностей, а потому они не свободны от недочетов и являются лишь первым опытом, который требует дальнейшего развития и совершенствования.

Однако не может быть сомнения в том, что классификации рудничных энергораспределительных систем и устройств совершенно необходимы для дальнейшего развития науки и прогресса техники в области электрификации открытых горных разработок.

Краткие выводы

1. По признакам влияния, роли и значения в системе рудничного энергораспределения на открытых разработках, горная специфика разделяется на два класса:

А. Общерудничная-закономерная.

Б. Местная-частная.

Основные виды общерудничной-закономерной горной специфики имеют принципиальное решающее значение как при построении и эксплоатации систем рудничного энергораспределения, так и в развитии техники электрификации открытых разработок. Знание видов местной-частной горной специфики облегчает разрешение конкретных инженерно-технических задач энергораспределения, применительно к определенным условиям на руднике.

2. Общие энергетические факторы влияют на радиусы действия карьерных сетей и условия работы электрифицированных горных машин

[1] См. правую часть таблиц 4 — 9 „Пункты сходства".

Таблица 9

Подразделение на виды класса „D". Карьерные вспомогательные электросетевые устройства

Основные виды (линии-признаки) подразделений классификации	Карьерные сетевые опоры				Секционные устройства		Присоединительные клеммы		Натяжные устройства		Запасные кабельные барабаны
	Пункты сходства										
1. Внешний и конструктивный вид	Деревянные, металлические, промежуточные, анкерно-условные				Передвижные на деревянных опорах	Переносные для включения с земли	Переносные		Переносные	Передвижные	Закрытые в кожух барабаны с полым валом и контактными кольцами
	Стационарные	Переносные	Универсальные переносно-передвижные	Передвижные			с пружиной	с винтовой нарезкой	Деревянные и металлические		
2. Вид транспорта (способ перемещения)	Не перемещаются	Ручной, стрелой ж.-д. крана или экскаватора			На салазках (вес до 1 т)	Ручной (вес до 20—30 кг)	Ручной (вес до 5 ÷ 8 кг)		Ручной (вес до 100 кг)	На салазках (вес до 2 т)	На колесах или салазках (вес до 2 т)
			Путепередвигателями совместно с откаточными железнодорожными путями								
3. Величина эксплоатационного напряжения	3 и 6 *кв*, высотой от 9 до 13 м		3 и 6 *кв*, высотой от 3,5 до 6 м		до 6000 *в*		до 6000 *в*		до 6000 *в*		до 6000 *в*
	220, 380, 500 *в*, высотой от 6 до 10 м		220, 380, 500 *в*, высотой от 3 до 6 м								
4. Максимальное расстояние между опорами	60 ÷ 80 м	30—40 м (при жестком крепл. проводов)	10—15 м (при свободной подвеске проводов)	10—15 м (при свободной подвеске проводов)							
5. Вид аппаратуры (или оборудования)					Трехполюсные разъединители	Металлические крюки и кольца	Клеммы металлические, шальтштанги изолированные		Три изолированных барабана на изоляторах		Барабаны, полый вал, контактные кольца
6. Способы вводов и выводов					Воздушные вводы и выводы		Воздушные выводы для проводов		Воздушные вводы и выводы для голых проводов		Вводы и выводы гибкими кабелями
7. Область применения	Для питания электроприводов горных машин на свободном ходу и трансформаторных подстанций				Для секционирования карьерных сетей на участках горных работ		Для присоединения к карьерным сетям пунктов питания и трансформаторных подстанций		Для натяжения контактных проводов в конце забойных путей на уступах		Для намотки известного запаса гибкого кабеля при горных машинах и подстанциях.
	Для питания электропроводов горных машин на принудительном ж.-д. ходу										

но не являются решающими в рудничной энергораспределительной системе местного значения и не оказывают препятствий для нормального ведения открытых горных работ в максимально установленных границах разработки месторождения. Экономическому сравнению подлежат лишь те варианты систем энергораспределения, которые являются технически возможными и рентабельными по горным условиям.

3. Общерудничная-закономерная горная специфика обусловливает системы и устройства рудничного энергораспределения местного значения. Решающее значение при выборе системы энергораспределения и типа карьерной распределительной сети (стационарная, переносная, передвижная) оказывают скорость продвижения забоя и протяженность фронта работ, число и ширина экскаваторных заходок, а также скорость периодически перемещающегося фронта горных работ на смежном «наступающем» рабочем горизонте (уступе). Перечисленные горные параметры дают возможность определить тип (стационарные, переносные, передвижные, см. § 4) и месторасположение карьерных распределительных сетей (борт карьера или рабочие горизонты). Установленные месторасположение и тип трехфазных линий в предельных границах разработки месторождения открытым способом обусловливают систему местного рудничного энергораспределения, посредством карьерных сетей высокого или низкого напряжений.

4. Количество переносных и передвижных карьерных пунктов питания определяется числом установленных горных машин на уступе; число стационарных пунктов питания не зависит от количества горных машин и обусловливается двойной длиной отрезка гибкого кабеля ($2a_{min}$), прокладываемым параллельно фронту горных работ. Стационарные пункты устанавливаются не все одновременно (сразу), а постепенно (с определенным интервалом) по мере увеличения расстояния между карьерной сетью и фронтом горных работ на рабочих горизонтах.

5. Для внутрикарьерного электрооборудования, напряжением до и свыше 1000 *в* целесообразно сооружать комбинированную централизованную, электрически связанную систему заземления, при изолированной нейтрали. В экскаваторных установках и в переносно-передвижных подстанциях необходимо применять приборы постоянного контроля изоляции.

6. По типу устройства, системы рудничного энергораспределения на открытых горных разработках разделяются на три класса:

I. Системы открытые фронтально-продольные.

II. Системы открытые фронтально-поперечные.

III. Системы комбинированные открытые борто-кольцевые.

Выбор основных систем рудничного энергораспределения производится аналитическим путем на основании горных параметров общерудничной-закономерной специфики (см. § 4). Конфигурация карьерной сети определяется на основании факторов местной-частной специфики.

7. По признаку назначения, устройства рудничного энергораспределения на открытых горных разработках разделяются на пять классов:

А. Карьерные распределительные сети.

Б. Карьерные пункты питания.

В. Карьерные переносно-передвижные подстанции.

Г. Карьерные заземления.

Д. Карьерные вспомогательные электросетевые устройства.

8. Для планового ведения эксплоатации энергохозяйства на рудниках с открытыми работами необходимо иметь календарные графики, в которых указываются интервалы и сроки для перемещения рудничных энергораспределительных устройств местного значения. Календарные графики также необходимы для технико-экономических сравнений при выборе вариантов рудничного энергораспределения. Расчеты, связанные с построением календарных графиков, могут быть произведены аналитическим путем на основании горных параметров общерудничной-закономерной специфики.

9. Дальнейшими задачами в области электрификации горных предприятий являются: обобщение и более углубленная разработка принципиальных научных основ горной электротехники, раскрывающих и объясняющих условия взаимосвязи между электроэнергетикой и горной технологией, между рудничной энергетикой и районной энергетикой; разработка на этой принципиальной основе, с учетом законов и новейших достижений электротехники, новых комплексных систем электроавтоматики, рудничных электроприводов, рациональных устройств и систем энергораспределения, рентабельных видов рудничной электротяги и т. п., призванных обеспечить наряду с резким повышением энергетического к. п. д. значительный рост производительности и экономичности горных предприятий. [1]

Ленинград, 1948.

---

[1] Влияние энергетических факторов на горную технологию здесь не рассматривается. Эти вопросы автором будут освещены в специальной работе.