

# ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

## ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ТОМ 2

*Под редакцией*  
**Л.А. Пучкова, Г.Г. Пивняка**

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела, уполномоченным органом Министерства образования и науки Российской Федерации в области грифования учебных изданий для высшего горного образования, в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» (квалификация «горный инженер») направления подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии»*

*Допущено Министерством образования и науки Украины в качестве учебника для студентов высших учебных заведений*



МОСКВА

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГОРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

2007

УДК 622:621.31

ББК 31.27

Э 45

*Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»*

*Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.*

*Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-97/6 от 21.09.06)*

**Рецензенты:**

- кафедра «Теоретическая электротехника и электрификация нефтяной и газовой промышленности» Российского государственного университета нефти и газа (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *М.С. Ершов*);
- кафедра «Автоматизация управления электротехническими комплексами» ИЭЭ Национального технического университета Украины (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *В.М. Чермалых*);
- д-р техн. наук, проф. *А.Т. Ерыгин* (ИПКОН РАН)

**Авторы:**

**А.В. Ляхомский, Л.А. Плащанский, Н.И. Чеботаев, В.И. Щуцкий** (Московский государственный горный университет),

**Ф.П. Шкрапец, В.Т. Занка, Ю.Т. Разумный, А.Я. Рыбалко** (Национальный горный университет, Украина)

Э 45

**Электрификация горного производства: Учебник для вузов: В 2 т. /** Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка.— М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. — Т. 2. — 595 с.: ил.

ISBN 978-5-7418-0453-7 (в пер.)

Рассмотрены особенности электрификации подземных горных работ, системы распределения электроэнергии на поверхности шахт и рудников, электрооборудования подстанций и распределительных устройств в условиях подземных горных работ, особенности исполнения и устройство рудничной электрической аппаратуры напряжением до 1 кВ и выше, электрические сети в подземных выработках и электроснабжение подземных потребителей, электроснабжение и электрооборудование рудничного электровозного транспорта, а также основы проектирования подземных систем электроснабжения. Изложены общие вопросы электрификации объектов городского подземного строительства (ГПС). Описано электрооборудование и электроснабжение поверхностных комплексов объектов ГПС, электрооборудование машин и комплексов для сооружения подземных объектов.

Для студентов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» (квалификация «горный инженер») направления подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии».

УДК 622:621.31

ББК 31.27

ISBN 978-5-5-7418-0454-4

ISBN 978-5-7418-0453-7(Т.2)

© Коллектив авторов, 2007

© Издательство МГГУ, 2007

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2007

# Предисловие

---

Электрификация горных предприятий имеет важное значение как основная энергетическая база комплексной механизации и автоматизации горных работ. Современные шахты и рудники — крупные потребители электрической энергии, обладающие характерными особенностями, связанными с условиями работы машин и механизмов в подземных условиях (газовая и пылевая среда, водообильность и ряд других специфических горно-геологических факторов). Условия подземных шахт и рудников, особенно опасных по газу или пыли, обусловили ряд специальных требований к электроснабжению предприятий, к исполнению рудничного электрооборудования. Это потребовало решения многих проблем, связанных с безопасным применением электроэнергии в шахтах и рудниках; с защитой персонала от поражения электрическим током, особенно при применении в забое напряжения 3 (3.3) кВ и т.п. Разработаны, созданы и внедрены на шахтах и рудниках разнообразные виды рудничного электрооборудования и научные методы безопасного применения электроэнергии в подземных выработках шахт и рудников.

За последнее время в системах электроснабжения горных предприятий произошли существенные изменения. Повышение напряжения сетей и питающих линий, широкое применение системы глубокого ввода, наконец, применение более высокого уровня напряжения для приемников электрической энергии (660, 1140, 3000 (3300), 6000, 10000 В) в подземных выработках угольных шахт коренным образом повлияли как на основные принципы электроснабжения, так и на построение схем распределения электроэнергии на шахтах. Новые технологии и средства механизации выдвигают новые повышенные требования к электрификации подземных горных работ, а вместе с тем и к уровню подготовки инженерного персонала, от которого зависят успешное внедрение нового электрооборудования, его квалифи-

цированная эксплуатация и улучшение экономической эффективности производства.

Учитывая возможные схемные и конструктивные изменения рудничного электрооборудования, авторы стремились осветить преимущественно основные положения, которые должны облегчить ориентировку будущих горных инженеров-электриков во всем многообразии проблем, связанных с применением электрической энергии в подземных выработках.

Учебник написан в соответствии с программой курса «Электрификация горного производства», изложение которого базируется на материале дисциплин «Электрические и электронные аппараты», «Основы электроснабжения горных предприятий», «Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства».

<b>Предисловие</b> .....	5
<b>РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ</b> .....	7
<i><b>Глава 13</b></i>	
<b>Распределение электроэнергии на поверхности шахт и рудников</b> .....	9
13.1. Требования к системам внутреннего электроснабжения шахт и рудников .....	9
13.2. Схема электроснабжения потребителей поверхности шахт и рудников .....	14
13.3. Подстанции и распределительные устройства .....	23
<i><b>Глава 14</b></i>	
<b>Подземные подстанции и распределительные пункты</b> .....	33
14.1. Общие сведения .....	33
14.2. Электрооборудование подземных подстанций и распределительных пунктов .....	35
14.3. Требования к устройству подземных подстанций и распределительных пунктов .....	50
14.4. Центральные подземные подстанции .....	55
14.5. Устройство центральных подземных подстанций .....	59
14.6. Распределительные пункты напряжением выше 1 кВ (РПП-ВН) .....	64
14.7. Устройство распределительных пунктов напряжением выше 1 кВ (РПП-ВН) .....	65
14.8. Устройство участковых подстанций .....	69
14.9. Устройство распределительных пунктов напряжением до 1 кВ .....	76
14.10. Устройство преобразовательных подстанций .....	80
<i><b>Глава 15</b></i>	
<b>Рудничная электрическая аппаратура управления и защиты</b> .....	86
15.1. Классификация, требования к устройству рудничной аппаратуры .....	86
15.2. Виды блокировок и защит рудничной аппаратуры .....	94
15.3. Принципы выполнения защит рудничной аппаратуры .....	96
15.4. Рудничные автоматические выключатели .....	133

15.5. Рудничные магнитные пускатели .....	142
15.6. Комплектные устройства распределения электроэнергии и управления электроприемниками .....	161
15.7. Пусковые агрегаты .....	167
15.8. Направления совершенствования рудничной аппаратуры .....	175

### **Глава 16**

<b>Электрические сети в подземных выработках</b> .....	178
16.1. Общие сведения .....	178
16.2. Шахтные кабели .....	182
16.3. Силовая распределительная и осветительная сети .....	202
16.4. Прокладка кабелей .....	209

### **Глава 17**

<b>Электрооборудование подземных горных машин и механизмов</b> .....	215
17.1. Электрооборудование очистных и проходческих комбайнов .....	215
17.2. Электрооборудование очистных и проходческих комплексов .....	232
17.3. Электрооборудование конвейерного транспорта .....	238
17.4. Электрооборудование водоотливных установок .....	252
17.5. Электрооборудование вспомогательных механизмов .....	254

### **Глава 18**

<b>Электроснабжение подземных потребителей</b> .....	263
18.1. Общие сведения .....	263
18.2. Схемы питания подземных электроприемников .....	272
18.3. Обособленное питание подземных электроприемников .....	279
18.4. Электроснабжение участков при пологом и наклонном залегании пластов .....	284
18.5. Электроснабжение участков при разработке крутых пластов .....	292
18.6. Электроснабжение участков при напряжении 1140 и 3000 (3300) В .....	298
18.7. Электроснабжение подготовительных участков .....	305
18.8. Особенности электроснабжения участков при регулируемом электроприводе .....	312
18.9. Электроснабжение участков рудных шахт .....	316
18.10. Организация эксплуатации электрооборудования .....	319

### **Глава 19**

<b>Электроснабжение и электрооборудование рудничного подземного транспорта</b> .....	326
19.1. Общие сведения .....	326

19.2. Электрооборудование и электроснабжение подземных лебедок и механизмов погрузки .....	331
19.3. Электрооборудование и электроснабжение конвейерного транспорта.....	334
19.4. Электроснабжение контактных электровозов .....	340
19.5. Электроснабжение аккумуляторных электровозов .....	349
19.6. Электроснабжение бесконтактных электровозов .....	353
19.7. Электроснабжение самоходных вагонов.....	357
19.8. Примеры расчетов.....	360

## **Глава 20**

<b>Расчет электроснабжения подземных участков.....</b>	<b>368</b>
20.1. Расчет электрических нагрузок и выбор мощности участковых подстанций.....	369
20.2. Выбор кабельной сети участка.....	373
20.3. Расчет токов короткого замыкания в участковых сетях .....	412
20.4. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры .....	422
20.5. Особенности выбора и проверки электрических аппаратов, кабелей и устройств защиты в участковых сетях угольных шахт напряжением 3000 (3300) В .....	437

## **РАЗДЕЛ 4. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРОДСКОГО ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА..... 449**

### **Глава 21**

<b>Общие вопросы электрификации объектов городского подземного строительства (ГПС).....</b>	<b>451</b>
21.1. Особенности электроснабжения строительных площадок объектов ГПС.....	451
21.2. Особенности электроустановок объектов ГПС .....	456
21.3. Организация электроснабжения строительных площадок .....	459

### **Глава 22**

<b>Электроснабжение поверхностных комплексов объектов ГПС .....</b>	<b>470</b>
22.1. Схемы электроснабжения.....	470
22.2. Электрооборудование стройплощадок объектов ГПС.....	475
22.3. Электрические аппараты в электроснабжении объектов ГПС.....	486
22.4. Особенности электроосвещения при возведении объектов ГПС.....	497
594	

**Глава 23**

<b>Электрооборудование поверхностных комплексов объектов ГПС.....</b>	<b>505</b>
23.1. Электрооборудование башенных кранов .....	505
23.2. Электрооборудование для электрической сварки .....	510
23.3. Электрооборудование для прогрева бетона .....	514
23.4. Электрооборудование для электрооттаивания мерзлых грунтов и электрообогрева замороженных трубопроводов .....	528
23.5. Электрооборудование для проходки стволов и цементации .....	533
23.6. Электрооборудование для вспомогательных строительномонтажных работ.....	541

**Глава 24**

<b>Электрооборудование машин и комплексов подземных объектов ГПС.....</b>	<b>545</b>
24.1. Оборудование для бурения шпуров и скважин.....	545
24.2. Оборудование для обработки проходческих забоев .....	551
24.3. Оборудование для крепления и поддержания выработок.....	556
24.4. Оборудование проходческих и щитовых комплексов .....	567
<b>Список литературы .....</b>	<b>588</b>
<b>Алфавитный указатель.....</b>	<b>590</b>