ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. Н., БУХАРИН Н. И., ВИЛЬЯМС В. Р., ГЕНДЛЕР Е. С. ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., КЕРЖЕНЦЕВ П. М., КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н., КУЙБЫШЕВ В. В., ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАРТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., ШАТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ШПРИНК Б. Э.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ

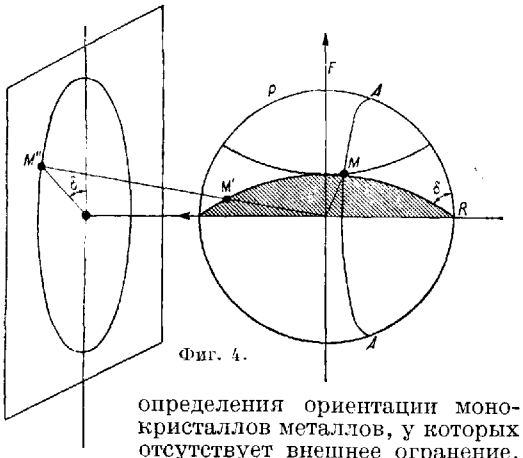
РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ—РЯЖИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1934

мы в общем случае получим 4 пятна, лежащих на дебаевском круге для данной грани. Пятна характеризуются углом δ и расстоянием пятна до центрального пятна (радиус дебаевского круга). Последний определяет угол φ. Зная φ и δ, находим ϱ из ф-лы:

$$\cos\varrho = \cos\varphi\cos\delta, \qquad (15)$$

к-рая становится понятной из фиг. 4. Так. обр. если вращать кристалл вокруг какого-либо направления, то легко определить угол любой грани с осью вращения, чем пользуются для

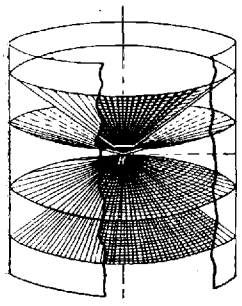


Фиг. 4.

определения ориентации монокристаллов металлов, у которых отсутствует внешнее ограничение. Если M'—шаровая проекция отраженного луча (фиг. 4) и $FM'=\mu$ есть угол, к-рый отраженный луч составляет с осью вращения, если l есть индекс данной грани, отнесенный к оси вращения, то оказывается, что

$$\cos\mu = \frac{l\lambda}{a}, \qquad (16)$$

где a—расстояние между атомами (период идентичности) по оси вращения. Это значит, что все отражения от граней, у которых индекс по оси вращения один и тот же, лежат на конусе, ось которого совпадает с осью вращения (фиг. 5). Если снимок сделать на цилиндрич. пленку, то на ней мы получим пятна (фиг. 6), расположенные по линиям. Пятна, лежащие на одной линии, согласно (16) имеют один и тот же индекс к оси вращения. Индекс на экваториальной линии пятен ($\mu=90°$) есть нуль


Фиг. 5.

на первой, 1 на второй и т. д. (фиг. 6); расстояние m_i между линиями пятен и экваториальной определяет угол:

$$\operatorname{ctg}\mu_i = \frac{m_i}{R}, \qquad (17)$$

где R—радиус цилиндра. Так. обр. расстояние между линиями дает непосредственно (16) расстояние между атомами по оси вращения.

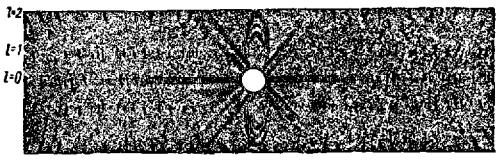
В том случае, когда по внешней форме кристалла размеры его м. б. около $^1/_2$ *мм*, можно узнать основные кристаллографич. направления; определение структуры можно вести след. обр. Сделав 3 рентгенограммы с вращением вокруг (100), (010) и (001), определяем параметры по трем осям. Далее определяем трансляционную группу, что легко делается с помощью добавочных рентгенограмм с вращением вокруг нек-рых направлений, напр. в случае кубич. решетки соотношения между периодами идентичности по направлению (100), (110) и (111) являются характерными для той или иной центрированности:

	(100)	(110)	(111)
Простая кубич. решетка . . .	a	$a\sqrt{2}$	$a\sqrt{3}$
Центрированная решетка . .	a	$a\sqrt{2}$	$a\frac{\sqrt{3}}{2}$
С центрирован. гранями . . .	a	$a\frac{\sqrt{2}}{2}$	$a\sqrt{3}$

Дальнейшее индицирование рентгенограммы не представляет затруднений, т. к., зная размер элементарной ячейки (углы можно определить с помощью гониометра), получаем квадратичную функцию. Для случая, когда кристаллографич. измерения нельзя произвести и нельзя так просто определить размеры элементарной ячейки, определение квадратичной ф-ии и индицирование рентгенограммы вращения упрощаются тем обстоятельством, что для каждой линии пятен один из индексов определяется номером линии пятен. Для экватора он нуль, вследствие чего квадратичная ф-ия для пятен, лежащих на экваторе, даже для триклинной системы имеет простой вид:

$$\sin^2\varphi = \frac{\lambda^2}{4}(k_{11}h_1^2 + k_{22}h_2^2 + 2k_{12}h_1h_2);$$

при этом период идентичности по третьему направлению мы уже имеем.



Фиг 6.

При изучении сложных решеток после индицирования рентгенограмм выявляются те грани (h_1 h_2 h_3), к-рые не дали отражений. Затем в таблицах выбирают те пространственные группы, относящиеся к данной трансляционной группе, для которых характерно найденное выпадение отражений. Это упрощает отыскание координат атомов в элементарной ячейке, которое производится на основании соотношения интенсивностей отдельных отражений.

Дальнейшее развитие метода вращения дал Вейсенберг. Прибор, сконструированный им, называется гониометром Вейсенберга. Сущность метода заключается в следующем. Из всех линий пятен выделяется с помощью диафрагмы только одна (напр. экваториальная). Во время съемки цилиндр с пленкой двигается вдоль оси, причем его движение связано с вращением кристалла. В результате мы получаем рентгенограмму, все пятна к-рой можно расположить на двух системах кривых. На каждой кривой один из индексов постоянен. При переходе от одной кривой к другой (той же системы) индексы грани изменяются на 1. Т. к. третий индекс известен (номер выбранной линии пятен), то индицирование такой рентгенограммы весьма несложно. Метод Вейсенберга позволяет непосредственно определить положение каждой отражающей грани по отношению к трем направлениям в пространстве, т. к. кроме угла с осью вращения (15) он дает еще и азимуталь-

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

XIX том сдан в производство 3 июля 1932 г.;
подписан к печати 10 марта 1933 г.
В феврале м-це 1934 г. выпущен дополнительный тираж 16 000 экз.

Набор текста и верстка, печать, брошировочно-переплетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфкнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Смирнова П. Г. и помощников директора Моргунова Н. В. и Кудряшова П. В. Набор и верстка произведены под руководством Колобашкина И. Г. и Самойлова И. К. Верстали Горшков М. С. и Егоров П. А. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошировочно-переплетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В., Курчева Н. Н., Овсянникова М. П., Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише для тиснения на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись цинкографией 3-й типографии ОГИЗ «Красный пролетарий». Бумага бумажной фабрики Вишхимза. Дерматин Кунцевской фабрики им. В. П. Ногина. Картон Мирополькой фабрики и Балахнинского комбината.

В XIX томе ТЭ помещены 931 иллюстрация в тексте, три вкладки к статьям: «Рассеяние света»—1, «Резание»—1, «Рудничный подъем»—1.

Адрес редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес издательства: Москва, Волхонка, 14.

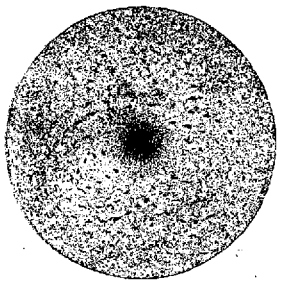
16-я типография треста «Полиграфкнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита В 72422. Гиз 10. Э-00 г. Заказ № 1294.
Бумага 72×108/16. 29 печ. листов×97 000 знаков. Тираж 16 000 экз.

ный угол. Методы вращения являются наиболее мощными методами анализа. С их помощью определены весьма сложные структуры.

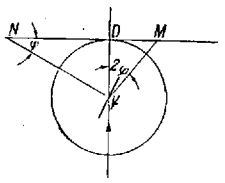
Метод Лауэ. Кристалл освещается сплошным спектром и во время экспозиции неподвижен. На пластинке, поставленной перпендикулярно к первичному пучку, мы получим отражение от какой-либо грани, составляющей с пучком угол Брагга лишь в том случае, если в спектре имеется длина волны, удовлетворяющая условию:

$$2d \sin \varphi = n\lambda.$$

Т. о. расположение пятен на рентгенограмме будет зависеть только от взаимного расположения граней, а не от расстояний между плоскостями граней. Тогда при совпадении первичного пучка с какой-либо кристаллографич. осью расположение пятен будет иметь симметрию, соответствующую этой оси (фиг. 7). Для индицирования рентгенограмм пользуются тем обстоятельством, что лучи, отраженные от всех граней, принадлежащие одной и той же зоне $[u_1, u_2, u_3]$, пойдут по образующим конуса, ось к-рого совпадает с направлением $[u_1, u_2, u_3]$, а угол раствора равен углу между $[u_1, u_2, u_3]$ и направлением пучка. Поэтому пятна, принадлежащие определенной зоне, лежат на эллипсе, близком к окружности и проходящем через первичное пятно. Если пятна (направления отраженных лучей) перенести на стереографич. проекцию, то они расположатся на кругах; центры этих кругов дают направления $[u_1, u_2, u_3]$. Более просто индицировать рентгенограммы построением на основании рентгенограмм Лауэ гномонич. проекции кристалла. Связь между положением на рентгенограмме отражения от данной грани и ее точкой на плоскости проекции видна из фиг. 8; DM определяет положение пятна на рентгенограмме, DN—положение проекции соответствующей грани:



Фиг. 7.

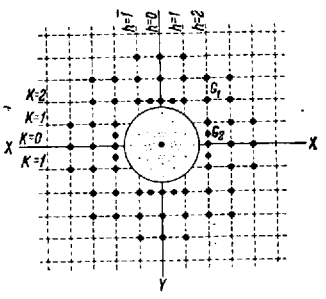


Фиг. 8.

$$DN = KD \operatorname{ctg} \varphi.$$

Грани, принадлежащие одной зоне, дают на проекции точки, лежащие на одной прямой. Если пучок лучей совпадает с кристаллографич. направлением, то построенная проекция должна иметь вид сетки. Все точки проекции располагаются на двух системах прямых. Номера прямых дают индексы граней (фиг. 9). Если по внешней форме кристалла нельзя узнать основных кристаллографич. направлений, то устанавливают кристалл с помощью светящегося экрана, меняя положение его до тех пор, пока не получают симметричного расположения пятен. Метод Лауэ непосредственно дает только взаимное расположение граней вследствие того, что длина волны для каждого отражения неизвестна. Этим методом пользуются гл. обр. для определения симметрии кристалла. При этом метод позволяет из 32 классов различать только 11 групп. Классы, различающиеся между собой наличием центра инверсии, дают одну и ту же картину.

Применения Р. а. Возможность определения взаимного расположения атомов в кристаллах сделала Р. а. весьма мощным орудием для изучения как структуры твердого тела, так и процессов, происходящих в нем. Весьма плодотворно оказалось применение Р. а. в металлографии. Возможность каждую фазу характеризовать определенной решеткой, возможность замечать весьма малые изменения параметров, происходящие наприм. при образовании твердых растворов, обеспечивали широкое поле деятельности для методов Р. а. при изучении строения сплавов и тех изменений в их строении, которые возникают при термической обработке сплава. В этой области применяется гл. обр. метод Дебая-Шеррера, а в последнее время, с развитием выращивания монокристаллов металлов и твердых растворов, и др. методы. Большие возможности открыл Р. а. для изучения пластич. деформации, позволив определять без труда плоскости и направление скольжения при деформации монокристаллов, определять ориентацию (текстуру) кристаллитов, возникающую при волочении проволок или прокатке металла и т. п. Для изучения волокнистой структуры, образующейся при механич. обработке металла (протяжка, вальцовка), а также волокнистых структур органич. веществ (целлюлозы), методы Р. а., описанные выше, были видоизменены в соответствующем направлении. Зависимость ширины интерференционных максимумов от величины кристаллов позволила определить величину кристалликов субмикроскопич. размеров, что нашло себе применение в коллоидной химии.



Фиг. 9.

Рассеяние рентгеновых лучей аморфными телами, жидкостями и газами. Интерференционные явления получаются не только при рассеянии лучей кристаллич. телами. Для случая некристаллич. веществ на пластинке, поставленной перпендикулярно первичному пучку, образуются кольца, подобные кольцам и от мелкокристаллического вещества, но весьма размытые. Интенсивность их быстро убывает с углом рассеяния. Теоретич. расчет, произведенный Дебаем, показал, что подобная картина должна обусловливаться строением молекулы. Именно, если осветить пучком рентгеновых лучей вещество, в к-ром имеются беспорядочно ориентированные молекулы, то интенсивность рассеянных лучей в направлении, составляющем с первичным угол ϑ, определяется ф-лой:

$$J = \frac{1 + \cos^2 \vartheta}{2} \sum_i \sum_k \psi_i \psi_k \frac{\sin x_{ik}}{x_{ik}}. \qquad (18)$$

Величины x_{ik} связаны с расстоянием между атомами в молекуле l_{ik} и углом ϑ след. обр.:

$$x_{ik} = \frac{2\pi}{\lambda} 2 l_{ik} \sin \frac{\vartheta}{2}; \qquad (19)$$

ψ—рассеивающая способность атомов. В слу-

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный Редактор—проф. **Л. К. Мартенс.**

Зам. Глав. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.**
Зам. Глав. Редактора—**А. А. Дашкевич.**

Председатель Правления—**Б. П. Рогачев.**
Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

Ельцина Н. М.; инж. **Знаменский А. А.**; **Мельников И. И.**; инж. **Мушенко И. Н.**; инж. **Павлушков Л. С.**; **Ракицкий Н. П.**; инж. **Фрязиновский И. А.**; инж. **Шпринк Б. Э.**; Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.**; Технический Редактор: **Никаноров В. М.**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Зам. Зав. ГСЭИ по производственной части, руководитель Произв. сектора: **Татиев Д. П.**; Зам. руковод. Произв. сектора: **Маркус В. А.**; Технический Редактор по иллюстрациям: **Гавастшерна В. Я.**; Зав. Технической редакцией при типографии: **Кулешов Н. З.**; Технический Редактор при типографии: инж. **Сакмаров Н. Г.**; Зав. корректорской: **Бокшицкая Л. И.**; Старший корректор: **Полякова В. М.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км	километры (1 000 *м*).
м	метры.
дм	дециметры (0,1 *м*).
см	сантиметры (0,01 *м*).
мм	миллиметры (0,001 *м*).
μ	микроны (0,001 *мм*).
mμ	миллимикроны (0,001 *μ*).
μμ	микромикроны (0,000001 *μ*).
км²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. декаметры).
м²	квадратные метры.
м³	кубические метры.
дм³	» дециметры.
см³	» сантиметры.
мм³	» миллиметры.
т	метрич. тонны (1 000 *кг*).
ц	центнеры (100 *кг*).
кг	килограммы (1 000 *г*).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 *г*).
сг	сантиграммы (0,01 *г*).
мг	миллиграммы (0,001 *г*).
μг	микрограммы (0,001 *мг*).
к	караты (200 *мг*).
кл	килолитры (1 000 *л*).
гл	гектолитры (100 *л*)
дкл	декалитры (10 *л*).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 *л*).
сл	сантилитры (0,01 *л*).
мл	миллилитры (0,001 *л*).
тм	тонномеры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. сантим.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
′	минута, фут.
″	секунда, дюйм.
‴	терция, линия.
>	больше (< мельше).
≯	не больше (⊀ не меньше).
≈	приблизительно равно.
≥	больше или равно.
≤	меньше или равно.
≫	значительно больше.
≪	значительно меньше.
∠	угол, измеряемый дугой.
∥	параллельно.
⊥	перпендикулярно.
±	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sc	секанс.
cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	гиперболич. косинус.
th	» тангенс.
⌀	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
$\sum$	сумма.
$\int$	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный диференциал.
∂	частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
D	дина
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
ℙ	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	мюрг.
Hz	герц.

б) Величины.

$t°$	температура обыкновенная.
$T°$	» абсолютная.
$t°_{кип.}$	» кипения.
$t°_{пл.}$	» плавления.
$t°_{заст.}$	температура застывания.
$t°_{отв.}$	» отвердевания.
$t°_{крит.}$	» критическая.
at	атмосфера техническая.
Atm	» барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V, *U*	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, *ν*	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емкость.
R	сопротивление активное (ваттное).
ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
Φ	магнитный поток.
H_{Br}	твердость по Бринелю.
A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3} / A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}	критич. точки железн. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D^{t_1}_{t_2}$	уд. вес при $t_1°$ по отношению к воде при $t_2°$.
[a];$[a]_D$	угол вращения плоскости поляризации.
C_{H^+};$[H^+]$	концентрация водородных ионов.
pH; P_H	водородный показатель.
$^1/_1N$	нормальный раствор.
$n^{t°}_D$	коэф. преломления.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.
дм.—дюймы.
кц.—килоцикл.
ц.—цикл.
св.—свеча.
об/м.—обороты в минуту.
п-вс.—пудоверсты.
п-фт.—пудофуты.
фт/ск.—футы в секунду.
чв-д.—человекодни.
чв-ч.—человекочасы.
долл., $—доллары.
мар.—марки.
фн. ст., £—фунты стерлингов.

фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температурных шкал:
°K—Кельвина.
°C, °Ц.—Цельсия (100°-ной).
°P.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темп-ра по 100°-ной шкале (С).
t° Р.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.
B.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
з.-европ.—западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который
к-та—кислота.
Lfg—Lieferung.
м—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
мн-к—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
p.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
ф-ка—фабрика.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав.
ц. т.—центр тяжести.
Ztg—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ан. П.—английский патент,
Ам. П.—американский »
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического общества, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
«МС»—Минеральное сырье, Москва.
«МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
«НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
«НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
«ОСТ»—Общесоюзные стандарты, Москва.
«ПТ»—Промышленность и техника, СПБ.
«ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
«СГ»—Социальная гигиена, Москва.
«СП»—Строительная пром-сть, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТиТбП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
«Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.
«Труды НАМИ»—Труды Научного автомоторного ин-та, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
«Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамич. ин-та, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«AAZ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.
«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.
«B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau - Aktien - Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
«B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
«Ch.-Ztg»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC»—Génie Civil, Paris.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben - Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
«JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
«J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
«Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
«RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
«Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
«St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
«WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
«Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
«Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
«ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

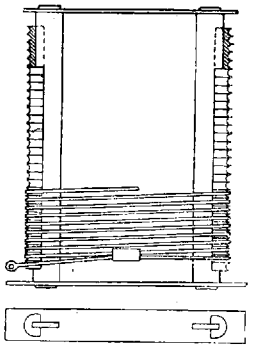
чае жидкостей и аморфных тел, как показали детальные исследования, картина усложняется вследствие интерференции лучей, рассеянных целыми молекулами. Образуются добавочные кольца, к-рые соответствуют среднему расстоянию между молекулами. В чистом виде интерференция от молекул была получена при освещении газов, для к-рых расстояния между молекулами достаточно велики по сравнению с размерами самих молекул. Пользуясь рассеянием рентгеновых лучей газами, Дебай определил структуру некоторых молекул.

Лит.: Брэгг У. Г. и Брэгг У. Л., Рентгеновские лучи и строение кристаллов, пер. с нем., М.—Л., 1929; Селяков Н. Я., Рентгеновы лучи и структура вещества, П., 1923; его же, Техника и рентгеновы лучи, Л., 1925; Glocker R., Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, B., 1927; Mark H., Die Verwendung d. Röntgenstrahlen in Chemie u. Technik, Handbuch d. angewandten physikalischen Chemie, hrsg. v. G. Bredig, B. 14, Lpz., 1926; Ott H., Strukturbestimmung mit Röntgeninterferenzen, Handbuch d. Experimentalphysik, herausgegeben v. W. Wien und F. Harms, B. 7, T. 2, Leipzig, 1928. **Г. Курдюмов.**

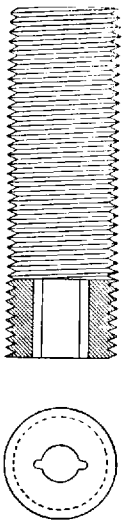
РЕНТГЕНОГРАФИЯ, см. *Рентгенографический анализ.*

РЕОСТАТ, прибор, включаемый в цепь электрич. тока для понижения напряжения или изменения силы тока; основной частью Р. является омич. сопротивление, величину к-рого можно изменять (регулировать). Омич. сопротивление в Р. служит для поглощения электрич. энергии и превращения ее в тепловую по закону Джоуля. По своему назначению реостаты подразделяются на следующие основные группы: 1) пусковые Р., служащие для ограничения силы тока за время пуска в ход двигателей, 2) регулирующие Р.— для регулирования силы тока или падения напряжения в той цепи электрич. тока, в к-рую они включены. К этой группе Р. относятся: Р. для регулировки скорости вращения электродвигателей; Р. для регулировки напряжения генераторов путем соответствующих изменений силы тока возбуждения; Р. для дуговых ламп и ламп накаливания, назначение к-рых состоит в поддержании или постоянства напряжения на зажимах источников света или постоянства силы тока для увеличения устойчивости горения ламп с вольтовой дугой, а также в регулировке силы света в определенных пределах; нагрузочные Р. и целый ряд других специальных Р. Все эти Р. в свою очередь разделяются на два основных типа: металлические Р. и жидкостные. В Р. первого типа регулируемое омич. сопротивление выполняется из металла или специальных металлич. сплавов, в Р. второго типа омич. сопротивлением служит жидкость (раствор соды в воде или чистая вода) с погруженными в нее металлич. электродами. Основное различие Р. этих двух типов помимо материала сопротивлений заключается в том, что при помощи жидкостных Р. можно достигать вполне плавного изменения сопротивления, тогда как в металлич. Р. сопротивление возможно изменять лишь ступенями б. или м. величины в зависимости от числа контактов Р.

I. Устройство Р. 1. Устройство металлических Р. Основные части металлич. Р. нормального типа: а) элементы сопротивления, б) внутренние соединительные проводники и зажимы для присоединения внешних проводов, в) переключатель ступеней, г) кожух и остов, д) автоматич. предохранительные приспособления, защищающие и Р. и электрич. машину от чрезмерных перегрузок. Основные требования к материалам для изготовления сопротивлений следующие: высокая $t°_{пл.}$, способность выдерживать длительное время нагрев до 250—300°, высокое уд. сопротивление, способность выдерживать механич. сотрясения при рабочей $t°$ и невысокая стоимость. Эти материалы разбиваются на группы в зависимости от уд. сопротивления. Основные группы следующие: а) сплавы со средним уд. сопротивлением $\varrho=0{,}5$ Ω *мм*²/*м*: константан, реотан, манганин, крупнин и другие; б) сплавы со средним уд. сопротивлением $\varrho=1{,}0$ Ω *мм*²/*м*: хром-никель, хром-никель-железо, железоникель; в) сплавы со средним уд. сопротивлением $\varrho=0{,}3$ Ω *мм*²/*м*: нейзильбер, мельхиор; г) наиболее часто применяемый материал— никелин, для которого $\varrho=0{,}4$ Ω *мм*²/*м*. Все эти материалы применяют или в виде круглой проволоки или в виде лент. Кроме того для изготовления сопротивлений пусковых Р. допускается оцинкованная или луженая железная проволока диаметром не меньше 0,5 *мм*; вследствие большого $t°$-ного коэф-та применение ее в регулирующих Р. не допускается. Наконец для изготовления сопротивлений, предназначенных для больших сил тока, в тех ступенях Р., где не требуется постоянства сопротивления, применяется чугун, уд. сопротивление к-рого $\varrho\cong 0{,}8$ Ω *мм*²/*м*; $t°$-ный коэф. его также велик. Элементы сопротивления Р. изготовляются различных видов в зависимости от материала, формы его и назначения и рода охлаждения Р. В стационарных установках они могут изготовляться в виде спиралей из проволоки или ленты, закрепленных на металлич. рамах; в установках же, где возможны сотрясения и толчки, спирали наматываются на цилиндры из изолирующего теплостойкого материала. Еще лучше для нестационарных установок натягивать круглый провод или ленту на железные рамы, на внешних гранях к-рых укреплены рифельные фарфоровые полуцилиндры. Иногда для экономии места и большей стойкости в отношении сотрясений круглую проволоку малых диаметров наматывают в спираль, а последнюю в свою очередь навивают на рифленый фарфоровый цилиндр. На фиг. 1—3 изображены различные виды элементов сопротивления, выполненные из круглой проволоки и ленты. Для увеличения постоянной времени нагрева элементов сопротивления последние выполняют иногда в виде дисковых катушек или пакетных сопротивлений. В первом случае сложенные вместе тонкая металлич. лента и



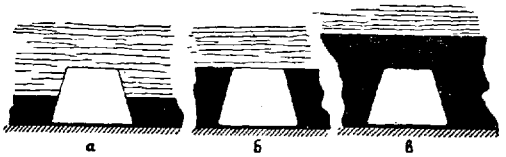
Фиг. 1.



Фиг. 2.

Р

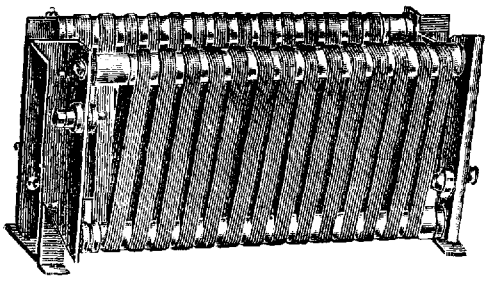
РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (месторождений), совокупность горных работ для извлечения ископаемых из недр земли. Эксплоатация месторождений полезных ископаемых производится разнообразными способами. Разработка твердых полезных ископаемых ведется подземными или открытыми работами. При подземных разработках непосредственному извлечению ископаемого должно предшествовать *вскрытие месторождения* (см.). Часть месторождения, отведенная для эксплоатации самостоятельной производственной единицей (шахтой, штольней) и называемая поэтому шахтным полем (или полем штольни), вырабатывается за время существования этой производственной единицы, причем выработка шахтного поля ведется последовательно, почти всегда т. н. этажами. В настоящее время под термином э т а ж в горном искусстве понимают часть шахтного поля (или поля штольни), которая со стороны восстания и падения месторождения ограничена основными штреками, проводимыми по мере развития работ до границ поля, а по простиранию—границами шахтного поля. Гораздо реже, при горизонтальном залегании или очень малом падении (угол наклона) месторождения, шахтное поле разделяется не на этажи, а на т. н. п а н е л и, т. е. отдельные участки, имеющие прямоугольную или квадратную форму и отделенные друг от друга ц е л и к а м и (т. е. невыработанными частями) полезных ископаемых. Производство п о д г о т о в и т е л ь н ы х р а б о т как в пространстве, так и во времени и их отношение к о ч и с т н ы м р а б о т а м (см. *Горные работы*) должны подчиняться определенному порядку. Этот порядок ведения подготовительных и очистных работ называется с и с т е м о й р а з р а б о т к и данного месторождения. В виду многочисленности и изменчивости факторов, влияющих на выбор системы разработки, нередки случаи, когда в пределах одного и того же шахтного поля, этажа или его участка применяются различные системы разработки. Правильная система разработки должна обеспечивать безопасность, экономичность (наименьшая затрата рабочей силы, механической энергии и материалов) и наименьшую потерю полезных ископаемых в недрах. Системы разработки, сопровождаемые большими потерями полезных ископаемых, называются хищническими. Значительные потери допустимы только при Р. п. и. малоценных, притом таких, запасы к-рых в природе чрезвычайно велики (строительные камни, мел, гипс, каменная соль и нек-рые др.). На выбор системы разработки влияют следующие факторы: форма месторождения, мощность его, угол падения, строение и свойства ископаемого, свойства и интенсивность обрушения боковых пород, количество гремучего газа, водоносность пород, механизация добычи и наконец требования рынка к качествам ископаемых. 1) Как форма, так и залегание месторождения бывают различными (пласт, пластообразная залежь, россыпь, жила, шток и т. п., геологически спокойное или нарушенное складками или сбросами залегание). 2) По мощности месторождения (преимущественно пластовые) условно подразделяются на 3 группы: т о н к и е месторождения (мощностью до 1,5 *м*), когда при проходке штреков приходится кроме выемки самого полезного ископаемого (фиг. 1, а) еще подрывать и боковую



Фиг. 1.

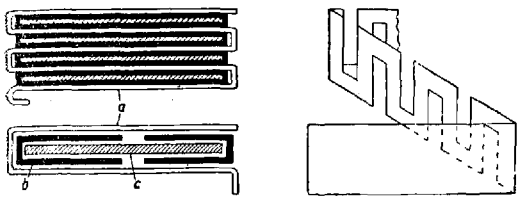
породу; месторождения с р е д н е й м о щ н о с т и (от 1,5 до 2,5—3 *м*), в к-рых проведение штреков производится без подрывания пород (фиг. 1,б), и м о щ н ы е (т о л с т ы е) месторождения (более 2,5—3,0 *м*), в которых над (или под) штреками остается некоторая толща полезных ископаемых (фиг. 1,в). 3) В зависимости от угла падения (наклона к горизонтальной плоскости) месторождения подразделяют на пологопадающие, или пологие (0—30°), наклонные (30—45°) и крутопадающие, или крутые (45—90°). 4) Крепость ископаемого обусловливает способы, инструменты и машины очистной выемки; направление к л и в а ж а (способность полезных ископаемых или пустой породы по нек-рым направлениям более легко отделяться от общей массы) нередко обусловливает расположение очистного забоя; чистота месторождения или, наоборот, наличие прослойков или включений пустых пород также влияет на способ очистной выемки; склонность ископаемого к самовозгоранию требует полной по возможности

более толстая железная лента с прокладками между ними в виде тонких полосок асбеста наматываются в виде плоской спирали. Во втором случае металлич. лента складывается так, как это показано на фиг. 4 (*a*—проводник, *b*—

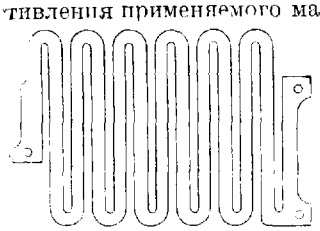


Фиг. 3.

слюда, *c*—железная пластина). В обоих случаях для увеличения сопротивления в металлич. ленте вырезаются пазы, что дает возможность кроме того изменять сопротивление ленты и для различных сопротивлений пользоваться лентой одной и той же ширины и толщины. Чугунные сопротивления, применяемые для Р. с воздушным охлаждением, составляются из ряда отдельных секций зигзагообразной формы (фиг. 5) с ушками для закрепления этих секций на стержнях, изолированных слюдой, а между секциями прокладываются или металлич. или изолирующие шайбы, соединяющие их последовательно или параллельно. Допускаемые нагрузки для проволочных или ленточных сопротивлений выражаются в А/*мм*² и в зависимости от конструкции элемента сопротивления, способов охлаждения, размеров и удельного сопротивления применяемого материала колеблются при продолжительной нагрузке от 3 до 31 А/*мм*², причем для меньших сечений берется бо́льшая плотность тока; для чугунных же сопротивлений допускаемые нагрузки обычно выражаются посредством мощности, приходящейся на единицу всей внешней поверхности секции. Для чугунных сопротивлений, охлаждаемых воздухом, эти нагрузки составляют в среднем 35 W/*дм*² при продолжительной нагрузке и 470 W/*дм*² при кратковременной нагрузке. При допускаемом повышении на 200° температуры круглых проволок из материала с удельным сопротивлением $\varrho = 0{,}5$ Ω *мм*²/*м* допускаемая плотность тока для такой проволоки, выполненной в виде спиралей или натянутой на раму, при достаточном охлаждении воздухом



Фиг. 4.



Фиг. 5.

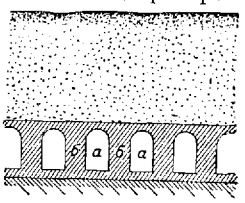
может быть приближенно подсчитана по эмпирической формуле:

$$j_s = \frac{4\beta}{\pi\sqrt{d}}\ \text{А/мм}^2,$$

где d—диаметр проволоки в *мм*, а β—коэфициент (для продолжительн. нагрузки $\beta_d = 3{,}5$, для прерывистой продолжительной нагрузки $\beta_a = \beta_d\sqrt{\frac{t_a + t_b}{t_a}}$; t_a и t_b—периоды нагрузки и паузы, для сопротивлений с песочным или масляным охлаждением $\beta_0 = \beta_d\sqrt{20} = 15{,}6$). Для спиралей, навитых на фарфоровые цилиндры, значения плотности тока м. б. несколько выше или ниже определяемых по приведенным ф-лам в зависимости от мощности, приходящейся на единицу поверхности цилиндра и принимаемой равной при продолжительной нагрузке и воздушном охлаждении ~ 40 W/*дм*². В качестве внутренних соединений отдельных секций Р. между собою или с контактами переключателя ступеней применяется круглая или полосовая медь (голая или с изоляцией). Голая медь применяется в тех случаях, когда пространство между отдельными секциями Р. достаточно велико, чтобы можно было не опасаться замыканий; в противном случае применяют асбестовую, реже хлопчатобумажную, изоляцию. Для круглых проводов пользуются также изоляцией в виде фарфоровых или стеклянных бус. Круглые провода диаметром свыше 8 *мм* не применяют, а в случае надобности пользуются двумя или более параллельными ветвями. Соединительные провода в случае чугунных сопротивлений прикрепляются болтами, а в случае проволочных или ленточных—при помощи специальных зажимов и пайки. Допускаемые плотности тока при продолжительной нагрузке: 13—3,2 А/*мм*² для круглых проводов диам. 1—8 *мм*, 3,8—1,8 А/*мм*² для полосовой меди с поперечным сечением 60—480 *мм*², причем в обоих случаях бо́льшие значения плотности тока соответствуют меньшим поперечным сечениям проводников. Присоединение Р. к цепи тока производится при помощи выводов в виде сквозных болтов с газовой нарезкой, укрепленных на коммутаторной или контактной доске Р., причем все выводы должны иметь соответствующие обозначения. В зависимости от характера проводки (провода уложены в изоляционных стальных или газовых трубках и т. д.) применяются и соответствующие типы выводов. Материалом для болтов служат: для больших сил тока—медь, для меньших—латунь. Плотности тока в болтах допускаются при продолжительной нагрузке 5—30 А/*мм*² для болтов диаметром от 4 до 20 *мм*.

Переключатели ступеней служат для изменения числа ступеней Р., включенных в цепь, обслуживаемую Р.; основные части переключателя—подвижной контакт и ряд неподвижных контактов, соединенных электрически с отдельными ступенями Р. Главнейшие виды переключателей ступеней: плоские, барабанные, вальковые (контроллерного типа) и контакторные. Плоский переключатель ступеней состоит из ряда неподвижных медных или латунных с наклалками из красной меди контактов, укрепленных на мраморной или шиферной доске толщиною 10—20 *мм* и расположенных или прямолинейно или по дуге окружности, по к-рой перемещается подвиж-

выемки его. 5) Свойства боковых пород (степень устойчивости, трещиноватость, направление трещин, способность обрушаться и оседать отдельными массами, падать внезапно или же плавно прогибаться, способность к подд у в а н и ю, т. е. к приподниманию в выработках почвы) влияют на способы выемки ископаемого; при разработке пологопадающих месторождений наиболее важны свойства кровли, при крутопадающих—и свойства почвы. Выработанные пространства (см. *Горные выработки*) влияют на устойчивость вышележащих (а при крутом падении и нижележащих) пород. В зависимости от отношения к выработанным пространствам различают три основных принципа разработки месторождений полезных ископаемых: а) среди выработанных пространств *а*, *а* (фиг. 2) навсегда оставляются неизвлекаемые части полезных ископаемых *б*, *б*, называемые с т о л б а м и или целиками и играющие роль колонн, поддерживающих вышележащие породы; б) выработанные пространства заполняются з а к л а д к о й (см. *Механизация горных работ*); в) в выработанных пространствах целики не оставляются и закладка не возводится, происходит обрушение боковых пород (разработка с обрушением, разработка без закладки). На практике эти три основных принципа нередко комбинируются между собою, например возводится не полная закладка, а частичная; кроме оставляемых целиков применяется и закладка; целики полезных ископаемых оставляются временно и т. д. При системах разработки, сопровождаемых обрушением или оседанием кровли, крайне важно, чтобы последние происходили планомерно, не распространялись на части выработанного пространства, необходимые для работы. Мероприятия для осуществления этого условия (способы крепления забоев, качество и способ возведения закладки и др.) называются управлением кровли. 6) Наличие или отсутствие гремучего газа и формы его выделения в каменноугольных рудниках, в виде исключения в нек-рых других—калийных, медных, в алмазных копях Южной Африки,—оказывают значительное влияние на способы разработки, доставки, освещения рудников и пр. 7) Вода в местах работы понижает производительность труда и опасна для здоровья (простуды, возможность поскользнуться и упасть; при наличии соответствующих темп-рных условий появление особых глистов—болезнь ankylostomiasis). Поэтому необходимо вести разработку так, чтобы вода не мешала работам. 8) Механизация добычи оказывает огромное влияние на систему разработки, побуждая в корне менять многие прежние положения горного искусства (длина и форма забоев, величина ежедневного подвигания забоев, размеры и производительность выемочных участков и т. д.). Преобразование системы разработки под влиянием механизации есть одно из характернейших явлений в горной промышленности СССР за последнее пятилетие. Нельзя сомневаться, что под влиянием механизации и концентрации производства в будущем появятся совершенно новые системы разработки помимо известных (описываемых ниже) до настоящего времени. 9) Требования рынка к качествам полезных ископаемых (кусковатость, допустимый % мелочи и зольности и пр.) тоже влияют на выбор способа выемки в забоях.

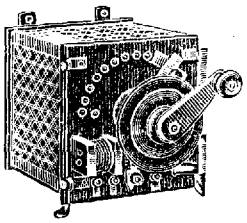


Фиг. 2.

З а к л а д к а выработанных пространств, т. е. заполнение последних пустыми породами или, очень редко, малоценным полезным ископаемым, бывает с у х а я или г и д р а в л и ч е с к а я (мокрая). Промежуточное место занимает изредка применяемая полумокрая закладка. Сухая закладка может возводиться мускульным трудом (обыкновенная, ручная закладка) или помощью особых закладочных машин (машинная закладка) или сжатым воздухом (пневматическая закладка). Разработка с закладкой имеет след. важные преимущества перед разработкой с обрушением: 1) при закладке уменьшается, а иногда и вовсе устраняется вредное влияние подземных разработок на земную поверхность, 2) в рудниках уменьшается давление пород на крепление выработок, 3) в очистных забоях уменьшается вероятность обвалов, вредных для правильного ведения производства и опасных для людей, 4) сокращаются потери полезных ископаемых, 5) улучшается вентиляция. С другой стороны, получение закладочного материала, его перемещение к забоям и возведение закладки требуют лишних, обычно значительных, расходов. Поэтому в каждом отдельном случае необходимо тщательно сравнивать в техническом и экономическом отношении систему разработки без закладки и с закладкой выработанного пространства. Закладка особо важна для мощных месторождений.

С у х а я з а к л а д к а. Источники закладочного материала могут находиться под землею или на дневной поверхности. К первым принадлежат: прослойки или включения пустых пород среди полезных ископаемых; боковые породы, добываемые при проходке выработок или в очистных забоях; иногда в выработанных пространствах проводятся специально с л е п ы е ш т р е к и (исключительно с целью добычи закладочного материала), г о р н ы е м е л ь н и ц ы (см. *Горные выработки*) или даже специальные камеры (напр. в массивах каменной соли, идущей на закладку при добыче калийных солей). Для получения закладочного материала на земной поверхности организуют открытые работы (карьеры) в местах залегания пород, добыча которых не представляет особых затруднений (песок, глина, разрушенные выветриванием на выходах более крепкие породы), по возможности ближе к выработкам, по которым производится спуск закладки в подземные работы. Добыча закладки в карьерах ведется приемами, принятыми для открытых работ (см. ниже). Реже представляется возможным добывать материал для закладки из других источников: старые отвалы пустых пород, отходы обогатительных ф-к, отбросы химич. переработки, шлаки металлургич. заводов, шлаки из топок паровых котлов, строительный мусор и т. п. От места добычи к месту спуска в подземные работы закладочный материал транспортируется, в зависимости от местных условий, в больших ж.-д. саморазгружающихся вагонах, в рудничных вагонетках, подвесными дорогами и т. п.

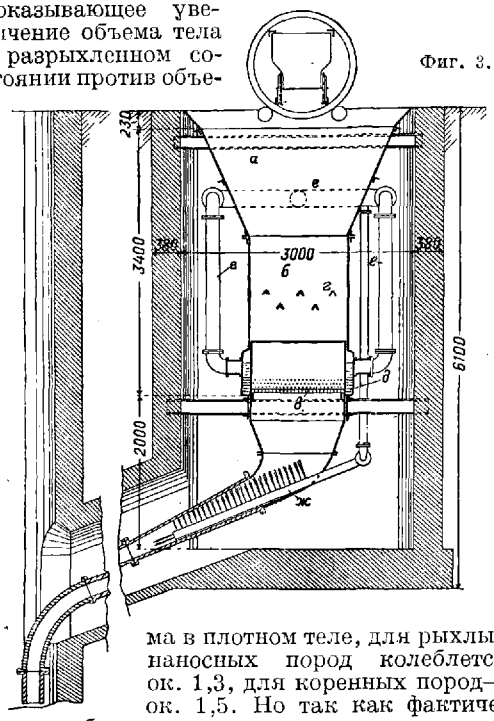
ной контакт. Форма контактов для прямолинейно расположенных по дуге окружности—круглая для небольших сил тока (до ~45 А) и трапецевидная для сил тока свыше 45 А. Плотность тока в контактах при продолжительной нагрузке принимается в 0,4 А/*мм*² для круглых контактов диам. 8—12 *мм* и порядка 0,2 А/*мм*² для трапецевидных контактов. Кроме рабочих неподвижных контактов в пусковых Р. имеется еще один холостой контакт из изолирующего материала (фарфор, фибра), дающий возможность размыкать цепь тока. Подвижной контакт для малых пусковых Р. выполняется из сплошного куска латуни, перемещаемого при помощи рукоятки с пружиной, прижимающей его к неподвижным контактам; обычно же он выполняется в виде щетки, набранной из отдельных латунных полос, наклоненных к плоскости неподвижных контактов под углом в 30° (для увеличения площади соприкосновения контактов). Плотность тока в слоистых подвижных контактах различной ширины в среднем принимается ок. 0,9 А/*мм*², для сплошных подвижных контактов около 0,1 А/*мм*². Удельное нажатие контакта выбирается порядка 0,5 *кг*/*см*². Подвод тока к подвижному контакту производится при помощи специальной щетки, скользящей по токопроводящему кольцу, расположенному концентрично с контактным рядом; подвод тока через ось подвижного контакта в настоящее время не допускается. Обычный тип плоского переключателя ступеней показан на фиг. 6, где изображен пусковой Р. обычного типа. Барабанный переключатель ступеней по внешнему своему виду напоминает коллектор электрической машины. Неподвижные контакты его образуют цилиндр, по поверхности которого перемещается подвижной контакт. В случае тяжелых условий работы Р., т. е. при частых пусках в ход двигателей (напр. пуско-регулирующие Р. для трамвайных и крановых электродвигателей), наблюдается быстрый износ контактов Р., и в этих случаях предпочтительнее применять вальковые переключатели ступеней контроллерного типа (см. *Контроллер*). При еще более тяжелых условиях работы (напр. в установках горных предприятий, заводских и портовых кранах и т. д.) еще лучше применять контакторные переключатели ступеней (см. *Контактор*), обеспечивающие меньший износ контактов и представляющие бо́льшие удобства для осуществления схем автоматич. пуска в ход двигателей. Для уменьшения обгорания контактов в момент разрыва тока переключатели ступеней снабжаются специальными магнитными искрогасителями. Остов Р., служащий для закрепления на нем отдельных деталей Р., в зависимости от конструкции элементов сопротивления, размеров и способа охлаждения имеет различное конструктивное оформление и выполняется из чугуна или углового и полосового железа, причем мраморная или шиферная доска переключателя ступеней не должна нести никаких скрепляющих функций. Для предохранения Р. от загрязнения, от внешних повреждений и от соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими частями Р. как правило закрыт кожухом, и переключатель ступеней нередко снабжен крышкой, на к-рой указываются направления вращения рукоятки для пуска или регулировки, с отверстием для вывода оси подвижного контакта.



Фиг. 6.

В зависимости от назначения Р. существуют следующие способы защиты, различающиеся между собою по устройству крышек кожухов и вводов, а именно: открытый, защищенный, закрытый, полугерметический, с масляной защитой и безопасный от взрыва. Кожуха Р. приведенных типов различаются между собою степенью защищенности Р., т. е. если для первых двух типов кожуха выполняются из листового железа с отверстиями для свободной циркуляции воздуха, то в закрытых и полугерметич. типах кожуха уже не имеют отверстий. В Р. с масляной защитой кожуха выполняются из сплошного листового железа и имеют внизу отверстие для возможности спуска масла при чистке Р. и специальное устройство для определения уровня масла. Все элементы сопротивления должны лежать на 2—3 *см* ниже уровня масла, если же и контакты переключателя ступеней находятся под маслом, то они д. б. погружены настолько глубоко, чтобы при выключении самой большой рабочей мощности на поверхности масла не могло получиться никаких вспышек. Масляная защита предохраняет металлич. части от действия водяных паров и различных газов. При установке Р. в помещениях, где м. б. взрывчатые газы, кожуха Р. выполняются безопасными от взрыва, причем это может достигаться или масляной защитой, или герметическим кожухом, выдерживающим большие давления, или закрытым кожухом с защитой из металлич. пластинок. Все металлич. части остова и кожуха, доступные прикосновению, д. б. надежно соединены электрически между собою и иметь общий зажим для соединения с землей. Зажимы выполняются из латуни, и диаметр болтов их для малых Р. д. б. не меньше 6 *мм*, для больших—не меньше 12 *мм*. На доске переключателя ступеней пусковых Р. нередко устанавливаются и автоматич. приспособления, защищающие установку от повреждений и представляющие собой обыкновенные электромагнитные реле. Назначение их состоит в том, чтобы при спадании или полном исчезновении напряжения или, наоборот, при чрезмерной перегрузке двигателя возвратить рукоятку Р. в начальное положение, соответствующее или максимальному сопротивлению цепи или полному выключению тока. Рукоятка пускового Р. снабжается пружиной, к-рая по мере выведения Р. натягивается и способна свободно перевести рычаг в начальное положение. При нормальной работе рукоятка Р. при выведенном Р. удерживается в этом положении специальной собачкой или ленточным тормозом, в случае же перегрузки или исчезновения напряжения реле отпускают собачку, и рукоятка возвращается в исходное положение. В качестве таких реле применяют одно—шунтовое, другое—сериесное; непосредственно на собачку действует лишь одно шунтовое. В этом случае под действием перегрузки сериесное реле замыкает накоротко шунтовое, отпускающее собачку. При исчезновении напряжения шунтовое реле непосредственно отпускает собачку. В асинхронных двигателях для включения приме-

При незначительных расстояниях от места добычи до спускного ската возможна добыча и доставка закладки скреперами. Спуск закладочного материала под землю производится самотеком по скатам, наклонным или вертикальным, по трубам или в шахтных вагончиках. Под землей по главным выработкам сухая закладка транспортируется в шахтных вагончиках. Закладочный материал после помещения в выработанное пространство занимает больший объем, чем он имел на месте залегания. Коэф. разрыхления, т. е. число, показывающее увеличение объема тела в разрыхленном состоянии против объе-



Фиг. 3.

ма в плотном теле, для рыхлых наносных пород колеблется ок. 1,3, для коренных пород—ок. 1,5. Но так как фактически выработанное пространство закладывается не полностью (из-за наличия крепежного леса, подготовительных выработок и пр.), то закладка считается хорошей, когда коэф. закладки (отношение объема выработанного пространства к первоначальному объему закладочного материала) достигает 1,8—2,5. Закладка под воздействием давления пород и собственного веса способна давать усадку, характеризуемую примерно следующими цифрами (в %) отношения высоты выработанного пространства после спрессовывания закладки к первоначальной высоте.

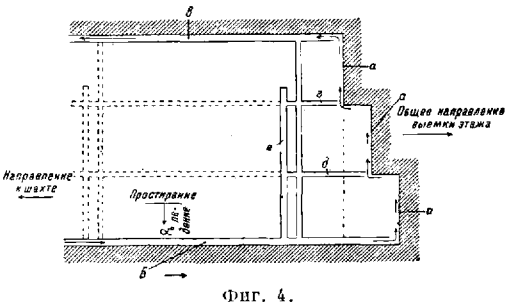
Хорошая мокрая закладка	85 — 95
Сухая закладка при крутом падении:	
мелкозер. порода	75 — 85
порода в крупных кусках	60 — 75
Сухая закладка при пологом падении:	
при доставке закладки в выемочное поле извне	40 — 60
из источников закладки, находящихся в самом выемочном поле	15 — 30

Пневматическая закладка состоит в том, что сухой закладочный материал в кусках не крупнее 80 *мм* разносится на некоторые расстояния по руднику и забрасывается в выработанное пространство помощью сжатого воздуха (см. *Механизация горных работ*).

Гидравлическая (мокрая) закладка. Материал, предназначенный для закладки, смешивается с водой на поверхности или при глубинах, начиная с 300—400 *м*, на подземных горизонтах. На фиг. 3 показано смешивающее устройство в виде воронки *аб*, с решеткой *в* в нижней ее части. Падающие в воронку куски предварительно разбиваются о поставленные ребрами кверху уголки *г*. На уровне решетки вокруг воронки имеется кольцевой канал *д*, к которому по трубам *е* подается вода, поступающая в воронку через многочисленные отверстия в трубах. Добавочная вода подается через трубу *ж* и отверстия в стенках ее. Иногда у устья воронки устраивают склады песка, обогреваемые в зимнее время, из которых песок смывается в воронку водобоями (см. *Гидравлические разработки*). В СССР до настоящего времени мокрая закладка не применялась, хотя этот вопрос не раз изучался для ряда месторождений с мощными каменноугольными пластами (например для Ткибульского на Кавказе, Челябинского, Кемеровского в Кузбассе и некоторых других).

Полумокрая закладка состоит в том, что рыхлый закладочный материал в сухом виде размещается в выработанном пространстве последовательными слоями около 0,8—1,0 *м* и потом каждый раз заливается водою. Ее основной недостаток—необходимость транспорта закладочного материала вместо его автоматич. движения по трубам. Применяется редко.

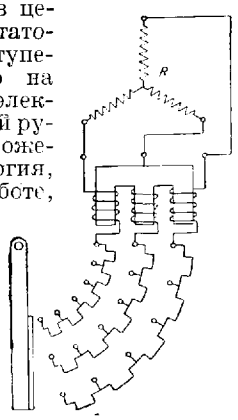
Система разработки каменноугольных месторождений. 1) Пласты тонкие и средней мощности. Сплошная система разработки характеризуется тем, что впереди очистных забоев *а* (фиг. 4) подготовительных выработок не имеется, т. е. ископаемое вырабатывается сплошь. На фиг. 4 представлена часть этажа, обслуживаемого откаточным штреком *б* и вентиляционным штреком *в*. Расстояние между штреками называется наклонной высотой этажа (от нескольких десятков до немногих сотен *м*). Этаж промежуточными штреками *г* и *д* разделяется на несколько подэтажей. Добываемое в верхнем и среднем очистных забоях полезное ископаемое транспортируется по промежуточным штрекам до бремсберга (или ската) *е* (см. *Горные выработки*); из нижнего подэтажа уголь выдается прямо на откаточный штрек.



Фиг. 4.

Часть этажа, заключенная между двумя соседними бремсбергами (или скатами), называется выемочным полем, часть подэтажа между двумя бремсбергами называется выемочным участком. Очистные забои образуют зигзагообразную линию, что способствует устойчивости кровли над очистными забоями; однако в последнее время, в особенности в Германии, при разработке пластов с полной закладкой забои делаются совершенно прямолинейными. Такие забои

няют электромагнит, удерживающий рычаг Р. и приключаемый через дополнительное сопротивление непосредственно к сети рабочего напряжения. У высоковольтных двигателей для питания электромагнита применяют или понижающие трансформаторы или приключают их к цепи ротора, где напряжение низкое; вследствие низкой частоты здесь приходится пользоваться трехфазным электромагнитом (фиг. 7, *R*—ротор), сила притяжения к-рого не зависит от частоты. Для предохранения двигателя от перегрузки в последнем случае применяют и максимальный электромагнит, вводимый в цепь статора также вследствие низкой частоты ротора. При равномерной нагрузке всех фаз достаточно включать электромагнит в одну из цепей, подводящих ток к статору. На переключателе ступеней Р., изображенного на фиг. 6, виден сериесный электромагнит, удерживающий рукоятку Р. в крайнем положении. Вся электрич. энергия, поглощаемая Р. при работе, превращается в тепловую, причем часть ее отдается в окружающее пространство посредством различных видов теплоотдачи, другая часть затрачивается на повышение $t°$ самого Р. Применяя тот или иной способ охлаждения Р., можно установить желаемое соотношение между обеими частями и это естественно следует учитывать при выборе конструкции и расчете сопротивлений Р.

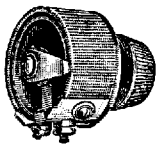


Фиг. 7.

Виды охлаждения металлич. Р. бывают следующие: а) воздушное охлаждение, б) масляное охлаждение с естественным отводом тепла и водяным охлаждением масла, в) песочное охлаждение. Воздушное охлаждение применяется для Р. и пусковых и регулирующих. В этом случае конструкция Р. должна быть такова, чтобы элементы сопротивления могли свободно обтекаться воздухом, для чего в кожухе Р. делаются отверстия и элементы сопротивления располагаются достаточно далеко друг от друга, чтобы не нарушать циркуляции воздуха. В тех случаях, когда естественного обмена холодного и нагретого воздуха недостаточно, прибегают к искусственному охлаждению при помощи вентиляторов или, для усиления тяги воздуха, выполняют кожуха Р. из сплошного листового железа в виде трубы. Повышение $t°$ нагретого воздуха в месте его выхода из Р. не должно превышать 175°, а повышение $t°$ самого кожуха в наиболее нагретом месте не д. б. выше 125°. Масляное охлаждение применяется для Р., подвергающихся кратковременным нагрузкам, так как в этих случаях при воздушном охлаждении теплоотдача в окружающую среду не успевает проявить себя и Р. получаются громоздкими. Р. с масляным охлаждением, имея гораздо бóльшую теплоемкость, оказываются для такого вида нагрузки более компактными, чем Р. с воздушным охлаждением, рассчитанные на ту же мощность. Объем масла и система охлаждения выбираются с таким расчетом, чтобы повышение $t°$ масла в наиболее нагретом его месте (приблизительно на $^2/_3$ высоты уровня масла) не превышало 80°. Недостаток масляных Р.: период охлаждения их очень велик и в больших пусковых Р. достигает 8 ч. и более, что позволяет производить пуск всего 1—3 раза в день. Чтобы избежать этого, в больших Р. применяется искусственное охлаждение масла, для чего нагретое масло по трубам поступает в специальный охладитель в виде полого цилиндра, внутри к-рого по трубам протекает охлаждающая вода. При помощи таких охладителей можно весьма значительно сократить период охлаждения масляных реостатов. Реостаты с песочным охлаждением применяются только для редкого пуска в ход двигателей. В этом случае все пространство, занимаемое элементами сопротивления, засыпается чистым кварцевым песком, к-рый весьма негигроскопичен. Поверхность контактов д. б. защищена от возможности попадания на нее отдельных песчинок. Максимальное повышение $t°$ песка не должно превышать 150°. Достоинства Р. с песочным охлаждением: безопасность в пожарном отношении, дешевизна и простота обслуживания, т. к. песок почти никогда не приходится заменять. Эти Р. широко применяются в подвижных установках, где применение масляных Р. невозможно; кроме того они чрезвычайно удобны в с.-х. и других установках, где Р. с воздушным охлаждением могут быстро засариваться легко воспламеняющимися отбросами производства.

Управление Р. производится от руки (непосредственно или посредством приводов и штанг) или м. б. применено электрическое управление, когда Р. вводится и выводится при помощи специальной электромоторной установки. Электрич. управление может быть различных видов: а) процесс м. б. начат и произвольно остановлен от руки; б) процесс м. б. начат от руки и проведен автоматически; в) процесс начинается и проходит полностью автоматически. Электрич. управление применяется также в тех случаях, когда ручное управление слишком громоздко или требует больших усилий для перемещения подвижного контакта, а также в тех случаях, когда пуск в ход должен производиться по строго определенному закону.

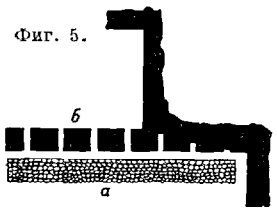
Из группы металлич. Р. следует отметить получившие широкое распространение в радиотехнике и составляющие почти неотъемлемую принадлежность любой ламповой радиоустановки Р. со скользящим контактом, так наз. Р. н а к а л а (электронных ламп). Его назначение—вводить добавочное сопротивление в цепь нити таких ламп и т. о. регулировать эмиссию электронов из накаленной нити. Одна из конструкций таких Р. дана на фиг. 8.


Фиг. 8.

2. У с т р о й с т в о ж и д к о с т н ы х Р. В жидкостных Р., к-рые гл. обр. употребляются в качестве пусковых или нагрузочных, особенно в случае больших мощностей, когда металлич. Р. оказываются чрезвычайно громоздкими, роль элементов сопротивления и переключателя ступеней играет жидкость с погруженными в нее металлич. электродами. Постоянный ток, проходящий через жидкость, производит электролиз раствора и образует большие количества гремучего газа, к-рый легко может взорваться от искр, полу-

снабжают длинными конвейерами, выдающими уголь непосредственно на основной штрек, благодаря чему надобность в бремсбергах и промежуточных штреках отпадает. Нормально забои нижних (а не верхних) подэтажей идут впереди, чем достигается: наличие над очистными забоями каждого подэтажа невыработанной толщи угля, что существенно важно для устойчивости кровли в очистном забое; при движении вдоль забоев вентиляционной струи (направление к-рой на фиг. 4 показано стрелками) последняя лучше омывает забои, не теряясь в выработанном пространстве; могущая быть вода в верхних горизонтах не попадает в забои нижележащих подэтажей. На фиг. 4 показано расположение очистных забоев по линии падения, но иногда при желании считаться с направлением кливажа они располагаются и диагонально по отношению к направлению падения. При горизонтальном залегании пластов для уменьшения среднего расстояния доставки в очистном забое промежуточные штреки целесообразнее подводить к серединам подэтажей. Так как при сплошной разработке штреки (и бремсберги) неизбежно оказываются окруженными выработанными пространствами, то с целью предохранить их от разрушения при обрушениях кровли они ограждаются или стенками, выложенными из кусков пустой породы *а* (фиг. 5), или целиками угля *б*. Существует довольно много способов расположения таких целиков и стенок. Отбойка угля в очистных забоях только изредка при очень мягком угле производится непосредственно кусок за куском, обычно же предварительно делается *вруб* (см.). При ручной работе вруб обычно бывает глубиной 0,7÷1,0 *м*, высота его у забоя от 0,1 до 0,3 *м*, в глубину вруб сходит на-нет. Пай зарубщика в 1 смену назначается в зависимости от крепости угля и глубины вруба 2÷5 *м* (по длине забоя). В настоящее время ручная подрубка быстро вытесняется работой *врубовых машин* (см.). При сплошной разработке наибольшее значение имеют тяжелые врубовые машины типа лонгуолл, обычно делающие вруб на глубину от 1,3 до 1,5 *м*. Подрубленный уголь отделяется от общей массы ручными инструментами, отбойными пневматич. молотками (см. *Пневматический инструмент*) или, чаще, *взрывными работами* (см.). Для бурения шпуров при взрывных работах очень удобны и производительны ручные электросверла. Чтобы уголь меньше дробился, пользуются небольшими зарядами более слабых взрывчатых веществ (порох, динамиты с малым содержанием нитроглицерина, при наличии гремучего газа—предохранительные взрывчатые вещества, напр. гризутины). В Донецком бассейне на 1 *т* добытого угля расходуется 15—40 *г* взрывчатого вещества. О креплении очистных забоев см. *Рудничное крепление*.

Фиг. 5.

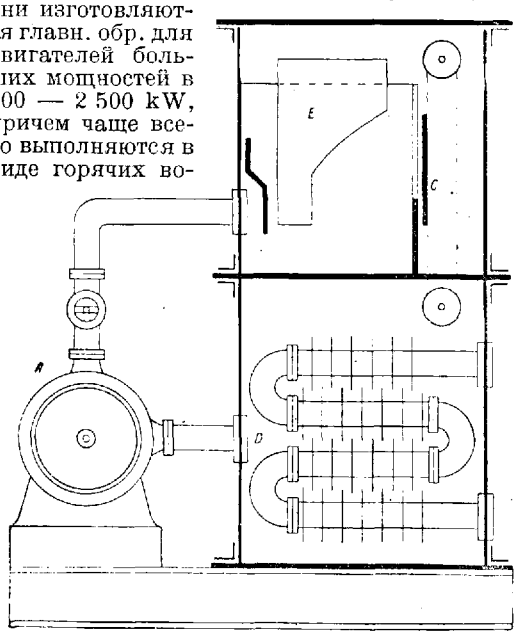


Сплошная система разработок может вестись с полной закладкой или без таковой. Очень широкое распространение эта система разработок имеет в Донецком бассейне, где работают как правило без закладки, за исключением тех случаев, когда закладочная порода попутно добывается из прослойков в пласте и сейчас же из забоя забрасывается в выработанное пространство. Так как такой породы почти всегда нехватает на полную закладку, то иногда ее выкладывают в правильно располагаемые столбы, поддерживающие кровлю. Иногда закладку получают из слепых штреков. В Рурском бассейне (Германия) подобная система разработок применяется с полной закладкой. Доставляемая по верхнему штреку порода распределяется вдоль забоя помощью качающихся конвейеров. О доставке добытого угля до штрека см. *Доставка рудничная*. Почти исключительно от способа доставки в забое зависит высота подэтажа, т. к., начиная с некоторой вообще незначительной длины забоя, давление в нем кровли становится постоянным, независящим от высоты подэтажа. Если при саночной доставке длина забоя обычно бывает в пределах 20—50 *м*, то при доставке скреперами целесообразно эту величину увеличивать до 70—80 *м*, а при конвейерах до 100 *м*. Если же ставить 2 или несколько конвейеров, вытянутых по одному направлению, снабженных отдельными моторами и передающих уголь друг на друга, то является возможность делать сплошные забои по 200, 300 и даже более *м*, в частности вовсе не разделяя этаж на подэтажи (т. н. длинные лавы). Для доставки угля по промежуточным штрекам еще и ныне широко применяется ручная доставка; однако в последнее время существует стремление к механизации этой работы конвейерами или же небольшими установками с головным и хвостовым канатом. В отличие от доставки в забоях, на промежуточных штреках во многих повидимому случаях может оказаться целесообразным применение ленточных конвейеров.

В сплошных забоях, в частности механизированных, отдельные процессы работ периодически повторяются: после подрубки, отбойки и выдачи подрубленного угля следует новый вруб, отбойка и выдача и т. д. Все другие работы в забое—крепление, перестановка транспортных механизмов, возведение закладки и другие—также повторяются в определенной последовательности. Иными словами, работы в забое укладываются в определенные циклы. Организация работ получается наиболее простой, если последовательность отдельных операций угледобычи и циклов в целом определенным образом приурочивается к распределению рабочих смен. Так, если операции угледобычи повторяются каждые сутки, то говорят о суточном цикле работ в забое. Известны примеры организации работ, рассчитанных на $1^1/_2$ цикла в сутки, на 1 цикл в смену. При коротких забоях при столбовых системах разработки бывают даже в 2 цикла в смену. Выполнение установленных циклов в забоях в назначенное время крайне важно. Если какая-либо операция выполняется несвоевременно, то она задерживает другие, с ней связанные операции, и т. о. установленный цикл будет нарушен, производительность забоя упадет. Т. к. механизированные забои, особенно большой длины, имеют очень большую нормальную производительность, то срыв работы в таком забое заметным образом отразится на добыче всей шахты. По этим причинам чрез-

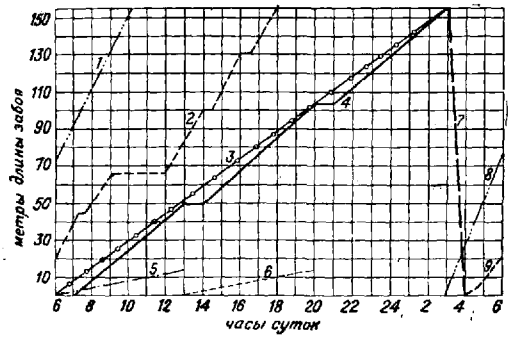
чающихся при размыкании тока; кроме того электродные пластины быстро разъедаются постоянным током и в Р. получаются большие илистые отложения. Поэтому жидкостные Р. в мощных установках постоянного тока не применяются. При переменном же токе жидкостные Р. работают достаточно надежно и устойчиво. По характеру устройства и роду работы современные жидкостные Р. можно подразделить на следующие основные группы: а) Р. с неподвижным уровнем жидкости и перемешающимися электродами; б) Р. с неподвижными электродами и перемещающимся уровнем жидкости и в) горячие водяные Р. В тех случаях, когда в жидкостных Р. электролитом служит раствор какой-либо соли (обычно соды) в воде, максимальное повышение $t°$ раствора не должно превышать 80—90°, так как кипение жидкости способствует образованию отложений, нарушающих нормальную работу Р., и изменению концентрации раствора, что в свою очередь сильно сказывается на сопротивлении Р. Кроме того удельная проводимость электролита сильно изменяется от $t°$ (при 100° она приблизительно в 2,7 раза больше, чем при 20°). Поэтому такие Р. на большую мощность необходимо снабжать особыми охладителями, по трубам к-рых пропускается охлаждающая раствор вода. Для больших мощностей гораздо более экономичными оказываются горячие водяные Р., в которых электролитом служит чистая вода, нагреваемая до $t°_{кип.}$, и т. о. энергия, поглощаемая Р., отводится в виде пара. Такие Р. более громоздки вследствие большого уд. сопротивления чистой воды (проводимость 10%-ного раствора соды в воде приблизительно в 84 раза больше, чем простой воды) и необходимости вследствие этого увеличивать поверхность электродов, но зато расход воды в горячих водяных Р. в 7—15 раз меньше (по сравнению с обычными реостатами).

Жидкостные Р. представляют собою сосуд (один — в случае постоянного, однофазного или трехфазного тока при включении треугольником или три—в случае трехфазного тока при соединении звездой). При подвижных электродах и неподвижном уровне жидкости электроды укреплены на общем хорошо изолированном валу, к-рый вращают при помощи рукоятки к червячной передаче, обладающей, как известно, свойством самоторможения и дающей вследствие этого возможность остановить электроды в любом положении. В Р. с перемещающимся уровнем жидкости сосуд выполняется в виде двух баков (фиг. 9). В верхнем баке укреплены неподвижные электроды E, и из нижнего в верхний нагнетается насосом A (с постоянной скоростью) вода, причем уровень воды регулируется специальной заслонкой C. По окончании пуска заслонка откидывается, и вода быстро сливается в нижний бак, к-рый по объему раза в 3—4 больше верхнего, чтобы установленный в нем охладитель D работал с бо́льшим использованием и в рабочий период времени, когда жидкость нагнетается в верхний бак. Горячие водяные Р. выполняются с неподвижными электродами и подвижным уровнем жидкости. Т. к. рабочий процесс их происходит все время при $t°_{кип.}$ воды (100°), то уд. проводимость Р. остается постоянной. В данном случае отпадает необходимость в охлаждающем приспособлении, но зато все время приходится добавлять воду взамен испаряющейся. Чтобы избежать осадков при добавлении недистиллированной воды, иногда используют для этой цели воду, получаемую от конденсации пара, для чего Р. снабжается специальной конденсационной установкой; в этом случае очень редко приходится пополнять Р. водой для поддержания необходимого уровня. Надежность работы, редкие осмотры и чистка Р., небольшой расход воды и отсутствие охладителей—преимущества горячих водяных Р. и потому они находят большое применение в мощных установках, например для пуска и регулировки скорости вращения асинхронных двигателей больших прокатных станов. Единственный недостаток их—большие размеры. Р. с подвижными электродами выполняются как для двигателей малых мощностей, так и для двигателей мощностью до 1 500 kW; что же касается Р. с неподвижными электродами, то они изготовляются главн. обр. для двигателей больших мощностей в 500 — 2 500 kW, причем чаще всего выполняются в виде горячих водяных Р., т. к. при больших мощностях электроды получаются тяжелыми и неудобными для перемещения. Сосуды для электродов бывают изолированные и неизолированные, отлитые из чугуна или сделанные из клепаного железа, причем в последнем случае расстояние между электродами и стенками сосуда д. б. достаточно велико во избежание образования больших сил тока, замыкающегося через стенки сосуда и вызывающего неравномерную нагрузку отдельных фаз Р. Электроды Р. выполняются из толстого листового железа (редко чугунные). Для предохранения электродных пластин от обгорания нижняя часть их наращивается пластинами четырехугольной формы, образующими т. н. предварительную ступень сопротивления, но вообще полное выключение электродов под нагрузкой не рекомендуется, т. к. кроме износа пластин могут получиться взрывы гремучего газа. Форма электродов выбирается такая, чтобы при опускании их в жидкость или при повышении уровня последней с постоян-



Фиг. 9.

вычайно существенна хорошо продуманная организация работ в механизированных забоях. Отдельные операции работ должны правильно сочетаться или следовать друг за другом, на каждую из них должно быть назначено соответствующее число людей должных квалификаций, производительность механизмов д. б. достаточна. Распределение работ по времени д. б. по возможности уплотнено и простой механизмов доведен до минимума. Использование механизмов достигнет максимума, если выдача угля из забоя будет происходить непрерывным потоком.



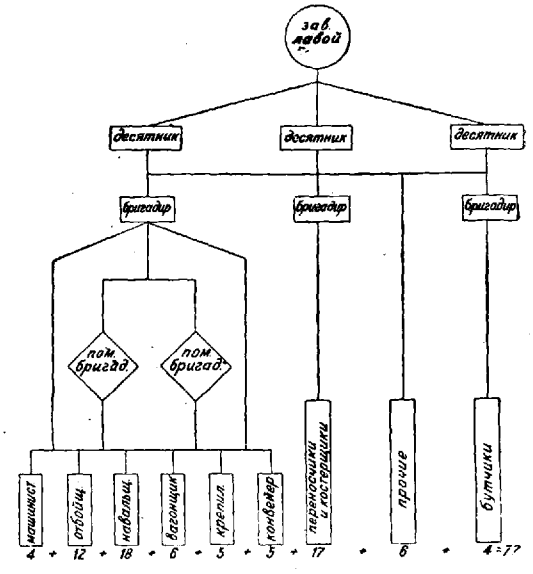
Фиг. 6.

Наибольшие затруднения при практич. осуществлении идеи непрерывного потока в механизированных забоях возникают из-за условий управления кровлей, т. е. из-за необходимости производить периодическую посадку кровли, если работа ведется без закладки. Т. о. механизированный забой должен работать по определенному расписанию, нередко довольно сложному, поскольку приходится согласовывать работу многих людей различных специальностей и квалификаций, ряда механизмов и разнородных работ. Поэтому такое расписание бывает более наглядно, если его выполнить в виде планограмм и графиков. Графич. изображения следует сопровождать и цифровыми показателями тех производительностей отдельных категорий рабочих и всего забоя в целом, какие обеспечиваются выполнением графиков. Эти цифры необходимы для плановых и сметных расчетов и служат для контроля успешности выполнения работ в забое. Организацией работ, т. е. наиболее рациональной последовательностью выполнения операций угледобычи, правильной расстановкой рабочей силы, наибольшим использованием механизмов, уплотнением рабочего времени, максимальным осуществлением принципа непрерывного производства и непрерывного потока, можно достичь огромных результатов в отношении эффективности и экономичности работы забоя, даже не вводя в работу каких-либо новых типов механизмов или технич. приемов. Именно по этому пути пошли те многие организаторы и рационализаторы добычи в механизированных забоях каменноугольных рудников СССР, имена которых в последние годы приобрели широкую известность (Косауров, Карташев и др.).

В качестве примера техники и организации работ в механизированных забоях приведем простейший случай одноцикловой работы в забое в сутки на шахте №5 Петровского шахтоуправления Сталинского района в Донецком бассейне при разработке пологопадающего, спокойно залегающего пласта мощностью в среднем 1,08 *м*. Почва и кровля средней устойчивости. Длина сплошного забоя 155 *м*. Угледобыча механизирована электрич. врубовыми машинами лонг-уолл и качающимися конвейерами. Закладка над нижним штреком получается из специального слепого штрека. Распределение различных работ по длине лавы в течение суток и их взаимное сочетание наглядно изображаются на планограмме фиг. 6, где *1*—переноска рештаков, *2*—подрубка, *3*—выгрузка угля, *4*—крепление, *5*—бурение породы, *6*—закладка, *7*—спуск машины, *8*—переноска рештаков, *9*—подрубка. Число и категории рабочих и организация надзора в течение суток даются схемой фиг. 7, а распределение людей по сменам и порядок оплаты их труда ясны из графика выходов фиг. 8. Наконец основные показатели выражаются следующей таблицей:

Показатели	По графику	Фактич. за декабрь 1930 г.
Длина забоя, *м*	155	155
Глубина вруба, *м*	1,39	1,39
Производит. пласта, *m* . .	1,25	1,25
Циклов в мес.	30	21
Подвиг. забоя в мес., *м* . .	41,7	29,3
Суточная добыча, *m* . . .	269	189
Суточная добыча, вагончиков	448	315
Месячная добыча, *m*	8 070	5 676
» произв. маш., *m* .	8 070	5 676
Штат в работе	77	58
Суточн. произв. труда, *m* .	3,49	3,25
Средн. мес. заработок, р. .	84,50	89,00

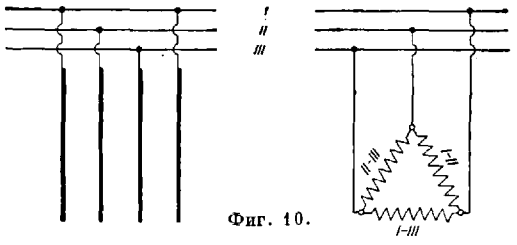
Приведенные цифры в связи с фиг. 6, 7, 8 и 9 рисуют довольно полную картину организации работ в забое и могут служить базой для разнообразных технико-экономич. подсчетов и сопоставлений. При организации работ



Фиг. 7.

не в 1, а в $1^1/_2$ или 2 цикла в сутки, а тем более при непрерывном потоке в буквальном смысле, организация работ в забое получается более сложной, но принцип ее графич. изображений остается прежним. На фиг. 9 (где *1*—переноска крепления, *2*—закладка, *3*—отбойка и уборка угля, *4*—доставка леса, *5*—вруб, *6*—закладка, *7*—переноска рештаков, *8*—отбойка и уборка угля, *9*—бурение

ной скоростью достигалось достаточно плавное изменение сопротивления. Сопротивление жидкостного Р. должно плавно уменьшаться до некоторого значения, при котором без особенного толчка тока Р. можно было бы замкнуть накоротко при помощи специального металлич. контактного приспособления. При больших мощностях и малых сопротивлениях Р. обычно ставят ряд параллельно включенных электродных пластин с равномерным чередованием полярности или фаз, причем при постоянном токе берут на n пластин одного полюса $n+1$ пластин другого полюса, благодаря чему можно не так удалять стенки сосуда от электродов, так как оба крайних электрода имеют одну полярность. При трехфазном токе при соединении треугольником, когда все электроды помещены в одном сосуде, число электродов берется равным $n+1$, где n—число фаз (фиг. 10), что создает равномер-



Фиг. 10.

ную нагрузку фаз вследствие использования второй половины электрода третьей фазы. Управление жидкостными Р. может производиться от руки или электрическим способом. Здесь также возможен автоматический пуск в ход при помощи специальных моторных реле в виде небольших асинхронных двигателей, вращающий момент которых при нормальном пусковом токе уравновешивает или подвижные электроды или заслонку, снабженные противовесом. При уменьшении тока в сети вращающий момент моторного реле также уменьшается, и электроды начинают погружаться в жидкость, что вызывает новое возрастание тока и т. д. Таким образом достигается плавный пуск в ход двигателя. Предохранительные устройства в жидкостных реостатах обычно не делаются, а выносятся в виде отдельных реле, действующих непосредственно на главный рубильник.

II. Расчет элементов сопротивлений на нагрев. Расчет всех ступенчатых металлич. Р. сводится прежде всего к определению числа ступеней и сопротивления каждой из них, а также к определению длины и поперечного сечения материала, из которого д. б. изготовлены элементы сопротивления. Определение основных размеров материала производят: 1) на основании подсчитанного предварительно сопротивления этой ступени и 2) на основании допускаемого повышения темп-ры при заданной мощности, учитывая при этом конструкцию Р., способ охлаждения и род нагрузки. Как правило все регулирующие Р. рассчитываются на продолжительную нагрузку максимальной для каждой ступени мощности; в частности для регуляторов возбуждения генераторов максимальная мощность ступени наступает тогда, когда подвижной контакт стоит именно на данной ступени. Пусковые Р. рассчитываются или на кратковременную нагрузку или на прерывистую в том случае, если пуск двигателя производится относительно часто. В случае продолжительной нагрузки поперечное сечение материала элемента сопротивления м. б. определено или по допускаемой плотности тока для данного случая (см. выше) или более точно по ф-ле

$$P = So_s\tau_{don.},$$

где P—максимальное значение продолжительной мощности для данной ступени в W, S—поверхность охлаждения в см², $\tau_{don.}$—максимальное установившееся повышение $t°$, равное допускаемому значению, o_s—коэф. теплоотдачи в W/см² °C, учитывающий теплоотдачу лучеиспусканием, конвекцией и теплопроводностью. Значения коэф-та o_s, вообще говоря, различны и кроме рода материала и состояния его поверхности зависят также до нек-рой степени от формы и конструкции сопротивления и повышения $t°$, т. к. пользование им без наличия достаточного опытного материала несколько затруднительно. Приближенно значения o_s для обычно допускаемых значений повышения $t°$ можно брать из приводимой таблицы, в к-рой указано также, что надо считать за

Значения коэфициента теплоотдачи o_s.

Род нагретого тела	o_s в W/см² °C	S в см²
Элементы сопротивления из никелиновой проволоки	$\frac{1}{150}-\frac{1}{500}$	Общая поверхность
Трубчатые сопротивления:		
вертикальные	$\frac{1}{150}-\frac{1}{400}$	Внешняя поверхность
горизонтальные	$\frac{1}{100}-\frac{1}{300}$	Внешняя поверхность
Чугунные сопротивления	$\frac{1}{1\,000}$	Общая поверхность
Пакетные сопротивления из никелина	$\frac{1}{100}-\frac{1}{200}$	Внешняя поверхность
Масляные пусковые реостаты	$\frac{1}{500}$	Поверхность кожуха

поверхность охлаждения в каждом отдельном случае. Мощность, поглощаемая данной ступенью, м. б. выражена как $P=I^2r$, где I—сила тока, r—сопротивление данной ступени. Отсюда, зная уд. сопротивление материала ϱ, можно найти напр. диаметр круглой проволоки, равный

$$d = \frac{1}{\pi}\sqrt[3]{\frac{4I^2\varrho}{o_s\cdot\tau_{don.}}}\ см.$$

При кратковременной нагрузке объем материала м. б. приближенно определен по ф-ле $Pt=Gq\tau_{don.}$, где t—время в сек., G—вес материала в $г$ и q—уд. теплоемкость материала в $J/г$ °C, если известен уд. вес применяемого материала. В данном случае предполагается, что все тепло, выделяющееся в сопротивлении, идет исключительно на создание повышения $t°$ элемента сопротивления, т. е. не учитывается нек-рая отдача тепла в окружающую среду. Точнее расчет элемента сопротивления на нагрев при кратковременной прерывистой или перемежающейся нагрузке может быть произведен путем подсчета расчетного значения мощности P_p, к-рая создавала бы то же самое повышение $t°$, но при продолжительной нагрузке, по ф-ле $P_p=\frac{P}{p}$, где p—коэф. перегрузки, и путем дальнейшего пользования формулой $Pp=So_s\tau_{don.}$. Коэф. перегрузки p, представляющий собой отношение максимального установившегося повышения $t°$ при продолжительной нагрузке сопротивления мощностью P к тому значению повышения $t°$, к-рое получается в конце периода кратковременной нагрузки или при установившемся режиме при продолжительной прерывистой или перемежающейся нагрузках, м. б. для каждого отдельного случая подсчитан на основании ур-ий кривых нагрева и охлаждения

$$\tau=\tau_m(1-e^{-\frac{t}{T}})\ \text{и}\ \tau=\tau_m e^{-\frac{t}{T}},$$

где τ_m—максимальное повышение $t°$, τ—повышение $t°$, соответствующее моменту времени t от начала нагрева, и $T=\frac{Gq}{So_s}$—постоянная времени нагрева. Значением T в этих случаях приходится сначала задаваться на основании предполагаемой конструкции сопротивления, а затем проверять его после окончательного расчета. В частном случае для кратковременной нагрузки

$$p=\frac{1}{1-e^{-\frac{t_a}{T}}},$$

для продолжительной прерывистой нагрузки

$$p=\frac{1-e^{-\frac{t_a+t_b}{T}}}{1-e^{-\frac{t_a}{T}}},$$

где t_a—период нагрузки, t_b—период охлаждения. Отсюда видно, что для расчета пусковых Р. необходимо кроме всего прочего знать время включения каждой

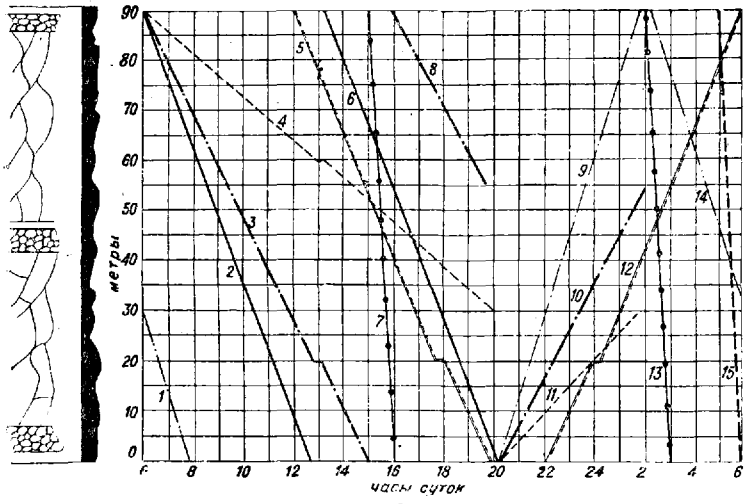
шпуров, *10*—отбойка и уборка угля, *11*—доставка леса, *12*—вруб, *13*—переноска решт аков, *14*—переноска крепления, *15*—паление шпуров) дана планограмма работ в забое пологопадающего пласта при длине лавы в

Наименование квалификаций		оплата по ставкам	ГРАФИК ВЫХОДОВ 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6	фактическая стоимость цикла по существующим нормам и ценам: единиц измерен.	норма	цена	сумма
машинист вруб. машины	2	4,80			на пару	13,8	40,22
помощн. машиниста	2	3,75		п. метр	Зр. 6 ч. 32,0		
отбойщики	12	4,0			36	27,0	119,62
навальщики	18	3,0		вагон	24		
вагонщики	6	2,60			72	9,0	15,0
крепильщики	5	3,0		упр.	-	27,0	10,000
костерщики	5	2,60		шт.	70	43,0	43,00
переносчики	12	2,60		перен.	-	28,7	11,00
конвейерщики	5	2,20		упр.	-	3,75	22,50
эл. слесаря	6	3,75		"	-		
бурильщики	1	2,85		п. м.	1,35	8,0	10,60
бутчики	3	2,60					
	77						271,0

Фиг. 8.

90 *м* при двух циклах в сутки. Использование времени здесь весьма уплотнено, а простои механизмов доведены до минимума.

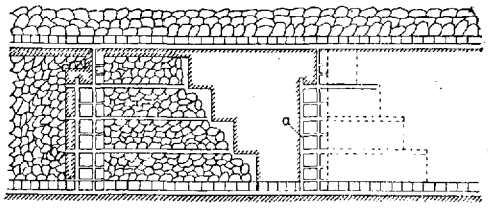
По мере продвижения вперед очистных забоев длина промежуточных штреков (а также откаточных путей) все увеличивается, почему является необходимым проводить новый



Фиг. 9.

бремсберг. По идее сплошной разработки этот бремсберг должен проводиться в выработанном пространстве, что иногда и делается. Но так как проведение бремсберга с путевым ходком при нем через обрушенное пространство—работа очень медленная, то в настоящее время, обычно даже при сплошной разработке, бремсберги *а* (фиг. 10) заблаговременно проводятся среди невыработанных толщ угля. Такую систему разработки по характеру подготовительных работ надо считать переходной к столбовым системам (см. ниже).

Описанная система разработки в соответствии с направлением движения очистных забоев называется сплошною разработкою по простиранию. Область ее применения: тонкие пласты, не свыше примерно 1 *м*, залегающие в относительно устойчивых породах при пологом или наклонном залегании. Благодаря длинным сплошным забоям эта система чрезвычайно благоприятна для механизации—применения врубовых машин и конвейеров. К новейшим идеям при разработке длинными сплошными забоями надо отнести: стремление к длинным лавам и цикличность работ, т. е. планомерное чередование всех работ в забое через определенные промежутки времени. До сего времени считается вполне удовлетворительным суточный цикл работ в механизированном очистном забое, но уже появилось стремление добиваться двух циклов в сутки; для цикличности работ и планомерного управления кровлей весьма важно систематич. крепление забоев, увязанное с работою и перестановкою механизмов; для производительности и безопасности работ важно достаточно яркое электрич. освещение забоев. Изредка находит применение система разработки, совершенно аналогичная описанной, но с направлением выемки по восстанию или диагональному направлению в соответствии с желанием считаться с ясно выраженным кливажем. При горизонтальном или близком к горизонтальному залегании пласта, когда понятие простирания и падения вовсе или почти утрачивается, сплошные забои могут развиваться во все стороны от шахты б. или м. равномерно. При крутом падении пластов сплош-



Фиг. 10.

ная система разработки получает своеобразные особенности. Выемка угля ведется в потолкоуступном забое (фиг. 11), который имеет

ступени и период времени охлаждения до следующего пуска. Об определении времени включения каждой ступени будет сказано ниже; значение же периода паузы t_b легко определяется на основании значений частоты пуска h, к-рое по германским нормам устанавливается 10÷3 для Р. с воздушным охлаждением для двигателей мощностью соответственно в 1,5—100 kW и означает число пусков двигателя в час при установившемся тепловом режиме, при котором повышение $t°$ не превышает допускаемого значения, т. е. $t_b = \frac{3\,600}{h} - t_a$ ск. Повышение $t°$ сопротивлений Р. за один пуск м. б. приближенно подсчитано по формуле $\tau_1 = \frac{\tau_{don.}}{Z}$, где Z—пусковое число, или число последовательных пусков с паузами между ними, равными двойному времени пуска, при к-ром повышение $t°$ Р. достигает допустимого значения $\tau_{don.}$. Для Р. с воздушным охлаждением для двигателей мощностью в 1,5—100 kW значения Z устанавливаются германскими нормами соответственно 4÷2. Существующие точные аналитич. методы расчета на нагрев элементов сопротивлений отличаются своею сложностью, и пользование ими целесообразно лишь в особо ответственных случаях. При расчете на нагрев масляных пусковых Р. принимается, что все тепло, выделяющееся в Р. за период пуска и равное приблизительно половине всей энергии W_m, потребляемой двигателем за период пуска, идет на нагрев масла, повышение $t°$ к-рого не должно превышать нек-рого определенного значения. Т. к. за период пуска различные слои масла нагреваются по-разному и допустимое повышение $t°$ масла, равное 80°, устанавливается для наиболее нагретого слоя, то в качестве допускаемого среднего повышения $t°$ для всего объема масла принимают несколько меньшее значение, равное обычно $\tau'_{don.} = 60°$. Отсюда, зная уд. темплоемкость масла, время пуска в ход и потребляемую двигателем при пуске мощность, нетрудно подсчитать необходимый объем масла, учитывая число пусков Z. С другой стороны, зная среднее повышение $t°$ масла по сравнению с $t°$ окружающей среды за период пуска, равное

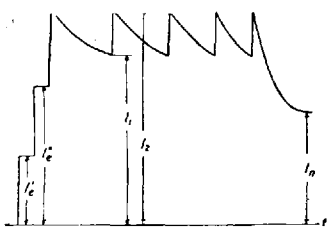
$$\tau_{cp.} = \tau'_{don.}\left(1 - \frac{1}{2Z}\right),$$

период охлаждения t_b и коэф. теплоотдачи поверхности масляного бака σ_s, можно подсчитать необходимую поверхность масляного бака по ф-ле:

$$S = \frac{W_m}{2\sigma_s t_b \tau_{cp.}}.$$

Для масляных пусковых Р. к двигателям мощностью в 3—100 kW соответствующие значения числа пусков и частоты пуска по герм. нормам таковы: $Z = 5 \div 3$ и $h = 4 \div 0{,}6$. Поперечное сечение материала элементов сопротивления для масляных реостатов может быть подсчитано по приведенным выше значениям допускаемой плотности тока.

III. Расчет пусковых Р. Назначение пускового Р. заключается в ограничении силы тока при пуске в ход двигателя, которая в первый момент включения, когда двигатель еще неподвижен, и в дальнейшем, пока скорость вращения двигателя остается значительно ниже номинальной, может достигать весьма высоких значений, опасных для самого двигателя и вызывающих значительные толчки тока в питающей сети. Вводя в первый момент пуска в цепь якоря двигателя Р. и постепенно уменьшая сопротивление последнего по мере нарастания скорости вращения двигателя, получают возможность поддерживать силу тока при пуске в определенных пределах, превышающих номинальное значение тока, не опасных для установки, но достаточных для преодоления начального вращающего момента и создания ускорения вращающихся масс, сцепленных с двигателем. При плавном пуске в ход, когда сопротивление Р. можно изменять плавно (напр. жидкостные Р.), сила тока за весь период пуска остается постоянной, и лишь после того, как все сопротивление Р. оказывается выведенным, что происходит несколько ранее достижения двигателем номинальной скорости вращения, ток постепенно спадает до своего номинального значения. При ступенчатом пуске в ход, имеющем место в случае металлического Р., когда сопротивление Р. приходится изменять ступенями, сила тока за период пуска не остается постоянной, а изменяется скачками при переключении ступеней Р., оставаясь при этом все время в определенных пределах, и спадает до номинального значения после выключения всех ступеней Р. Характер изменения тока в данном случае изображен на фиг. 11,

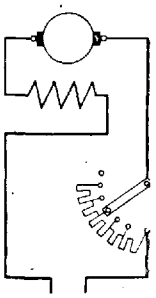


Фиг. 11.

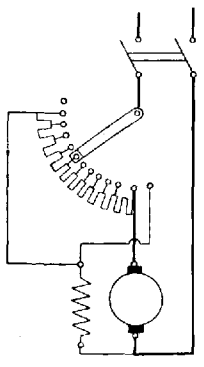
где I_2—значения максимального пускового тока, а I_1—значения тока переключения в момент перед переходом с одной ступени Р. на другую. В двигателях большой мощности во избежание резкого толчка тока в сети при включении, когда двигатель еще неподвижен, в Р. устраиваются т. н. предварительные ступени, благодаря к-рым сила тока не нарастает сразу до значения I_2, а получает значения I_e, I''_e и т. д. в зависимости от числа предварительных ступеней. Сопротивление предварительных ступеней выбирается такое, чтобы при включении их двигатель не мог еще начать вращаться. Величинами, характеризующими пусковое условие и имеющими значение при расчете числа ступеней пускового Р. и сопротивления каждой ступени, кроме основных данных двигателя являются также следующие:

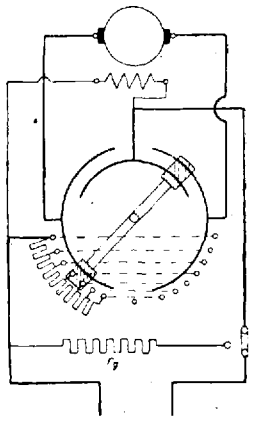
$$j_1 = \frac{I_1}{I_n} \text{ и } \lambda = \frac{I_2}{I_1}, \text{ (иногда также) } j_2 = \frac{I_2}{I_n}$$

и т. н. тяжесть пуска, т. е. отношение средней пусковой мощности к мощности, потребляемой двигателем при полной нагрузке; это отношение м. б. выражено ф-лой $j\sqrt{\lambda}$. Значения j_1 и j_2 для двигателей мощностью 1,5—100 kW обычно берутся соответственно: для асинхронных двигателей $j_1 = 1{,}02 \div 1{,}12$ и $j_2 = 1{,}84 \div 1{,}53$, причем эти значения относятся к силам тока ротора, а для двигателей постоянного тока $j_1 = 1{,}11 \div 1{,}17$ и $j_2 = 1{,}53 \div 1{,}45$. Самое определение числа ступеней и сопротивления их может быть произведено различными методами как графическими, так и аналитическими, различающимися между собой большей или меньшей степенью точности, но в основном все они вытекают из основных ур-ий двигателя, дающих зависимость между напряжением на зажимах двигателя E_k, силой тока I и сопротивлением R цепи якоря и противоэлектродвижущей силой E как для вращающегося, так и для неподвижного двигателя. Ниже приводятся наиболее употребительные способы определения числа ступеней и их сопротивления пусковых Р. для двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей.


Фиг. 12.

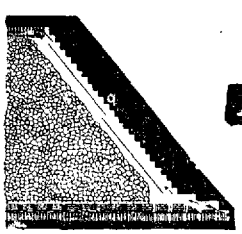
а) Расчет пусковых Р. для двигателей постоянного тока. Принципиальные схемы включения пусковых Р. показаны на фиг. 12 (для сериесного двигателя) и на фиг. 13 (для шунтового); в последнем случае необходимо, чтобы цепь возбуждения перед включением якоря находилась под полным напряжением сети, так как при этом двигатель может развить необходимый крутящий момент при меньшей силе тока в цепи якоря. На фиг. 14 изображена схема включения специального пускового Р. для реверсивного шунтового двигателя. В этом случае при перемене направления движения рукоятки изменяется направление тока в цепи якоря, тогда как направление тока в цепи возбуждения остается постоянным, благодаря чему можно изменять направление вращения двигателя. Число ступеней такого Р. остается одинаковым по сравнению с обычными Р., но число неподвижных контактов приходится увеличивать вдвое. При всех схемах включения пусковых Р. необходимо учитывать и устранять возможность пробоя обмотки возбуждения вследствие возникающих в ней перенапряжений при выключении тока. С этой целью или устраивают так, чтобы в момент выключения тока обмотка возбуждения оказывалась замкнутой на Р. (фиг. 13) или включают в ее цепь добавочное сопротивление r_g (фиг. 14). Графический метод расчета, предложенный Гергесом, основывается на следующих соображениях: так как в любой момент времени


Фиг. 13.

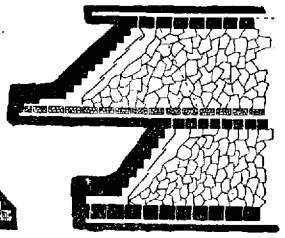


Фиг. 14.

вид опрокинутой лестницы. В каждом уступе находится один забойщик, предохраняемый формой забоя от ударов кусков угля, которые отбиваются в вышележащих уступах и при крутом падении немедленно падают вниз. Ручная отбойка угля в потолкоуступном забое в последние годы все больше вытесняется работой с пневматическими отбойными молотками, сильно (при благоприятных условиях) повышающими производительность забойщика (на 50—100% и более). Наибольший эффект отбойные молотки дают при угле не слишком крепком, трещиноватом. В очень крепком, слитном угле отбойка ведется взрывчатыми веществами. Тщательное и своевременное

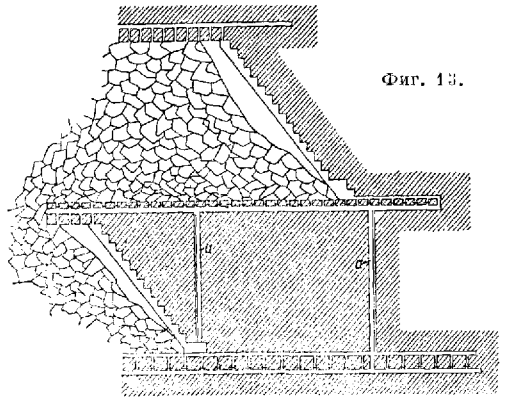


Фиг. 11.



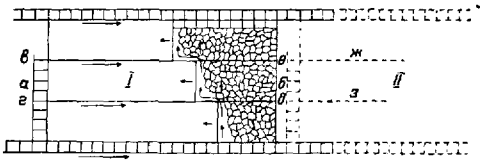
Фиг. 12.

крепление забоев, так же как и закладка выработанного пространства при крутом падении, еще более существенно, чем при пологом, т. к., во-первых, при крутом падении могут обрушаться не только породы висячего бока, но и сползать породы лежачего и, во-вторых, какая-либо в одном месте упавшая глыба породы при скатывании вниз может повредить нижестоящую крепь и тем вызвать массовый завал. Забой крепится также рядами стоек, но кровля, а при слабости породы и почва, затягиваются обаполами, досками или затяжками. При работе без закладки требуется постановка нередко большого числа



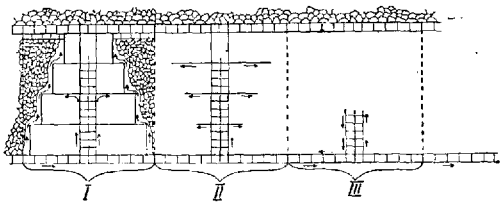
Фиг. 13.

костров, к-рые как правило не переносятся и теряются. Отбитый в уступах уголь падает на поставленные вдоль забоя доски (р е ш т а к и), по к-рым скатывается в нижнюю часть этажа, где через короткие скаты, снабженные люками, выпускается в вагончики, стоящие на откаточном штреке. Закладка при крутом падении легче (самотеком) размещается вдоль забоя, почему в этом случае она применяется чаще. Закладка особенно желательна при разработке пластов со слабыми, легко обрушающимися боковыми породами, пластов не очень тонких, залегающих под большим углом падения. При разработке с закладкой потолкоуступный забой обычно делается прямолинейным на весь этаж (фиг. 11), для того чтобы закладочный материал, подаваемый через верхний штрек, легко было размещать в выработанном пространстве. При работе же с обрушением столь длинный прямолинейный



Фиг. 14.

забой был бы опасен, почему этаж разделяется на 2 (фиг. 12) или несколько подэтажей и следовательно общая линия забоев становится зигзагообразной, что содействует устойчивости боковых пород. Уголь, спускаемый из уступов верхнего подэтажа, откатывается по промежуточному штреку к забоям нижнего, по решткам которого и спускается на откаточный штрек. Для того же чтобы при менее устойчивых породах или более толстых производительных пластах иметь из верхнего



Фиг. 15.

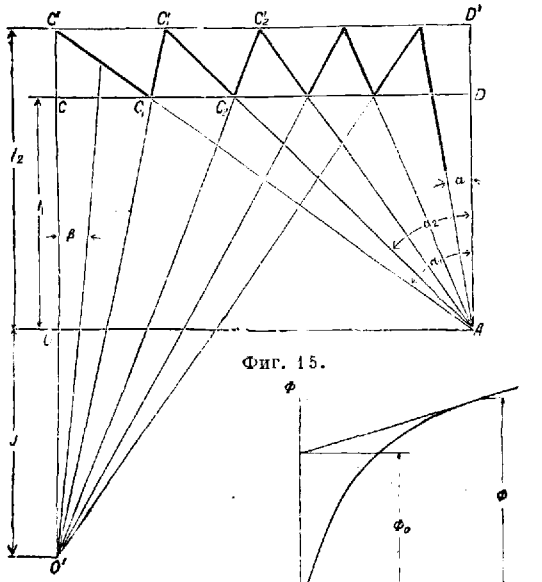
подэтажа независимый выход, иногда проводятся т. н. п е р е д о в ы е с к а т ы *а* (фиг. 13). Следует упомянуть, что в последнее время существуют попытки механизировать врубовыми машинами работу в очистных забоях при крутых пластах, но надо считать пневматические отбойные молотки методом механизации при крутом падении гораздо более универсальным.

С т о л б о в ы е с и с т е м ы р а з р а б о т к и. Основное отличие столбовых систем разработки от сплошных состоит в том, что толща полезных ископаемых предварительно, до начала очистных работ, разделяется подготовительными выработками на отдельные части, т. н. с т о л б ы, имеющие вид прямоугольников. Следовательно подготовительные выработки за время их службы бывают окружены столбами полезных ископаемых, а не выработанными пространствами (как при сплошных системах разработки), и над ними не происходит массового оседания кровли. В этом и состоит основная идея столбовых систем. В зависимости от формы и расположения столбов возможно различать системы разработок длинными столбами по простиранию (фиг. 14 и 15), по восстанию (фиг. 16) и короткими столбами (фиг. 17). При всех этих системах разработки проведением бремсбергов *а*, *б* (фиг. 14) или скатов этаж разрезается на выемочные поля *I*, *II*..., которые в свою очередь промежуточными штреками подразделяются на выемочные участки (очертания *вгде* и т. д.). В пределах каждого выемочного поля сначала идет подготовка столбов проведением штреков *же*, *з* от бремсберга, а затем столбы вырабатываются очистными работами

сила тока в цепи якоря может быть выражена уравнением

$$I=\frac{E_k-E}{R},$$

то отсюда следует, что для различных R изменения силы тока в зависимости от значений E графически изображаются в виде семейства прямых линий AC', AC_1' и т. д., сходящихся в точке A (фиг. 15). С другой



Фиг. 15.

Фиг. 16.

стороны, пренебрегая явлениями самоиндукции, которые имеют место в цепи при всяком изменении силы тока, и считая, что в момент переключения ступеней Р. относительное насыщение магнитной системы двигателя $\mu_Q=\frac{\Phi_0}{\Phi}$, к-рое для сериесных двигателей находится по кривой намагничения (фиг. 16), а для шунтовых—равно единице, остается постоянным и равным таковому же при силе тока I_2, можно получить зависимость

$$E=\frac{E_k}{J}\cdot\frac{\mu_Q}{\omega_s}\cdot\omega(I+J)=\text{Const}\cdot\omega(I+J),$$

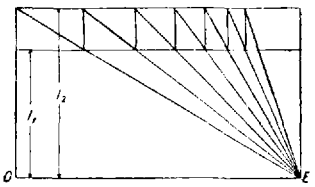
где ω_s—синхронная угловая скорость вращения, ω—текущее значение угловой скорости вращения, а

$$J=\frac{\mu_Q}{1-\mu_Q}\cdot I_2;$$

отсюда для различных значений ω зависимость I от значений E представляется в виде семейства прямых $O'C_1'$, $O'C_2'$ и т. д., выходящих из точки O' (фиг. 15). Для построения диаграммы для сериес-двигателя по оси абсцисс откладывают отрезок OA (фиг. 15), изображающий в нек-ром масштабе напряжение на зажимах E_k; от точки O вверх по оси ординат откладывают отрезки OC и OC', изображающие в масштабе силы тока I_1 и I_2, а вниз—отрезок OO', выражающий в том же масштабе значение J. Точку C' соединяют с A, тогда $\text{tg}\,\alpha_1$ в масштабе дает значение максимального сопротивления цепи якоря R_1 при полностью включенном Р., т. к. в первый момент включения, когда двигатель еще неподвижен, $R_1=\frac{E_k}{I_2}$. Если через точку C_1 на пересечении прямой $C'A$ с горизонталью CD провести из точки O' прямую $O'C_1$ до пересечения с горизонталью $C'D'$ в точке C_1' и соединить точку C_1' с точкой A, то $\text{tg}\,\alpha_2$ дает значение сопротивления цепи якоря R_2 после выключения первой ступени Р. Действительно с увеличением скорости вращения двигателя сила тока начинает уменьшаться по прямой $C'A$, т. к. сопротивление цепи якоря остается при этом постоянным и равным R_1, причем для любой точки этой прямой тангенс угла, образуемого прямой, соединяющей эту точку с точкой O', и осью ординат, т. е. $\text{tg}\,\beta$, выражает в определенном масштабе угловую скорость вращения, т. к.

$$\text{tg}\,\beta=\frac{E}{I+J}=\text{Const}\cdot\omega.$$

В момент, когда сила тока достигает значения I_1, что соответствует точке C_1, производится перевод подвижного контакта Р. на следующий, т. е. выключение первой ступени Р. Вследствие уменьшения сопротивления сила тока опять возрастает и д. б. снова равной I_2, причем так как за короткий промежуток времени, в течение которого производится переключение ступеней, угловая скорость вращения не успевает измениться, то точка, характеризующая новое сопротивление цепи якоря, должна лежать на пересечении прямых $C'D'$ и $O'C_1$, т. е. в точке C_1', и сопротивление цепи якоря при выключенной первой ступени Р. выражается тангенсом угла α_2. Дальнейшее построение производится таким же образом и понятно из чертежа. Когда все ступени Р. выведены, то сила тока продолжает спадать ниже значения I_1, и по достижении двигателем номинальной скорости вращения она также достигает номинального значения. Изменения силы тока при пуске даны на диаграмме жирной линией. При построении диаграммы необходимо, чтобы $\text{tg}\,\alpha_m$ точно равнялся сопротивлению R_m якоря двигателя и соединительных проводов, если же этого не получится, то необходимо слегка изменить значение I_1 или I_2. Пользуясь этой диаграммой, нетрудно определить число ступеней Р. $m=n-1$, где n—число положений рукоятки и сопротивление цепи якоря для каждого положения подвижного контакта, определяемые тангенсом угла α. Разность сопротивлений для каждых двух соседних положений дает сопротивление соответствующей ступени Р. В случае ненасыщенного сериес-двигателя, для к-рого $\mu_Q=0$, J также оказывается равным нулю, и диаграмма изменяется в том лишь отношении, что точка O' совпадает с точкой O. В случае шунтовых двигателей $J=\infty$, т. к. $\mu_Q=1$, и поэтому диаграмма принимает вид, изображенный на фиг. 17. Т. к. для шунтового двигателя ω пропорциональна E, то угловая скорость вращения для каждого момента легко м. б. найдена, если по оси абсцисс нанести также масштаб для угловых скоростей вращения. Для двигателей со смешанным возбуждением диаграмма остается такой же, как и для сериес-двигателя, только изменяется значение μ_Q, к-рое должно учитывать также влияние и шунтовой обмотки возбуждения. В этом случае



Фиг. 17.

$$\mu_Q=1-H(1-\mu_{Q_0}),$$

где $H=\frac{I_2}{I_m'+I_2}$, μ_{Q_0}—среднее относительное насыщение при силе тока I, а I_m'—ток возбуждения шунтовой обмотки, пересчитанный на силу тока последовательной цепи возбуждения. Из диаграммы фиг. 15 следует, что отношение эдс, наводимых при переходе с одной ступени на другую, остается постоянным и равным ε. Это обстоятельство позволяет при помощи основных ур-ий процесса пуска рассчитать Р. и аналитич. методом, для чего необходимо знать сопротивление якоря двигателя и соединительных проводов R_m, напряжение сети E_k, относительное насыщение магнитной системы двигателя μ_Q, а также значения λ и I_2, к-рые или указываются в задании или выбираются конструктором. Порядок расчета следующий: сначала находят

$$\varepsilon=\frac{\lambda}{1+(\lambda-1)\mu_Q},$$

затем по значениям E_k и I_2 находят наибольшее сопротивление пусковой цепи $R_1=\frac{E_k}{I_2}$, после чего число ступеней Р. определяется по ф-ле

$$m=\frac{\ln\left[\frac{R_m}{R_1}\left(1-\frac{\varepsilon}{\lambda}\right)+(\varepsilon-1)\right]-\ln(\lambda-1)}{\ln\varepsilon-\ln\lambda},$$

причем m д. б. целым числом, если же этого не получается, то необходимо соответственно слегка изменить значение λ. Сопротивление последней ступени Р. равно

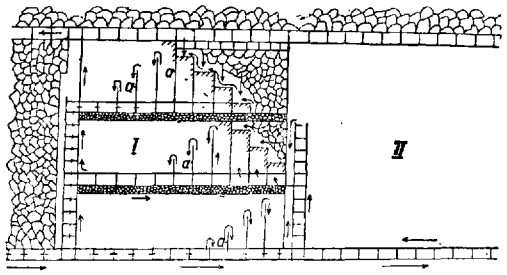
$$r_{m-1}=R_1\left[\frac{\lambda}{\varepsilon}(\varepsilon-1)+\left(\frac{\lambda}{\varepsilon}-1\right)\frac{R_m}{R_1}\right],$$

и сопротивление же любой ступени находится по ф-ле

$$r_{m-\nu}=r_{m-1}\left(\frac{\lambda}{\varepsilon}\right)^{\nu-1}.$$

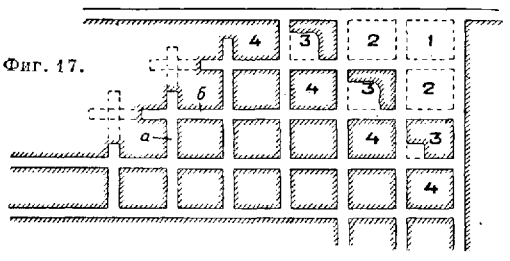
б) Расчет пускового Р. для асинхронного двигателя. Обычная схема включения пускового Р. для трехфазного асинхронного двигателя изображена на фиг. 18 (S—статор), где пусковой Р., введенный в цепь ротора R, и обмотки ротора соединены в звезду. Иногда с целью уменьшения числа контактов или для увеличения числа ступеней сопротивления отдельных цепей ротора, разбитые на определенное число ступеней, включаются поочередно в общий контактный ряд; в этом случае Р. имеет один общий подвижной контакт. Принципиальная схема такого

в обратном направлении. Поэтому для столбовых систем разработки очень важно правильное соотношение между подготовительными и очистными работами, состоящее в том, чтобы в каждый данный момент развитие подготовительных выработок гарантировало бы дальнейшее бесперебойное развитие очистных работ. Вместе с тем запас подготовительных



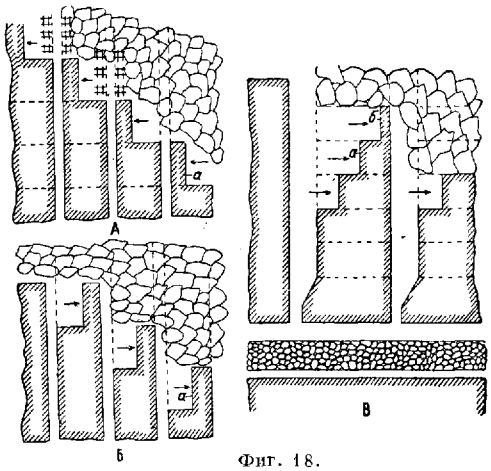
Фиг. 16.

работ не должен быть излишним, так как это требует напрасного увеличения оборотного капитала. В виду многочисленности подготовительных работ при столбовых системах разработки следует обращать особое внимание на быстрое прохождение подготовительных выработок, почему механизация этих работ, особенно в крупных шахтах, приобретает особое значение. Наибольшее значение в настоящее время в этом отношении для работы в породе имеют пневматические бурильные молотки (в США) и погрузочные машины, а для работ по углю—врубовые машины типов, предназначенных для подготовок (см. *Врубовые машины*), а также погрузочные и комбинированные—врубовые и погрузочные машины (США). При столбовых системах разработки в отличие от сплошных надо считать нормальным тот порядок выемки подэтажей, когда раньше вырабатываются вышележащие подэтажи и следовательно забои верхних подэтажей идут впереди забоев нижних. Это требуется для того,чтобы рабочая часть бремсберга в период заканчивания данного выемочного поля находилась бы среди невыработанных толщ угля. Очистные работы могут развиваться не только по одну сторону от



Фиг. 17.

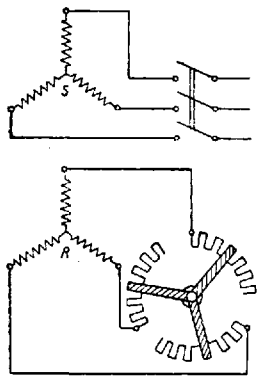
бремсберга (одностороннее бремсберговое поле), но и по обеим сторонам его (двустороннее бремсберговое поле). Двусторонние поля (фиг. 15) по сравнению с односторонними обладают преимуществом концентрации работ, но их главный недостаток—необходимость поддерживать бремсберг при заканчивании выемки данного бремсбергового поля среди выработанного пространства—проявляется в различной степени в зависимости от местных условий. Поэтому при более слабых породах и более мощных пластах, а также при более наклонном падении могут оказаться предпочтительнее односторонние поля. Теоретич. расчеты показывают, что длина по простиранию двустороннего поля должна при прочих равных условиях превосходить длину одностороннего приблизительно в $\sqrt{2}$ раз. Что касается собственно очистных работ и в частности методов их механизации, то при разработке длинными столбами по простиранию столбы почти всегда, особенно при механизированном производстве, выпимаются сплошными забоями, ведение работ в которых почти не отличается от такового при сплошной системе. Но многочисленность подготовительных выработок требует тщательного проветривания их глухих забоев, в особенности в газовых рудниках. В новейшее время в этом отношении особое значение получили подземные переносные электровентиляторы. Разработка длинными столбами по простиранию применима при любых углах падения, но при крутом падении очистные забои делаются потолкоуступными. Эта система наиболее применима для пластов мощностью в 1—3 *м*,



Фиг. 18.

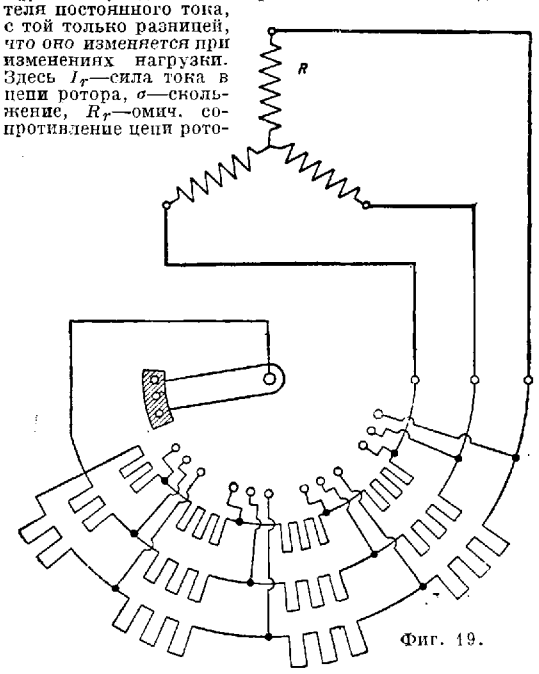
залегающих в относительно устойчивых породах. При разработке длинными столбами по восстанию (фиг. 16) подготовительные работы, т. е. проведение этажных штреков, бремсбергов и промежуточных штреков, такие же, как и при разработке длинными столбами по простиранию, но каждый подэтаж разделяется п е ч а м и *а* (узкие штреки по углю) на длинные столбы, вытянутые по восстанию. Так как выемка каждого столба производится, начиная с его верхней части, то доставка угля к штреку происходит не в выработанном пространстве, как при сплошной системе разработки или при разработке длинными столбами по простиранию, а по печам, огражденным невыработанными частями столбов, в чем и заключается основная идея этой системы. В зависимости от ширины столбов, свойств кровли, направления кливажа и способа работы—ручная или механизированная выемка—каждый столб может вырабатываться различно. В США эта система применяется при очень пологом падении с полной механизацией; столбы шириною ок. 25 *м* вырабатывают сплошными забоями (с расположением забоев по схеме фиг. 16). При ручной работе ширина столба делается обычно 8—12 *м*. Такой столб при благо-

способа включения, предложенная впервые Каллен-бергом, изображена на фиг. 19. Этот способ включения вследствие получающейся при этом неравномерности нагрузки отдельных фаз может применяться лишь в тех случаях, когда не требуется строгого выполнения последнего условия. Пусковые Р. для реверсивных двигателей могут выполняться по обеим схемам включения, причем схема аналогична схеме для двигателей постоянного тока. В случае редкого изменения направления вращения двигателя рациональнее применять обычный пусковой Р., а переключение фазовых цепей статора производить при помощи специального рубильника. Для определения числа ступеней и их сопротивления для каждой фазы трехфазного асинхронного двигателя пользуются методом, предложенным Гёргесом и основанным на видоизмененной диаграмме Гейланда, построенной не для сил токов в цепи статора, а для

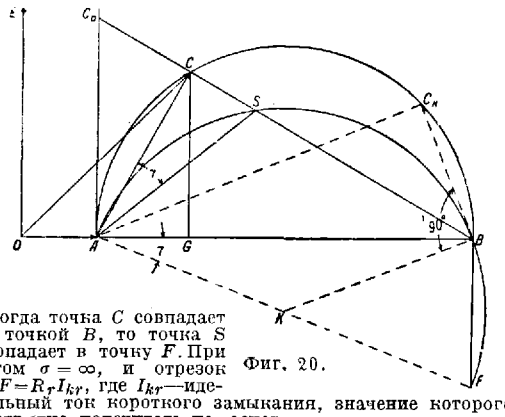


Фиг. 18.

напряжений в цепи Р., при допущении, что омич. сопротивление статора ничтожно и потери холостого хода настолько малы, что ими можно пренебречь. При этом за вертикальную ось координат берется направление вектора напряжения на зажимах статора, а диаметром круга служит отрезок AB, изображающий в масштабе трансформаторное напряжение холостого хода E_{0r} (фиг. 20). Для любой точки C данной окружности один из катетов прямоугольного тр-ка ABC $AC=I_r X_{0r}$ представляет в масштабе напряжений вектор силы тока ротора, повернутый на 90°, а катет $BC=I_r\frac{R_r}{\sigma}=E_{kr}$ представляет напряжение ротора, компенсирующее омическое падение напряжения в цепи ротора. Напряжение E_{kr} м. б. уподоблено напряжению на зажимах двигателя постоянного тока, с той только разницей, что оно изменяется при изменениях нагрузки. Здесь I_r—сила тока в цепи ротора, σ—скольжение, R_r—омич. сопротивление цепи ротора и X_{0r}—индуктивное сопротивление цепи ротора при $\sigma=1$. Напряжение E_{kr} можно представить как бы состоящим из двух слагающих: омич. падения напряжения, к-рое имеет место в действительной цепи ротора $I_r R_r=CS$, и напряжения $E_r=I_2\frac{R_r}{\sigma}(1-\sigma)=SB$. Т. о. $E_{kr}=I_r R_r+E_r$, где E_r по аналогии с такой же формулой для двигателей постоянного тока можно считать как бы противоэлектродвижущей силой, наводимой в роторе. OA и OC—токи статора при холостом ходе и при нагрузке, пересчитанные на ротор в масштабе напряжений, GC—вращающий момент двигателя. Нетрудно доказать, что $\angle\gamma$ не зависит от нагрузки и изменяется лишь в зависимости от сопротивления цепи ротора, откуда следует, что при изменениях нагрузки при постоянстве сопротивления цепи ротора точка S перемещается по окружности, проходящей через точки A, B и S. Если при возрастании нагрузки точка C приходит в точку C_k, то точка S совпадает с точкой B, тогда $E_{kr}=I_r R_r$ и следовательно $\sigma=1$, что соответствует моменту пуска в ход, когда двигатель еще не начал вращаться.

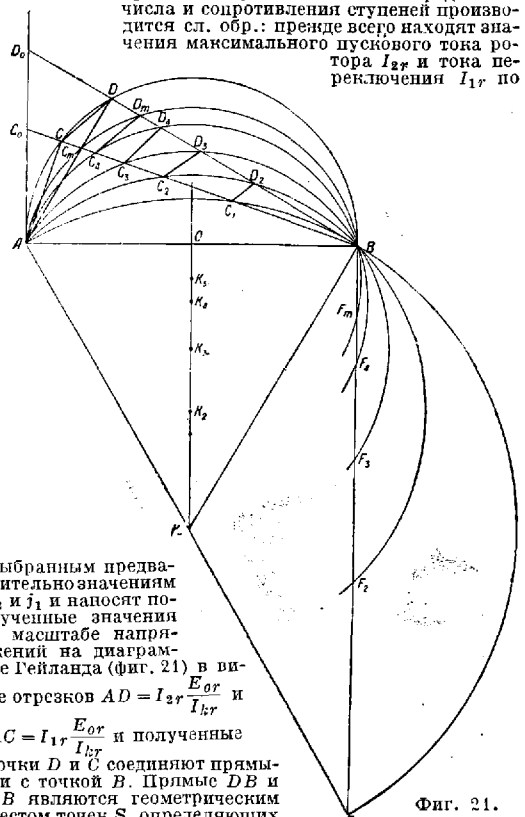


Фиг. 19.



Фиг. 20.

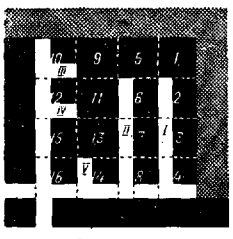
Когда точка C совпадает с точкой B, то точка S попадает в точку F. При этом $\sigma=\infty$, и отрезок $BF=R_r I_{kr}$, где I_{kr}—идеальный ток короткого замыкания, значение которого нетрудно подсчитать на основании данных двигателя, необходимых для построения круговой диаграммы. Отсюда легко подсчитать масштаб для сопротивлений цепи ротора. Отрезок AC_0, получающийся в результате пересечения прямой BC с перпендикуляром, восставленным в точке A к оси абсцисс, равен $\sigma\cdot\frac{E_{0r}^2}{I_{kr}\cdot R_r}$ и следовательно в определенном масштабе (различном для каждого значения R_r) выражает скольжение двигателя при данных условиях. Самое определение числа и сопротивления ступеней производится сл. обр.: прежде всего находят значения максимального пускового тока ротора I_{2r} и тока переключения I_{1r} по



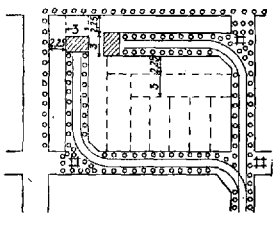
Фиг. 21.

выбранным предварительно значениям j_2 и j_1 и наносят полученные значения в масштабе напряжений на диаграмме Гейланда (фиг. 21) в виде отрезков $AD=I_{2r}\frac{E_{0r}}{I_{kr}}$ и $AC=I_{1r}\frac{E_{0r}}{I_{kr}}$ и полученные точки D и C соединяют прямыми с точкой B. Прямые DB и CB являются геометрическим местом точек S, определяющих сопротивление цепи ротора при постоянной силе тока I_{2r} или I_{1r}. В момент пуска ротор двигателя неподвижен и $\sigma=1$, сопротивление же ротора д. б. таково, чтобы сила тока была равна I_{2r}. При $\sigma=1$ прямая, **проведенная из точки круга напряжений Гейланда, соответствующей пуску (точка D), в точку B, является касательной к кругу скольжения, соответствующему сопротивлению цепи ротора при полностью включенном Р., т. е. максимальному сопротивлению цепи ротора R_{1r}.**

приятных условиях иногда вырабатывается сплошным забоем, расположенным в зависимости от направления кливажа по простиранию или диагонально, но гораздо чаще, при менее устойчивых породах и при кливаже, близком к падению, или при отсутствии кливажа столбы вынимаются отдельными з а х о д к а м и *а* (фиг. 18, А) на всю ширину столба или на половину ширины. В одном столбе м. б. и несколько заходок (фиг. 18, В). Длина забоя заходок 3—10 *м*. Забои заходок могут двигаться от завала (фиг. 18, А) или к завалу (фиг. 18, Б). В последнем случае работа безопаснее, почему выемка к завалу предпочтительнее при менее устойчивой кровле, хотя обыкновенно у границы с выработанным пространством приходится бросать н о ж к у угля *б*—узкую полосу невыбранного угля. Применение разработки столбами по восстанию в виду большого числа подготовительных, трудно проветриваемых выработок очень ограничено. При системе разработки короткими столбами подготовительные работы производятся аналогично предыдущим столбовым системам, но подэтажи путем проведения выработок *а* (фиг. 17) по восстанию (печи) и выработок *б* по простиранию (просеки) разрезаются на короткие столбы. Подэтажи как правило вырабатываются, начиная с верхних, а столбы в подэтаже,—начиная с верхних и наиболее удаленных от бремсберга (цифры на фиг. 17). Это обеспечивает нахождение всех подготовительных выработок среди массивов угля. Система коротких столбов наиболее приспособлена к эксплоатации месторождений не тонких, залегающих в малоустойчивых боковых породах, с некрепким полезным ископаемым. Именно таким условиям удовлетворяют многие буроугольные месторождения, где короткие столбы квадратной формы со сторонами в 15—20 *м* приходится во избежание одновременного обнажения значительных площадей кровли вынимать отдельными частями, напр. в порядке, указанном римскими цифрами на фиг. 19. Аналогично по идее разделение при выемке коротких столбов на отдельные части и в Подмосковном бассейне. В США при разработке горизонтально залегающих каменноугольных пластов средней мощности выемка коротких столбов полностью механизируется, напр. так (фиг. 20), что столб

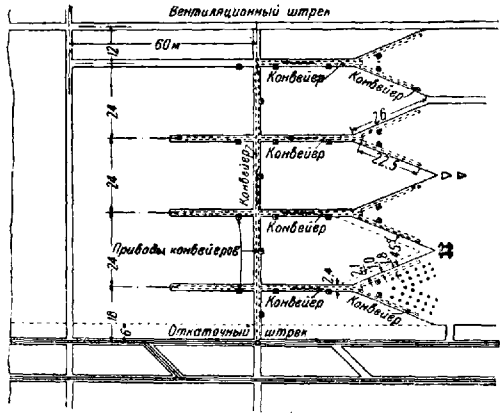


Фиг. 19.



Фиг. 20.

вынимается п о л о с а м и все уменьшающейся длины, причем в забоях работают врубовые машины специальной конструкции (типа аркуолл), доставляемые к забою по рельсовым путям, по к-рым происходит и откатка угля от забоя непосредственно в рудничных вагончиках. При очень пологом залегании месторождений (примерно в пределах 2÷5°) иногда бывает желательно некоторые подготовительные выработки для облегчения откатки проводить не по простиранию или падению, а диагонально к этим направлениям. Поэтому получаемые при такой подготовке столбы называются д и а г о н а л ь н ы м и. Их подготовка и выемка производятся вполне аналогично тому, как при длинных или коротких столбах. В русской литературе иногда можно встретить термин в и-с и с т е м а разработки (главным образом в США). Все разработки, им обозначаемые, представляют собой одну из столбовых систем разработки, но со своеобразным взаимным расположением забоев в виде латинской буквы **V**, откуда и привилось название этой системы разработки. Обычно забои образуют пилообразную линию с симметричными (фиг. 21) или несимметричными зубцами (т. н. полуви-система).

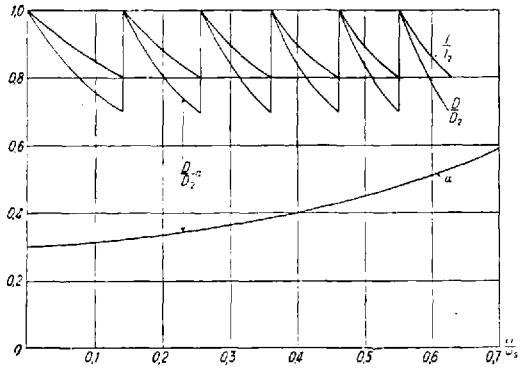


Фиг. 21.

Диагональное расположение забоев по отношению к оси столба обусловливает при прочих равных условиях быстрое подвигание забоев, что в связи с концентрированным расположением последних обусловливает большую производительность выемочных полей и при надлежащей механизации значительно увеличивает производительность рабочих. К недостаткам подобной системы надо отнести: 1) необходимость строгого согласования всех работ в отдельных участках выемочного поля; 2) необходимость быстрого подвигания подготовительных работ; 3) невозможность ставить забои по кливажу; 4) трудность управления кровлей; 5) затруднения с вентиляцией; 6) при работе столбами по восстанию при притоке воды последняя идет по очистным забоям. Поэтому на практике описанное выше расположение забоев несмотря на отмеченные достоинства его применяется в редких случаях.

К о м б и н и р о в а н н ы е с и с т е м ы р а з р а б о т к и. Принципы, положенные в основу двух главных типов системы разработки—сплошной и столбовой,—иногда при надлежащих условиях бывает целесообразно применять в одной какой-либо системе. Такие системы называются комбинированными, или смешанными. Приведем два примера: фиг. 22 изображает комбинированную систему разработки—сплошную и длинными столбами по простиранию. Как и при столбовых системах, этаж предварительно разбивается на бремсберговые поля, но каждое крыло поля вырабатывается частью (через подэтаж) сплошными забоями, с направлением их движения

Центр этого круга скольжения находится так: из точки B восставляют перпендикуляр к DB и находят точку пересечения его K_1 с перпендикуляром, восставленным из центра круга Гейланда. Эта точка и является центром искомого круга радиуса $AK_1=BK_1$. Точка пересечения F_1 этого круга с перпендикуляром, восставленным к AB в точке B, отсекает на последнем отрезок $F_1B=I_{kr}\cdot R_{1r}$, откуда т. о. находится сопротивление R_{1r}. При возрастании скорости вращения ротора сила тока в роторе уменьшается, и точка S перемещается по наибольшему кругу скольжения от точки B по направлению к точке A, и когда сила тока оказывается равной I_{1r}, то точка S совпадает с точкой C_1. В этот момент производится выключение первой ступени Р., причем сила тока должна возрасти опять до значения I_{2r}, что возможно лишь при определенном значении сопротивления цепи



Фиг. 22.

ротора R_{2r}. В данном случае точка S должна совпасть с точкой D_2, к-рая в свою очередь должна находиться на прямой DB и на окружности скольжения, соответствующей новому сопротивлению цепи ротора R_{2r}. Точка D_2 находится, если из точки C_1 провести прямую, параллельную CD. Проведя через точки A, B и D_2 окружность, находят точку F_2, дающую в масштабе значение R_{2r}. При дальнейшем увеличении скорости вращения точка S перемещается по данной окружности от D_2 к C_2 и, когда она приходит в точку C_2, производится выключение второй ступени Р. Для определения числа ступеней Р. и сопротивления каждой из них аналогичные построения производятся до тех пор, пока полученное сопротивление не окажется в точности равным сопротивлению фазовой обмотки ротора и соединительных проводов R_m. Если такого совпадения не получается, то слегка изменяют значения I_{1r} или I_{2r}. Скольжение в любой момент времени может быть найдено, если из точки B провести прямую через любую точку, лежащую на участке CD круга Гейланда и соответствующую силе тока ротора в данный момент, до пересечения с вертикалью AD_0. Тогда отрезок от точки A до точки перссечения дает значение скольжения в масштабе, различном для одной и той же силы тока, но при различных сопротивлениях цепи ротора. Расчет Р. для асинхронных двигателей м. б. произведен также и аналитич. методом. Если напряжения, соответствующие силам тока I_{2r} и I_{1r} и выражаемые отрезками DB и CB, обозначить соответственно через E_{2kr} и E_{1kr} и ввести обозначение $\varepsilon=\frac{E_{2kr}}{E_{1kr}}$, то нетрудно доказать, что сопротивление v-той ступени м. б. выражено через максимальное сопротивление цепи ротора R_{1r} следующей ф-лой:

$$R_v=R_{1r}\left(\frac{\varepsilon}{\lambda}\right)^{v-1},$$

где $\lambda=\frac{I_{2r}}{I_{1r}}$, сопротивление же $R_{1r}=\frac{E_{kr}}{I_{kr}}$.

Кроме указанных способов существует еще целый ряд других, б. или м. различающихся друг от друга, но результаты, получающиеся при пользовании ими, весьма близки друг к другу.

в) Определение периода пуска двигателя и времени включения отдельных ступеней Р. Периодом пуска t_m называется время, в течение к-рого ток протекает только по пусковым ступеням реостата. Ясно, что период пуска всегда меньше того времени, в течение которого скорость двигателя достигает номинальной. Приближенно вычисление периода пуска двигателей мощностью до 200 kW при нормальных условиях можно производить по эмпирич. ф-ле $t_m=4+2\sqrt{P_n}$, где P_n—номинальная мощность двигателя в kW. В случае приведения двигателем в движение больших масс значение t_m следует подсчитывать более точно. Аналитические методы подсчета значений t_m и времени включения отдельных ступеней весьма сложны и кропотливы даже в случае, если пуск происходит при постоянном нагрузочном моменте; если же последний изменяется в зависимости от скорости вращения, то такой подсчет представляет весьма большие затруднения. Поэтому весьма удобно пользоваться графич. методом, к-рый пригоден для обоих случаев и одинаково м. б. применен как в случае двигателей постоянного тока, так и асинхронных. Ускоренное движение вращающихся масс математически можно выразить следующим ур-нем

$$\theta\cdot\frac{d\omega}{dt}=D-M,$$

где θ—момент инерции вращающихся частей двигателя и сцепленных с ним масс, D—момент, развиваемый двигателем, и M—противодействующий, или нагрузочный, момент. Обозначая через D_2 момент, развиваемый двигателем при максимальном пусковом токе I_2, и выражая нагрузочный момент как некоторую часть этого момента, а именно $M=aD_2$, причем a м. б. или постоянной величиной или переменной, на основании предыдущего ур-ия получаем

$$t=\theta\int\frac{d\omega}{D-aD_2}=T_s\int\frac{d\frac{\omega}{\omega_s}}{\frac{D}{D_2}-a},$$

где $T_s=\frac{\theta\omega_s}{D_2}$ — постоянная времени разбега, а ω_s—синхронная угловая скорость вращения двигателя. Дальнейшие преобразования дают

$$\frac{t}{T_s}=\int y\,d\frac{\omega}{\omega_s},$$

где $y=\frac{1}{\frac{D}{D_2}-a}$. Для решения последнего ур-ия графич. способом по оси ординат откладывают значения $\frac{I}{I_2}$, а по оси абсцисс—значения $\frac{\omega}{\omega_s}$, найденные для каждого значения ω по приведенным выше пусковым диаграммам Гёргеса (фиг. 22). Имея данные кривые, нетрудно построить также и кривые $\frac{D}{D_2}=f\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$. Если известен закон изменения a в зависимости от ω, то на этой же диаграмме м. б. нанесена также и кривая $a=\varphi\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$. Разность между ординатами кривых $\frac{D}{D_2}=f\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$ и $a=\varphi\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$, равная $\frac{D}{D_2}-a$, дает для каждого значения $\frac{\omega}{\omega_s}$ соответствующее значение $\frac{1}{y}$, на основании к-рых на фиг. 23 построена кривая 1, ур-ие которой $y=\psi\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$.

Площадь, ограниченная этой кривой, осью абсцисс и соответствующей ординатой, выражает относительное время включения, считая с момента начала пуска. На фиг. 23 кри-

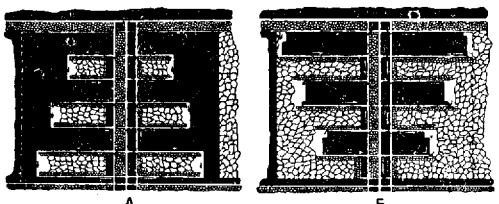


Фиг. 23.

вая 2 изображает зависимость $\frac{t}{T_s}=f_1\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$, пользуясь к-рой находят как полный период пуска, так и время включения отдельных ступеней Р.

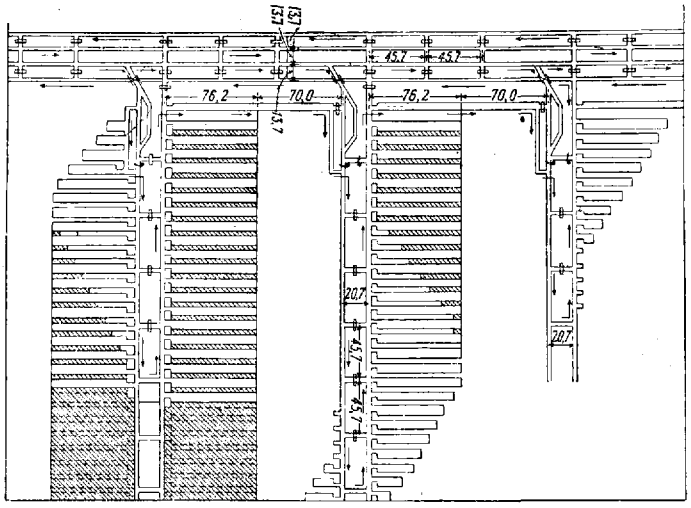
IV. Расчет регулирующих Р. сводится к определению числа ступеней и сопротивления их в зависимости от требований, предъявляемых относительно характера изменений величины, подлежащей регулировке.

от бремсберга к границам поля (фиг. 22, А), частью же длинными столбами (фиг. 22, Б), вырабатываемыми в обратном направлении. За каждым из упомянутых очистных забоев ведутся параллельно два штрека, верхний и



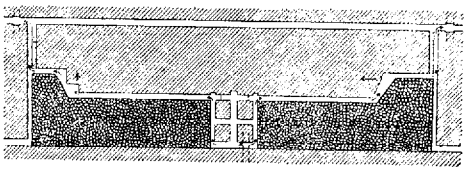
Фиг. 22.

нижний, почему эта система получила в Донецком бассейне очень характерное название системы парных штреков. Ее достоинства: 1) отсутствие промежуточных штреков, проходимых узким ходом; 2) простота

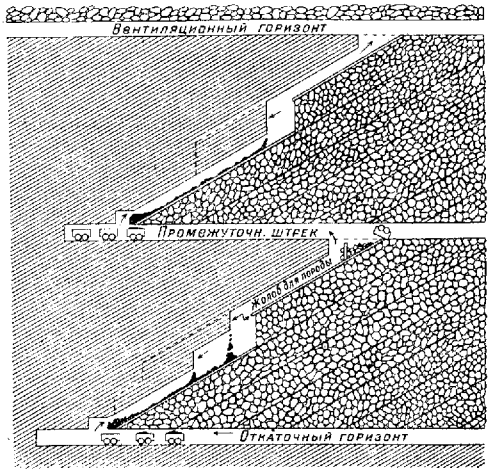


Фиг. 23.

подготовительных работ. Наилучшие результаты эта система дает при разработке пластов ок. 1 м мощностью с падением не свыше 10—15°, залегающих в породах средней устойчивости. Эта система мало пригодна для механизации. В США широчайшим распространением пользуется камерно-столбовая система разработки, сущность к-рой заключается в том (фиг. 23), что от штреков проводятся камеры шириною 4÷12 м, отделенные друг от друга столбами примерно такой же ширины. Длина камер достигает 70—100 м. Для образования целиков у штреков каждая камера сначала ведется узким ходом, а потом расширяется. Междукамерные столбы по мере возможности вырабатываются. Общее направление выемки камер идет от главной откаточной выработки к границам поля, что касается столбов, то их выработка идет или вслед за выемкой камер (средняя часть фиг. 23) или обратным ходом (нижняя часть фиг. 23). Так как выемка угля в камерах происходит в относительно узких забоях, окруженных столбами угля, то наблюдается очень слабое давление пород, что обусловливает малый расход (на крепление) лесных материалов. Зато в период выемки столбов наступает сильное давление кровли, почему как правило столбы вырабатываются с большими потерями. В США эта система применяется преимущественно для разработки горизонтально залегающих пластов средней мощности. Многие америк. машины для угледобычи и предметы шахтного


Фиг. 24.

оборудования приспособлены именно к этим условиям (врубовые машины шорт-уолл и лонг-уолл, погрузочные машины, комбинированные машины, большегрузные низкие и широкие вагонетки). Но камерно-столбовая система применяется и для мощных крутопадающих пластов (см. ниже). В самые последние годы камерно-столбовая разработка находит широкое применение в Черемховском каменноугольном бассейне. Системы разработки, называемые в Вестфалии Stossbau и Schrägbau, по характеру подготовительных работ приближаются то к сплошным то к столбовым системам, но в виду своеобразного расположения очистных забоев заслуживают особого наименования. Их сущность всего лучше может быть выражена по-русски, для первой—термином выемка полосами (фиг. 24), а для второй—выемка диагональными полосами (фиг. 25). Разработка ведется с полной закладкой. Уголь, вырабатываемый в забое полосы, откатывается по штреку к скату (или бремсбергу), а закладка спускается с верхнего штрека по скатам

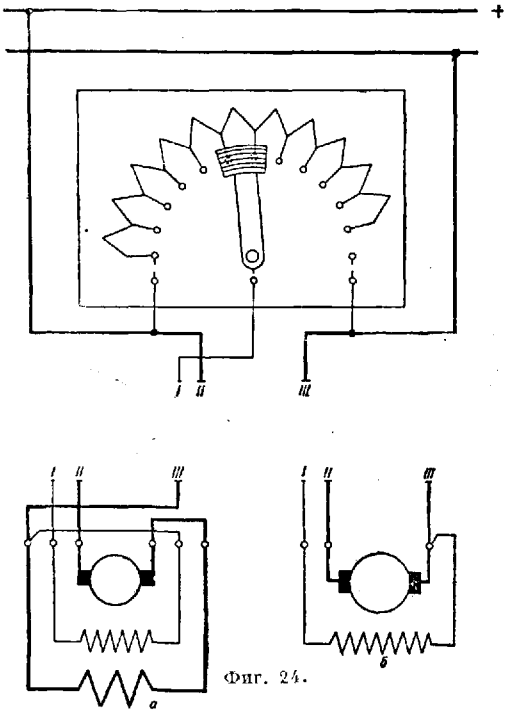


Фиг. 25.

у границ выемочного поля и идет вслед за выемкой угля. Смысл системы разработки диагональными полосами ясен из фиг. 25. Очевидно, что органич. недостатком выемки полосами яв-

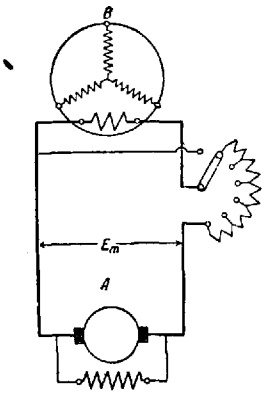
Что же касается расчета на нагрев, то все ступени регулирующих Р. рассчитываются исключительно на продолжительную нагрузку, максимальную для каждой из них мощности.

а) Расчет Р. для регулировки напряжения электрических машин. Принципиальные схемы включения подобных Р. изображены для машины с самовозбуждением на фиг. 24

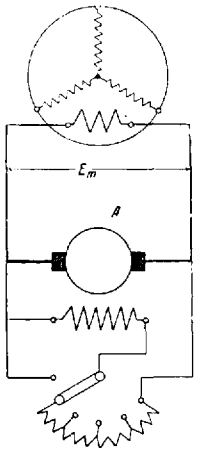


Фиг. 24.

(*а*—компаунд генератор, *б*—шунтовой генератор), для машин с посторонним возбуждением—на фиг. 25, 26 (*А*—возбудитель, *В*—генератор). Р. для поддержания постоянства напряжения должны давать возможность при неизменном или повышенном на 10% числе оборотов поддерживать напряжение генератора постоянным от холостого хода до полной нагрузки, причем нормальные допустимые отклонения от номинального напряжения при регулировке принимаются следующие: ±2—3% для генераторов мощностью до 100 kW и ±1—2% для мощности свыше 100 kW. Для расчета необходимо иметь характеристичные кривые генератора: холостого хода и нагрузочную (кривые *1* и *2* на фиг. 27), т. е. зависимости напряжения на зажимах генератора от силы тока



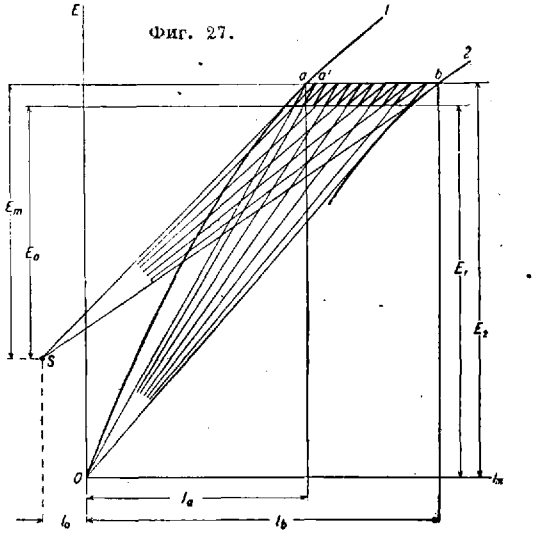
Фиг. 25.



Фиг. 26.

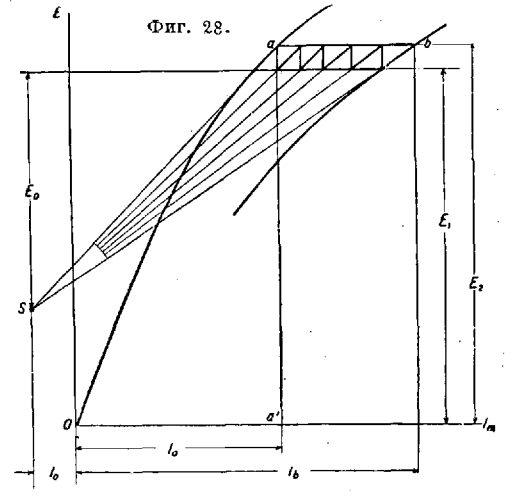
возбуждения для обоих случаев. Тогда, если в пределах от холостого хода до полной нагрузки напряжение при регулировке должно поддерживаться приблизительно постоянным, изменяясь лишь в пределах от E_2 до E_1, то для генератора с самовозбуждением получается следующая картина (фиг. 27). Если соединить точку *a* с точкой *O*, то полученная прямая определяет не только сопротивление цепи возбуждения для этого момента (тангенс угла aOI_m), но и изменения напряжения на зажимах в зависимости от тока возбуждения при постоянном сопротивлении цепи возбуждения, так как при этом последнем условии вышеупомянутая прямая является внешней характеристикой. Т. о. при возрастании нагрузки уменьшение напряжения происходит по этой прямой. В момент, когда напряжение достигает значения E_1, выключают первую ступень Р., отчего уменьшается сопротивление цепи возбуждения и увеличивается ток возбуждения. Это вызывает возрастание напряжения, которое происходит

Фиг. 27.



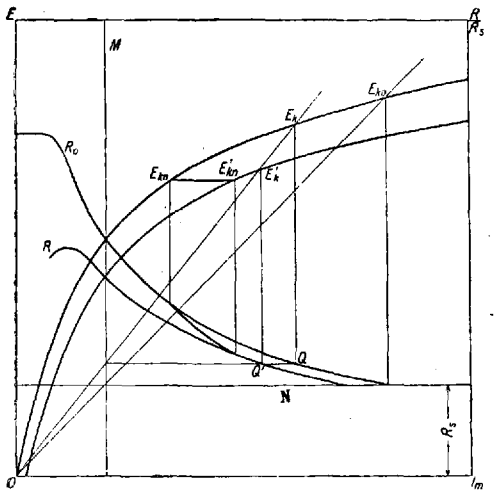
по соответствующей нагрузочной кривой, причем для того, чтобы значение его не превысило E_2, необходимо в цепи возбуждения иметь сопротивление, значение которого определяется тангенсом угла наклона прямой, проведенной из точки *O* через точку *a'* пересечения нагрузочной кривой с горизонталью, проведенной через точку *a* с ординатой, равной E_2. При дальнейшем повышении нагрузки изменения напряжения происходят по прямой *Oa'*, и предыдущие построения повторяются до тех пор, пока не приходят в точку *b* на нагрузочной кривой для полной нагрузки. Ход построения диаграммы на фиг. 27 ясен из чертежа, если отметить, что для простоты участки нагрузочных кривых

Фиг. 28.



в пределах колебаний напряжения с достаточным приближением м. б. приняты за отрезки прямых, касательных к соответствующим нагрузочным кривым и пересекающихся в одной точке *S*. В случае независимого возбуждения (фиг. 28) весь ход рассуждения остается тот же, с той только разницей, что уменьшение напряжения при увеличении нагрузки происходит по вертикали *aa'*, т. к. при постоянном сопротивлении цепи возбуждения и постоянном напряжении возбудителя ток возбуждения при изменениях нагрузки

остается также постоянным. На основании этих диаграмм легко находится необходимое число ступеней Р., а по тангенсам углов наклона, выходящих из точки O, легко найти сопротивление цепи возбуждения для каждого положения подвижного контакта Р. Последнее однако удобнее сделать, если построить кривые сопротивления в зависимости от тока возбуждения. Для этого проводят прямую M (фиг. 29), параллельную оси ординат; тогда ордината пересечения этой прямой с лучом OE_{k0}, тангенс угла наклона к-рого равен сопротивлению обмотки возбуждения, дает в



Фиг. 29.

нек-ром масштабе сопротивление обмотки возбуждения R_s. Через полученную т. о. точку пересечения проводят горизонталь N и на правой оси ординат наносят масштаб сопротивлений, принимая сопротивление обмотки возбуждения за единицу. Теперь в случае машины с самовозбуждением из точки O проводят прямую OE_k под любым углом к оси абсцисс, соответствующую нек-рому сопротивлению R_1. Из точки пересечения этого луча с прямой M проводят горизонталь, а из точки пересечения с кривой холостого хода E_k опускают перпендикуляр до пересечения с данной горизонталью в точке Q, ордината к-рой и дает значение сопротивления R_1 для кривой холостого хода. Точно так же можно найти значение сопротивления R'_1 для полной нагрузки, определяемое точкой Q', для чего необходимо опустить перпендикуляр из точки E_k пересечения луча OE_k с нагрузочной кривой. Произведя ряд аналогичных построений, находят кривые сопротивлений R_0 и R для холостого хода и полной нагрузки. Кривая сопротивлений для участка, где напряжение должно оставаться постоянным, находится таким же способом, если из точки O провести ряд лучей до пересечения с прямой $E_{kn}E'_{kn}$. В случае машин с постоянным возбуждением кривая сопротивлений как для холостого хода, так и для нагрузки остается одна и та же, и построение ее производится так же, как и в предыдущем случае, т. е. из точки O проводится ряд лучей до пересечения с гориэонталью, ордината к-рой равна напряжению возбудителя, если последнее постоянно, или с кривой зависимости напряжения возбудителя от силы тока возбуждения, если напряжение возбудителя переменно. Из полученных точек пересечения опускают перпендикуляры до пересечения с горизонталями, проведенными через точки пересечения соответствующих лучей с прямой M. Если на диаграммах фиг. 27, 28 нанести подобные кривые сопротивлений, то нетрудно видеть, что с помощью их легко можно найти сопротивление ступеней Р. как для случая поддержания постоянства напряжения, так и для изменения его при холостом ходе или при полной нагрузке. В последнем случае необходимо лишь задаться характером этих изменений и, опустив перпендикуляры на соответствующие кривые сопротивления, найти по полученным точкам сопротивления для каждого положения подвижного контакта Р. Графич. метод определения числа ступеней весьма кропотлив и требует большой точности построений, поэтому часто удобнее пользоваться графоаналитич. методом, основанным на тех же диаграммах фиг. 27, 28. В случае машин с посторонним возбуждением, когда генератор работает с постоянным напряжением, число ступеней Р. находится по ф-ле

$$n=\frac{\ln(I_b+I_0)-\ln(I_a-I_0)}{\ln(1+\lambda)},$$

где $\lambda=(1-\varepsilon)\varphi$, $\varepsilon=\frac{E_1}{E_2}$ и $\varphi=\frac{E_2}{E_0}$. Все остальные обозначения понятны из чертежа, причем если точка S находится слева от оси ординат, то I_0 положительно, а если—справа, то I_0 отрицательно. Если при независимом возбуждении генератор работает с переменным напряжением, причем при переключении каждой ступени напряжение должно изменяться на ζ-ю часть от предыдущего значения, т. е.

$$E_\nu=E_1(1+\zeta)^{\nu-1},$$

то число ступеней

$$n=\frac{\ln E_\nu-\ln E_1}{\ln(1+\zeta)}.$$

Для определения сопротивления каждой ступени практически поступают так. Все ступени Р. для области регулировки разбивают на секции I, II и т. д. и в каждой секции ступени выполняют с одинаковым сопротивлением. Границы секций выбираются в зависимости от допустимой нагрузки для различных сортаментов материала, идущего на изготовление сопротивлений, и для каждой секции находят число ступеней. При постоянном напряжении возбудителя E_m сопротивление цепи возбуждения в начале первой секции равно $R_I=\frac{E_m}{I_I}$, а в конце секции $R_{II}=\frac{E_m}{I_{II}}$, где I_I и I_{II}—ток возбуждения в начале и конце секции. Общее сопротивление всех ступеней данной секции

$$r_I=E_m\cdot\frac{I_{II}-I_I}{I_I I_{II}},$$

а сопротивление каждой ступени $r=\frac{r_I}{n}$, где n_I—число ступеней секции. Если напряжение возбудителя переменно (фиг. 26), то необходимо знать еще зависимость напряжения возбудителя от силы тока возбуждения возбудителя I_m. Тогда сопротивление цепи возбуждения возбудителя в начале первой секции д. б. $R_I=\frac{E_{mI}}{I_{mI}}$, а в конце секции $R_{II}=\frac{E_{mII}}{I_{mII}}$, откуда аналогично предыдущему сопротивление каждой ступени первой секции $r=\frac{R_I-R_{II}}{n_I}$. Значения E_m для соответствующих точек кривых характеристик генераторов находятся по формуле $E_m=IR_m$, где R_m—сопротивление обмотки возбуждения генератора, а I—сила тока главной цепи возбуждения генератора. Для шунтовых генераторов графоаналитический метод расчета Р. для поддержания постоянства напряжения основан на диаграмме фиг. 27. Если принять во внимание обозначения на этой диаграмме, то число ступеней определяется по ф-ле

$$n=\ln\frac{I_b-\frac{N\cdot\varphi\cdot x}{1-x^2}}{I_a-\frac{N\varphi}{1-x^2}}\cdot\frac{1}{\ln x},$$

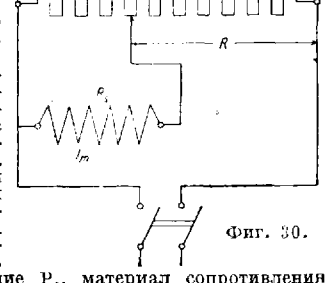
где $x=1+k$; $\varphi=2+k$ и в свою очередь

$$k=\frac{\varepsilon}{\varepsilon_m}-1 \text{ и } N=I_0\left(\frac{1}{\varepsilon_m}-1\right),$$

причем

$$\varepsilon=\frac{E_1}{E_2} \text{ и } \varepsilon_m=\frac{E_0}{E_m}.$$

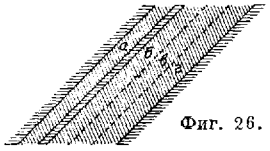
Следует иметь в виду, что значения ε, x и ε_m должны вычисляться с возможно большей точностью. Относительно I_0 остается в силе предыдущее замечание. В тех случаях, когда напряжение машины желательно регулировать в очень широких пределах, начиная от нуля, машины с самовозбуждением не применяются и пользуются независимым возбуждением от некоторого источника тока с постоянным или переменным напряжением. Применять в данном случае обыкновенный регулятор возбуждения было бы весьма невыгодно, так как потребовалось бы очень большое сопротивление Р., материал сопротивления был бы плохо использован и Р. получил бы слишком большие размеры. В этом случае Р. выключают потенциометром (фиг. 30: R_1—реостат, R_s—обмотка возбуждения). Очевидно, что в этом случае напряжение машины можно регулировать от полного максимального



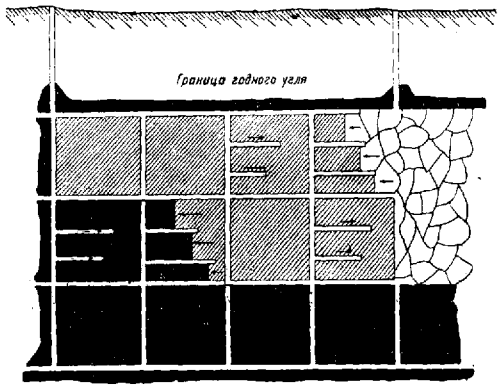
Фиг. 30.

ляется малая длина линии забоя в пределах выемочных участков и следовательно малая производительность последних, почему эта система находит применение только для пластов с трудными условиями разработки—мощностью не менее 2—3 *м*, с плохими породами, слабым, самовозгорающимся углем,—преимущественно при наклонном и крутом падении их.

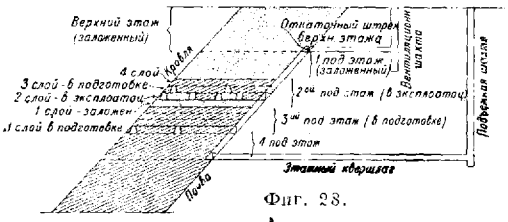
Системы разработки мощных каменноугольных пластов. Эти разработки производятся или сразу на полную мощность или отдельными слоями. Основная идея слоевых разработок состоит в том, что мощный пласт вырабатывается постепенно слоями такой толщины, чтобы работа в нем была удобна. Чаще всего толщина слоя принимается в 2,2—3 *м*. Таким образом выемка мощного пласта ведется до известной степени как бы в условиях работы в пласте средней мощности. Мысленно разделить мощный пласт на слои названной мощности можно множеством способов, но на практике встречаются почти исключительно два способа расположения слоев: наклонные слои, расположенные параллельно плоскостям напластования, и горизонтальные. Иные расположения (например наклонные, но не параллельные напластованию, или вертикальные слои) встречаются крайне редко. Наклонные слои, на которые разделяется мощный пласт для выемки, могут являться отдельными пачками пласта (слой *а*, фиг. 26), если они обладают постоянством строения и подходящей мощностью и отделены прослойками пустых пород значительной (несколько метров) толщины или пласт с однородным строением искусственно разделяется на несколько наклонных слоев (*б*, *в*, *г*, фиг. 26). Подготовительные работы (штреки, бремсберги, скаты и т. д.) ведутся так, чтобы каждый слой можно было вырабатывать как отдельный пласт средней мощности. Слои могут вырабатываться или в восходящем порядке (по направлению от почвы пласта к кровле) или в нисходящем (от кровли к почве). В первом случае безусловно необходима закладка, тогда как во втором возможна работа и с обрушением. Т. к. при этом в почве очистных забоев имеет место закладка или в кровле—обрушение, то система разработки наклонными слоями чаще всего применяется для пластов такой толщины, чтобы их приходилось делить не более чем на 4 слоя. На фиг. 27 представлена разработка наклонного пласта мощностью в 4—5 *м* двумя слоями, в нисходящем порядке, с обрушением кровли. На фиг. 27 можно видеть опережение выемки верхнего слоя (черный цвет) по отношению к нижнему (заштрихованный) и способ выемки каждого слоя. Вообще эта система пригодна для разработки мощных пластов умеренной толщины (предпочтительно ⩾ 8—10 *м*) с падением ⩾ 30°, с правильным строением и залеганием, но допустимы прослойки, могущие служить границами отдельных слоев. Одна из возможных разработок горизонтальными слоями дана на фиг. 28. Этаж разделяется на подэтажи, а последние—на слои. При разработке мощных пластов высота этажа берется вообще меньше, чем при разработке тонких. В зависимости от свойств боковых пород, масштаба предприятия, числа разрабатываемых пластов и многих других причин, в особенности от угла падения, вертикальная высота этажа колеблется в широких пределах 20÷80 *м*, но чаще всего бывает около 50—60 *м*. Высота слоя обычно принимается в 2—2,5 *м*, иногда—при крепком угле—2,75—3 *м*, при мокрой закладке—до 4 *м*. Число слоев в подэтаже при сухой закладке чаще всего бывает 4—5, но при благоприятных условиях (крутое падение, устой-



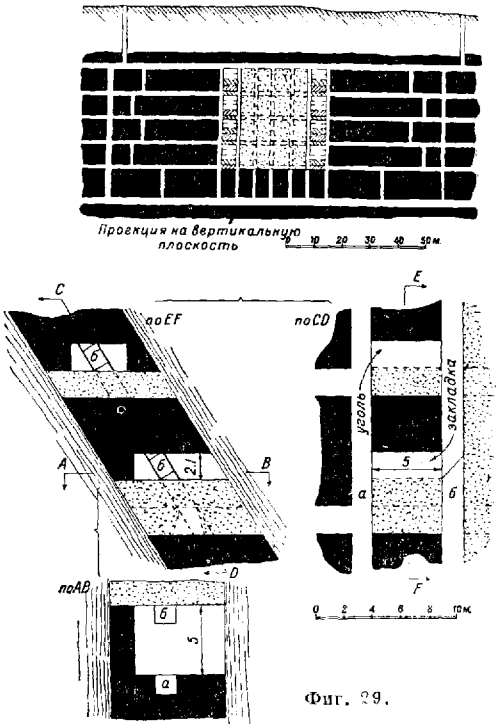
Фиг. 26.



Фиг. 27.



Фиг. 28.



Фиг. 29.

значения до нуля. На основании закона Ома для данного случая следует

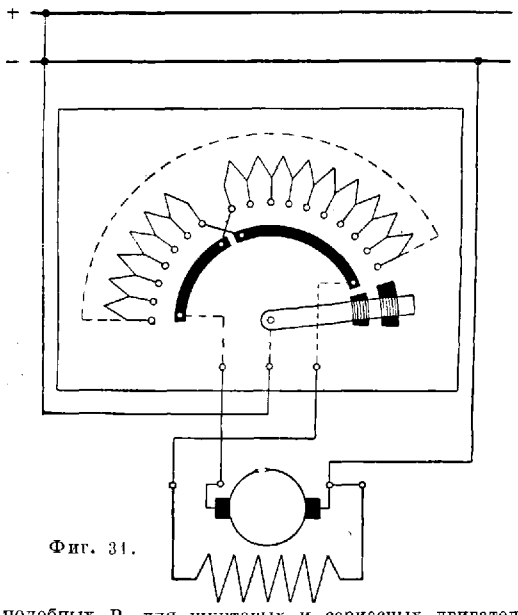
$$I_m R_s = E_k - IR = (I - I_m)(R_1 - R),$$

где I_m—сила тока возбуждения, а I—сила тока в неразветвленной цепи. Отсюда

$$I_m = \frac{E_k(R_1 - R)}{RR_1 - R^2 + R_1 R_s} \text{ и } I = \frac{E_k(R_1 - R + R_s)}{R_1 R - R^2 + R_1 R_s}.$$

Первое ур-ие дает возможность для каждого значения тока возбуждения I_m найти соответствующее значение сопротивления R, а второе ур-ие позволяет найти максимальное значение силы тока для каждой ступени, по к-рому следует рассчитывать данную ступень на нагрев.

б) Расчет Р. для регулировки скорости вращения электродвигателей. Различают два основных вида Р.: регуляторы тока главной цепи двигателя, к-рые включаются аналогично с пусковыми Р. и при помощи к-рых можно понижать число оборотов двигателя ниже номинального, и регуляторы поля шунтовых двигателей, включаемые в цепь возбуждения и позволяющие уменьшать силу тока возбуждения и т. о. повышать число оборотов двигателя. Весьма часто регулирующий Р. комбинируется в одном кожухе с пусковым; такие Р. называются пускорегулирующими. Схема включения такого Р. для шунтового двигателя изображена на фиг. 31. С помощью



Фиг. 31.

подобных Р. для шунтовых и сериесных двигателей возможно понижать число оборотов двигателя до 75%, а для шунтовых двигателей еще и повышать число оборотов на 15, 50, 100 или 200% от номинальной скорости вращения двигателя при условии, что крутящий момент или мощность остаются постоянными за все время процесса регулировки. Если при возрастании скорости двигателя крутящий момент также возрастает, то предел регулировки скорости = 15%. В случае асинхронных двигателей с контактными кольцами понижение числа оборотов при помощи регуляторов возможно до 25, 50 и 75% от номинального, причем данная регулировка д. б. возможна и при пониженном до 80% от номинального крутящем моменте. Конструкции регуляторов поля д. б. такова, чтобы их ни в коем случае нельзя было выключить и тем самым разорвать цепь возбуждения, во избежание разноса двигателя. При расчете регуляторов тока главной цепи двигателей, предполагая, что вращающий момент (а следовательно и сила тока) постоянны, получают следующие соотношения для двух соседних ступеней:

$$E_{kn} = E_\nu + IR_\nu = E_{\nu+1} IR_{\nu+1},$$

откуда следует, что

$$E_{kn} = \frac{\omega_\nu}{\omega_s} E_{kn} + IR_\nu = \frac{\omega_{\nu+1}}{\omega_s} E_{kn} + IR_{\nu+1}$$

и окончательно

$$\frac{R_{\nu+1}}{R_\nu} = \frac{\omega_s - \omega_{\nu+1}}{\omega_s - \omega_\nu},$$

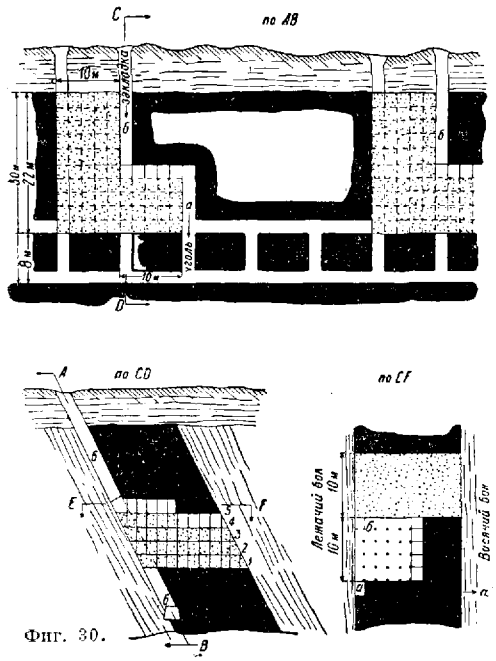
где E, R и ω с индексами и $\nu+1$ означают противоэлектродвижущую силу, сопротивление цепи якоря и угловую скорость вращения для ν-той и $\nu+1$-ой ступени, а ω_s—синхронная скорость вращения. Задаваясь изменением скорости вращения при переходе с одной ступени Р. на другую, легко подсчитать необходимые для этого сопротивления ступеней. Расчет этих Р. можно производить также и графически, применяя для этого диаграммы Гёргеса, описанные при расчете пусковых Р., в особенности при изменяющемся со скоростью вращения крутящем моменте. При этом для удобства рекомендуется сначала построить кривую оборотов двигателя при помощи магнитной характеристики и нанести на ней желаемые ступени скорости вращения. Для понижения скорости вращения двигателей можно пользоваться также и пусковыми Р., только в этом случае последние д. б. рассчитаны на продолжительную нагрузку, а получающиеся при этом ступени скорости вращения м. б. найдены непосредственно по диаграммам Гёргеса. Расчет регуляторов поля для шунтовых двигателей с целью поддержания постоянства числа оборотов в пределах от холостого хода до полной нагрузки м. б. произведен графически, если известны кривые зависимости магнитного потока двигателя (или, что то же, эдс) при холостом ходе и при полной нагрузке. При расчете регуляторов для повышения числа оборотов шунтовых двигателей обычно принимают, что при переходе с одной ступени Р. на другую скорость двигателя изменяется в одном и том же отношении, после чего нетрудно подсчитать ступени Р.

в) Специальные типы Р. Что касается регулирующих Р. для различных специальных целей, то расчет их, часто в достаточной мере сложный, зависит от их назначения и требуемого характера изменения величины, к-рую они предназначены регулировать. Сюда относятся: регуляторы для заданного тока возбуждения для сериес-машин, регуляторы силы света ламп накаливания, регуляторы для дуговых ламп, Р. с экономич. использованием материала, Р. для зарядки аккумуляторных батарей, Р. для грубой и тонкой регулировки, Р. со скользящим контактом и т. д., указания относительно расчета к-рых можно найти в прилагаемом списке литературы. Сюда же м. б. отнесены и нагрузочные Р., расчет к-рых впрочем весьма прост.

Лит.: Кулебакин В. С., Пусковые и регулирующие реостаты, М.—Л., 1929; Jasse E., Anlass- u. Regelwiderstände, 2 Aufl., B., 1924; Garrard C., Electric Switch a. Controlling Gear, 3 ed., N. Y., 1927; James H., Controllers for Electric Motors, N. Y., 1927; Rziha E. u. Seidener J., Starkstromtechnik, Taschenbuch f. Elektrotechniker, B. 1, 7 Aufl., B., 1930; Schupp E., Elektrisches Schaltzeug, B., 1927; Edler R., Schalterbau, B. 1, Lpz., 1923. **А. Сенкевич.**

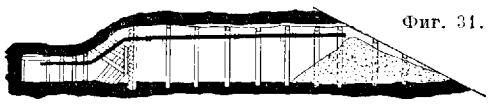
РЕОСТАТИЧЕСКАЯ МАШИНА, емкостный преобразователь тока, позволяющий производить самые разнообразные превращения тока в отношении его напряжения и частоты при помощи зарядки и разрядки системы конденсаторов. Первоначально этот прибор служил для опытного доказательства тождества гальванич. и статич. электричества, т. к. после преобразования Р. м. (из постоянного в постоянный же) ток 800-элементной аккумуляторной батареи Планте давал искру 4 *см*, подобную искре от электростатической машины. Конденсаторы Р. м. Планте в виде т. н. досок Франклина, числом 30—40, состояли из слюдяных или эбонитовых пластинок площадью каждая по 300 *см*^{2}, оклеенных с обеих сторон станиолем. При помощи специального коммутатора, приводимого в быстрое движение зубчатой передачей (первоначально просто рукою), конденсаторы соединялись то параллельно то последовательно; зарядка производилась при параллельном соединении, а разрядка—при последовательном, вследствие чего напряжение повышалось. Планте не взял патента на изобретенную машину; поэтому она не сделалась предметом производства. В поисках за источником высокого напряжения для рентгеновых трубок Траубридж (Trowbrige, 1898) обратился к полузабытой Р. м. и построил машину на 1 200 kV, дававшую искру в 150 *см*. Преимущество емкостного преобразования видно из того, что при $^1/_3$ Н.Р эта машина производила эффекты, для к-рых при пользовании катушкой Румкорфа требуется 30 Н.Р. Подобные приборы выгодно отличаются от других источников постоянного тока (напр. выпрямителей и электромагнитных преобразователей) отсутствием потерь на искрообра-

чивые породы и уголь, хорошая закладка) достигает 8—10 и даже больше, при мокрой закладке—до 15 слоев. Слои обычно вырабатываются в восходящем порядке, выемка сверху вниз, менее удобная и неэкономичная, иногда применяется при сильно самовозгорающихся пластах. Характер подготовительных работ и способы выемки каждого слоя могут быть чрезвычайно разнообразны в соответствии с местными условиями. Приведем 3 характерных примера. 1) На шахте Центральной Кемеровского рудника в Кузнецком бассейне при разработке пласта мощностью в



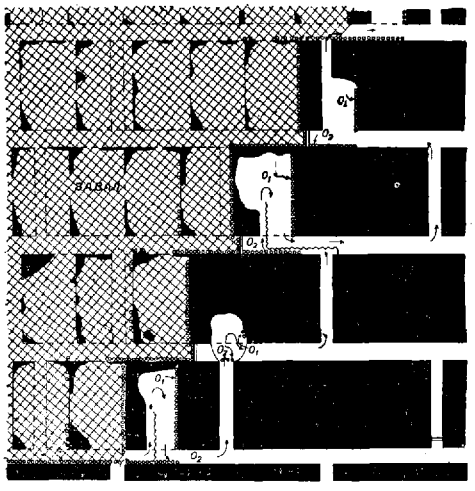
Фиг. 30.

6—7 *м* с самовозгорающимся углем, с преобладанием крутого падения принята высота этажа в 55—65 *м* (фиг. 29). Подэтажи высотою в 10—11 *м* разбиваются на горизонтальные слои толщиною в 2,5 *м*, вырабатываемые с сухой закладкой. Желая из-за самовозгорания угля обнажать кровлю на возможно ограниченной площади, выемочным участкам придается крайне малый размер по простиранию—только 5 *м*, почему с целью повысить производительность участков выемка угля ведется одновременно в нескольких подэтажах. Выемка каждого слоя начинается от скатов *а* и *б*. Подробности разработки (закладки) показаны на фиг. 31. 2) На Прокопьевском руднике в Кузнецком бассейне системой горизонтальных слоев разрабатывается пласт Мощный толщиной в 14—15 *м*, с чистым крепким углем, при падении 55—62°. Этаж высотою ок. 30 *м* (фиг. 30, где *а*, *б*—скаты) разделяется на выемочные поля, а последние—на выемочные участки (з о н ы) в 10 *м* по простиранию, вырабатываемые горизонтальными слоями *1*, *2*, *3*, *4*, *5* снизу вверх, причем выемка каждого слоя толщиною в 2,2 *м* идет от лежачего к висячему боку, со станковой крепью и с полной сухой закладкой. Вследствие крепости угля его отбойка производится взрывными работами. (Детали системы разработки см. фиг. 32.) 3) В Домбровском бассейне горизонтальными слоями работается пласт Реден мощностью в 10—20 *м*, с падением 18—20°, с мокрой закладкой, почему высота слоя взята в 4 *м*. Слои вырабатываются о р т а м и (см. *Горные выработки*), по выемке к-рых у начала орта ставится дощатая перемычка (фиг. 31) для удержания заклад-


Фиг. 31.

ки, подаваемой по трубам под кровлю орта. Вообще система разработки горизонтальными слоями в ее разновидностях может быть применима в разнообразнейших природных и технических условиях.

Из системы разработки мощных пластов без разделения на слои следует упомянуть о силезском способе и камерно-столбовой системе разработки. При силезском способе, применимом для мощных пологопадающих и наклонных пластов, подготовительные работы аналогичны таковым при системе разработки длинными столбами по простиранию, но характерны очистные работы, последовательное развитие к-рых поясняется фиг. 32. Каждый столб выбирается последовательными заходками шириною в 7—9 *м* с предварительной подработкой потолка над штреком. В первый период очистных работ заходка движется по восстанию на всю мощность пласта, причем со стороны завала остается н о г а угля, к-рая затем выбирается движением забоев по простиранию. Отбойка ведется взрывчатыми веществами, бурение шпуров—электросверлами с лестниц. Крепление очистного забоя производится очень высоким, следовательно тяжелым и неудобным для обращения лесом. После окончания заходки этот лес по мере возможности извлекается, почему над выработанным пространством происходит интенсивное обрушение вышележащих пород. Чтобы обрушение не прихватило и не раздавило

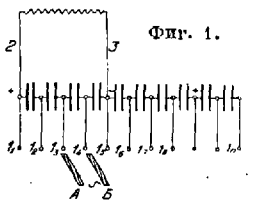


Фиг. 32.

уголь, по границе с будущим завалом заблаговременно ставится сильная о р г а н н а я крепь (o_1 и o_2). Недостатки способа—интенсивность обрушений, резкие проявления подземных работ на земной поверхности, большая потеря угля и следовательно возможность

зование, джоулево тепло, магнитный гистерезис и токи Фуко. В связи с намечающимся в настоящее время стремлением перевести силовые передачи на постоянные токи высокого напряжения и невозможностью пользоваться при этом электромагнитными трансформаторами Р. м. получают данные на успех и за пределами лабораторий и потому требуют к себе особого внимания.

Подобные приборы и теория их разработаны Б. Л. Розингом (1926—27 гг.). Общая электрическая схема этих преобразователей представлена фиг. 1. Система последовательно соединенных конденсаторов снабжается отводами от мест соединения; отводы эти идут к контактам 1_1, 1_2, 1_3, . . . , 1_n, которые соприкасаются со щетками A и B, движущимися непрерывно относительно этих контактов. Соприкосновение щеток и контактов конструктивно осуществляется либо движением контактов либо движением щеток. Соединения производятся с двумя последовательными контактами таким образом, что при вращении коммутатора щетки электрически соединяются с обкладками каждого из последовательно соединенных конденсаторов одной и той же емкости, а по прохождении всего ряда возвращаются к первому конденсатору. Щетки присоединяются к источнику преобразуемого тока, тогда как преобразованный ток берется с каких-либо двух обкладок конденсаторов с помощью отводов 2 и 3, причем (если преобразуется постоянный ток) напряжение будет тем больше, чем дальше отстоят друг от друга эти обкладки в ряде конденсаторов. Подобные приборы выполняют: 1) задачу о повышении или понижении напряжения постоянного тока при преобразовании его в постоянный; 2) то же—в отношении переменного тока, причем частота м. б. изменяема, и 3) задачу о преобразовании постоянного тока в переменный, и наоборот, с изменением при этом напряжения. Регулирование высокого напряжения более грубо м. б. производимо путем присоединения отводящих проводов к той или другой паре обкладок, а более тонко—путем изменения напряжения источника (реостатом, потенциометром).


Фиг. 1.

При преобразовании постоянного тока в постоянный номинальная эдс E_0'' преобразованного тока равна эдс источника, умноженной на число конденсаторов n, находящихся между отводами. Однако при расходовании энергии эдс падает, т. к. за время τ, проходящее между двумя последовательными зарядками одного и того же конденсатора, падает разность потенциалов этого конденсатора. Если E_a''—наивысшая разность потенциалов, получающаяся в приборе, а E_b''—наинизшая, E'—эдс источника, C—емкость отдельного конденсатора, n—число конденсаторов, а R—сопротивление внешней цепи, то приближенно

$$E_a'' = nE'\left(1-\frac{n-1}{2}\frac{\tau}{RC}\right);$$

$$E_b'' = nE'\left(1-\frac{n+1}{2}\frac{\tau}{RC}\right).$$

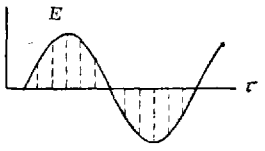
Т. о. действительная средняя эдс E'' повышателя и колебание ее $\Delta E''$ выражаются соответственно:

$$E'' = nE'\left(1-\frac{n}{2}\frac{\tau}{RC}\right);$$

$$\Delta E'' = nE'\frac{\tau}{2RC}.$$

Преобразованный ток может рассматриваться как сумма постоянного с напряжением E'' и переменного с амплитудою $\Delta E''$ и периодом τ. В практич. осуществлении это дает напр. (при $n=10$, $\tau=1/500$ ск., $R=10^5\ \Omega$, $C={}^1/_2\ \mu$F) $E''=0{,}8E'n$, $\Delta E''=2{,}5\%$ от E'' при частоте 500.

Подсчеты в случае преобразования переменного тока основаны на том, что распределение напряжений на последовательных конденсаторах представляет в пространстве изменение напряжения источника во времени. Если для простоты сначала рассмотреть случай, когда время полного оборота коммутатора в точности равно периоду источника, а напряжение с машины не снимается, то напряжения в конденсаторах можно считать стационарными. Поэтому преобразованная номинальная эдс E_0'' при синусоидной волне источника (фиг. 2) выражается:


Фиг. 2.

$$E_0'' = \sum_1^{n/2} k'E_0' \sin\frac{2\pi}{n}k = \frac{E_0'n}{2\pi}\sum_1^{n/2} k\frac{2\pi}{n}\sin\frac{2\pi}{n}k.$$

При весьма значительном n можно считать

$$E_0'' \cong \frac{E_0'n}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin x\cdot dx = \frac{1}{\pi}E_0'n.$$

Здесь E_0'' вообще неравна амплитуде E эдс генератора переменного тока, присоединенного к щеткам; в нек-рых случаях E_0' может оказаться превосходящей E в силу резонанса колебаний в системе генератор—конденсатор, т. к. можно считать цепь генератора (с самоиндукцией L, сопротивлением R и угловой частотою ω) замкнутой на один конденсатор Р. м. (с емкостью C); поэтому

$$E' = \frac{E}{\omega C\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

При условиях $\omega L=\frac{1}{\omega C}$ и $\omega<\frac{1}{CR}$ получается

$$E'>E.$$

Действительная эдс E'', т. е. при отдаче тока машиною, менее номинальной E_0'', и притом периодически несколько изменяется. В среднем

$$E'' = E_0''\left(1-\frac{\pi n}{4\tau\omega C}\right),$$

где τ—сопротивление внешней цепи, на которую работает Р. м. На основании предыдущих ф-л

$$E'' = \frac{A'}{\pi\omega CR}\left(1-\frac{\pi n}{4n\omega C}\right),$$

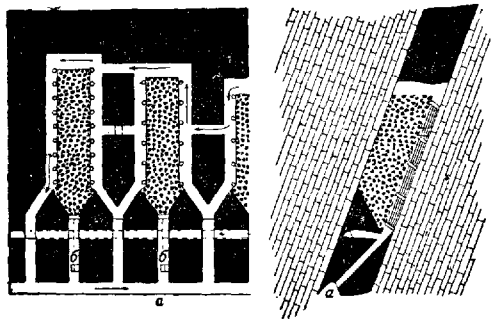
где A'—амплитуда колебаний эдс преобразуемого тока. Амплитуда колебаний около среднего значения E''

$$\Delta E'' = \frac{E'n}{4\tau\omega^2C^2R}.$$

В примере, взятом из практики, числовые данные были: $A'=80$ V, $n=24$, $\omega=300$ пер/ск.; $C={}^1/_2\ \mu$F, $R=1\,500\ \Omega$, $\tau=10^6\ \Omega$; в соответствии с ними $E''=23\,600$ V, $\Delta E''=280$ V, т. е. 1,18% от E''.

пожаров от самовозгорания, опасность очистных работ вследствие большой высоты забоев, трудность манипуляций с крепежным лесом, дороговизна последнего—побуждают переходить от силезского способа к разработке горизонтальными слоями с мокрой закладкой.

В антрацитовом районе Пенсильвании камерно-столбовая система служит для разработки не только пологопадающих, но и крутопадающих пластов (фиг. 33). От основного штрека *а* через каждые примерно 12 *м* ведутся наклонно печи *б* до почвы пласта, сбиваемые друг с другом наклонными просеками. Из печей, через одну, открываются камеры, нижняя часть к-рых имеет вид четырехугольной воронки. Отбиваемый в забоях камер антрацит выпускается из камер не полностью, а лишь в количестве, соответствующем приращению объема добытого разрыхленного антрацита. Остающийся в камере антрацит служит подмостями для рабочих (расстояние от верха отбитого антрацита до забоя все время поддерживается таким, чтобы в забое было удобно работать) и временной

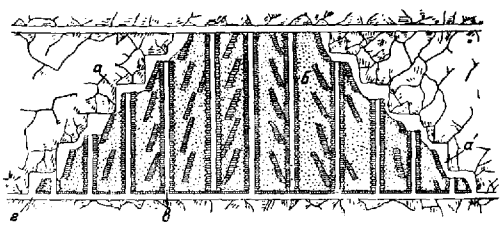


Фиг. 33.

закладкой камеры. Такое временное заполнение камеры отбитым полезным ископаемым называется магазинированием. Этот принцип, редко используемый при эксплоатации каменноугольных месторождений, находит широчайшее применение в рудном деле. Для сообщения с забоем по сторонам камеры раскрепляются ходки. Ход вентиляционных струй показан на фиг. 33 стрелками. Выемка междукамерных целиков при этой системе крайне затруднительна; обычно целики совсем бросаются, что ведет к громадным потерям запасов недр.

Размеры выемочных полей и участков и других характерных элементов системы разработки на практике устанавливаются применительно к наличным природным и технич. условиям на основе опыта, но в последние десятилетия наблюдается стремление к разрешению этих вопросов аналитич. методами. Это научное движение, возглавлявшееся проф. Б. И. Бокием, выражается преимущественно в работах русских авторов.

Системы разработки других полезных ископаемых. В громадном большинстве случаев эти системы сходны (кроме нек-рых деталей) с вышерассмотренными системами разработок каменноугольных месторождений; только изредка встречаются иные идеи. Для примера ниже приведено несколько типов систем разработок. Месторождения тонкие и средней мощности. 1) Сплошной системой разрабатывается полого падающий пласт медистого битуминозного сланца в Германии (Мансфельдский округ). Рудный пласт имеет мощность только в 15 *см* (фиг. 34) и отличается замечательным постоянством залегания; боковые породы устойчивы. С целью сделать возможным пребывание рабочих в очистном забое, при выемке пласта подрывается кровля с таким расчетом, чтобы общая высота выработанного пространства была 0,4—0,5 *м*. Подорванная порода служит для полной закладки. 2) Сплошной системой с потолкоуступным забоем разрабатываются крутопадающие залежи железной руды в Криворожском районе, если только их мощность не превосходит 2—5 *м*. Система разработки аналогична фиг. 11 и 12, только наклонная высота этажа принимается небольшой—от 12 до 25 *м*, уступы далеко не так правильны, и работа идет всегда с полной закладкой. 3) Сплошной системой с потолкоуступным забоем также издавна разрабатываются жильные серебро-свинцовые месторождения Фрейбергского горного округа в Германии. Жилы падают круто; этажи имеют высоту ок. 40 *м* (фиг. 35, где *а*—забой, *б*—закладка). Материал для полной закладки получается в забое из жильной породы. В закладке оставляются постепенно наращиваемые кверху скаты *в* для спуска руды. Богатые куски руды отбираются в забое при отбойке руды и спускаются на нижний штрек *г* отдельно в корзинах, бедная руда непосредственно сбрасывается в скаты. Подобная система разработки служит и для эксплоатации жильных месторождений золота, а также небольшой мощности (2—3 *м*) линз медистых колчеданов на Урале. 4) Столбовые системы разработки свойственны рудным месторождениям умеренной



Фиг. 34.

Фиг. 35.

мощности (до 3—4 *м*) со слабыми боковыми породами. В Никопольском районе (Украина) марганцевые руды залегают приблизительно горизонтально в отложениях третичного возраста в виде рудоносного пласта в 1—3,5 *м* толщиною в слабых породах. Шахтные поля небольших размеров непосредственно разделяются на длинные столбы, вырабатываемые от границ шахтного поля к шахте, чтобы не было никаких выработок, окруженных выработанными пространствами. Столбы шириною ок. 40 *м* вырабатываются из каждого штрека на половину их ширины отдельными узкими забоями (фиг. 36); в 7—8 *м* от границы поля из откаточных штреков проводятся выемочные штреки *а*, *б* на расстояние, равное половине ширины столба (ок. 20 *м*). Из них открываются очистные забои в виде полос (заходок) *I*, *II* шириною в 2,4 *м*. В виду мяг-

При помощи Р. м. напряжение постоянного тока может не только повышаться, но и понижаться, т. ч. при помощи двойного преобразования возможно осуществить передачу энергии постоянным током. Такая передача была осуществлена Б. Л. Розингом на опытной линии в 2 992 Ω, эквивалентной линии передачи ок. 75 *км*. Первичное напряжение могло изменяться от 0 до 240 V, а повышение было до 1 000—2 000 V. Переданная энергия до 12 W. Как выяснилось из этих опытов, наибольшая отдача получалась при больших полезных сопротивлениях ок. 3 000 Ω; ей соответствовал кпд, равный 67%, т. ч. в каждой Р. м. потери были около 17%. Построенные Розингом преобразователи рассчитаны на малую мощность (до 20 W); но при использовании электролитич. конденсаторов можно по мнению изобретателя увеличить эту мощность до сотен kVA. Р. м. типа Розинга могут давать также переменный ток в случае, если время полного оборота щеток некратно периоду первичной эдс. Тогда во вторичной цепи Р. м. возникает переменный ток частоты ν, причем $\nu = n_1 - kn_2$, где n_1—частота первичного тока, n_2—частота вращения щеток, а k—целое число единиц в отношении периода тока к периоду вращения щеток.

Лит.: Розинг Б. Л., Емкостный повышатель напряжения постоянного тока, «Труды ленинградской экспериментальной электротехнич. лаборатории», Л., 1926, вып. 4, стр. 77—81; его же, Емкостный преобразователь переменно-постоянного и постоянного тока, «Электричество», М., 1930, *13*, стр. 559—562; Holz W., «Poggendorffs Annalen», Lpz., 1875, B. 155, p. 639; Planté C., «La Nature», P., 1877, année 5, sem. 1, dec., p. 13; Planté C., Les effets du courant électrique produits par la machine rhéostatique, ibid., 1886, sem. 1, p. 149—150; Guillaume Ch. Ed., La machine rhéostatique, ibid., 1898, sem. 1, p. 235; Frick's, Physikalische Technik, 7 Aufl., B. 2, Abt. 1, p. 155—156, Brschw., 1907.

П. Флоренский.

РЕОТАН, группа металлических медно-цинково-никелево-марганцевых сплавов, (иногда с присадкою железа) серебристого цвета и высокого электросопротивления, отличающихся известной химич. стойкостью. По своим свойствам Р. стоит между группою *нейзильбера* (см.), *никелина* (см.) и *константана* (см.), с одной стороны, и *манганина* (см.),—с другой. В таблице приведены по П. Ч. Томпсону (1916 г.) данные об уд. сопротивлении тройных сплавов Cu-Zn-Ni с присадкою Mn.

Удельное сопротивление тройных сплавов Cu-Zn-Ni.

Содержание, %				Уд. сопротивление, μΩ-см	
Cu	Ni	Zn	Mn	до отжига	после отжига при 500°
60,6	7,62	31,7	0,0	22,2	18,4
65,2	7,80	31,8	0,25	18,3	16,6
61,8	16,4	21,7	0,0	30,2	30,1
61,2	15,5	23,2	0,25	27,5	27,2
61,6	22,4	15,85	0,0	32,6	33,0
61,6	19,6	18,5	0,25	29,5	31,6
57,7	17,4	21,7	0,0	27,5	27,0
54,3	15,75	29,7	0,25	27,7	28,3
56,2	16,3	27,6	1,5	30,4	30,8
61,2	28,6	9,8	0,0	41,5	41,0
60,4	27,9	11,4	0,25	38,5	40,0
60,9	26,7	13,15	1,5	38,5	40,0

Сравнение этих данных с подобными же данными К. Фюснера для двойных сплавов Cu-Ni позволяет установить, что в двойных сплавах с содержанием никеля до 25% замена части меди цинком ведет к повышению электрич. сопротивления (В. Фойгт, С. Ф. Жемчужный и С. А. Погодин). Т. о. для реостатных металлов тройная система представляет нек-рое преимущество перед двойной как со стороны повышенного сопротивления, так и в отношении дешевизны и легкости производства. Не содержащий железа Р. называется просто Р. или Р. I, а железосодержащий—Р. II. Реотан характеризуется составом (в %): Cu 84, Zn 4, Mn 12, а Р. II—составом: Cu 52, Zn 18, Ni 25, Fe 5. Существуют также варианты последнего состава, как например Cu 53,28; Zn 16,89; Ni 25,31; Fe 4,46; Mn 0,37. Для этого последнего сплава уд. сопротивление составляет 52,5 *μΩ-см*, тепловой коэф. 0,00041, уд. в. 8,7. Другой вариант реотана, германского производства, марки CN, обладает уд. сопротивлением 47 *μΩ-см*, при тепловом коэфициенте его 0,00003 и удельном весе 8,8; $t°_{пл.}$ Р. марки CN 1 274°, при удельном сопротивлении 50 *μΩ-см*, уд. в. 8,90 (а наивысшая допустимая $t°$ нагрева 500°); при уд. в. 8,60 $t°_{пл.}$ 1 135°, а наивысшая допустимая $t°$ нагрева 400° (уд. сопротивление 50 *μΩ-см*). Термоэдс в отношении к меди в последнем случае 13,80 μV/°C. Длительного нагрева Р. не выносит, хотя он и более стоек, чем никелин и нейзильбер. От нагревания, как показали опыты К. Фюснера (1891 г.), все эти сплавы становятся хрупкими и несколько увеличиваются в объеме. Поэтому применение Р. возможно только в тех случаях, где нагрев длится короткое время, как напр. в пусковых реостатах. В измерительной технике применение Р. тоже ограничено в виду значительности теплового коэф-та электросопротивления и сравнительно большой термоэдс в отношении меди.

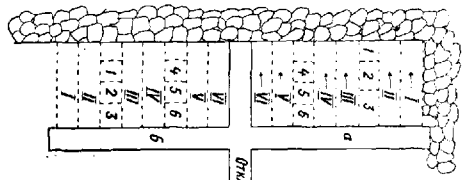
Лит.: Жемчужный С. Ф. и Погодин С. А., Сплавы для электрических измерительных и нагревательных приборов, Л., 1928; Voigt W., «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie», Lpz., 1922, B. 120, p. 309; Füssner K., «ETZ», 1891, B. 12, p. 250; Merica P., Miscellaneous Alloys of Nickel, «Chemical a. Metallurgical Engineering», 1921, v. 24, p. 649; Jarus E. G., 1001 Alloys Formulas, N. Y., 1927; Tompson P. C., «Journ. of the Institution of Electrical Engineering», 1916, v. 54, p. 222.

П. Флоренский.

РЕПЕР, каменный, железобетонный, деревянный или металлический, установленный на поверхности земли столб, на который при производстве нивелировок ставится рейка для отсчета. По окончании нивелировки репер остается как точка с определенно вычисленной высотой, от которой возможно вести всякого рода нивелирные работы. Расставленные на нек-рой площади Р. являются опорной высотной сетью. Р. также могут служить точки каких-либо постоянных местных предметов, четко отмеченные относительно окружающих предметов (точек), например точки на верхней линии цоколей церквей и каменных зданий, специально вбитые горизонтально в стены железные болты особой формы, которые называются в отличие от Р. (столбов) марками. Положение высотных точек на поверхности земли в силу разных обстоятельств может измениться или совершенно затеряться, поэтому точка с определенной высотой отмечается на устанавливаемом знаке или на местном предмете. Высота относится к уровню моря (в СССР Балтийского) или к условно принятому для данной нивелировки уровню.

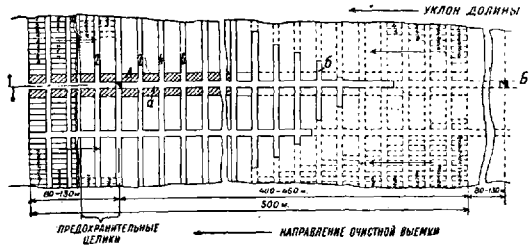
Р. как знаки разделяются на грунтовые и стенные (марки). Грунтовые Р. устанавливаются в земле в специально вырытых ямах вдоль оси продольного или поперечного нивелирования; при нивелировке по квадратам—в

кости рудного пласта отбойка идет без предварительного вруба. Рельсовые пути подводятся непосредственно к забою. По окончании выемки полос *I* и *II* в них снимаются рельсовые пути, по мере возможности выбивается крепление и производится обрушение кровли. Временно оставив со стороны этого завала целик шириною ок. 2 *м*, из того же штрека вырабатываются полосы *III* и *IV*, затем ста-



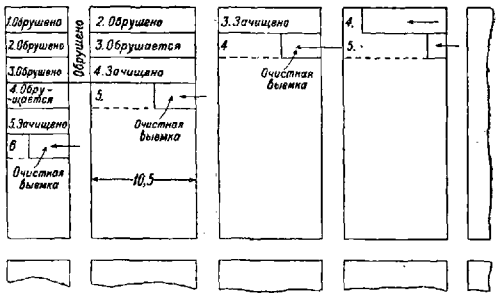
Фиг. 36.

раются по мере возможности взять короткими забоями *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6* оставшиеся целики руды и т. д. 5) Аналогичная в общих чертах система принята для разработок подземным способом золотоносных россыпей в Ленско-Витимском округе Вост. Сибири (фиг. 37). Мощность золотоносного пласта от 1,4 до 3,0 *м*; он лежит почти горизонтально, непосредственно на крепких коренных породах (плотик россыпи), будучи прикрыт наносами (торфами) переменной мощности (20—50 *м*) и состава (пески, глины, галечники, валуны, много воды, плывуны, местами слои вечной мерзлоты и даже прослои чистого льда). В геологич. отношении россыпи являются наносными от-



Фиг. 37.

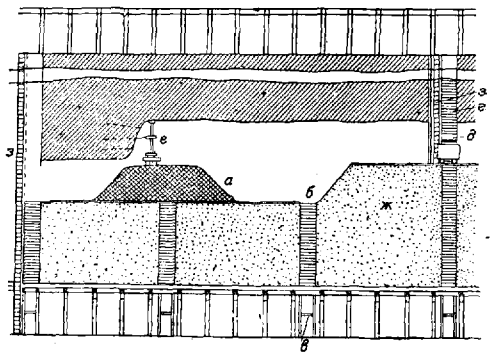
ложениями древнего потока, почему в общих чертах каждая из них имеет контур извивающейся ленты шириною в 60—80 *м*, но с расширениями до 120—200 *м*. Подобные россыпи вскрываются вертикальными или наклонными шахтами, проводимыми по длине россыпи через каждые примерно 500 *м*, ширина же шахтного поля равна ширине россыпи. Каждая шахта закладывается примерно посредине ширины поля, но значительно ближе к нижней (считая по направлению уклона древней долины) границе, для удобства водоотлива. От шахты *А*, приблизительно по срединной линии россыпи, ведется главный откаточный двухпутевой штрек *а* по направлению к следующей шахте *Б*, с параллельной выработкой (для удобства вентиляции). От этого штрека по мере подвигания его забоя засекаются и проводятся поперечные штреки *б* (просечки) до границ россыпи, к-рые устанавливаются систематич. опробованием на содержание золота породы из забоев этих штреков. Забои останавливаются, когда среднее содержание золота опускается ниже 5—9 *г* на 1 *м*³. Проведением штреков россыпь разделяется на длинные столбы переменной ширины (порядка 10—12 *м*). Выемка отдельных столбов ведется полосами (лентами) шириною 3,2—3,6 *м*. Последовательность выработки см. фиг. 38. Выемка золотоносных пород ведется вручную или взрывными работами. В забое полосы работают 3 человека с производительностью 1,4—2,4 *м*³ в смену. После выемки полосы в ней производится обрушение кровли, но предварительно делается тщательная зачистка почвы забоя, т. к. тяжелые частицы золота содержатся в значительном количестве именно у почвы россыпи. Зачистка состоит в выемке разрушенных верхов коренной породы помощью кайлы, лопаты и проволочных веников. 6) Примером камерно-столбовой системы разработок может служить разработка железных руд в Лотарингии, залегающих слабо



Фиг. 38.

наклонно (2—7°) в виде пластов 1,2÷13 *м* мощностью в устойчивых породах. Ширина камер и столбов ок. 8 *м*.

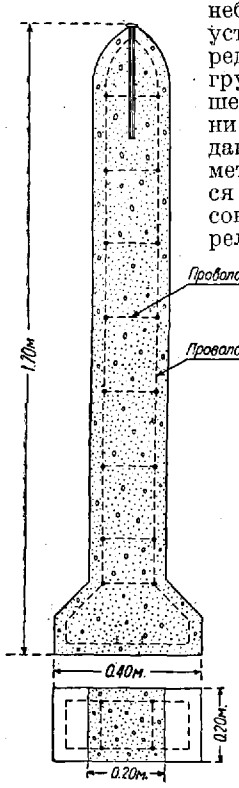
Месторождения мощные. Т. к. многие рудные месторождения залегают в крепких породах, то для эксплоатации их наиболее удобна сплошная с потолкоуступным забоем система разработки. 1) Такой системой (по схеме на фиг. 35) работаются мощные серебро-свинцовые жилы в Фрейбергском округе. 2) Подобная же система, но с закладкой, подаваемой извне, дана на фиг. 39, где *а*—отбитая руда, к-рая спускается по скатам *б* в люки *в*, а из них в вагончики на откаточный штрек. Закладка из верхнего штрека спускается так-



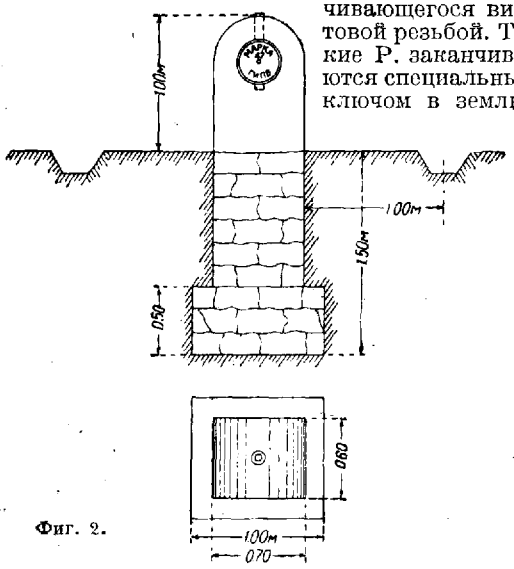
Фиг. 39.

же по скатам *г* в люки *д* и развозится в выработанном пространстве в небольших вагончиках; шпуры проводятся колонковым перфоратором *е*; *з*—лестничное отделение. 3) Сплошная выемка потолкоуступным забоем мощных месторождений нередко производится со станковой крепью (см. *Рудничное крепление*), например при разработке медистых колчеданов

вершинах последних. Грунтовый Р. состоит из столба, в нижней части с крестовиной или утолщением (фиг. 1), не позволяющими вытащить его из земли; в верхней части делается небольшая площадка для установки Р. как точки определенной высоты. Размер грунтового Р.—от 2 *м* и меньше, в зависимости от степени важности сохранения в данном месте высотной отметки. Грунтовые Р. делаются также из обрезков рельсов, причем верхняя часть рельса спиливается частично для установки рейки, а нижняя, имеющая крестовину, устанавливается на цементе. Грунтовыми Р. могут служить также каменные кладки, колодцы канализации, водопроводные трубы и т. п. В целях предупреждения повреждений грунтовых Р. последние часто делаются потайные, т. е. Р. устанавливается вровень с поверхностью земли, а сверху насыпается курган диаметром ок. $1\frac{1}{2}$—2 *м* и окапывается кругом канавой. При изысканиях в степных местностях, где бывает трудно найти материал для Р., применяют специальные железные Р., состоящие из железного стержня, оканчивающегося винтовой резьбой. Такие Р. заканчиваются специальным ключом в землю.

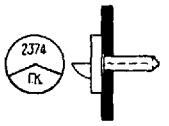


Фиг. 1.

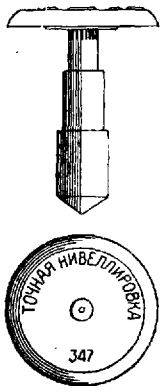


Фиг. 2.

Стенные Р. (марки) в большинстве случаев устанавливаются в городах, поселках; иногда стенные Р. (марки) также вделываются в грунтовые Р., если грунтовой Р. представляет собой каменную кладку (фиг. 2). Стенной Р. состоит из чугунной отливки—ш е й к и, к-рая укрепляется в стене каменного дома на цементе. Для предотвращения уничтожения марки на шейке делаются ерши, или уступы, препятствующие удалению Р. с места его установки. Наружная часть стенного Р. представляет собой металлич. диск, треугольник, квадрат или иную фигуру, на к-рой имеется выступ с площадкой для установки рейки (фиг. 3). Иной вид имеют стенные Р. (марки), устанавливаемые для прецизионного нивелирования (фиг. 3, 4). Часть марки, заделываемая в каменную кладку, однотипна со стенными Р., наружная же представляет собою металлический диск, в центре к-рого имеется отверстие для вставки шпильки, на которую подвешивается специальная рейка. Т. о. при прецизионном нивелировании рейка не ставится на Р.; высота (отметка) Р. приурочивается к центру имеющегося отверстия. Как правило стенные Р. делаются из чугуна, за исключением Р., устанавливаемых на деревянных зданиях; эти Р. выковываются из железа по образцу чугунных. Независимо от характера установки Р. в них делаются насечкой следующие надписи: год установки, название учреждения, установившего Р., порядковый номер и иногда высота его (отметка) с указанием, к какому уровню она отнесена.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

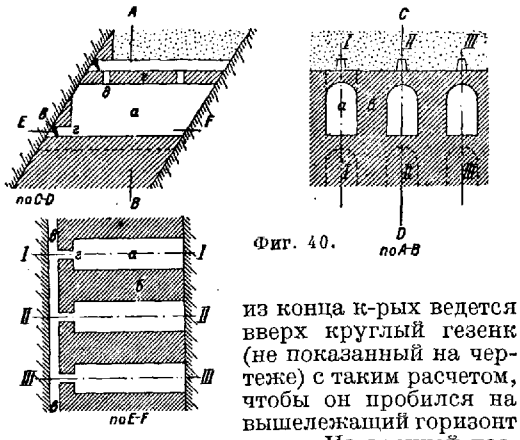
В зависимости от требований Р. устанавливаются через 2—3 *км* друг от друга, Р. прецизионного нивелирования, как основные, реже. Номера, место расположения и отметки Р. регистрируются в специальном журнале, называемом «Ведомость реперов». В целях сохранения Р., а следовательно высотных отметок в натуре, СНК СССР постановлением от 16 марта 1921 г. возложил охрану их на представителей местной власти. Фактическая охрана Р. производится во всех местностях Союза органами милиции, коей сдаются эти знаки по актам.

Лит.: Курс геодезии, под. ред. Ф. Н. Красовского, т. 1, М.—Л., 1930; В и т к о в с к и й В. В., Топография, 3 изд., Москва, 1928; С о л о в ь е в С. Н., Курс низшей геодезии, 3 изд., М., 1914; О р л о в П. М., Курс геодезии, 2 издание, М., 1929; Практика низшей геодезии, под ред. П. М. Орлова, 8 издание, М.—Л., 1930; Б и к А. Н. и Ч е б о т а р е в А. С., Учебник низшей геодезии, 9 изд., М.—Л., 1928. **В. Платон.**

РЕПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, фотомеханич. процессы, способы воспроизведения художественных и текстовых оригиналов механич. путем или при помощи фотографии для изготовления печатных форм для печатания.

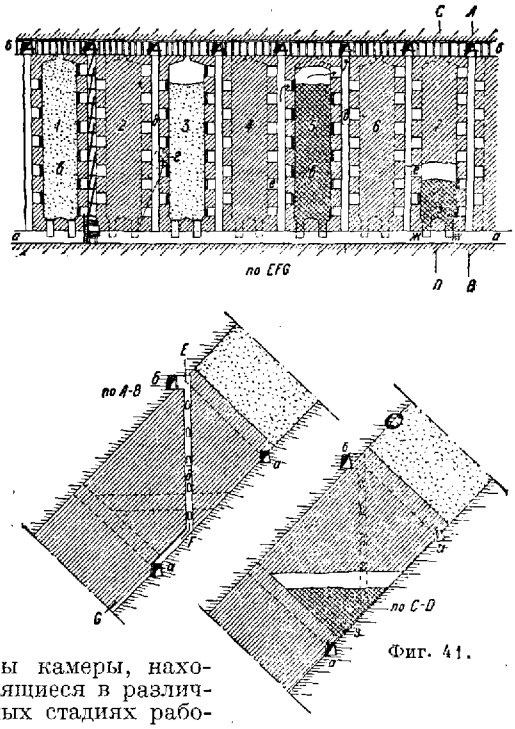
Классификация Р. п. Современные Р. п., как и печатные способы, подразделяются на три основные группы: рельефный, глубокий и плоский способы. На фиг. 1, 2 и 3 представлены поперечные разрезы рельефной, глубокой и плоской печатной формы до и после нанесения краски и готовый оттиск с этих форм, где видно, что на рельефной печатной форме печатающиеся места стоят выше остальной поверхности пластинки; при глубокой печати, наоборот, рисунок лежит углубленным в печатную форму и наконец при плоской печати

на Урале. 4) Нередко мощные месторождения работаются камерными системами. Одна из разновидностей имела широкое применение для разработки мощных крутопадающих залежей железной руды в Кривом Роге (фиг. 40). Высота этажа принималась 12—20 *м*, ширина камер *а* и междукамерных целиков *б* по 4—6 *м*. Взаимное расположение камер и междукамерных целиков ясно из фиг. 40. Для образования камер от откаточного штрека *в*, пройденного у висячего бока, проводятся орты *г*,



Фиг. 40.

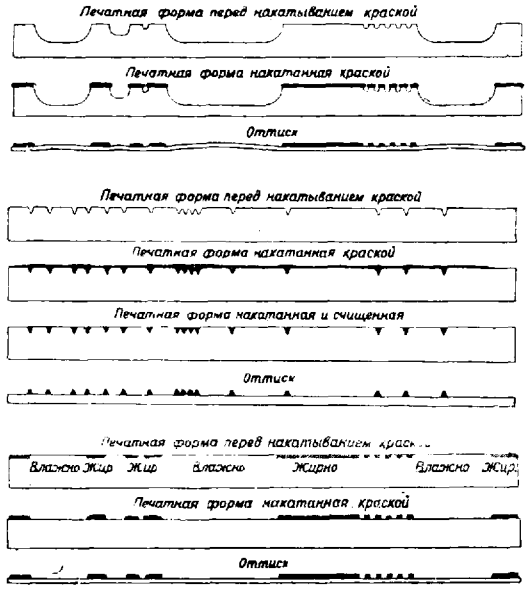
из конца к-рых ведется вверх круглый гезенк (не показанный на чертеже) с таким расчетом, чтобы он пробился на вышележащий горизонт у вентиляционного штрека. Из верхней части этого гезенка открываются почвоуступные забои, в результате чего постепенно образуется камера. Отбиваемая руда спускается на откаточный горизонт через упомянутый гезенк. Потолок камеры обделывается сводообразно и прочно закрепляется. Выработанная камера заполняется закладкой, ссыпаемой с вышележащего горизонта через отверстия *д* в потолочной толще *е* над камерой. Впрочем среди закладки для последующего спуска руды при выемке потолочины устраивается вертикальный, прочно закрепленный деревом скат. Эта система разработки, обладающая рядом крупных недостатков (затруднительность выемки потолочины и особенно междукамерных целиков, большая высота очистных пространств в период выемки камеры и др.), ныне применяется редко. 5) В том же Криворожском районе известна своеобразная камерная система с магазинированием (фиг. 41), применяемая там также при мощных крутопадающих железорудных залежах. Высота этажей принимается в 20—30 *м*, откаточный штрек *а* проводится у лежачего бока, а вентиляционный *б* у висячего. Ширина камер *в* 4,3—7 *м*, междукамерных целиков *г* 3,2—4,3 *м*, т. е. расстояние по простиранию между осями камер 8—12 *м*. Подготовительные работы начинаются проведением от нижнего к верхнему штреку вертикальных (фиг. 41) или наклонных гезенков *д* с ходовым и рудосвалочным отделениями. От гезенков к местам будущих камер делаются в шахматном порядке проработки *е*. Для образования собственно камер *в* от основного штрека проходятся вверх по восстанию 2 коротких ската *ж*, сбиваемые между собой ломаной проработкой *з*. Из последней приступают к выемке руды, подрабатывая потолок и расширяя забой: по простиранию до ширины камеры, а вкрест простирания—с одной стороны до лежачего бока, а с другой,—постепенно образуя наклонную (45—50°) плоскость, почему нижняя часть камеры получает вид четырехгранной воронки с двумя отверстиями внизу ее, служащими для выпуска руды через люки. Руда выпускается не вся, а лишь в той мере, чтобы между подорванной рудой и еще нетронутым ее массивом *постоянно оставалось свободное пространство* высотою около 2 *м*, где размещаются рабочие. Т. о. потолок камеры все поднимается и одновременно накапливается подорванная руда (магазинирование). Сообщение с забоем производится через упомянутые проработки *е*. Вполне выработанная камера (сечение вкрест простирания) имеет вид наклонного прямоугольника. Из законченной камеры производится выпуск магазинированной руды, после чего камера заполняется закладкой. При этой системе разработки выемка междукамерных целиков также крайне затруднительна. Развитие работ в камерах ясно из фиг. 41. Система пригодна для разработки залежей разнообразной мощности (но не менее примерно 10 *м*) при падении 40—80°, с устойчивой рудой, спокойно залегающими прочными боковыми породами. В руде ее д. б. крупных включений пустых пород. Аналогичными системами разрабатываются железные руды и в Швеции. 6) Весьма интересна по замыслу система камер-магазинов с обрушением междукамерных целиков (фиг. 42), служащая для добычи медных руд в Миами (штат Аризона в США). На чертеже показа-



Фиг. 41.

ны камеры, находящиеся в различных стадиях работы, справа налево: подрывка и магазинирование, выпуск руды, постепенное разрушение и опускание руды из междукамерных целиков. Выпуск руды из люков продолжается, пока не покажется руда, значительно загрязненная пустыми породами, оседающими вслед за рудою. На земной поверхности возникают обширные провалы. Такой системой разрабатывают в Швеции и железные руды. 7) Для добычи разнообразных руд, в частности же-

элементы рисунка находятся на гладкой поверхности формы. Наиболее просто происходит печатный процесс при рельефной печати, т. к. после накатывания формы краской сейчас же без каких-либо промежуточных операций м. б. сделан оттиск, между тем как при

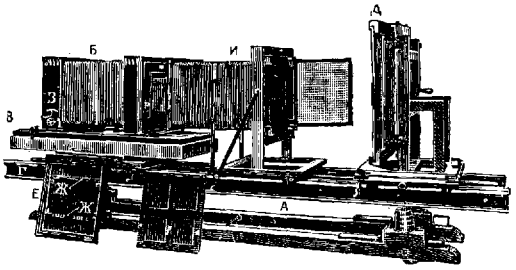


Фиг. 1, 2 и 3.

плоской печати д. б. включено увлажнение печатной формы перед накатыванием ее краской, а при глубокой печати поверхность печатной формы должна быть очищена от излишка краски.

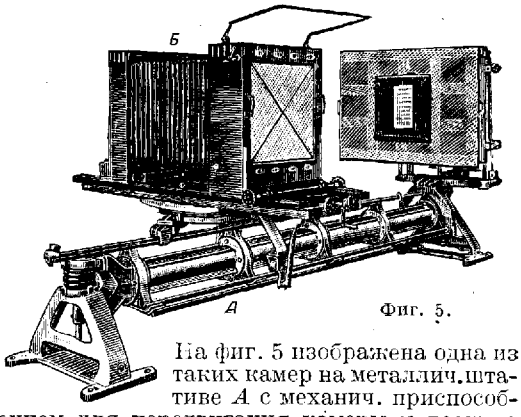
Главнейшими и наиболее распространенными в настоящее время Р. п., воспроизводимыми при помощи фотографии, являются следующие: для рельефной печати—штриховая фотоцинкография (штриховое клише), полутоновая фотоцинкография (автотипное клише), трехцветная автотипия; для глубокой печати—тифдрук, или меццо-тинто, гелиогравюра; для плоской печати—фотолитография, офсет, фототипия. При помощи перечисленных выше способов м. б. воспроизведены штриховые и полутоновые изображения. В большинстве Р. п. впечатление полутона вызывается тем, что изображение состоит из мелких точек, как напр. а в т о т и п и я, где снимок делается через сетку (растр), включаемую перед фотографич. пластинкой. На автотипных оттисках эта сетка ясно видна даже невооруженным глазом. При офсетной печати, где также применяется сетка, разложение изображения на отдельные растровые точки не так ясно видно, еще менее заметны эти точки на оттисках, отпечатанных способом глубокой печати; отличить их можно лишь при помощи лупы. При последних двух способах смягчению точек способствует то обстоятельство, что для печати в большинстве случаев применяются матовые бумаги в отличие от автотипии, где лучшие результаты получаются на гладких сортах бумаги. Р. п., дающими оттиски с полутонами, более всего приближающимися к тем чистым полутонам, какие напр. получаются на фотографич. отпечатках, являются фототипия и гелиогравюра. В фототипии тона образуются из несимметричного, очень мелкого корешка (мельчайшие складочки в желатиновой поверхности формы); в гелиогравюрах также имеется корешок, но образующийся от припудривания металлич. пластинки мельчайшим порошком смолы. Иногда для воспроизведения цветных рисунков пользуются одновременно несколькими способами печати, так называемая комбинационная печать, при к-рой напр. одна краска, черная (контур), печатается на типографской машине (рельефная печать), между тем как цветные тона печатаются на литографской машине.

Аппараты. Самая важная часть фотомеханич. мастерской—фотографич. репродукционные аппараты. Современные репродукционные аппараты отличаются от других фотоаппара-



Фиг. 4.

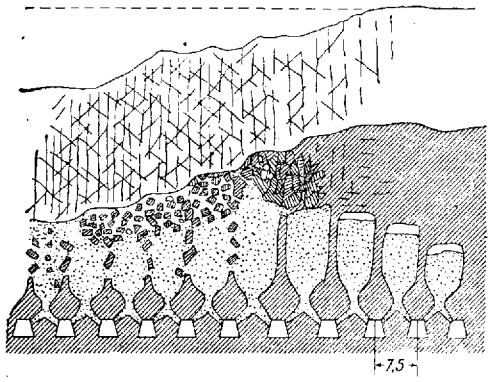
тов тем, что камера и экран для укрепления оригинала поставлены на общем очень устойчивом качающемся штативе *А* (фиг. 4). Камера *Б*, поставленная на полозья *В*, двигается на основной части штатива по рельсам *Г*; по тем же рельсам двигается так же доска с экраном *Д*. Конструкции и размеры фотокамер бывают различные: для формата пластинок 30×40, 40×50, 50×60, 70×80, 80×100 *см*; встречаются также камеры-гиганты для формата 100×120 *см* и даже до 120×150 *см*. Длина штатива соответствует размеру камеры. Средний штатив в длину имеет 5 *м*. Он ставится на пружинах для того, чтобы от сотрясения пола не нарушалась резкость снимка. В последнее время штативы и даже основные части камеры делаются из металла.



Фиг. 5.

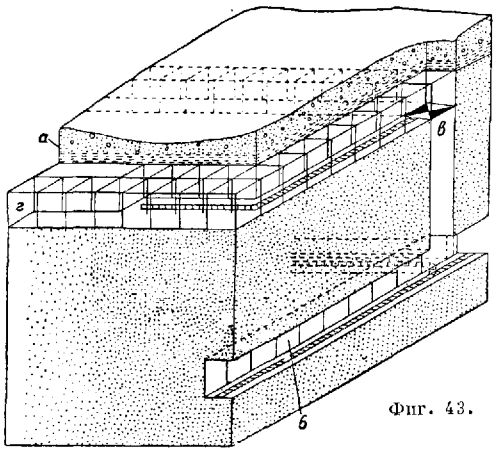
На фиг. 5 изображена одна из таких камер на металлич. штативе *А* с механич. приспособлением для передвигания камеры и доски с оригиналом. Необычная установка камеры *Б* поперек штатива объясняется здесь тем, что она переставлена для съемки оригинала через призму (см. ниже). Кассеты *Е* (фиг. 4) репродукционных аппаратов гораздо массивнее, чем обыкновенные кассеты для сухих пластинок; предназначены они для одной пластин-

лезных руд в Кривом Роге, применяются различные видоизменения системы разработки горизонтальными слоями, лишь в деталях отличные от вышеописанных для каменноугольных месторождений. Главное преимущество



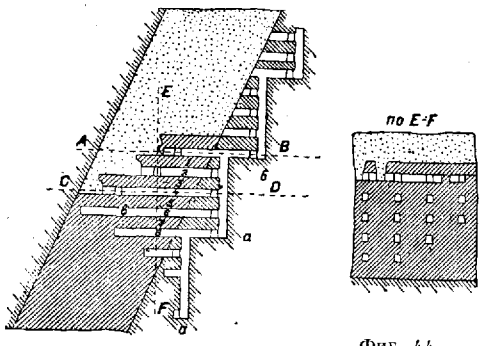
Фиг. 42.

этой системы: легкая приспособляемость к самым различным природным условиям; главный недостаток—малое число забоев в выемочных полях и следовательно разбросанность работ. 8) Система разработки горизонтальными слоями с обрушением покрывающих пород. Ее сущность м. б. пояснена примером (фиг.43), относящимся к добыче железных руд в районе Верхнего озера (США), а также медных руд в штате Аризона. Рудные тела громадных размеров разбиваются на этажи 9—15 *м* высотою. Прежде чем начать выемку горизонтальными слоями, верхняя часть месторождения вырабатывается какой-либо другой системой так, чтобы поверхность руды была выравнена в горизонтальную плоскость, к-рая затем покрывается настилом из толстых досок (крепление стойками разрушается взрывными работами), после чего происходит обрушение вышележащих пород. Дощатый настил и сильно сдавленный крепежный лес образуют покров *а* (мат), служащий постепенно опускающейся кровлей при последующей выемке горизонтальных слоев в нисходящем порядке. На фиг. 43 дан перспективный вид части место-



Фиг. 43.

рождения, вырабатываемого этой системой: *б*—откаточный горизонт, *в*—один из рудосвалочных гезенков, *г*—вырабатываемый горизонтальный слой с выемочным штреком и полосой, по которым проведен рельсовый путь. Но в последнее десятилетие на америк. металлич. рудниках для доставки руды от забоя до гезенка при этой системе разработки приобрели большое применение скреперы. Главное преимущество системы—возможность вырабатывать месторождения очень больших размеров без закладки и с малыми потерями руды. Но зато расход крепежного леса очень большой. 9) Система разработки с слоевым обрушением руды является по существу своеобразной разновидностью разработки горизонтальными слоями. Например при добыче железной руды в условиях Кривого Рога подготовительные выработки *а*, *б* (фиг. 44) проводятся в породах лежачего бока. От гезенков проводятся к руде через слой короткие квершлаги, сбиваемые слоевыми штреками и переходящие в рудных залежах в орты *в*. Когда орты доходят до висячего бока, начинается очистная выемка руды, но так, что руда по сторонам ортов и на их высоту берется заходками (фиг. 44, разрезы по *A—B*, *C—D*), а лежащая выше руда подрывается взрывчатыми веществами,

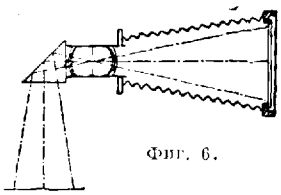


Фиг. 44.

падает на уровень почвы орта, где и грузится в вагончики. Вслед за рудой опускается находящаяся выше закладка. Обычно выемка слоевым обрушением ведется от границ разработок к шахте. Последовательность выемки слоев *1, 2, 3...* в вертикальном и горизонтальном направлениях ясна из фиг. 44. Для успеха работы требуется, чтобы руда не была крепкой или мелкотрещиноватой, но в то же время и не сыпучей; над полем, где начинается работа этой системой разработки, должно быть некоторое количество (п о д у ш к а) закладки; порода висячего бока должна опускаться вслед за оседанием подушки, постепенно пополняя ее собою; залежь должна быть более или менее правильной, без вздутий и пережимов. Достоинства системы: большое число и сконцентрированность забоев, автоматичность закладки; зато продолжительны и дороги подготовительные работы, возможно засорение руды закладкой. 10) Система разработки с массовым обрушением руды. Примером может служить разработка мощных месторождений рыхлой медной руды в С. Америке (фиг. 45). Обрушаемые массивы руды имеют толщину в

ки, к-рая устанавливается между двумя передвигающимися поперечными планками *ЖЖ*. Нижняя планка автоматически задерживается боковыми пружинами около цифр, указывающих размеры пластинок. Внутри камеры перед матовым стеклом находится рама с передвигающимися планками для растра. Снаружи камеры, с правой стороны, имеется приспособление для передвигания растровой рамы и для точного регулирования расстояния растра от пластинки, т. н. микрометрич. установка *З*. Универсальная репродукционная камера снабжена еще диапозитивной приставкой *И*, устанавливаемой на штативе между камерой и экраном. Для освещения оригиналов пользуются исключительно электрич. светом. Для этой цели 2 или 4 дуговые лампы силою в 15—20 А, до 3 000 свечей каждая, устанавливаются по обеим сторонам оригинала.

Оптические инструменты. Главнейшей частью фотоаппарата является объектив. Он д. б. абсолютно свободен от ряда недостатков, присущих объективам, как напр. хроматич. и сферич. аберрации, астигматизма, комы и пр., чтобы рисунки при съемке получались совершенно резкими до краев пластинки и без каких-либо искажений. Лучшими репродукционными объективами считаются сложные шестилинзовые конструкции под названием апохроматы светосилой от $F:7$ до $F:11$.



Фиг. 6.

При съемке в камере на негативе получается перевернутое (зеркальное) изображение, но т. к. для большинства Р. п. изображение на негативе должно получиться прямое, а не обратное, то съемку производят через призму. На фиг. 6 изображена схема прохождения и преломления лучей при съемке через призму.

Репродукционная фотография. Съемка штриховых оригиналов. Штриховые снимки делаются с оригиналов, состоящих из четких черных линий, точек и сплошных мест на белом фоне бумаги. На штриховых негативах черные линии должны получаться совершенно прозрачными на черном непрозрачном фоне. Только такие негативы дают правильные копии на металле (клише) и на литографском камне (фотолитография). Для получения таких контрастных негативов применяются особые пластинки, приготовленные так называемым мокрым коллодионным способом. Он изобретен 80 лет назад еще до сухих бромосеребряных пластинок, но уже давно вследствие малой чувствительности (в 200—300 раз меньше обыкновенных бромосеребряных пластинок) и необходимости приготовлять их перед каждой съемкой оставлен фотографами, работающими в других областях. Схема выполнения снимка мокрым способом следующая. Стеклянная пластинка обливается при свете иодированным коллодием, к-рый составляется из пироксилина, смеси спирта и эфира и иодистых солей. После застывания коллодия пластинка при желтом свете опускается в 10%-ный раствор азотнокислого серебра. При этом благодаря реакции замещения образуется светочувствительное иодистое серебро. Вынутую из раствора пластинку вставляют в мокром виде в кассету и экспонируют в камере. Образовавшееся во время съемки невидимое (латентное) изображение проявляют раствором, содержащим вещество, восстанавливающее серебро, в данном случае железный купорос. После проявления пластинка фиксируется, т. е. удаляются остатки галоидных соединений серебра обработкой растворами цианистого калия или гипосульфита, растворяющими эти соединения. После фиксирования пластинка промывается и сушится. До этого она от начала приготовления во время всего процесса оставалась мокрой. Отсюда происхождение названия мокрый способ. Отфиксированный негатив недостаточно контрастен, поэтому он д.б. усилен, а иногда для очищения прозрачных линий—ослаблен. Для усиления употребляются медный и свинцовый усилители, в к-рых негатив отбеливается. После отбеливания негатив чернится в растворе азотнокислого серебра (при медном усилителе) или в растворе сернистого натрия (при свинцовом усилителе). Ослабление, или травление, производится также в два процесса—сначала в растворе иода (раствор иода+иодистый калий) и затем в растворе цианистого калия—или же в один процесс—т. н. фармеровским ослабителем (растворы красной кровяной соли и гипосульфита). Высушенный негатив, если он был снят через призму, передается для копирования, в противном случае снимают коллодионный слой со стекла, переворачивают на другую сторону и переносят на другое стекло. Т. о. на копии (на металлич. пластинке или камне) изображение будет обратное (зеркальное), а на оттиске—в прямом положении.

Съемка полутоновых оригиналов. Оригинал, к-рый состоит не из штрихов, а полутонов, снимается через растр. Растровые негативы необходимы при изготовлении печатных форм для рельефной (типографской) и плоской (литографской и офсетной) печати. Растр состоит из двух склеенных вместе стеклянных пластинок, покрытых черными параллельными линиями. Эти стекла склеены так, чтобы обе системы линий скрещивались между собой под углом 90°. На фиг. 7 изображен двухлинейный диагональный растр в сильно увеличенном виде. В растре приходится на 1 *см* 20—100 линий, т. обр. на 1 *см*^{2} прозрачных квадратиков получается от $20\times20=400$ до $100\times100=10\,000$. Для больших клише и при печати на плохих бумагах применяются крупные растры, для маленьких клише и тонких работ—мелкие растры. Назначение растра — разложить полутона оригинала на негативе на отдельные (растровые) точки (фиг. 8), необходимые для вытравливания клише с рельефно стоящими печатными элементами. Отраженные от оригинала световые лучи, проходя через объектив и камеру, проникают через маленькие отверстия растра и запечатлеваются (после проявления) на слое светочувствительной пла-

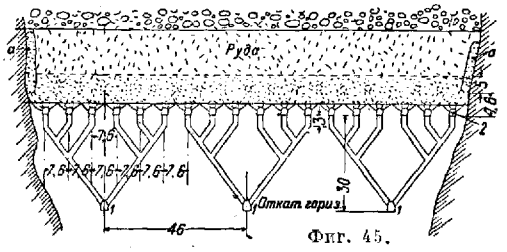


Фиг. 7.



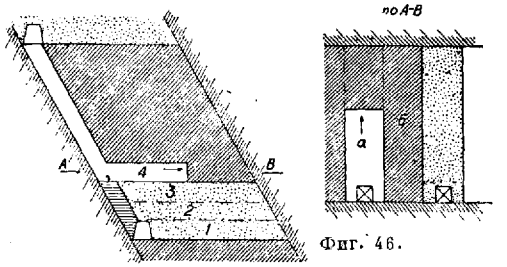
Фиг. 8.

23 *м*. Руда грузится в вагончики через люки в выпускных штреках (*2*), проводимых параллельно друг другу через 7,6 *м*. Эти штреки многочисленными скатами, наклоненными под углом 53° к горизонту, соединяются с главными откаточными штреками (*1, 1*), пройденными на 30 *м* ниже горизонта выпускных штреков. Для подсечки руды, необходимой для



Фиг. 45.

ее обрушения, из выпускных штреков (*2*) проводятся вверх многочисленные наклонные скаты попеременно с обеих сторон штрека на высоту 7,6 *м*, где от скатов ведутся выемочные штреки. Из последних проводятся веерообразно многочисленные шпуры, взрывами к-рых руда д. б. подорвана по всей подработанной штреками площади. Для того чтобы руда лучше обрушалась, по границам месторождения предварительно вырабатываются узкие, но высокие камеры-магазины *а*. 11) Комбинированная система разработки—горизонтальными слоями и камерная,—широко применяющаяся напр. для добычи железной руды в Кривом Роге, состоит в том (фиг. 46), что камеры *а* вырабатываются горизонтальными слоями *1, 2, 3, 4*... снизу вверх с полной закладкой, а междукамерные целики *б* выбираются каким-либо способом впоследствии. Достоинства системы—применимость в разнообразных условиях, безопасность, плотность закладки; недостатки—большое количество подготовительных работ, трудность возведения закладки и выем-

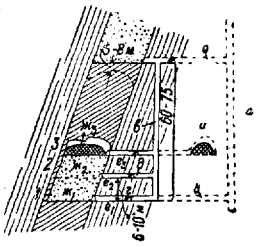


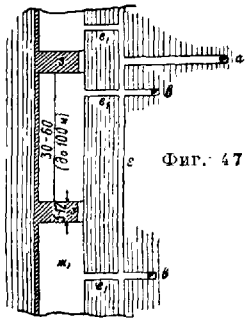
Фиг. 46.

ки междукамерных целиков. 12) Камерная система с оставлением навсегда покидаемых столбов применяется напр. при разработке месторождений каменной соли (см. *Поваренная соль*, добыча поваренной соли). При разработке месторождений каменной соли не должно допускаться обрушений кровли, крайне опасных из-за обширности очистных выработок и в особенности опасных тем, что они сопровождались бы образованием трещин в породах и возможным появлением воды в руднике. Для избежания обрушений д. б. выбраны размеры столбов на основе предположения, что при достаточно большом развитии очистных работ в шахтном поле на столбы начнет давить вес всех вышележащих пород. Для системы разработки ширина столбов *а* между камерами по Шевякову определится:

$$a = \frac{A}{\frac{10\,R'b}{n\,(H-h)\,\Delta_1\,(A+b)} - 1},$$

где: A—ширина камеры в *м*, b—длина столба в *м*, H—глубина от поверхности до пола камеры в *м*, h—высота столба в *м*, Δ_1—средний уд. в. пород, n—коэф. запаса прочности (ок. 2—3), R'=300—400 *кг/см²*—временное сопротивление каменной соли сжатию. Аналогично могут подсчитываться размеры столбов и для других ископаемых, добываемых подобной системой разработки, например гипса, мела, строительных камней и пр., причем следует значение R' не брать по справочникам, а устанавливать специальными исследованиями в виду разнообразия свойств пород одинакового наименования. При добыче каменной соли бурение шпуров успешно механизируется электросверлами, подбой—врубовыми машинами, погрузка из куч—электрическими экскаваторами. 13) При разработке месторождений калийных солей добыча как правило ведется с полной закладкой, так как эти соли, особенно карналлит, менее крепки и не так устойчивы против выветривания, как каменная соль, вследствие чего одни столбы, особенно при больших глубинах разработок, оказываются недостаточными для удержания массового давления пород. В этом случае назначение покидаемых столбов состоит в том, чтобы поддерживать устойчивость окружающих пород только во время выемки и заполнения закладкой данной камеры. В виду легкой растворимости калийных солей проникание воды в выработки, проводимые по

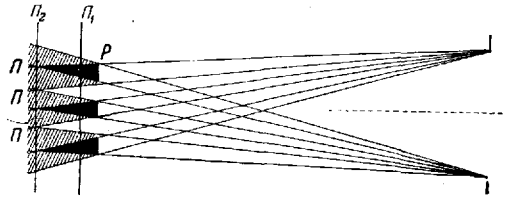




Фиг. 47

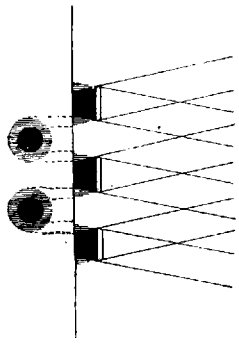
солям, почти всегда влечет за собой гибель рудника. Пример камерной разработки при крутом падении дан на фиг. 47, где от шахты *а*, заложенной в лежачем боку залежи, проведены этажные квершлаги *б*, соединяемые гезенками *в*. Откаточный штрек *г* и промежуточные штреки *д* проводятся в лежачем боку залежи и сбиваются с нею короткими квершлагами e_1, e_2, e_3..., из к-рых вырабатываются камеры $ж_1$, $ж_2$, $ж_3$... в восходящем порядке. Между камерами оставляются целики *з*. Во время подработки потолка камеры соль магазинируется. После удаления из камеры магазинированной соли камера заполняется закладкой, спущенной с поверхности (обычно отбросы химич. переработки сырых калиевых солей), или закладкой служит каменная соль, добываемая для этой цели в специальных камерах *и* (горных мельницах). С целью понизить расходы по доставке отбитой соли и закладки и уменьшить число подготовительных выработок иногда полу камер придается наклон, достаточный для самоскатывания соли и закладки.

стинки в виде маленьких точек. Если растр придвинуть вплотную к пластинке (в положение P на фиг. 9), то на последней получаются мелкие квадратики, т. е. негативное



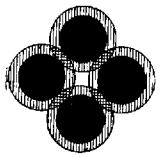
Фиг. 9.

изображение растра. Если поставить пластинку в положение $П_1$, то точки согласно образуемым от линий растра полутеням $П$ увеличиваются в диаметре и получаются круглые и нерезкие, т. к. каждая точка (или ее ядро) окружена полупрозрачным ореолом (фиг. 10).

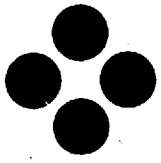


Фиг. 10.

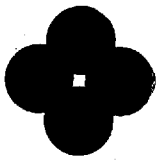
Чем больше отодвигается растр от пластинки, тем меньше ядро точки и тем больше ореол. Если отодвинуть далеко растр от пластинки (положение $П_2$), то перекрещивающиеся тени от растровых линий расширятся настолько, что точек на пластинке уже не образуется. Величина самой точки и окружающего ее ореола меняется в зависимости от количества отражаемых от оригинала световых лучей: чем светлее место на оригинале, тем сильнее от него отражается свет и тем больше получаются соответствующие ему точки; наоборот, чем темнее место, тем меньше соответствующие точки. На том же основании при съемке большой диафрагмой образуются большие точки (фиг. 11), при съемке маленькой диафрагмой—маленькие точки (фиг. 10). Ореолы (фиг. 12) имеют очень большое значение в автотипии; благодаря им имеется возможность изменить характер негатива: стравив ореол (ослаблением негатива), точку уменьшить до величины ядра (фиг. 13), усилив негатив, полупрозрачный ореол соединить (слить) с ядром и составить одно целое (фиг. 14). На нормальном негативе черные места состоят из маленьких точек, в темных полутонах точки крупнее; чем светлее тон изображения, тем крупнее становятся точки, все более и более сближаясь между собой. В светлых местах точки сближаются настолько, что между ними остается лишь небольшое прозрачное отверстие. На копии с такого негатива и на оттиске с вытравленного клише получается обратная картина. В самых светлых местах изображения видны очень маленькие черные точки, через к-рые бумага просвечивает наиболее сильно (фиг. 8), в наиболее темных местах они сближаются настолько, что белая бумага просвечивает между ними лишь через очень маленькие отверстия; слияние точек образует тени изображения. Чтобы получить такой негатив приходится снимать несколькими диафрагмами разной величины: средняя диафрагма даст правильное разложение полутонов изображения, большая диафрагма дает правильное с ц е п л е н и е точек в светах (фиг. 12). Но при съемке этими диафрагмами в черных местах изображения точки вовсе не образуются, т. к. здесь от оригинала свет не отражается, между тем для правильного проведения травления клише и печати его в машине точки, хотя бы самые маленькие, на негативе должны стоять и в самых черных местах изображения. Чтобы вызвать эти точки, фотограф завешивает оригинал листом белой бумаги, вставляет в объектив маленькую диафрагму и производит непродолжительную экспозицию на пластинку, на к-рой уже был снят оригинал. При обыкновенной фотографич. съемке эта операция вызвала бы вуаль на пластинке, но при растровой съемке вуаль образоваться не может, так как поверхность светочувствительной пластинки отчасти прикрыта непрозрачными линиями растра. Таким путем точки образовались не только в темных местах изображения; одновременно усилилось ядро других растровых точек. Проявленный и отфиксированный негатив для приведения точек до надлежащей формы и резкости подвергается еще травлению



Фиг. 12.

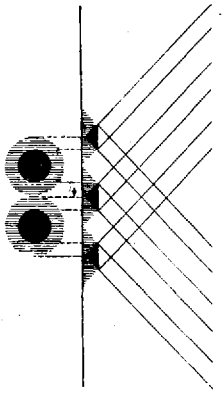


Фиг. 13.



Фиг. 14.

(ослаблению) и усилению и затем передается для копирования на металлич. пластинку или литографский камень.

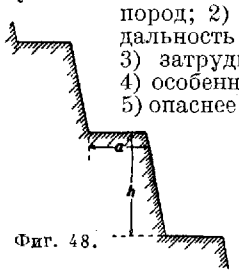


Фиг. 11.

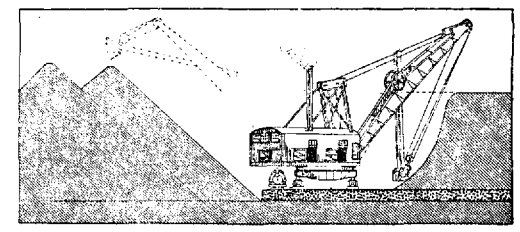
Т р е х ц в е т н а я р е п р о д у к ц и я. Основой трехцветной репродукции является разделение цветов на основные цвета. Фотографически этот способ осуществляется след. обр.: цветной оригинал снимают последовательно на трех цветочувствительных (панхроматических) пластинках с включением трех с в е т о ф и л ь т р о в, окрашенных в фиолетовый, зеленый и оранжевый цвета. При помощи этих светофильтров цвета оригинала разделяются на три основные: ж е л т ы й, к р а с н ы й и с и н и й, из которых при смешении их в определенных пропорциях можно получить все остальные цвета. С трех снятых негативов, из которых один содержит все желтые части оригинала в правильном соотношении тонов, другой—красные и третий—синие части, изготовляют 3 печатные формы, служащие для печатания оттисков в трех основных цветах. Светофильтры, которыми производят съемки, бывают различные: 1) окрашенные в массе стекла; 2) плоскопараллельные стеклянные пластинки, облитые окрашенными желатиновыми растворами,—с у х и е ф и л ь т р ы; 3) фильтровые кюветы с налитыми цветными жидкостями,—ж и д к и е ф и л ь т р ы,—надеваемые на переднее кольцо объектива, и 4) пленочные фильтры, вставляемые в объектив вместе с диафрагмой. Окраска светофиль-

Открытые работы. Добыча полезных ископаемых открытыми работами более экономичная, чем подземными, возможна, если значительные количества полезных ископаемых находятся непосредственно на земной поверхности или недалеко от нее. Примеры: 1) при горизонтальном или слабо наклонном рельефе земной поверхности месторождение значительной толщины лежит тоже почти горизонтально при покрывающих породах небольшой мощности; 2) при крутом падении мощного месторождения его выход закрыт нетолстыми наносами; 3) выход мощного месторождения обнажается на склоне горы.

Удаление покрывающих пород называется в с к р ы ш е й полезных ископаемых. Существует предельное отношение количества пустых пород к единице добываемого полезного ископаемого, превышать которое уже экономически невыгодно и по достижении к-рого обыкновенно переходят к подземным работам или прекращают эксплоатацию месторождения. Этот предел зависит от: 1) ценности полезных ископаемых, 2) относительной стоимости выемки полезных ископаемых в открытых и подземных разработках, 3) стоимости выемки пустой породы, сильно колеблющейся для отдельных случаев. Определение глубины вскрыши на основе предельного соотношения между количеством удаляемых пород на единицу полезных ископаемых должно устанавливаться не для всего карьера в целом, а для того горизонта, на котором это соотношение наступает. Известны случаи, когда опасность обрушений принуждает прекращать работу в карьере и переходить к подземной добыче раньше, чем это экономически выгодно; и, наоборот, мощные, сильно склонные к самовозгоранию каменноугольные пласты иногда во избежание подземных пожаров эксплоатируются открытыми работами до глубин, где была бы выгоднее уже подземная разработка. Открытые работы обладают многими преимуществами по сравнению с подземными: 1) более дешевая и легкая выемка полезных ископаемых благодаря большим размерам забоев (возможность добывать очень крупные монолиты для строительных и скульптурных целей); 2) полнота выемки полезных ископаемых; 3) относительно легкая возможность развить громадную производительность рудника; 4) возможность пользования дневным светом; 5) более легкая отборка пустых пород при дневном освещении; 6) отсутствие крепления, закладки, вентиляции и необходимости борьбы с вредными газами; 7) простота организации доставки; 8) возможность пользования большими машинами; 9) более безопасные условия работы. Недостатки открытых работ: 1) дождь или сильный холод временно делают работу в карьерах затруднительной или невозможной; 2) широко развитые открытые работы занимают большие участки земли, которые в большинстве случаев навсегда пропадают для земледелия; 3) ночные работы неудобны, т. к. трудно организовать достаточно сильное освещение; 4) при открытой разработке мощных каменноугольных месторождений получается большое, иногда и преобладающее количество угля из зоны выветривания, т. е. плохого качества. Открытые разработки в большинстве случаев ведутся почвоуступно (фиг. 48). Высота h уступов и величина угла откоса зависят от свойств пород, а ширина a от способа работ. При более высоких уступах: 1) упрощается организация доставки и подъема, т. к. уменьшается число уступов; 2) реже требуется малопроизводительная подрезка подошвы уступов (важно для крепких пород); 3) лучше используются экскаваторы. Но при возрастании высоты уступов: 1) увеличивается возможность падения с поверхности уступа глыб полезных ископаемых или пустых пород; 2) возрастает сила удара и дальность откатывания этих глыб; 3) затруднительнее осмотр забоя; 4) особенно опасны ночные работы; 5) опаснее и утомительнее работа людей на уступе, особенно в плохую и холодную погоду. В результате высота уступов бывает при разработке глин и песков 3—5 *м*, железных руд—7—10—12 *м*, медных руд (США)—14—18 *м* и более. Угол откоса д. б. тем меньше, чем слабее породы. Ширина уступов при ручной доставке в тачках или вагончиках не д. б. меньше 2 *м*, при конной доставке—не меньше 3 *м*, при работе экскаваторами, находясь в зависимости от типа и размера последних, обыкновенно не меньше 15 *м*. Выемка пород в забоях уступов ведется ручными инструментами (только при некрепких породах и в предприятиях малой производительности) или взрывными работами или непосредственно экскаваторами. Заряды взрывчатых веществ помещаются в шпуры, буровые скважины и минные камеры (см. *Взрывные работы* и *Бурение*). При добыче некоторых строительных материалов и камней для скульптурных целей необходимо обходиться без взрывных работ, чтобы камни еще в забое получились желательной формы и размеров и без трещин. Выемка слоистых пород ведется ломами и клиньями с использованием естественной трещиноватости. В случае надобности протесываются борозды и делаются

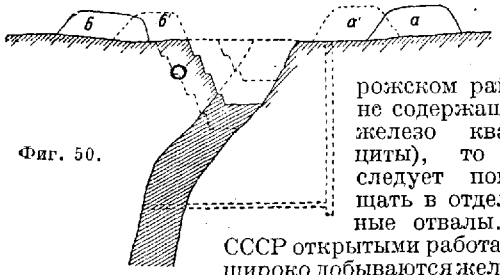


Фиг. 48.


Фиг. 49.

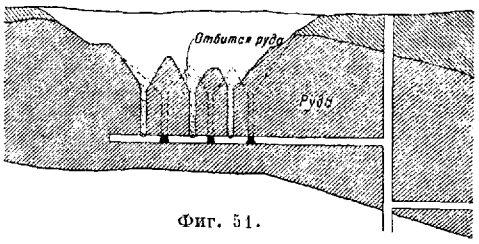
врубы. В массивных породах каменные глыбы требуемых размеров отделяются от общего массива проведением на близком расстоянии или даже так, чтобы получилась сплошная щель большого числа шпуров. Окончательное отделение монолита производится действием клиньев. Для выбуривания шпуров или приготовления врубов существуют специальные машины (см. *Механизация горных работ*). Мягкие породы могут распиливаться пилами с зазубренным режущим краем (в очень мягких породах) или с гладким краем или наконец проволокой или проволочным канатом. В последних случаях в пропил насыпается кварцевый песок, наждак и т. п., зерна к-рых, прижимаемые пилою,

царапают камень. Подорванная в забоях уступов порода погружается для отвозки в вагоны—вручную или *экскаваторами* (см.). При рыхлых, а иногда и мягких породах экскаватор служит и для добычи породы в забое. Экскаваторы больших размеров при наличии соответствующих условий могут непосредственно отгружать породу из вскрыши в отвал (фиг. 49). Из различных типов экскаваторов для открытых горных работ наибольшее значение имеют одночерпаковые, к-рые работают не только в рыхлых, но и ломких породах, способны захватывать и отгружать большие глыбы и очень выносливы, скреперные (канатные)—только для мягких, рыхлых пород, в частности для черпания из-под воды, и многочерпаковые—для рыхлых грунтов, не содержащих валунов, пней и т. п. Для отвозки полезных ископаемых и пустых пород из открытых работ служат вагоны разнообразнейших размеров (емкостью от долей *m* до 100 *m* и более), но так или иначе приспособленные к автоматич. разгрузке. При всей своей простоте по сравнению с подземными работами открытые работы должны вестись по определенному плану, составленному хотя бы в обших чертах на весь срок их существования. В частности план должен предусматривать такое расположение отвалов на поверхности, чтобы их при дальнейшем развитии работ безусловно не пришлось бы перемещать (*а*, *а′*, *б*, *б′*, фиг. 50). Если при вскрыше приходится удалять различные породы, могущие в будущем получить полезное употребление (песок, глина, в Криворожском районе содержащие железо кварциты), то их следует помещать в отдельные отвалы. В СССР открытыми работами широко добываются железные руды (Кривой Рог, Урал, Керченский полуостров), золотые россыпи (Урал, Сибирь), известняк и доломиты для целей металлургии (например Донбасс), цементные материалы (район Новороссийска, Московская область, Нижняя Волга, Донбасс и др.), строительные камни и материалы (в очень многих местах), каменный уголь (напр. в Черемховском бассейне). Сюда же м. б. отнесены добыча самосадочной соли и разработка россыпей (золота, платины, олова) драгами (см. *Дражное дело*) и гидравлическим способом (см. *Гидравлические разработки*).



Фиг. 50.

Разработка воронками (мельницами) (фиг. 51)—способ как бы промежуточный между открытыми и подземными работами. Под дном открытых работ проводится сеть подземных горизонтальных выработок, сообщающихся с шахтой или штольней. От них до поверхности месторождения проводятся вертикальные гезенки, снабженные внизу выпускными люками. Забои над каждым гезенком имеют вид воронки, по наклонной поверхности к-рой добываемый материал скатывается в гезенк через переносную решетку внизу воронки для задержки больших глыб. При достоинствах и недостатках, общих с открытыми работами, выемка воронками почти не допускает сортировки полезных ископаемых или отборки пустой породы; небезопасно положение рабочих на откосах забоев, требуются подготовительные подземные выработки, но перемещение полезных ископаемых от забоя к вагончику и погрузка в последний упрощены до минимума.



Фиг. 51.

О добыче нефти см. *Аэролифт*, *Бурение*, *Газлифт*, *Глубокие насосы*, *Нефти*; о добыче рассолов см. *Поваренная соль*, добыча.

Лит.: Шевяков Л. Д., Разработка месторождений полезных ископаемых, 2 изд., Харьков, 1930; его же, Сборник статей по горному искусству, 2 изд., вып. 1, Харьков, 1930; Бокий Б. И., Практический курс горного искусства, т. 1—3, М.—Л., 1923—28; его же, Аналитический курс горного искусства, М.—Л., 1929; Трушков Н. И., Разработка рудных месторождений, ч. 1, М., 1924, ч. 2, М., 1925, ч. 3, Л., 1929; Терпигорев А. М., Описание Донецкого бассейна, т. 2, вып. 2, Харьков, 1915; его же, Разбор систем разработок каменного угля, применяемых на рудниках Юга России, 2 изд., Екатеринослав, 1910; Сидоров А. Н., Мокрая закладка, М., 1923; Стрельников Д. А., Разработка мощных пластов Кузнецкого каменноугольного бассейна, М.—Л., 1926; Булдавский А. К., Описание систем подземных разработок железной руды в Криворожском районе, М., 1922; Серебровский А. Н., Золотопромышленность в США, ч. 1—2, 2 изд., М., 1929; Мэрш Р., Экскаваторы и применение их при горных работах, пер. с нем., М., 1924; Митке Ч. А., Системы разработки рудных залежей, пер. с нем., М., 1930; «НИ», т. 1—4, 1925—29; Heise F. und Herbst F., Lehrbuch der Bergbaukunde, B. 1, 6 Aufl., B., 1930; Treptow E., Grundzüge der Bergbaukunde, 6 Aufl., W., 1925; Haton de la Goupillière, Cours d'exploitation des mines, 4 éd., t. 1, P., 1928, t. 2—3 (печат.); Gruner L. E., Cours d'exploitation des mines, t. 1—6, P., 1921—25; Young G. I., The Working of Unstratified Mineral Deposits, L., 1927; Bulman H. F., The Working of Coal and Other Stratified Minerals, L., 1927; Kneeland E. H., Getting out the Coal, N. Y., 1926; Taschenbuch für Berg- und Hüttenleute, hrsg. v. F. Kögler, 2 Aufl., B., 1929; Peele R., Mining Engineers Handbook, New York, 1927; Handbuch für den deutschen Braunkohlenindustrie, hrsg. v. G. Klein, B. 1, T. 1, 3 Aufl., Halle a/S., 1927; Yearbook on Coal Mine Mechanisation, Wsh., 1928; Barneveld C. E., Iron Mining in Minnesota, Minneapolis, 1912; Phalen W. C., Technology of Salt Making in the U.S.A., Wsh., 1917; Spackeler J., Kalibergbaukunde, Halle a/S., 1925; Hermann O., Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie, 2 Aufl., B., 1916; Greenwell A. and Elsden J., Practical Stone Quarrying, L., 1913; Bowles O., Technology of Marble Quarrying, Wsh., 1916; «ГЖ», «Уголь», Харьков; «Вестник угля», «Инженерный работник», Днепропетровск; «МС», «Цветные металлы», М.; «Der Bergbau», «Braunkohle», Halle a/S.; «Glückauf», Essen; «Kali», Halle a/S.; «Kohle und Erz», B.; «Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate», B.; «Annales des mines de Belgique», Bruxelles; «Annales des mines de France», P.; «Mines, carrières, grandes entreprises», P.; «Revue d'industrie minérale», P.; «Bulletin of the Bureau of Mines», Wsh.; «Canadian Mining-Journal», Gardenvale; «Coal Age», N. Y.; «Colliery Engineering», «Colliery Guardian», L.; «Iron and Coal Trades Review», L.; «Mining and Metallurgy», N. Y.; «Transactions of the Amer. Inst. of Mining and Metallurgical Engineers», N. Y.; «Transactions of the Inst. of Mining Engineers», L. **Л. Шевяков.**

Разработка отвалов металлургических заводов. Разработка отвалов, образующихся из всевозможных отходов и отбросов производственных процессов металлургических предприятий, ведется с целью извлечения из

тров д. б. согласована с печатными красками: цвет первых д. б. дополнительным к цвету последних. Для выбора правильных фильтров для соответствующих печатных красок прибегают к спектроскопич. исследованию. Существуют два способа трехцветной репродукции: прямой и непрямой, или косвенный. В первом случае с оригинала производят съемки с включением светофильтров и растра и три негатива непосредственно копируют на металл, а во втором—снимают без растра, затем с негативов изготовляют диапозитивы и с последних в диапозитивной приставке снимают растровые негативы, к-рые копируются на цинковые или медные пластинки для приготовления трехцветных клише или на литографские камни (фотолитография и офсет). При трехцветных съемках со светофильтрами фотографич. пластинки д. б. сенсибилизированы, т. е. очувствлены, специальными красящими веществами (оптич. сенсибилизаторами) к тем цветным лучам, которые должны действовать на светочувствительный слой пластинки. Сенсибилизация осуществляется двумя способами: введением красящих веществ в эмульсию при фабрикации пластинок и погружением обыкновенных бромосеребряных пластинок (чувствительных главн. обр. только к синим и фиолетовым лучам) в раствор красящих веществ. Наиболее известны следующие сенсибилизаторы: эозин, эритрозин, ортохром, пинахром, пинавердол, очувствляющие к зеленым, желтым и оранжевым лучам; дицианин, пинацианол, пинахром синий, очувствляющие к красным лучам. Первые употребляются для приготовления ортохроматических пластинок, последние—для панхроматических пластинок. Съемка красного негатива. Включают зеленый светофильтр, к-рый пропускает зеленые, а также желтые и синие лучи; они действуют на светочувствительный слой пластинки и восстанавливают металлическое серебро, т. е. эти места почернеют на негативе. Красные лучи поглощаются фильтром и следовательно никакого действия на пластинку не оказывают; эти места остаются на негативе прозрачными. В копии на металле затем получается позитивное изображение: чистый красный цвет оригинала (прозрачные места негатива) будет черным, а другие цвета в соответствии с бо́льшим или меньшим содержанием красного цвета (оранжевый и красновато-фиолетовый) образуют полутона изображения. Пластинка очувствляется к зеленым лучам. Съемка синего негатива. Включают оранжевый светофильтр, пропускающий оранжевые, а также красные и желтые лучи и поглощающий синие, таким образом в копии получаются все тоновые переходы как синего цвета, так и тех цветов, в состав к-рых он входит (зеленый и синевато-фиолетовый). Пластинка очувствляется к красным лучам. Съемка желтого негатива. Включают фиолетовый фильтр, который пропускает фиолетовые, а также красные и синие лучи; желтые лучи поглощаются фильтром. В копии желтый цвет оригинала получается черным, а оранжевый и зеленый цвета передаются полутоном. Материалом при съемке косвенным способом может служить обыкновенная бромосеребряная пластинка, при прямом способе—мокрая пластинка, как та, так и другая обладающие чувствительностью к фиолетовым и синим лучам. Съемку в этом случае, чтобы избежать изменения в резкости и размерах рисунка, производят с бесцветным фильтром (чистое стекло—при работе с сухими светофильтрами, вода—при работе с фильтровыми кюветами). Оригиналы, содержащие много серых и черных тонов, не м. б. репродуцированы тремя основными красками, поэтому снимают еще четвертый негатив для печати добавочной краски, б. ч. черной. При съемке черного негатива, который должен передавать все цвета оригинала в правильном соотношении тонов, включают желтый светофильтр. При прямом способе трехцветной репродукции негативы снимают с бромосеребряной коллодионной эмульсией. Эмульсия—готовый продукт, вырабатываемый теперь в Союзе ССР. Стеклянная пластинка обливается эмульсией и вставляется в кассету для съемки. Чувствительность сырой эмульсии только наполовину превышает чувствительность коллодионной пластинки, с прибавлением же сенсибилизаторов она повышается в 3—4 раза. Сенсибилизаторы, применяемые для сухих пластинок, пригодны также для коллодионной эмульсии. Выпускаются также специальные сенсибилизаторы, отмеченные буквами R, B, G и S, которыми обычно окрашивается коллодионная эмульсия. Эти же сенсибилизаторы дают возможность снимать трех- и четырехцветные негативы без светофильтров, но этот способ применим только для несложных работ. В общем для коллодионной эмульсии служат те же светофильтры, что и для сухих пластинок. Эмульсионные пластинки проявляются щелочными проявителями, гл. обр. гидрохиноном; в остальном обработка пластинок ничем не отличается от мокроколлодионных; резкость растровых точек ниже, чем у последних. При съемке негативов для трехцветной печати во избежание муара (появление звездочек, розеток, крестиков и пр.) растр поворачивается с таким расчетом, чтобы линии всех трех растров приходились друг к другу под углом 30°, в четырехцветной печати в 30° или 22½°. Для съемки растровых, как и штриховых, негативов применяются также сухие фотомеханические пластинки и пленки, изготовляемые из особо контрастно работающей бромосеребряной эмульсии.

Изготовление печатных форм. 1) Рельефная печать (фотоцинкография). Различают штриховые и растровые клише (автотипия). Изготовление форм для рельефной печати делится на два процесса: перевод рисунка (копирование) на металлич. пластинку и травление, т. е. углубление промежутков между печатными элементами. Для копирования негативов существуют следующие два способа: хромоальбуминный для штриховых и эмалевый для копирования автотипных негативов. Последний делится на горячий и холодный способы. Хромоальбуминный способ состоит в том, что полированная цинковая пластинка (2 *см* толщины) обливается раствором из альбумина и двухромовокислого аммония и затем сушится в тепле. Светочувствительная пластинка копируется под негативом на свету дуговых электрических ламп в особой конструкции копировальной раме в течение нескольких минут. После копирования пластинка накатывается (валиком) сплошь жирной переводной краской, переносится в кювету с водой и проявляется. Во время ко-

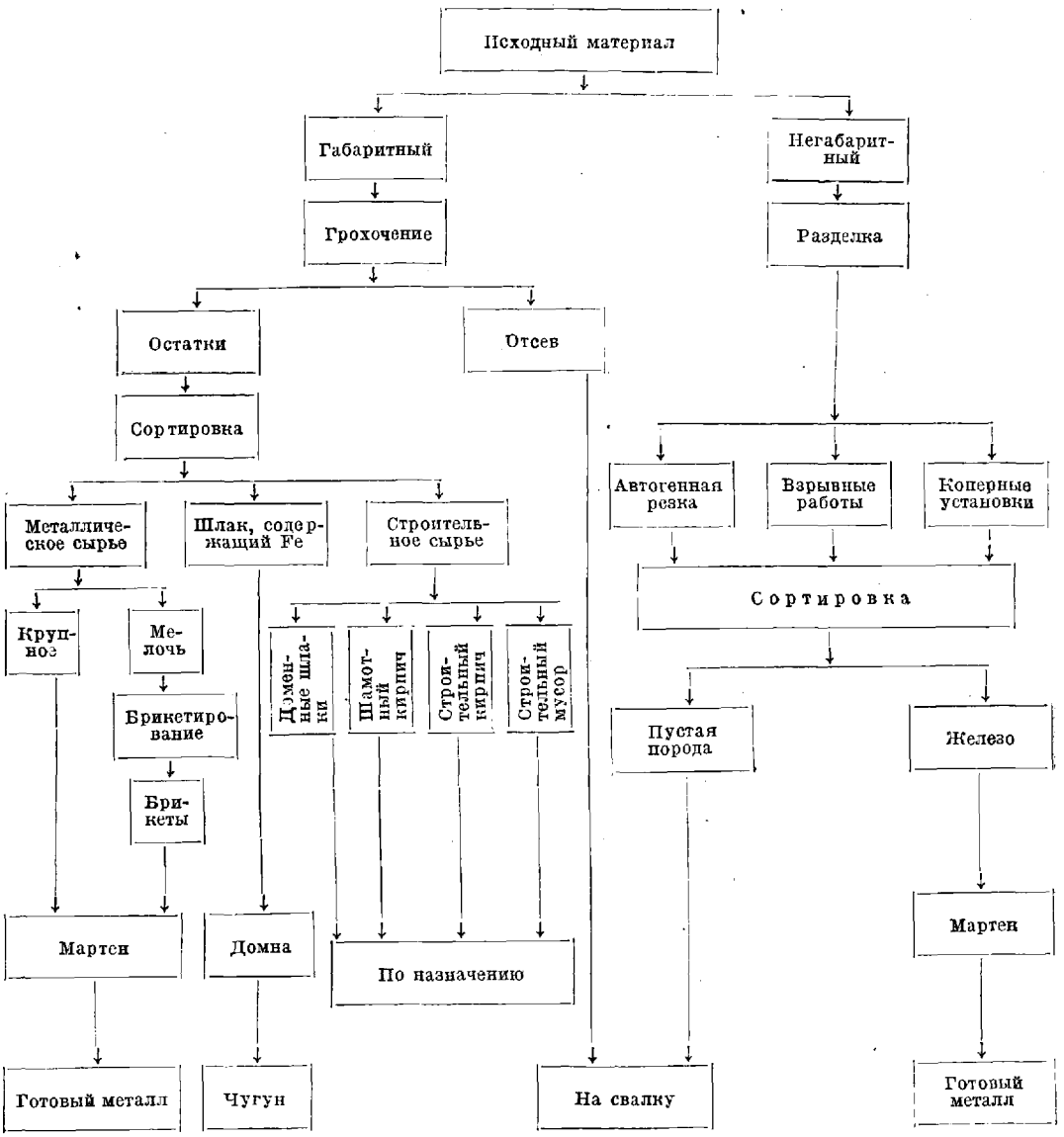
них металлсодержащего и строительного сырья, которое по признакам его утилизации делится на три вида: доменное, мартеновское и строительное. В доменном производстве употребляются железо-стальная и чугунная мелочь, стружка, окалина и т. д., а также шлаки: бессемеровский (содержание железа 15—20%), томасовский (Fe 13—18%), мартеновский (Fe 12—15%) и кричный. К мартеновскому металлосырью, извлекаемому из отвалов, относятся: козлы мартеновских и доменных печей, заплакованные чугунные коржи, вкрапленный в шлак дробовидный чугун, ковшевые остатки, сливы, литники, донья ковшей, сифоны, скрап и пр. На строительные цели поступают извлеченные из отвалов: бой шамотного кирпича, бой строительного кирпича, доменные шлаки, щебень и пр. строительный мусор. Перспективы в области разработки доменных и мартеновских отвалов в СССР чрезвычайно большие. Ниже приведены данные о количестве (в m) полученного в 1929/30 г. и запроектированного к получению металла из отвалов по отдельным районам.

Район разработки	1929/30 г.	1931 г.
Днепропетр. пром-сть . . .	30 676	100 000
Левобережная Украина . .	38 270	120 000
Северо-западный	—	35 000
Урал	14 233	35 000
ЦЧО	84	4 000
Нижне-Волжский	—	6 000
Северо-Кавказский	5 802	6 000
Верхне-Волжский	393	1 250
Всего	89 458	307 250

На 1932 год было запроектировано к получению металла от разработки этих отвалов уже 375 тыс. m.

Разработку отвалов в СССР производят тремя способами: карьерами (забои располагают почвоуступно), глубокими подбоями и переброской. Почвоуступно-карьерная система наиболее дешевая и применяется почти на всех отвальных разработках «Металлома» как Урала, так и юга. При работе глубокими подбоями (на длину кайла) обрушиваются

Схема разработки металлургических отвалов.



пирования со слоем хромоальбумина происходят следующие изменения: под прозрачными местами негатива слой хромоальбумина от действия света затвердевает (задубливается) и не может растворяться в воде, под непрозрачными местами, наоборот, слой остается без изменения и в воде растворяется. Если теперь накатанную краской и перенесенную в воду пластинку потереть ватным тампоном, то неосвещенный слой альбумина растворится и вместе с ним смоется и слой краски, оставляя открытой чистую поверхность цинка. В результате на пластинке остается копия штрихового оригинала (в перевернутом виде), состоящая из слоя задубленного альбумина, покрытого черной краской. После сушки копия запудривается мельчайшим порошком асфальта и нагревается; при этом из краски и асфальта образуется слой, противодействующий травящей жидкости. Теперь пластинка подвергается травлению к-той, к-рая растворяет незащищенный хромоальбумином металл, т. е. углубляет непечатающие места пластинки, образуя рельеф самого рисунка (фиг. 1). Травление производится в несколько приемов, т. к. к-та действует не только в глубину, но также растворяет боковые стенки рельефно стоящих линий. Чтобы защитить эти стенки от протравливания и придать рельефным линиям надлежащую высоту и форму, пластинка после затравки в слабой азотной к-те (3%-ной) накатывается при помощи гладкого кожаного валика жирной краской, к-рая не только закрывает поверхность линий, но течет вниз по боковым стенкам и, защищая их от действия к-ты, дает возможность произвести второе, еще более глубокое травление. После накатывания краской пластинка запудривается порошком смолы, нагревается и травится более крепкой к-той (8%-ной). Процесс накатывания, припудривания и нагревания повторяется еще несколько раз с соответствующим изменением консистенции краски, рода смоляных порошков и крепости к-т. В среднем производят 6 ступенчатых травлений, 3 вглубь: затравку, 1-е и 2-е глубокое травление, 3 обратных травления для удаления образовавшихся от широкого накатывания краской ступеней: 1-е и 2-е круглое и 1 чистое травление. Готовое клише имеет вид, изображенный на фиг. 1. Такие же клише получаются гравированием рисунка от руки при помощи штихелей на дереве. Этот способ, при котором часто применяется фотография, называется к с и л о г р а ф и е й. Вырезают также штриховые рисунки на линолеуме; этот способ получил название л и н о г р а в ю р а.

Автотипный негатив копируется эмалевым способом. Пластинка—цинковая или медная—обливается раствором, состоящим из клея и двухромовокислого аммония, и сушится в центрифуге над горячей плитой. Пластинка после копирования опускается в кювету с водой для проявления, где неосвещенные места слоя, как и при хромоальбуминном способе, смываются. Рисунок, состоящий из растровых точек, остается на поверхности металла в виде задубленного бесцветного хромоколлоидного слоя. Его окрашивают в растворе анилиновой краски (метилвиолета), где рисунок, до сих пор невидимый, окрашенный в цвет краски, отчетливо выступает. После промывки копию дубят в растворе хромовых квасцов, промывают и эмалируют, т. е. сильно нагревают над огнем. После этой операции слой делается настолько твердым, что выдерживает травление в к-те. Недостаток горячего эмалевого способа состоит в том, что цинк при той высокой $t°$ (свыше 200°), которая необходима для превращения задубленного клея в эмаль, изменяет свое физическое строение (делается кристаллическим). Такие клише не выдерживают больших тиражей, поэтому, если предполагают печатать больше 15 000 оттисков, для травления клише берут медь или копируют на цинке холодным эмалевым способом, при к-ром копия не нагревается. Автотипия состоит из бесчисленных мелких, плотно друг около друга стоящих точек; больших промежутков не имеется, т. к. даже белые места изображения покрыты точками. Поэтому ступенчатое травление, применимое для штриховых клише для углубления широких промежутков между штрихами, здесь отпадает. Достаточно непродолжительного травления (затравки) в слабой к-те, чтобы с клише получить оттиск, но последний по градациям тонов не будет соответствовать оригиналу: он будет монотонным. Происходит это оттого, что точки в светах на негативе держались крупнее, чем они д. б. на готовом оттиске, чтобы иметь возможность достаточно углубить промежутки между точками и произвести достаточное число в ы к р ы в а н и й. Во время травления точки уменьшаются: они делаются меньше, чем они были на копии до травления. Отсюда вывод: сила тона в автотипии зависит от величины точек, из к-рых состоят полутона изображения. При продолжительном травлении каждый тон оригинала делается все светлее и светлее; одновременно с растравлением точек в светах и полутонах происходит и растравливание черных мест изображения, превращающихся в серый тон. Это явление, вредно отражающееся на градации изображения, имеет и свои выгоды, так как травильщик может каждый тон оригинала по своему усмотрению держать в репродукции светлее или темнее. Достигается это ретушью, в ы к р ы в а н и е м или тоновым травлением: после затравки кислотоупорным лаком закрывают на пластинке все тона, которые не должны больше растравляться (следовательно сначала самые черные места изображения), а те тона, которые могут еще выдержать травление, оставляются открытыми с тем, чтобы они растравились светлее. Это чередование травления с выкрыванием продолжается до тех пор, пока на пластинке в самых светлых местах не останутся очень тонкие точки. Пластинку затем смывают и с нее печатают пробный оттиск, к-рый сравнивают с оригиналом. Если репродукция не соответствует оригиналу, выкрывание и травление продолжают, причем эмалевый слой коричневого цвета все время остается на пластинке, и готовое клише, покрытое им, поступает в печать. Следует отметить, что для травления часто применяются травильные машины, сокращающие продолжительность травления и до нек-рой степени выкрывание, так как при машинном травлении изображение получается контрастнее, чем при травлении в кювете: к-та действует сильнее на отдельно стоящие точки и поэтому светлые места изображения растравляются скорее, чем темные. Хорошие оригиналы и соответственно ретушированные механической а м е р и к а н с к о й р е т у ш ь ю с применением специаль-

значительные откосы отвала; работа грабарей вперевалку является самым дорогим методом и применяется только в исключительных случаях. Для отвозки материала к ж.-д. путям прокладывают узкоколейные пути, по к-рым добытый материал в коппелевских вагонетках передается к решткам и опрокидывается в ж.-д. вагоны для направления на соответствующие заводы.

Полученный материал делится на две группы: габаритный и негабаритный. Габаритный материал с мусором и металлической мелочью поступает на грохота. Остатки на грохотах (металлическая часть) поступают в качественную сортировку, откуда отбирается чистый металл в крупных кусках, который в таком же виде поступает в мартеновскую печь, а металлическая мелочь подвергается предварительной брикетировке, а затем уже идет в печь. Металлическая мелочь в небрикетированном виде, а также железо-стальная и чугунная стружка, извлекаемая из отвалов, поступают в доменную печь; отсев в виде земли поступает на свалку. Отсортированные шлаки с содержанием Fe не ниже 10—12% поступают в домну. Отсортированный бой шамотного кирпича, а также и бой строительного кирпича используются по прямому назначению, отсев же в виде земли и пустой породы поступает на свалку. Негабаритные массивы, извлекаемые из отвалов, при зашлакованности их не менее 50%, разбивают в копровых установках; если зашлакованность достигает 30%, массивы взрывают либо в отвалах либо в специально устроенных для этого помещениях. Незашлакованные массивы подвергаются автогенной резке. Выше на ст. ст. 47—48 приведена схема разработки отвалов металлургических заводов.

Наиболее усовершенствованные методы разработки отвалов металлургического производства применяются за границей. В Германии разработка отвалов и извлечение металла из них проводится при помощи электромагнитных сепараторов, передвижных или стационарных, с одним элеватором или же с двумя, и т. д. Сепаратор с двумя элеваторами подает первым элеватором отвальную массу на электромагнитный барабан, а вторым элеватором выбрасывает мусор на свалку. Барабаны улавливают мельчайшие частицы металла, что посредством грохочения является недостижимым. Производительность мощных электромагнитных сепараторов обычно достигает 15 *m* в час.

Издержки производства, падающие в среднем на тонну извлекаемого материала при разработке металлургических отвалов, в СССР следующие: железо 30 р. 14 к., скрап 21 р. 31 к., шлак 3 р. 40 к., керамика 14 р. 28 к. Издержки производства магнитной сепараторной установки (в Германии), пропускающей 15 *m*/ч отвального материала, содержащего 12% металла, следующие:

Эксплоатационные расходы (на 5 000 *m*)	В марках	В %
Ежегодная амортизация	8 000	22,9
Стоимость электроэнергии	2 000	5,7
Зарплата (10 раб. по 1 800 мар.)	18 000	51,4
Ремонт инструментов	3 000	8,6
Все прочие расходы	4 000	11,4
Всего	35 000	100,0

Стоимость извлеченного металла составляет примерно 7 марок за 1 *m*.

Лит.: Бочвар А. М., Утилизация доменных шлаков, СПБ, 1913; Доменные шлаки как дорожный материал, «МС», М., 1928; Недзвецкий В. И., Разработка мартеновских шлаков в Германии, Из отчета о заграничной командировке Президиуму ВСНХ СССР, Москва, 1930 (на гектографе); Лихомский, Техно-экономическая записка о разработке металлургических отвалов, М., 1929; Гострест «Металлом», План разработки отвалов на 1931 г., М., 1931; Гострест «Металлом», Пятилетний план лома, М., 1929; Manlove G. a. Vickers C., Scrap Metals, New York—Cleveland, 1925. **Г. Валк.**

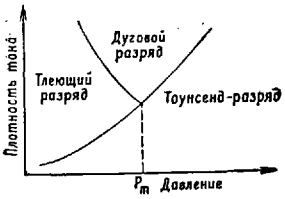
РАЗРЯД ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ, процесс прохождения тока через газовые, жидкие и твердые диэлектрики и их *пробой* (см.). Все явления электрич. разряда разбиваются на две области: несамостоятельного и самостоятельного разряда. Первая из них характеризуется тем, что носители тока (ионы и электроны) образуются в среде вследствие внешних причин (фотоэффектом, процессами тепловой диссоциации в твердых и жидких диэлектриках, ионизации γ- и α-лучами в газах). Вторая—характеризуется образованием носителей тока под действием приложенного электрического поля. В дальнейшем речь будет итти только о газовом разряде в самостоятельной области (о разряде в твердых и жидких средах см. *Диэлектрики*). Переход к самостоятельному разряду в случае всех газов и независимо от давления проявляется в виде сильного возрастания тока при неизменном напряжении на электродах. Это возрастание объясняется резким увеличением числа электронов и ионов в результате ударной ионизации в среде. Молекулы газа характеризуются со стороны прочности связей электронов в них значением ионизационной энергии, той энергии, которую необходимо затратить для отрывания от молекул одного из электронов. Под действием приложенного электрического поля первоначальные электроны газа ускоряются и, пройдя нек-рый путь, накапливают энергию, равную ионизационной. При столкновении таких электронов с молекулами газа последняя теряет электрон, в газе образуются новые добавочные носители тока. В виду того что последние в свою очередь вызывают ионизацию, число ионов в газе резко возрастает: он становится проводником электричества. Может случиться, что при столкновении с молекулой электрон еще не накопит ионизационной энергии, но будет двигаться уже достаточно быстро. В этом случае ионизации не произойдет, но расположение электронов в молекуле все же изменится; при восстановлении нормального расположения молекула будет излучать свет. Эти соображения позволяют понять наличие свечения в самостоятельном разряде.

Развитые выше соображения позволяют легко ориентироваться в многообразии форм самостоятельного Р. э. В основном нужно различать три такие формы: 1) Таунсенд-разряд, 2) тлеющий разряд (см. *Гейслера трубка*), 3) дуговой разряд (см. *Дуговая лампа*). В первой из этих форм поле мало искажается развивающейся в газе ударной *ионизацией* (см.), во втором и третьем случаях, наоборот, это искажение очень велико; отличие же дугового Р. э. от тлеющего сводится к высокой (порядка нескольких тысяч градусов) температуре катода в дуге. Искажение поля связано с движением больших масс ионов (продуктов ионизации) и образованием вдоль пути Р. э. *объемных зарядов* (см.). Так как объемные заряды образуются очень быстро вслед за ионизацией, устойчивы лишь тлеющий и дуго-

ного прибора (аэрограф), сконструированного по принципу пульверизатора, значительно сокращают работу выкрывания, особенно при машинном травлении, когда негативы сняты правильно. Вытравленные клише, как штриховые, так и автотипные, после исправления гравером и печати чистых оттисков поступают в монтажное отделение, где их обрезают, фацетируют и монтируют на прямоугольные деревянные колодки, высота к-рых равняется росту типографского шрифта. Клише теперь готово к печати. Печатают на типографских плоских или ротационных машинах. Травление трехцветных клише происходит так же, как травление ч е р н ы х автотипных клише. Три негатива (при четырехцветной репродукции—четыре негатива) копируются эмалевым способом большей частью на медные пластинки. С трех копий после затравки печатают тремя нормальными красками (желтой, красной и синей) с точным их совмещением. Обычным выкрыванием и промежуточным травлением (медь травится в растворе хлорного железа) на каждой из трех пластинок постепенно вырабатывают цветные тона, к-рые на черновом оттиске всегда получаются темнее и серее, чем в оригинале, т. к. в каждом, даже чистом цветном, тоне содержатся все три цвета (в этом заключается главный недостаток растровой фотографии). Для получения например чисто зеленого тона, который образуется из синего и желтого цветов, соответствующие места на красном клише д. б. совершенно вытравлены, при чисто голубом цвете соответствующие места вытравливают на желтом и красном клише, из фиолетового удаляют синий цвет и т. д. Вытравив все три пластинки, печатают цветной контрольный оттиск, по которому проверяют проделанную работу. В редких случаях он будет удовлетворительным, и поэтому все пластинки приходится еще потравить. При сложных оригиналах нельзя обойтись без 2—3 и даже большего числа повторений. После травильщика остается еще большая работа граверу, который своими инструментами может внести значительные поправки. Серые тона оригинала в репродукции можно передать тремя цветными красками, если на трех пластинках оставлять тона совершенно одинаковой силы. При ясно выраженных серых и черных тонах в оригинале прибегают к четырехцветной печати, т. е. к трем цветным краскам добавляют еще четвертую пластинку для печати серых тонов и усиления черных мест изображения. Четвертую пластинку прибавляют также в тех случаях, когда в оригинале содержатся цветные тона, которые нельзя репродуцировать тремя основными красками. К таким цветам относятся например яркозеленый, известный под названием в е р о н е з, и яркосиний—у л ь т р а м а р и н. При наличии таких цветов их печатают специальными пластинками. Преимущество автотипной многоцветной печати—возможность короткой красочной шкалы (3—4 краски) репродуцировать с максимальной точностью любой цветной оригинал. Недостаток этого способа печати—необходимость печатать клише на особенно гладкой (крашеной меловой) бумаге, дорого стоящей и понижающей художественное впечатление от репродукции. В последнем отношении некоторые из описываемых ниже репродукционных процессов выгодно отличаются от рельефного способа.

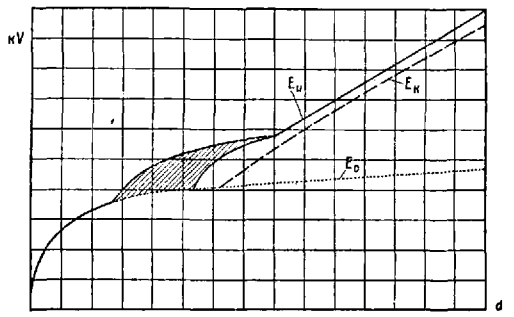
2) Г л у б о к а я п е ч а т ь (тифдрук или меццо-тинто, гелиогравюра). Современный способ механич. глубокой печати имеет несколько названий, как тифдрук или меццо-тинто; в последнее время вводится название «ракельная глубокая печать». Здесь описывается только этот способ: многочисленные ручные, т. н. станковые, способы, к к-рым относятся резцовая гравюра и офорт со своими разновидностями—старое меццо-тинто, аква-тинто и пр.,—не подлежат рассмотрению. Ручной способ—гелиогравюра,—в своем исполнении мало отличающийся от тифдрука, описан в конце. Ракельная глубокая печать постепенно развивалась из ручных способов, главным образом гелиогравюры. При печати ручным способом краска наносится на пластинку, затем при помощи тампонов втирается в ее углубления. После этого краску с поверхности пластинки тщательно удаляют, следя за тем, чтобы она в углублениях осталась нетронутой. Все эти манипуляции требуют очень много времени, и печать на ручном станке происходит крайне медленно. Неудовлетворительность такой работы была причиною изыскания методов, заменяющих снятие краски вручную автоматич. приспособлением. Результатом длительных опытов явился ракль, имеющий вид тонкой, эластичной линейки, к-рый уже давно применялся в ситценабивной печати. Этот ракль стирает с поверхности формы излишек краски, оставляя ее лишь в углубленных местах. Очищенная печатная форма передает всю оставшуюся в углублениях краску на бумагу, производя оттиск. Но т. к. ракль при длительной печати разрушает форму, поверхность последней покрывается системой линий при помощи растра. На оттиске, отпечатанном с такой формы, растровые точки почти незаметны; их можно разглядеть лишь через лупу. На стушевывание точек имеет влияние несколько причин: для глубокой печати применяются жидкие краски и матовые мягкие бумаги, впитывающие в себя печатную краску и т. о. смягчающие как точки, так и самое изображение. С оригинала в репродукционной камере снимают негатив на обыкновенной бромосеребряной пластинке или пленке, который подвергается ретуши. Отретушированный негатив вставляют в диапозитивную приставку репродукционного аппарата и изготовляют с него диапозитив. В виду того что изображение на диапозитиве д. б. обратное (перевернутое), негатив снимают с оборотной стороны, т. е. со стороны стекла. Диапозитив тщательно ретушируют; от качества диапозитива и от ретуши в большой степени зависит результат всей работы, т. к. впоследствии на самой печатной форме не м. б. внесены какие-либо поправки наподобие тех, которые допустимы на формах для рельефной печати. Диапозитивы, предназначенные для одной общей формы, монтируются на большом зеркальном стекле вместе с текстом, набранным и отпечатанным на прозрачной бумаге или специальной пленке целлафан. При монтаже руководствуются монтажным листом, составленным заранее с точным обозначением размера рисунков и места, занимаемого текстом. Очень удобно происходит работа монтажа, если диапозитивы изготовляются не на стеклянных пластинках, а на пленках, к-рые легко обрезать и приклеить к стеклу. В последнее время начинают вводить новый способ, состоящий в том, что снимки

вой Р. э. Тоунсенд-форма только предшествует каждому из них, но не может длительное время существовать в газе. На фиг. 1 приведена диаграмма областей существования различных форм разряда по Зеелигеру. Координатами выбраны сила тока и давление газа. Из диаграммы видно, что при больших давлениях Тоунсенд-разряд переходит в дугу, причем этот переход определяется плотностью протекающего через газ тока; чем выше давление, тем при большей плотности тока возможно возникновение дуги. Если мощность источника ограничена и дуга возникнуть не может, в газе периодически загорается и тухнет Тоунсенд-разряд (в форме искры). Начиная с давления P_m, возможно уже существование всех трех форм электрического разряда. Как видно из диаграммы на фиг. 1, возникновение дуги при этом давлении возможно при минимальной плотности тока; понижение, равно как и увеличение, давления требует для зажигания дуги больших токов.



Фиг. 1.

Тоунсенд-разряд [1]. Свечение при Тоунсенд-разряде должно было бы быть одинаковым вдоль всего пути, но в такой простой форме явление наблюдается только в совершенно однородном поле. Большую сложность наблюдающегося на опыте Тоунсенд-разряда следует отнести именно к неоднородности поля между обычно употребляющимися в практике электродами. Только в тех случаях, когда расстояние между электродами мало по сравнению с их кривизной, разряд остается одинаковым вдоль всего пути. В случае напр. шаровых электродов и небольших расстояний между ними газ остается непроводящим вплоть до тех пор, пока разность потенциалов не достигает нек-рого значения E_0 (начальный потенциал), при котором между шарами проскакивает искра. Явление протекает также и при увеличении расстояния d, но лишь до некоторого критич. значения d_0; последнее зависит от диаметра D шаров и связано с ним соотношением $\frac{d_0}{D}=5{,}5$, если оба шара симметрично заряжены по отношению к земле. При бо́льших расстояниях, чем d_0, поле уже становится заметно неоднородным, и при увеличении разности потенциалов при E_0 свечение появляется только у поверхности шаров; здесь градиент поля выше, чем в окружающей среде, и в газе появляется местная ионизация. Это значение потенциала называется начальным. Далее, при повышении разности потенциалов, при значении $E_к$ (потенциал кистевого разряда) появляется Р. э. в виде кистей, к-рый затем уже при искровом потенциале $E_и$ переходит в искру. Между расстоянием d_0 и $2d_0$ лежит переходная область; искровое напряжение здесь неопределенно, и искра может проскочить в газе при любых значениях, лежащих в заштрихованной области фиг. 2, где графически представлена зависимость E_0, $E_к$ и $E_и$ от расстояния d между шарами. Аналогичные соотношения получаются для двух цилиндрич. электродов и в других случаях неоднородного поля. Исследования Кауфмана позволили определить электрическое сопротивление искры. Под этим следует понимать такое омич. сопротивление, что при замене им искрового промежутка количество теплоты, выделяемое в этом сопротивлении, будет тем же, что и в искре. В виду того



Фиг. 2.

что количество теплоты, выделяющейся в искре, пропорционально третьей степени приложенной разности потенциалов, электрическое сопротивление ее оказывается величиной переменной. Оно зависит от приложенной разности потенциалов, емкости системы и сопротивления подводящих к электродам ток проводов. В табл. 1 приведены значения этого сопротивления $r_и$ при разных значениях искрового потенциала $E_и$ и двух сопротивлениях подводящих проводов R.

Табл. 1.—Значения $r_и$ в Ω.

Для $E_и$ в kV	При $R_1=0{,}35$ Ω	При $R_2=1{,}4$ Ω
6,9	0,022	0,046
9,1	0,034	0,062
15,6	0,043	0,078

Начальные и искровые напряжения меняются в зависимости от природы и давления газа. По отношению к последней зависимости Пашеном был установлен закон, по которому $E_и$ является однозначной функцией произведения pd. Так как в общем случае $E_и$ уменьшается при изменении расстояния d между электродами, оно будет уменьшаться и при понижении давления p. На фиг. 3 даны значения $E_и$ для разных газов в зависимости от расстояния d между шарами (в *см*) при давлении в 750, 250 и 100 *мм* ртутного столба.

Целый ряд исследований показал, что сжатые газы, следуя в больших пределах закону Пашена, обладают чрезвычайно большим сопротивлением пробою. Так например, воздух, при нормальном давлении имеющий прочность ~30 kV/*см*, при увеличении давления до 10 *atm* упрочняется в 10 раз; пробивное напряжение его оказывается равным 300 kV/*см*; при 15 *atm* эта величина уже достигает 450 kV/*см* и т. д. Бути предложил след. ф-лу зависимости от давления для областей с давлением >1 *atm*:

$$V=apd+\frac{ak}{2};$$

здесь a и k—константы, d—расстояние между электродами. С количественной стороны Тоунсенд-разряд в основном подчиняется теории Тоунсенда, на случай неоднородного поля подробно развитой Шуманом. Для силы тока I

с оригинала производятся не на пластинках, а на бромосеребряной бумаге (также в камере, но с включением призмы). Текст печатается белой краской на черной бумаге. Негативные отпечатки и негативный текст монтируются на общей форме и с последней после ретуши снимают общий диапозитив. Эти диапозитивы или монтаж с диапозитивами, изготовленный обычным способом, передаются копировщику для копирования на пигментную бумагу. Пигментная бумага имеет желатиновый, окрашенный коричневой краской (пигментом) слой. Бумага перед копированием сенсибилизируется в растворе (около 4%) двухромовокислого калия и сушится в сушильном шкафу на тщательно вычищенном и протертом тальком зеркальном стекле, от которого она после высыхания отскакивает. Копируют сначала под диапозитивом, а затем на откопированную под диапозитивами пигментную бумагу вкопировывают растр. В глубокой печати применяется позитивный растр,состоящий из черных квадратиков, разделенных белыми крестообразными линиями (фиг. 15). Растр в глубокой печати имеет своим назначением покрыть поверхность печатной формы системой скрещивающихся линий и придать ей во время печати устойчивость для ракля, т. е. воспрепятствовать ему врезываться в форму и разрушать рисунок. После копирования следует перевод. Пигментную бумагу размачивают в воде, прижимают к медному валу и проявляют горячей водой; при этом пигментный слой бумаги переводится на металл. Вал покрыт теперь желатиновым слоем разной толщины, т. к. во время копирования в слое пигментной бумаги произошли следующие изменения: подвергшись действию света, хромированный желатиновый слой под прозрачными местами диапозитива продубился (затвердел) наиболее сильно и следовательно потерял свою первоначальную способность растворяться в воде; под полупрозрачными местами слой продубился меньше; наконец под непрозрачными местами диапозитива желатиновый слой остался *неизменным*. Слой под прозрачными линиями растра также сильно затвердел и сделался нерастворимым в воде. Т. о. после проявления поверхность формы представляется покрытой мелкими квадратиками (ячейками) одинаковой величины, причем в неосвещенных местах желатина смылась почти целиком, а в освещенных—смотря по силе тона диапозитива—осталась лежать б. или м. плотным слоем. После перевода вал подвергается травлению растворами хлорного железа разной концентрации. Раствор проникает через слой в различной степени: через тонкий слой—быстро, через средний—медленно, в толстые же места слоя он почти не проникает. В результате травления, вследствие различного действия хлорного железа, на валу образуются ячейки различной глубины. После удаления пигментного слоя видно, что в темных местах изображения ячейки получились наиболее глубокими, в полутонах—менее глубокими, а в светах ячейки почти не углубились; растровые же линии остались совершенно нетронутыми травящей жидкостью и находятся на одном уровне с поверхностью печатной формы. В машине во время печатания вал, вращаясь,



Фиг. 15.

накатывается жидкой краской; вслед за этим упругий ракль стирает с поверхности вала излишек нанесенной красочным валиком краски, оставляя ее лишь в углубленных квадратиках. Очищенный вал передает всю оставшуюся в ячейках краску на печатную бумагу, произведя таким образом оттиск. На последнем темные и светлые тона образовались в зависимости от глубины квадратиков: в мелких квадратиках осаждается мало краски и в соответствующих местах получается светлый тон, в глубокие квадратики попадает много краски и на оттиске получается темное место и т. д. Трехцветная глубокая печать исполняется подобным же образом, но она значительно сложнее. Главное затруднение заключается в отсутствии рационального способа получения контрольных оттисков до перевода на вал. Существующий способ (б е л ь к о л о р) не решает эту проблему удовлетворительно. До сих пор ответственность за успешный результат лежит на фотографе, который должен давать 3 безукоризненно снятых со светофильтрами негатива и диапозитива, и на ретушере, к-рому поручается тщательной ретушью, проведенной в согласовании с тонами оригинала, довести диапозитивы до такого состояния, чтобы в конечном итоге получились правильные оттиски из машины. Без этих поправок и при невозможности предварительного контроля работы могут получиться совершенно неожиданные результаты. Способ г е л и о г р а в ю р ы отличается от описанного способа тифдрука тем, что медная пластинка перед переносом на нее пигментной копии запудривается порошком асфальта и нагревается. На поверхности пластинки образуется мелкий корешок, и раствор хлорного железа сможет травить пластинку лишь между отдельными зернышками, оставляя медь под зернышками нетронутой. На вытравленной пластинке имеются углубления различной глубины, образовавшиеся от различно продубленного во время копирования под диапозитивом желатинового слоя пигментной бумаги. Эти углубления соответствуют квадратикам на валу для ракельной глубокой печати и имеют то же назначение при печати. Печатают гелиогравюру вручную на металлографском станке. Оттиски, которые получаются способами глубокой печати, отличаются богатством оттенков, сочностью и бархатистостью глубоких мест изображения; ни один из способов печатания не может сравниться с глубокой печатью по художественному эффекту. Недостатками глубокой печати являются: сложность изготовления печатных форм и дороговизна употребляемых материалов.

3) П л о с к а я п е ч а т ь (фотолитография, офсет, фототипия). Плоская печать основывается на том, что смоченные водой поверхности отталкивают жирную краску и, наоборот, зажиренные места энергично отталкивают воду (см. *Литография*). На этом принципе построены литография и офсетная печать. Фотомеханические процессы применяются в фотолитографии и офсетной печати. А л ь г р а ф и е й называется способ печати с алюминиевых пластин. Картографические заведения этот род печати применяют исключительно для печати географических, а также других карт, причем здесь широко пользуются фотопроцессами. Пластины большей частью печатают на офсет-машинах. О ф с е т н а я п е ч а т ь

(см. *Офсет*, *Печатные машины*). Изготовление печатных форм для офсета фотомеханическими методами происходит по такой схеме: на поверхность тонкой цинковой пластины в специальной машине наносится корешок. Назначение его—во время печати в машине удерживать воду в свободных от рисунка местах пластины. Пластина очувствляется, копируется под штриховым или растровым негативом, проявляется и пр., как копия в цинкографском способе. Готовая—перекатанная, травленая и гуммированная—пластина закрепляется в цилиндре офсетной печатной машины. На готовой пластине, как и в глубокой печати, не могут быть сделаны какие-либо поправки самого изображения, поэтому конечный результат зависит от всех предшествовавших процессов, начиная от нанесения корешка, съемки негатива, копирования и т. д. и кончая заключительной отделкой пластины. Особенно сложны многоцветные офсетные Р. п. Их разработано большое количество, но несмотря на это в последнее время появляются все новые, в большинстве случаев патентованные способы; отметим лишь в основных чертах нек-рые из них. Один из старых, часто применяемых у нас способов состоит в том, что три негатива, известным образом снятых со включением светофильтров и растра, копируются на литографские камни, где рисунок тщательно корректируется, а затем, после проверки контрольными оттисками, при помощи переводной бумаги делаются переводы на офсетные пластины. Для печати добавочных красок нек-рые негативы копируются два раза. Если корректурные оттиски с камней имеют еще относительно сносный вид, то этого нельзя сказать о машинных оттисках: при переводах посредством переводной бумаги растровые точки сплющиваются, и рисунок делается от этого значительно грубее, чем он получился на корректурном оттиске. Исполнение печатных форм по другому старому способу (Рейзахера-Герстенлауера) гарантирует более точную репродукцию оригинала. Заключается он в том, что разложенные при помощи светофильтров на три основных цвета растровые негативы копируются на тонкие цинковые пластинки, которые вытравливаются красочным травильщиком точно так же, как трехкрасочные автотипные клише, затем с них диапозитивы, к-рые тщательно корректируют, другие снимают без растра на панхроматических пластинках и после ретуши с негативов в диапозитивной приставке репродукционного аппарата снимают растровые диапозитивы. Последние подвергаются частичному усилению и травлению с постепенным прикрыванием законченных мест таким же образом, как при травлении цинковых автотипных клише. Диапозитивы либо непосредственно копируются на печатные пластины либо с них (для обычного способа) разными путями изготовляются негативы, которые также копируются. На другом принципе основан способ Неоколь Муррея. Изобретателем отпускаются стеклянные пластинки с нанесенным светочувствительным асфальтовым слоем. На эти пластинки копируется растровый негатив; после проявления парафиново-бензоловым раствором получается растровый диапозитив. Нанесением бензолового раствора или легким трением ватным тампоном растровые точки при надобности можно осветлить. Выработка цветных тонов на пластинках собственно происходит на диапозитивах таким же образом, как травление цинковых автотипных клише, лишь с той разницей, что готовые места закрываются цветным раствором гуммиарабика. После выкрывания незакрытые места изображения проявляются бензолом до топких точек в светах. Неоколь преимущественно применяется в Америке и Англии.

Глубокий офсет является последним достижением офсетной печати. Причиною разработки его послужило то обстоятельство, что рисунок на печатной пластине, подвергаясь беспрерывному механическому воздействию накатных и увлажняющих валиков и передаточного (резинового) барабана офсетмашины, постепенно стирается и вследствие этого не выдерживает больших тиражей. При глубоком офсете элементы рисунка на печатной форме углублены незначительно, т. е. лежат чуть ниже непечатающихся мест пластины; во время печати поэтому валики меньше соприкасаются с рисунком и пластина не так скоро портится, кроме того рисунок печатается немного сочнее, чем при обычном способе. Для глубокого офсета копируют всегда с диапозитивов, и негативное изображение после травления различными путями