

Схемы электроснабжения шахт и рудников

На данный момент времени в Российской Федерации зарегистрировано более 1000 предприятий горной промышленности (данные на середину 2019г.) за исключением предприятий нефтегазовой промышленности.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Из них около 400 предприятий занимается сезонными или временными разработками полезных ископаемых. Это золотодобывающие артели, предприятия по добычи драгоценных и полудрагоценных камней, по добыче строительных материалов (песок, глина, камнезаготовки для производства щебня и гравия) и строительного (облицовочного) камня.
- На всех горных предприятиях основным видом энергии, на данном этапе технического развития, является электрическая энергия. Энергия преобразования тепла, образующегося в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), тоже широко используется на открытых горных работах, но, в процессе развития предприятия все же её стараются заменить на электроэнергию.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Другие виды энергий на горнорудных предприятиях - пневматическая, гидравлическая, механическая используются только путем их преобразования из электрической или являются больше экзотической составляющей (например водяные или ветровые мельницы или драги, паровые экскаваторы или буровые установки) и, нередко, экономико-политической составляющей (использование ручного труда или животных в «бедных» странах).
- В общих чертах, развитие энергетики по всем горным предприятиям идет по следующим этапам:

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- 1. Начало подготовительных работ на месторождениях с помощью самоходной техники с ДВС – подготовка дорог, трасс под коммуникации, котлованов для зданий и сооружений, вскрытие верхних слоев грунта на открытых горных работах в карьерах и т.п.
- 2. Организация временного электроснабжения на предприятии с помощью дизельных (бензиновых), иногда, ветроэлектростанции для питания временного водоотлива, освещения, бытовых нужд и т.д.
- 3. Строительство ЛЭП внутри предприятия.
- 3. Строительство ЛЭП от электростанций для временного и постоянного электроснабжения.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- 4. Переход предприятия на схему постоянного электроснабжения.
- Горнорудные предприятия, зачастую, не переходят на схемы постоянного электроснабжения, а используют собственную генерацию. Обычно, это связано с сезонностью работ, удаленностью от электростанций или незначительными объемами добычи полезного ископаемого.
- Параллельно с началом горных работ, может начинаться строительство электростанций, для питания горнорудных предприятий. Поэтому процесс перехода со схемы временного электроснабжения на постоянную схему может растянуться на несколько лет.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- При проектировании и эксплуатации систем электроснабжения горнопромышленных районов необходимо соблюдать следующие основные принципы: ориентацию на использование электрической энергии в качестве основного вида энергии; соответствие степени резервирования горных предприятий установленным ПУЭ категориям по бесперебойности электроснабжения; экономичность и надежность всех элементов системы; безопасность и удобство эксплуатации; обеспечение высокого качества электроэнергии (соблюдение уровней отклонений и колебаний напряжения, стабильности частоты); обеспечение требуемого количества электроэнергии;

Схемы электроснабжения шахт и рудников

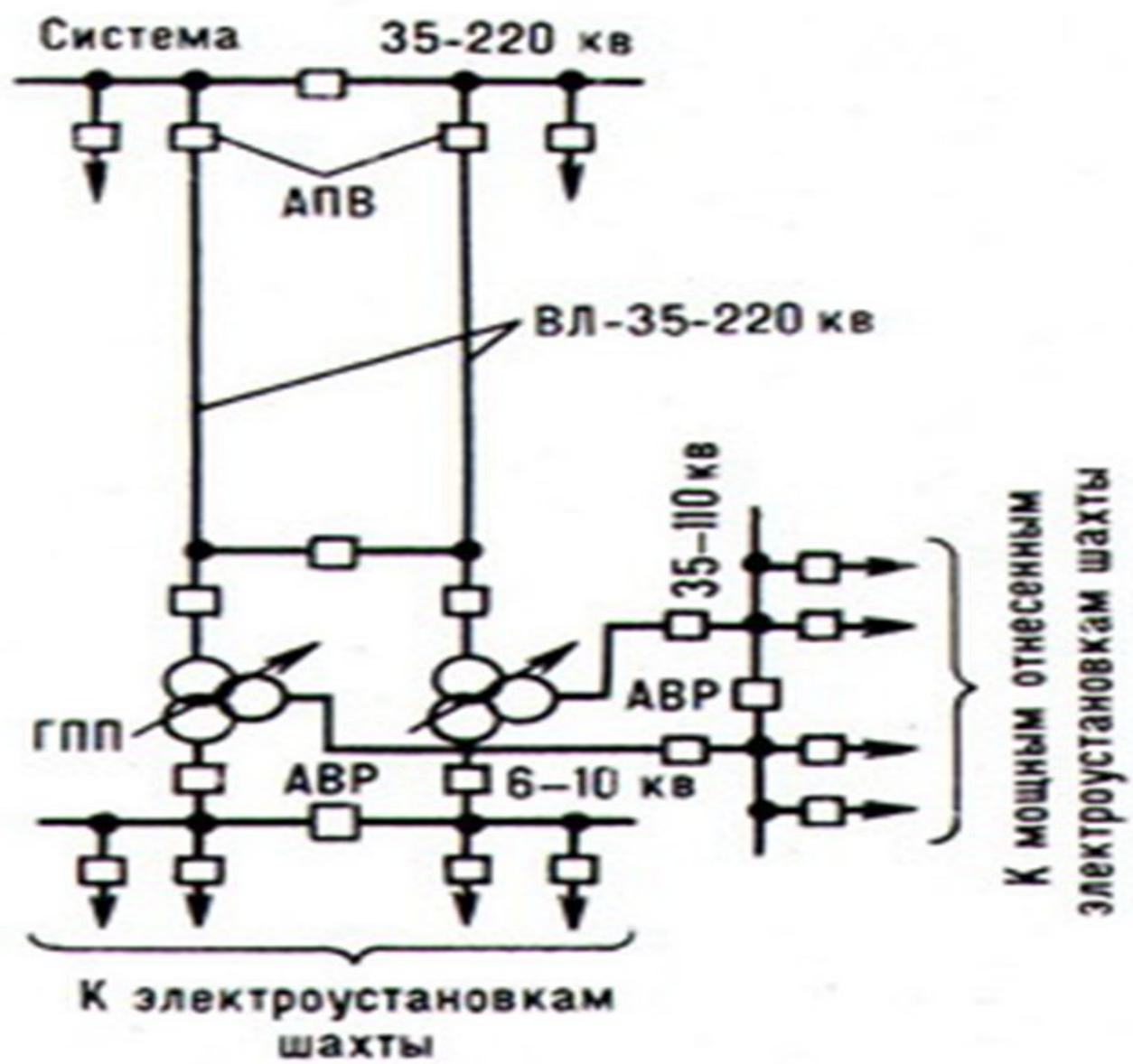
- максимальное приближение источников питания к центрам нагрузки; обособленное от поверхности питание подземных электроприемников шахт и рудников. Само проектирование осуществляется на ближайшие 10 лет с перспективой развития и полного цикла жизни предприятия.
- Само горнорудное предприятие может получать электроэнергию от **энергосистемы** (см. Лекцию 1) (например: АО «Апатит», СЗФК, Ковдорский, Оленегорский и Лавозерский ГОКи) или от отдельной **электростанции** (например Кольская ГМК в п. Заполярном и п. Никель получает электроэнергию от **каскада Пазских ГЭС** и независим от **системы Колэнерго** или **АО «Карельский окатыш»** в г. Костомукша – от **каскада Кемских ГЭС** и независим от **системы Карелэнерго**).

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Горные предприятия имеют **две системы электроснабжения: внешнюю и внутреннюю**. К первой относятся воздушные и кабельные ЛЭП от выводов районных подстанций или ответвлений от энергосистем до вводов на шины главных понизительных подстанций (ГПП) предприятий. При проектировании электроснабжения новых горнопромышленных районов и реконструкции старых предусматривают **системы глубокого ввода** напряжением 35—220 кВ (редко выше), т. е. электроэнергию высшего напряжения подают потребителям, сводя к минимуму количество сетевых звеньев к ступеней промежуточной трансформации. Для высокопроизводительных

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- горных предприятий предусматривают осуществление двух глубоких вводов и более.
- **Глубокий ввод** – расположение электрической подстанции максимально близко от потребителя.
- Электроснабжение горных предприятий должно производиться не менее чем по двум питающим ЛЭП независимо от величины напряжения. Расчет каждой ЛЭП производится исходя из условия, что при выходе из строя одной из них оставшаяся в работе ЛЭП обеспечит (при максимально допустимых потерях напряжения) нормальную работу всех электроприемников шахты или 60—80%



Схемы электроснабжения шахт и рудников

- электроприемников открытых разработок. В нормальном режиме все питающие ЛЭП должны находиться под нагрузкой и работать раздельно. Возможно применение и двухцепных воздушных ЛЭП на опорах, рассчитанных на повышенные ветровые и гололедные нагрузки (на ступень выше нормативов, установленных ПУЭ для данного района).
- В таком случае двухцепная ЛЭП рассматривается как две питающие линии за исключением случаев электроснабжения предприятий, отнесенных к III категории и сверхкатегорным по метану и опасных по внезапным выбросам. Это же относится к предприятиям, расположенным в IV и особом районах по гололеду, и к шахтам с нормальным часовым притоком воды свыше 300 м³, электроснабжение которых осуществляется в соответствии с особыми требованиями.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- В системах внешнего электроснабжения горных предприятий применяются следующие величины напряжения – 330 кВ (редко), 220 кВ, 150 кВ (только в Мурманской области), 110 кВ, 35 кВ, 10 кВ, 6 кВ (редко).
- В системе внутреннего электроснабжения (цепи переменного тока) используются следующие величины напряжения:
- 35 кВ – для высокомеханизированных комплексов больших карьеров (например питание Коашвинского карьера Восточного рудника АО «Апатит»);
- 10 кВ – для питания объектов поверхностного комплекса, промплощадок, обогатительных фабрик;
- 6 кВ – для питания стационарных и передвижных машин в карьерах;

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- 10 кВ – для питания главных установок (водоотлив, шахтный подъем, вентиляторные установки в подземном руднике или шахте).
- 6 кВ — для стационарных приемников электрической энергии, передвижных трансформаторных подстанций, машин и механизмов, применяемых при проходке стволов;
- 3,3 кВ – для передвижных электрических машин и комплексов в рудниках и шахтах не опасных по газу и пыли;
- 1140 В — для высокопроизводительных забойных машин (комбайнов и проходческих машин) угольных и сланцевых шахтах опасных по газу и пыли и т.д.;

Схемы электроснабжения шахт и рудников

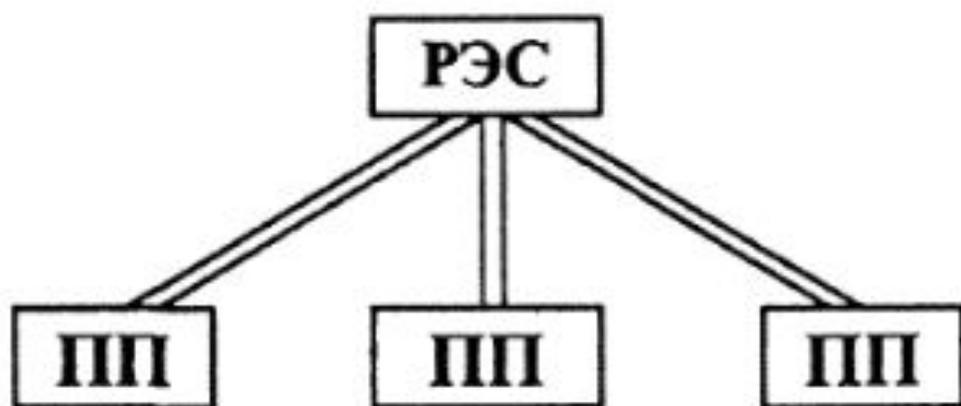
- 660 В и 380 В — для сетей, питающих **силовые** электроприемники в подземных выработках и на открытых горных разработках;
- 380В и 220 В — для сетей, питающих силовые и осветительные электроприемники на поверхности горных предприятий по трех- или четырехпроводной (пятипроводной) системе от общих трансформаторов;
- 220 В и 127 В – для питания осветительных сетей и ручного инструмента в подземных горных выработках;
- до 42 В – для питания переносных светильников и инструмента в особоопасных условиях рудников.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

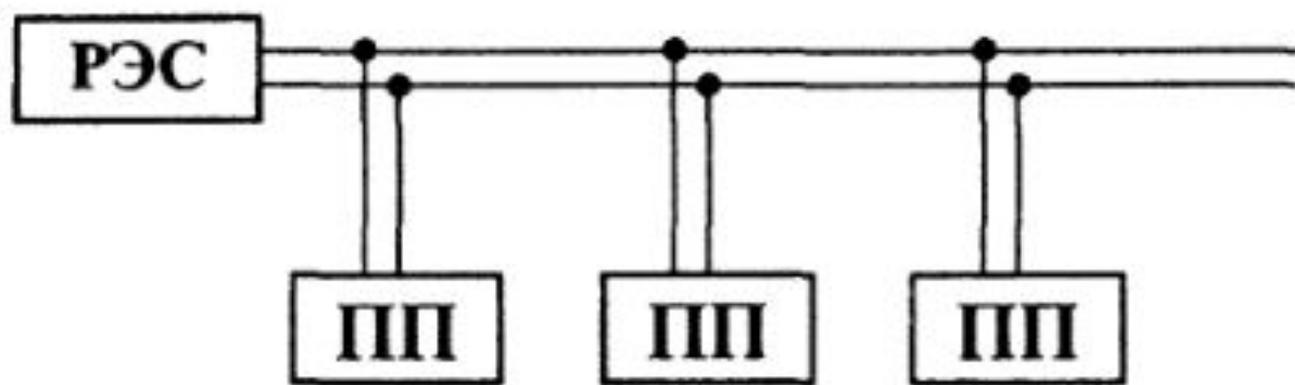
- Так же в системе внутреннего электроснабжения горных предприятий, для питания железнодорожного транспорта, используются следующие напряжения:
- 25 кВ (переменный ток) – для питания к/сети на промплощадках обогатительных фабрик и рудников для вывозки руды или **концентрата** (переработанной или обогащенной руды);
- 3 кВ (постоянный ток) для питания к/сети внутри карьеров и объектов предприятий;
- 600 В, 550 В, 220 В – для питания к/сети внутри цехов (в том числе и троллейбусов на пневматических колесах);
- 550 В и 250 В – для питания локомотивной откатки внутри рудников.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- **Сами схемы электроснабжения предприятий бывают:**
- **радиальными** – потребители снабжаются электроэнергией по отдельным ЛЭП и независимы друг от друга;
- **магистральными** – потребители снабжаются по отводам от одной ЛЭП, сами потребители независимы друг от друга;
- **комбинированными (смешанная схема электроснабжения или схема закольцовки)** – потребители снабжаются ЛЭП от системы электроснабжения или системы других потребителей и зависимы друг от друга.



а) Схема питания ППЭ по двум радиальным линиям



б) Схема питания ППЭ по двойной магистральной линии

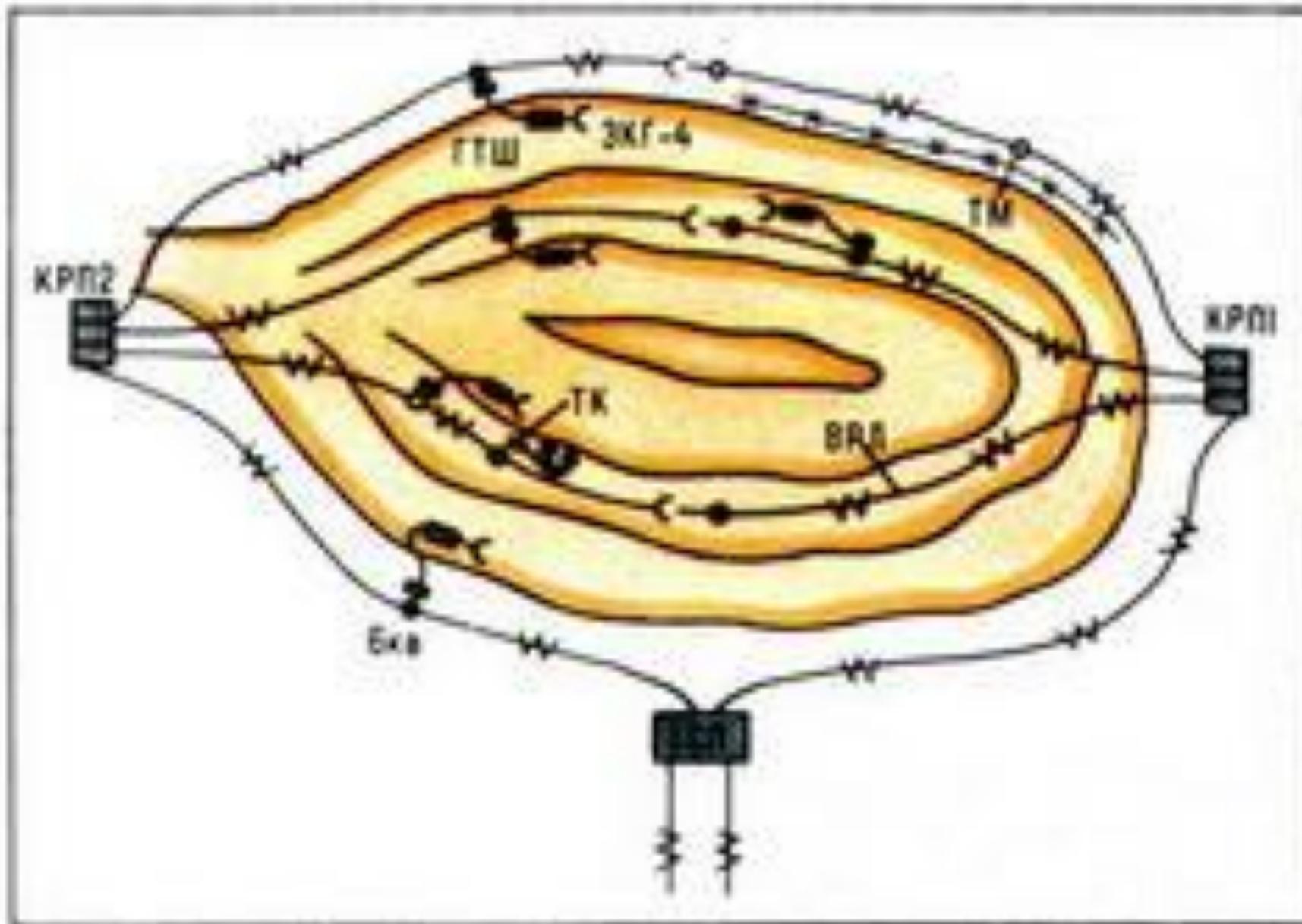


Схема закольцовки при электроснабжении

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- **Схемы и конструкции ГПП.** Независимо от района расположения предусматриваются открытые распределительные устройства (ОРУ) на напряжение 35-220 кВ с наружной установкой силовых трансформаторов или закрытые распределительные устройства (ЗРУ) на напряжение 6 - 220 кВ.
- Схемы электрических соединений подстанций ГПП выбирают исходя из нагрузки предприятия, схемы и прилегающих сетей энергосистемы, количества и мощности силовых трансформаторов и линий, требуемой степени надёжности электроснабжения, уровня токов короткого замыкания, электрооборудования необходимых параметров и надёжности.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Схемы первичных соединений ГПП могут выполняться с выключателями на стороне 35-220 кВ. Однако на современных горных предприятиях наибольшее распространение получили упрощённые схемы ОРУ на 35-220 кВ, основанные на "блочном принципе". На таких ГПП отсутствуют сборные шины ОРУ на 35-220 кВ, а трансформаторы питаются по схеме блок "линия — трансформатор". Схемы ОРУ с короткозамкателями и отделителями применяют на ГПП с трансформаторами мощностью 10 000 кВА и выше. Каждый трансформатор питается по отдельной радиальной линии 35-220 кВ, присоединённой к шинам подстанции энергосистемы через выключатель или к магистральной воздушной линии. Отделитель в этом случае предназначен для отключения только повреждённого трансформатора.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- При необходимости иметь на ГПП несколько вторичных напряжений (например, 35 и 10 (6) кВ) на карьерах устанавливают трёхобмоточные трансформаторы и выполняют отдельные РУ. На шахтах и подземных рудниках, в силу специфики подземных условий, установка трёхобмоточных или разделительных трансформаторов обязательна разделить изолированную (подземные условия) и глухозаземлённую нейтраль. При выборе местоположения ГПП на генплане предприятия обеспечивается возможность удобных заходов и выходов линий электропередач всех напряжений, зона ГПП и трасса воздушной линии выбирается с учётом розы ветров, характера и концентрации пыли при взрывных или добычных работах, зоны её оседания.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

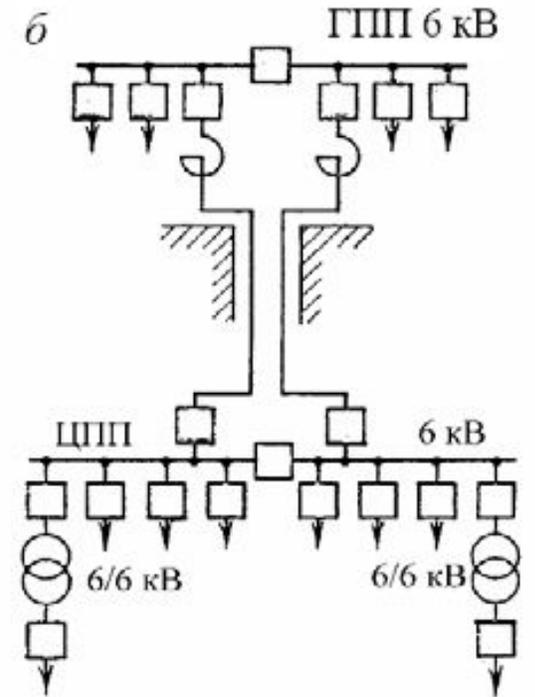
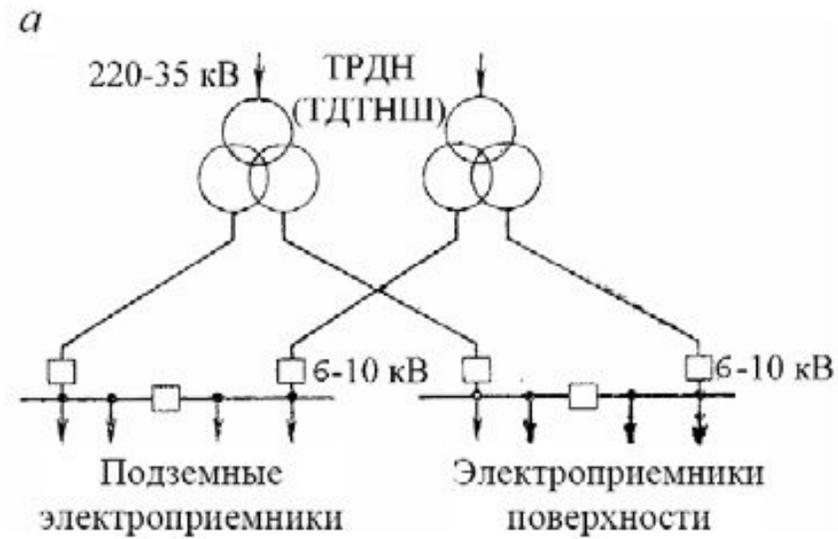
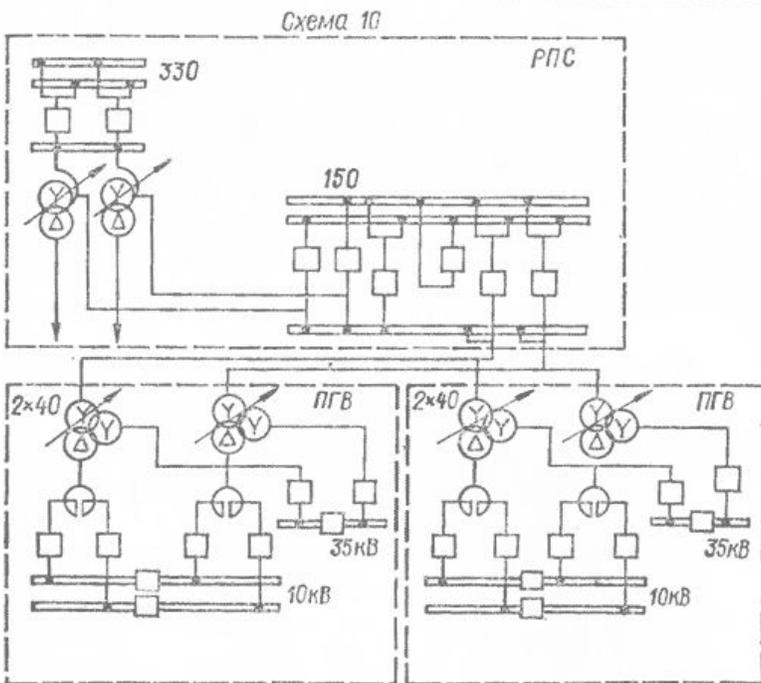
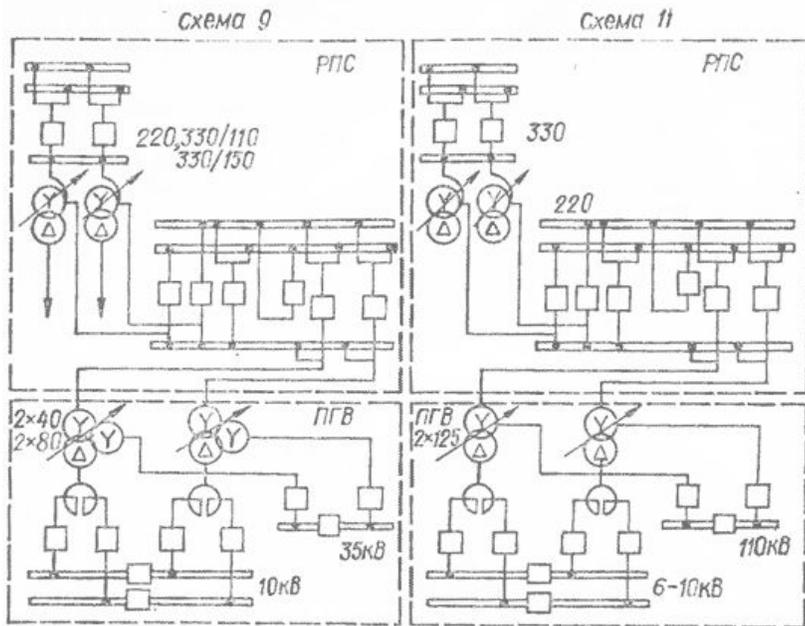
- При строительстве и, особенно, реконструкции шахт в целях экономии земельных отводов используются двухъярусные (двухэтажные) подстанции, в которых на первом этаже располагаются ЗРУ 6-10 кВ, статические конденсаторы, трансформатор собственных нужд, панели защиты и автоматики, служебные помещения, а на втором ярусе (этаже) — открытое распределительное устройство 35-220 кВ. Понижительные трансформаторы устанавливают рядом на специально спланированной площадке.
- В качестве подстанций глубокого ввода напряжения 35-220 кВ могут применяться комплектные трансформаторные подстанции (типа КТП-35 и КТП-110) с одним или двумя трансформаторами.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Комплектные подстанции устанавливают при ограниченном времени использования, а также в случаях, когда в процессе эксплуатации целесообразна их переноска.
- Когда время работы подстанции на одном месте (электроснабжение через скважины, питание во время строительства) не превышает 1-3 (5) лет и возникает необходимость её перемещения, предусматривают передвижные подстанции на напряжение 6-10/0,4; 0,23 кВ, смонтированные на салазках. На подстанциях применяют комплексные распределительные устройства (КРУ). Для ответственных установок или узлов нагрузки рекомендуется использовать КРУ с выкатными выключателями, а при простых схемах коммутации и на временных электроустановках — КРУ типа

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- выключателями, а при простых схемах коммутации и на временных электроустановках — КРУ типа КСО. На присоединениях малой и средней мощности неответственных потребителей при напряжении 6-10 кВ применяют выключатели нагрузки в комплекте с предохранителями, когда их параметры удовлетворяют режимам работы установки.
- Для обеспечения необходимого резервирования подземных электроустановок, вентиляторов главного проветривания, людских и грузоподъемных установок в распределительных устройствах 6-10 кВ предусматриваются резервные КРУ. Для ограничения грозовых и коммутационных перенапряжений на вводе ГПП устанавливают разрядники.



Схемы обособленного питания подземных электроприемников от трехобмоточных (а) и разделительных (б) трансформаторов.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- С целью повышения электробезопасности, обеспечения надежной работы устройств защиты от замыканий на землю и улучшения режима напряжения питание поверхностных и подземных потребителей в рудниках и шахтах производят от различных обмоток низшего напряжения трехобмоточных трансформаторов или применяют разделительные трансформаторы 6/6,3 кВ. Такой способ электропитания называют **обособленным**.
- Для выравнивания нагрузок трансформаторов с расщепленными обмотками к сборным шинам обособленной подземной нагрузки допускается присоединение энергоемких электроприемников поверхности, получающих питание по кабельным линиям.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

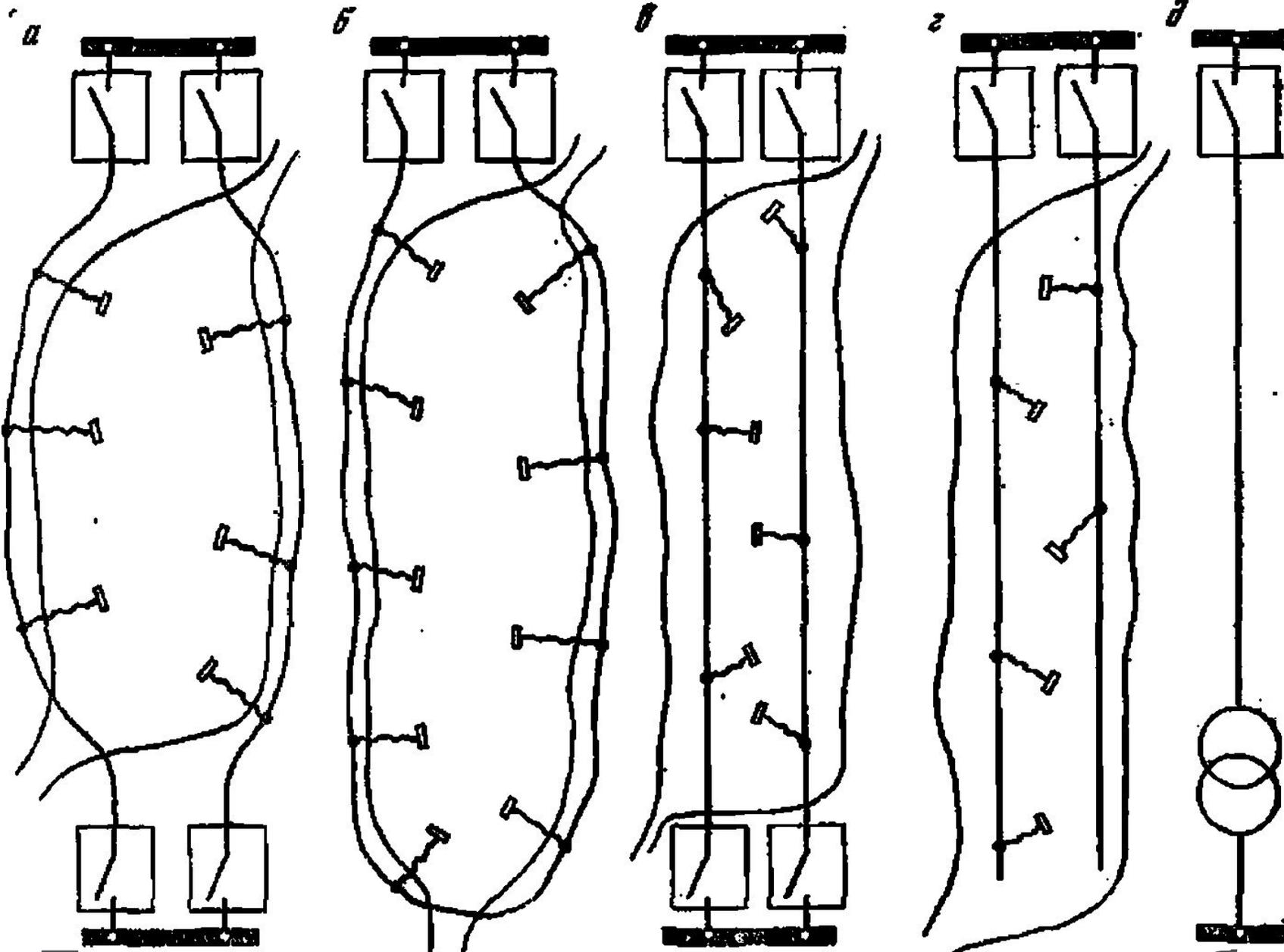
- Разделительные трансформаторы устанавливаются для питания обособляемых электроустановок 6 (10) кВ, когда целесообразность применения трех или двухобмоточных трансформаторов с расщепленными обмотками не подтверждается технико-экономическими расчетами.
- В обособленных сетях предусматриваются контроль сопротивления изоляции и защитное отключение токов однофазного замыкания утечки на землю. Эти сети должны быть оснащены аппаратурой селективной защиты от токов замыкания на землю и устройствами контроля активного сопротивления изоляции («земляная» защита).
- Определённую специфику имеет электроснабжение горных предприятий при **открытых разработках**.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Современные карьеры — полностью электрифицированные горные предприятия с установленной мощностью до нескольких десятков МВА. Характерная их особенность — расположение карьерных электроустановок на значительной площади. Экскаваторы, буровые станки, передвижные осветительные установки непрерывно или периодически перемещаются, эксплуатируются на открытом воздухе, в запылённой среде, подвергаясь значительным механическим воздействиям при взрывах, передвижениях и т.п.
- Основные элементы системы электроснабжения карьера: одна или несколько ГПП, ЦРП, карьерные линии электропередач, карьерные распределительные пункты КРП, передвижные УТП, переключательные пункты ПП и передвижные пункты защиты.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- В зависимости от расположения ЛЭП относительно фронта открытых горных работ их разделяют на **продольные, поперечные и комбинированные**.
- Питание нескольких потребителей или РП при **продольном** расположении ЛЭП осуществляется по бортовой линии, располагаемой за пределами рабочих горизонтов. Передвижные приёмники питаются от воздушных линий электропередач гибкими кабелями через стационарные или передвижные ПП, которые располагаются через 200-300 м. Напряжение 0,4 кВ подаётся от ПКТП, для освещения — через общий или местный осветительный трансформатор.
- При **поперечной** схеме электроприёмники и ТП карьера питаются через ПП от поперечных линий, соединённых с стационарными линиями электропередач, проложенными вдоль бортов карьера вне границы поля разрабатываемого месторождения.



а - кольцевая схема с продольным расположением ЛЭП при питании от двух подстанций;

б - кольцевая схема с продольным расположением ЛЭП при питании от одной подстанции;

в - радиальная схема с поперечным расположением ЛЭП при питании от двух подстанций;

г - радиальная схема с поперечным расположением ЛЭП при питании от одной подстанции

Принципиальные схемы электроснабжения

ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК

д - радиальная схема питания
неответственного потребителя

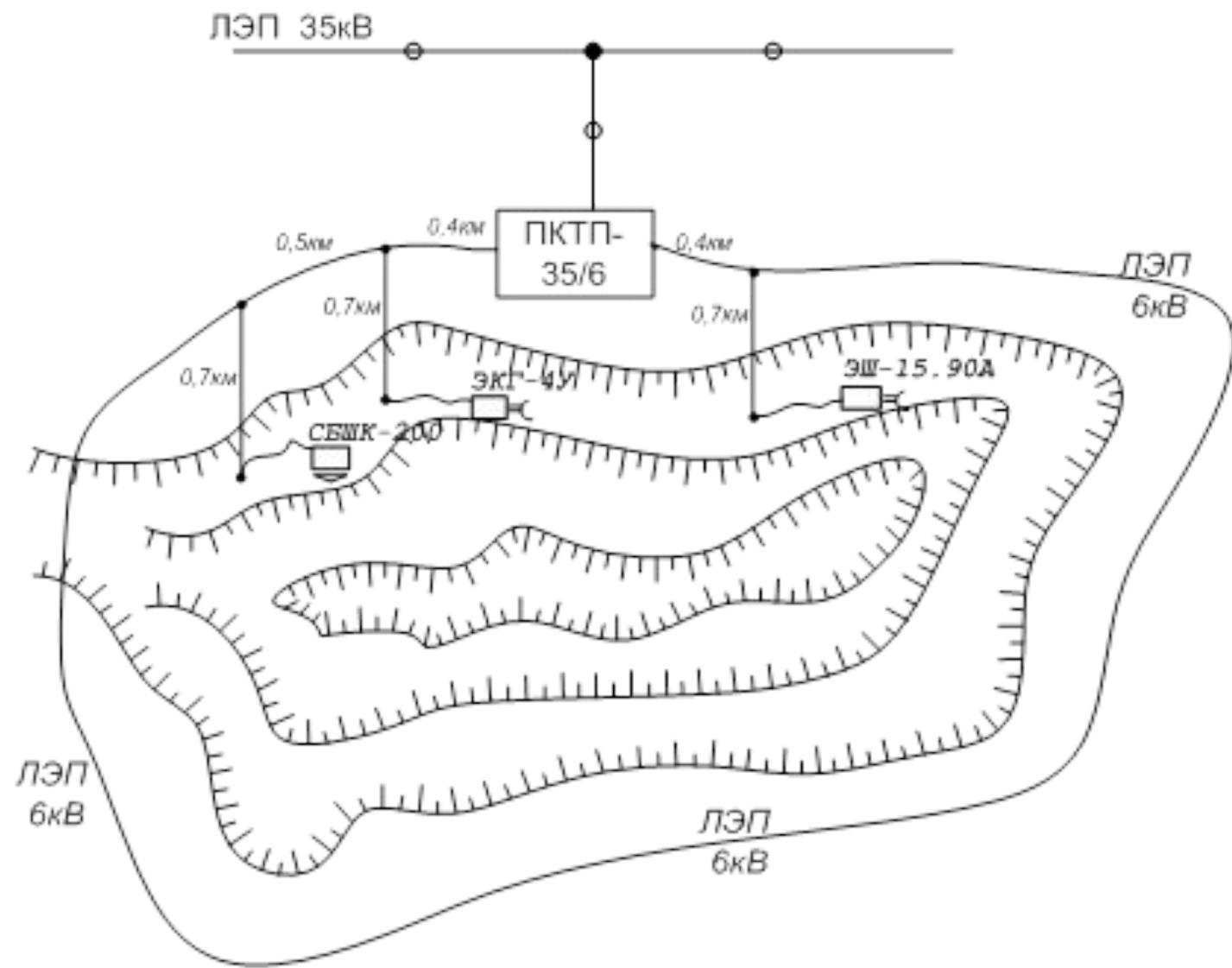


Рис.1. Схема электроснабжения участка на плане горных работ.
 ЭШ-15.90А и ЭКГ-4У - экскаваторы, СБШК-200 - буровой станок.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- **Комбинированная** схема карьера представляет собой открытую бортокольцевую систему с воздушными и кабельными линиями электропередач, проложенными в продольном и поперечном направлениях по отношению к фронту работ. Такая схема может иметь одностороннее или двустороннее питание с включением линий электропередач на параллельную работу.
- На сегодняшний день современные схемы и технические средства позволяют реализовать любую схему электроснабжения горных предприятий. Основными трудностями при реализации схем электроснабжения являются экономические возможности предприятия, юридические и экологические требования законодательства (например невозможность проложить ЛЭП по частным владениям или особоохраняемым природным территориям).

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Проектные (экспертные) оценки стоимости ЛЭП в этом случае затруднены.
- На первых этапах реализации проектных схем электроснабжения (до начала добычи полезного ископаемого), обычно возникают экономические трудности связанные с долгим возвратом вложенных средств в предприятие и получением прибыли.

Схемы электроснабжения шахт и рудников

- Самостоятельно изучить схемы «земляной» защиты подстанций.
- Письменно ответить на вопросы:
 - 1. Назначение «земляной защиты».
 - 2. Что такое трансформатор тока нулевой последовательности.
 - 3. Вопрос на сообразительность (не обязательно), если первая ступень земляной защиты на ГПП – 8 А, то какую бы вы выбрали 2-ю ступень на ЦПП.