

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Горные машины»

## ГОРНОЕ ДЕЛО

Практикум

для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины  
и оборудование (по направлениям)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области горнодобывающей промышленности*

Минск  
БНТУ  
2021

УДК 622.002.5.001.63

ББК 33.16я7

Г69

С о с т а в и т е л и:

*Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич*

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Теоретическая механика и теория машин и механизмов»  
УО «БГАТУ», зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор *А. Н. Орда*;  
ведущий научный сотрудник Института природопользования  
НАН Беларуси, канд. техн. наук, доцент *А. М. Абрамец*

**Горное дело** : практикум для студентов специальности 1-36 10 01  
Г69 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / сост.:  
Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич. – Минск : БНТУ, 2021. – 44 с.  
ISBN 978-985-583-300-1.

В практикуме на базе кратких теоретических предпосылок о вариантах управления горным давлением при освоении рудных месторождений приведены методики решения задач по расчету устойчивости подготовительных выработок и выбора способов их охраны.

Дано соответствующее современному состоянию горных наук и техники определение терминов и понятий, которыми пользуются специалисты в области освоения и сохранения земных недр.

УДК 622.002.5.001.63

ББК 33.16я7

ISBN 978-985-583-300-1

© Белорусский национальный  
технический университет, 2021

## ВЫБОР СПОСОБОВ ОХРАНЫ И КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

**Цель:** практическое освоение методики расчета устойчивости подготовительных выработок, выбор способов их охраны.

### Общие положения

*Под охраной горной выработки* понимают совокупность мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработки путем более полного использования прочности и несущей способности вмещающих пород и на снижение концентраций напряжений в породах вокруг нее, а также неблагоприятных проявлений горного давления.

Наиболее общей формой проявлений горного давления является деформирование горных пород, которое приводит к потере ими устойчивости, формированию значительных нагрузок на крепь.

При разработке месторождений полезных ископаемых лимитирующим элементом часто является кровля выработок, т. к. здесь, в первую очередь, возможно образование областей растягивающих напряжений, к которым особенно чувствительны массивы горных пород вследствие своих структурных особенностей и деформационно-прочностных свойств. Наряду с этим в кровле очистных выработок, особенно в областях, примыкающих к целикам, могут образовываться зоны действия высоких сжимающих напряжений.

Устойчивость выработок зависит от прочности пород и действующих напряжений. Естественно, что повышение устойчивости массивов может быть достигнуто либо с помощью снижения уровня напряжений, либо с помощью упрочнения пород. Снижение уровня напряжений в массивах пород называют их *разгрузкой*, а повышение прочности – *уплотнением*.

Основной формой проявления горного давления в горных выработках калийных рудников является ползучесть вмещающих их пород, а также происходящие на ее фоне расслоение и отслоение по глинистым прослойкам. Проявления свойств ползучести соляных пород вокруг выработок происходят в виде смещения этих пород внутрь выработки.

*Горная крепь* – это искусственное сооружение, возведенное в подземных горных выработках для предотвращения обрушений окружающих пород, сохранения необходимых форм и размеров поперечного сечения выработок, а также для управления горным давлением.

Горизонтальные выработки крепят деревянной, металлической, бетонной, железобетонной, анкерной, каменной, комбинированной крепями.

На Старобинском месторождении наибольшее распространение получила анкерная крепь. Используются металлические винтовые анкера и металлические клинораспорные КАЗ (крепь анкерная замковая). Длина анкера  $l_a$  для винтового анкера – от 900 до 1800 мм (через каждые 300 мм), для КАМВ (крепь анкерная металлическая винтовая) – от 900 до 2000 мм (через каждые 100 мм).

Применение анкеров допускается в любых горно-геологических и горнотехнических условиях месторождения. В выработках, где прогнозируются большие смещения пород, КАМВ целесообразно применять в сочетании с анкерами КАЗ.

Для сохранения выработок в пригодном для эксплуатации состоянии кроме крепления применяют различные меры охраны, позволяющие снизить напряжения в породном массиве в пределах контура выработки.

На Старобинском месторождении калийных солей широкое применение нашли два способа охраны горизонтальных выработок:

- 1) способ охраны компенсационными щелями (полостями);
- 2) способ охраны разгружающими выработками.

*Компенсационная щель* – узкая полость, образованная в элементах контура выработки (кровле, почве, боках) с целью перераспределения напряженного состояния породного массива и за счет этого увеличения срока службы выработки.

При способе охраны компенсационными щелями последние устраивают по контуру выработки (рис. 1). Компенсационные щели могут проводиться как в период проходки выработок, так и в процессе их эксплуатации. Проведение компенсационных щелей в подготовительных выработках на стадии отработки выемочного столба должно осуществляться впереди лавы вне зоны влияния временного опорного давления. Протяженность зоны временного опорного давления ( $L$ ) определяется по формуле



$$L = 0,29 \cdot H - 38,6 - 0,000079 \cdot H^2, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $H$  – глубина разработки, м.

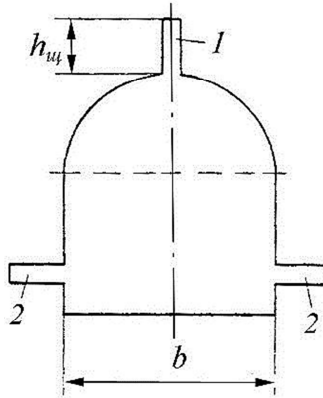


Рис. 1. Охрана горизонтальной выработки компенсационными щелями:  
 1 – щель в кровле выработки; 2 – щель в боках выработки;  
 $b$  – ширина выработки;  $h_{щ}$  – глубина щели

В подготовительных выработках, расположенных со стороны отработанного или обрабатываемого с опережением смежного выемочного столба, компенсационные щели проводятся на расстоянии не менее  $1,5 \cdot L$ .

В первую очередь щели прорезают в кровле и вслед за тем (при необходимости) в боках и почве. В выработках, подлежащих креплению анкерами и на сопряжениях выработок, щель проводится после возведения крепи. Глубина щели  $h_{щ}$  определяется по формуле

$$h_{щ} \geq 0,25 \cdot b \pm 0,2 \text{ м}, \quad (2)$$

где  $b$  – ширина выработки, м.

Щели, прорезаемые в кровле по оси выработки, располагают вертикально, а прорезаемые на участках перехода плоской кровли в криволинейную часть (в выработках шириной  $> 3,2$  м) – под углом  $75-80^\circ$ . Смещение вертикальной щели в кровле от оси выработки допускается не более  $0,5$  м.

Щели в кровле и боках проводят сплошными по длине выработки и заполняют податливым материалом. При глубине заложения выработки менее 800 м и ширине 3,0–3,2 м вертикальные щели допускается оставлять незаполненными. Деревянные брусья, используемые в качестве заполнителя, устанавливают в щелях через 1,0–1,5 м. Время между прорезкой щели и ее заполнением не должно превышать одних суток.

Механизм работы щелей заключается в том, что в зоне влияния очистных работ вмещающие породы разламываются у груди забоя щелей с образованием в кровле и стенках выработки монолитных блоков, которые, продолжая деформироваться, создают вокруг выработки устойчивую защитную оболочку мощностью, примерно равной глубине щелей.

*Разгружающая выработка* – горная выработка, пройденная с целью снижения напряженного состояния породного массива в окрестности контура охраняемой выработки.

Разгружающие выработки проводятся с целью перераспределения напряжений вокруг охраняемой выработки, подверженной повышенному горному давлению (рис. 2).

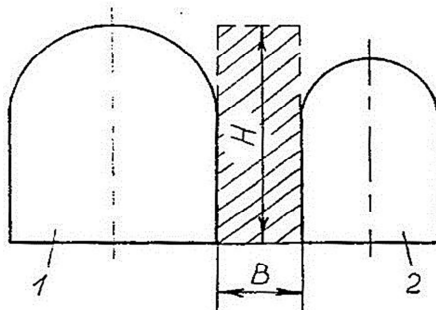


Рис. 2. Охрана горизонтальной выработки разгружающей выработкой:

1 – разгружающая выработка; 2 – охраняемая выработка;

$H$  – высота щели;  $B$  – ширина щели

Областью применения разгружающих выработок являются глубины не более 800 м. Разгружающая выработка проводится первой в группе, и вслед за ней последовательно все остальные.

Превышение кровли в разгружающей выработке относительно охраняемой должно быть не менее 0,8 м. Оно создается комбайном

при проходке, буровзрывными работами, проведением компенсационной щели машинным способом или компенсационной полости комбайном избирательного действия.

Ленточные целики, оставляемые между разгружающей и охраняемой выработками, должны быть шириной 2,5–3,3 м.

Механизм воздействия разгружающей выработки на охраняемую заключается в создании возможности продольного смещения слоев кровли в сторону разгружающей выработки и снижения за счет этого вертикальной составляющей горного давления на охраняемую выработку.

### **Методика расчета устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей**

Методика для расчета устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей при разработке пластов столбовой, камерной и комбинированной системами позволяет прогнозировать деформации (конвергенцию «кровля – почва») и выбирать необходимые способы охраны, средства и параметры крепления выработок, обеспечивающие их безопасное состояние в течение проектируемого срока службы [1].

*Конвергенцией* называют сближение противоположных стенок выработки. Сближение кровли и почвы – *вертикальная конвергенция выработки*.

Расчет устойчивости подготовительных выработок проводится в следующем порядке:

– оцениваются горно-геологические и горнотехнические условия разработки пласта с целью выбора варианта привязки кровли выработки, размера охранного целика, технологической схемы ведения горных работ;

– рассчитывается конвергенция «кровля – почва» выработки, соответствующая условиям принятого варианта;

– выбираются способы охраны, средства и параметры крепления выработки.

Если нет возможности обеспечить в принятом варианте устойчивость подготовительной выработки, рассматриваются другие варианты, связанные, например, с оставлением в кровле пачки пород боль-

шей мощности или более прочной пачки пород, увеличением размеров охранного целика, поэтапным проведением выработки и т. п.

Прогнозируемое состояние подготовительной выработки на конечный срок службы с учетом принятых способов охраны, средств и параметров крепления допускает возможность появления в ней незначительных прогибов и отслоений пород, которые не должны существенным образом осложнять ведение горных работ.

Способы охраны, средства и параметры крепления подготовительных выработок включают:

– рациональное расположение выработок в пласте и относительно друг друга;

– регулирование напряженного состояния вмещающих пород с помощью разгружающих выработок и компенсационных щелей (полостей), обеспечивающее безопасное состояние выработки на конечный срок службы;

– оставление от выработанного пространства целиков достаточных размеров;

– ремонт и крепление.

Ширина целика для охраны бортового штрека лавы на границе с ранее отработанным выемочным столбом при опережении очистных работ в смежных столбах до 500 м и отсутствии других способов охраны штрека принимается по табл. 1.

Таблица 1

Выбор ширины целика для охраны бортового штрека лавы на границе с выработанным пространством

Глубина разработки ( $H$ ), м	400	500	600	700	800	900
Ширина целика ( $a$ ), м	30	35	45	60	80	100

*Примечания:*

– при опережении очистных работ в смежных столбах свыше 500 м ширина целика должна увеличиваться на 25 % по сравнению с данными табл. 1;

– в случае расположения в контуре охранного целика закладочных и других вспомогательных выработок, пройденных по проекту на всю длину панели параллельно бортовому штреку лавы, размер целика следует увеличивать на суммарную ширину этих выработок;

– размеры целиков ( $a$ ) для основных применяемых на месторождении вариантов взаимного расположения выработок в технологических схемах подготовки выемочных столбов с учетом различных способов охраны выработок приведены на графиках рис. 3.

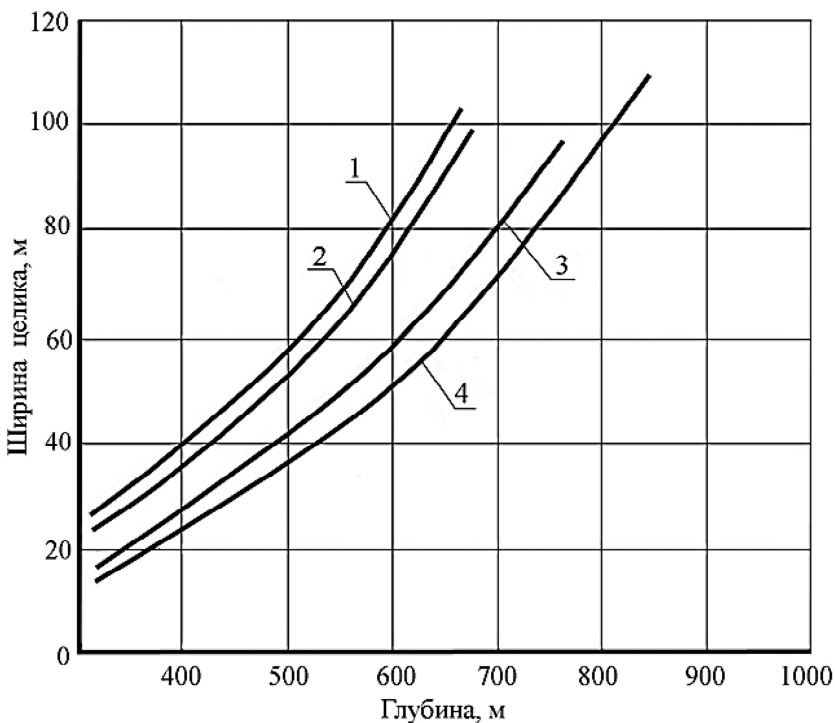


Рис. 3. Графики для выбора размеров охранных целиков ( $a$ ) при поддержании выработок на границе со смежной отработываемой панелью:

1 – группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, разгружающую выработку, бортовой штрек лавы (рис. 4); 2 – группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы (рис. 5); 3 – группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы, охраняемый тремя компенсационными щелями (рис. 6); 4 – группа сближенных выработок, включающая разгружающую выработку и бортовой штрек лавы (рис. 7)

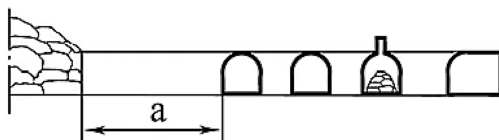


Рис. 4. Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, разгружающую выработку, бортовой штрек лавы

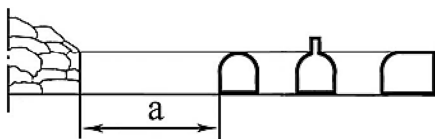


Рис. 5. Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы

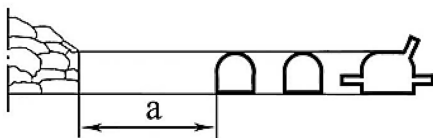


Рис. 6. Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы, охраняемый тремя компенсационными щелями

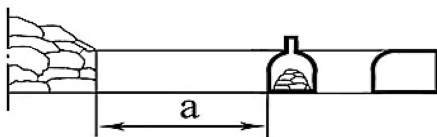


Рис. 7. Группа сближенных выработок, включающая разгружающую выработку и бортовой штрек лавы

*Бортовой штрек* ограничивает выемочный столб лавы.

При комбинированном порядке отработки выемочных столбов в панели, с учетом проведенных в целике технологических выработок, а также с учетом длительного срока службы панельных выработок ширину внутрипанельного целика увеличивают на 60 % по сравнению с данными табл. 1. Это же положение распространяется на случай отработки выемочных столбов от выработок главного направления к границе панели в прямом порядке.

Ширина целика для охраны панельных выработок при выемке пласта с разделением на слои и раздельной подготовке слоевых лав или комбинированной системой:

– при опережении очистных работ в слоях свыше 400 м принимается по табл. 2;

– при опережении очистных работ в слоях не более 400 м и глубине разработки не более 800 м приведенные в табл. 2 размеры целиков ( $a$ ) уменьшаются на 30 %;

– при прямом порядке отработки выемочных столбов в панели приведенные в табл. 2 размеры целиков увеличиваются на 60 %;

– при селективной выемке слоев пласта в нижней лаве с возведением за забойной крепью широких (более 9 м) закладочных полос и глубине разработки до 700 м в условиях надработки пласта вышележащим горизонтом приведенные в табл. 2 размеры целиков уменьшаются на 40 %.

Таблица 2

### Выбор ширины целиков для охраны панельных выработок

Глубина разработки ( $H$ ), м	400	500	600	700	800	900
Ширина целиков ( $a$ ), м	20	35	45	55	60	70

Ширина ленточных целиков между панельными выработками должна приниматься не менее:

– 3,0 м – на глубине 400–600 м;

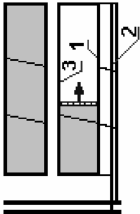
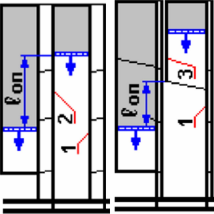
– 5,0 м – на глубине 600–800 м;

– 10,0 м – на глубине более 800 м.

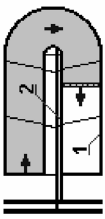
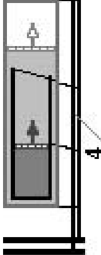
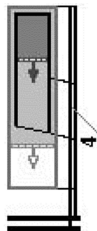
В случае применения разгружающих выработок ширина целиков между панельными выработками принимается в соответствии с технологическими требованиями к способу охраны разгружающими выработками.

Конвергенция «кровля – почва», ожидаемая на конечный срок службы выработок при соответствующих схемах ведения очистных работ, определяется по формулам, приведенным в табл. 3.

Формулы для расчета конвергенции «кровля – почва» в подготовительных выработках  $U$ , мм

1	2	3
Схема ведения горных работ	Расположение выработки	Номер формулы для определения $U$
1  <b>Однослоевая выемка или выемка на полную мощность пласта</b>  Прямой порядок отработки панели 	2  <b>Однослоевая выемка или выемка на полную мощность пласта</b>  1 – выработка со стороны массива в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы 2 – выработка со стороны массива в зоне влияния временного и остаточного опорного давления собственной лавы 3 – выработка в зоне влияния остаточного опорного давления смежной лавы и временного опорного давления собственной лавы	(3)  (6)  (7)
Обратный порядок отработки панели 	3  1 – выработка в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы 2 – выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления смежной лавы и временного опорного давления собственной лавы 3 – выработка проводится поэтапно с отставанием от лавы смежного выемочного столба	(3)  (8)  При $l_{оп} < 500$ м – формула (9) При $l_{оп} > 500$ м – формула (10)



1	2	3
<p>Комбинированный порядок отработки панели</p> 	<p>1 – выработка в зоне влияния временного опорного давления собственной лавы 2 – выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления лавы при прямом порядке отработки выемочного столба и временного опорного давления при обратном порядке отработки выемочного столба в панели</p>	<p>(3)  (8), при этом <math>K_{от} = 1</math></p>
<p><b>Слоевая выемка с раздельной подготовкой слоевых лав</b></p>		
<p>Прямой порядок отработки панели</p> 	<p>4 – выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления верхней и нижней лав</p>	<p>(11)</p>
<p>Обратный порядок отработки панели</p> 	<p>4 – выработка в зоне влияния временного и остаточного опорного давления верхней лавы</p>	<p>(12)</p>

$$U = (V_0 \cdot t + U_1) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (3)$$

где  $V_0$  – средняя скорость конвергенции «кровля – почва» за пределами зоны временного и остаточного опорного давления (зоны влияния очистных работ), мм/год, табл. 4;

$U_1$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки со стороны массива в зоне временного опорного давления собственной лавы (ширина целика при определении  $U_1$  равна 0), мм/м;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние соседних выработок (табл. 5);

$K_2$  – коэффициент, учитывающий пролет выработки, определяется из соотношения

$$K_2 = \frac{b_{\text{экр.}}}{b_{\text{экр. с.}}}, \quad (4)$$

где  $b_{\text{экр.}}$  – эквивалентный пролет выработки, м.

Под *эквивалентным пролетом* подразумевается ширина выработки неограниченной длины, устойчивость которой эквивалентна устойчивости кровли выработки произвольной формы.

$b_{\text{экр. с.}}$  – эквивалентный пролет стандартной выработки, в качестве которой принята выработка проходческого комбайна типа ПКС-8 ( $b_{\text{экр. с.}} = 2,0$  м);

$h$  – высота выработки, м.

Таблица 4

Средняя скорость конвергенции «кровля – почва» выработки вне зоны влияния очистных работ

Глубина разработки $H$ , м	Срок службы выработки $t$ , лет							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Средняя скорость конвергенции «кровля – почва» выработки $V_0$ , мм/год							
400	2,5	1,6	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	1,0
500	5,5	3,7	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,3
600	8,5	5,7	4,7	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5
700	11,5	7,8	6,4	5,7	5,4	5,1	5,0	4,8
800	14,0	9,8	8,0	7,3	6,8	6,5	6,3	6,0
900	17,0	12,0	9,8	8,7	8,1	7,7	7,5	7,2

Коэффициенты учета влияния соседних выработок  $K_1$ 

Ширина целика $a$ , м	Глубина разработки, $H$ , м					
	400	500	600	700	800	900
	Значение $K_1$ для двух выработок в группе					
3,0	1,1	1,12	1,16	1,20	1,25	1,30
5,0	1,04	1,06	1,14	1,18	1,22	1,27
10,0	1,0	1,0	1,07	1,12	1,14	1,18
	Значение $K_1$ для трех выработок в группе					
3,0	1,49	1,52	1,57	1,63	1,70	1,78
5,0	1,25	1,27	1,37	1,42	1,46	1,52
10,0	1,20	1,20	1,28	1,34	1,37	1,45
	Значение $K_1$ для четырех выработок в группе					
3,0	1,76	1,79	1,85	1,92	2,0	2,08
5,0	1,46	1,48	1,60	1,65	1,71	1,78
10,0	1,29	1,29	1,50	1,57	1,60	1,70

Так, в общем виде эквивалентный пролет протяженных выработок  $b_{\text{эКВ}}$  определяется с учетом геометрии сечения выработок, их формы в плане по формуле (5) для всех сечений протяженных выработок, приведенных на рис. 8:

$$b_{\text{эКВ}} = \frac{4}{3} \cdot (R + R_1) + d, \quad (5)$$

где  $R$ ,  $R_1$  и  $d$  принимаются в соответствии со спецификацией к соответствующим рисункам:

- а)  $R_1 = 0$ ;  $d = 0$ ;
- б)  $R = R_1 = 0$ ;  $d = 0$ ;
- в)  $R = 0,5 \cdot R_0$ ;  $R_1 = 0$ ;  $d = l_{\text{пл}}$ ;
- г)  $R = 0$ ;  $d = l_{\text{пл}}$ ;
- д)  $d = 0$ ;
- е)  $R_1 = 0$ ;  $d = l_1 + l_2$ ;

$d$  – размер плоской части кровли выработки, м.

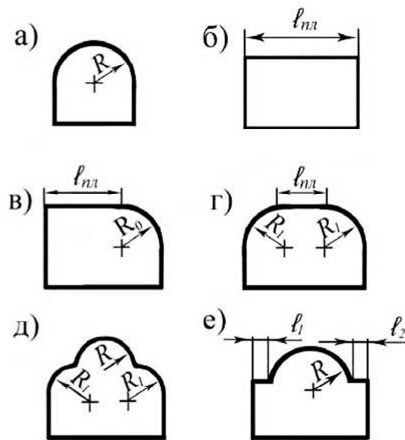


Рис. 8. Сечение протяженных выработок

Например, формула для расчета эквивалентного пролета (рис. 8, в) имеет вид:

$$b_{\text{экр.}} = 0,67 \cdot R_0 + l_{\text{пл.}}$$

Формула (3) справедлива и для расчета конвергенции «кровля – почва» вентиляционных штреков лав, проводимых в центре столба:

$$U = (V_0 \cdot t + U_1' + U_2') \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (6)$$

где  $U_1'$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне временного опорного давления смежной лавы, мм/м;

$U_2'$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне остаточного опорного давления смежной лавы, мм/м.

$$U = (V_0 \cdot t + U_2 + U_2') \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (7)$$

где  $U_2$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки со стороны выработанного пространства смежной лавы в зоне временного опорного давления собственной лавы, мм/м.

$$U = (V_0 \cdot t + U_1' + K_{\text{оп}}(U_2' + U_2)) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (8)$$

где  $K_{\text{оп}}$  – коэффициент, учитывающий длительность совместного влияния на выработку остаточного опорного давления лавы смежного выемочного столба и временного опорного давления лавы собственного выемочного столба в зависимости от величины опережения очистных работ в выемочных столбах ( $l_{\text{оп}}$ ).

Значения коэффициента  $K_{\text{оп}}$  приведены в табл. 6.

Таблица 6

Значения коэффициента  $K_{\text{оп}}$

Величина опережения ( $l_{\text{оп}}$ ), м	Значение коэффициента $K_{\text{оп}}$
до 100	0,5
от 100 до 200	0,6
от 200 до 300	0,7
от 300 до 400	0,8
от 400 до 500	0,9
свыше 500	1,0

$$U = (U_2 + U_2') \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (9)$$

$$U = U_2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (10)$$

$$U = (V_0 \cdot t + U_1^B + U_2^B + U_1^H + U_2^H) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (11)$$

$$U = (V_0 \cdot t + U_1^B + U_2^B) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \quad (12)$$

где  $U_1^B$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне временного опорного давления лавы верхнего слоя, мм/м;

$U_2^B$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне остаточного опорного давления лавы верхнего слоя, мм/м;

$U_1^H$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне временного опорного давления лавы нижнего слоя, мм/м;

$U_2^H$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне остаточного опорного давления лавы нижнего слоя, мм/м.

Значения относительной конвергенции «кровля – почва» при различных случаях воздействия на выработку опорного давления определяются по соответствующим номограммам, представленным на рис. 9, 10, 11.

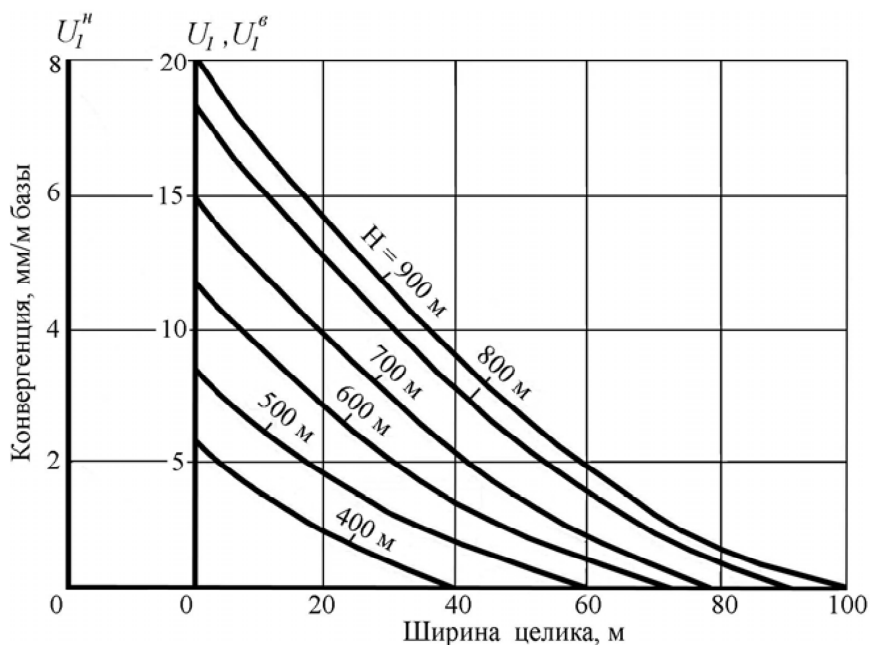


Рис. 9. Зависимости относительных конвергенций «кровля – почва» выработки в зоне временного опорного давления (со стороны массива) от ширины целика –  $U_1^H$ ,  $U_1$ ,  $U_1^B$

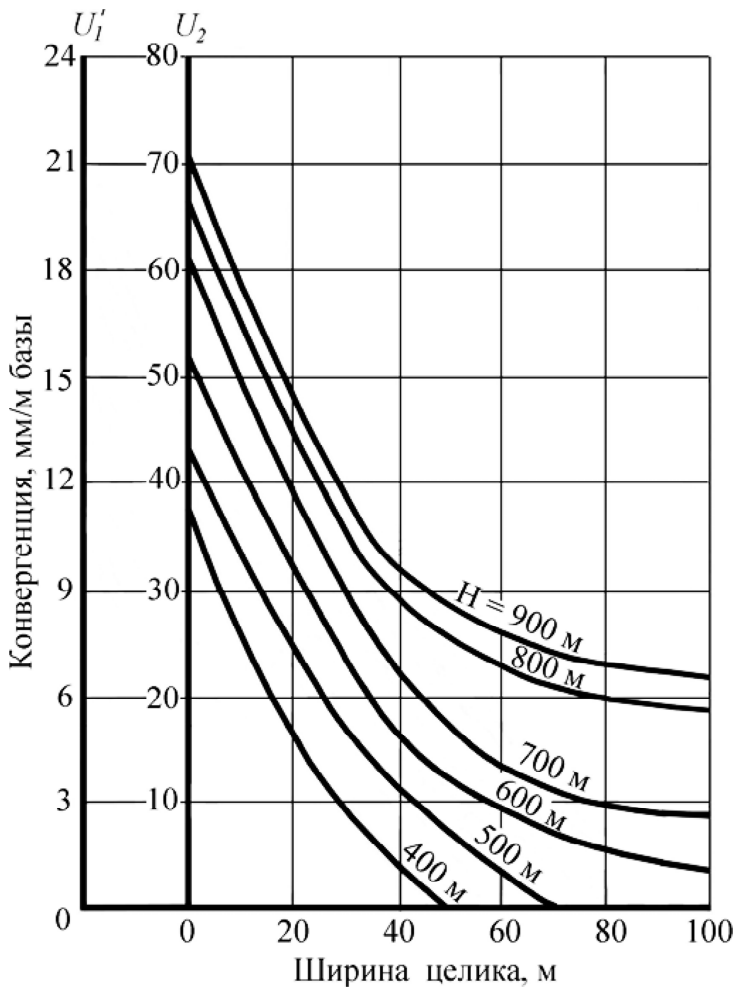


Рис. 10. Зависимости относительных конвергенций «кровля – почва» выработки в зоне временного опорного давления лавы (со стороны выработанного пространства) от ширины целика –  $U_1'$ ,  $U_2$

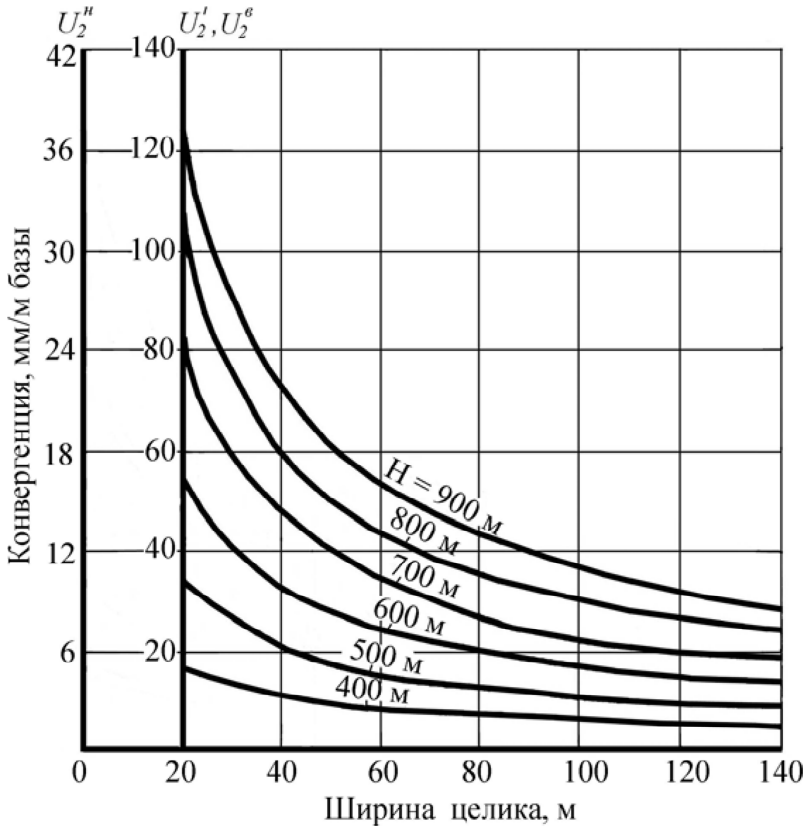


Рис. 11. Зависимости относительных конвергенций выработки в зоне остаточного опорного давления лавы от ширины целика –  $U_2^H$ ,  $U_2'$ ,  $U_2^B$

При определении  $U_1$  для бортовых штреков лав ширина целика  $a = 0$ .

Способы охраны и средства крепления выработки на проектируемый срок ее службы выбираются в соответствии с табл. 7 исходя из расчетного значения конвергенции «кровля – почва».



Таблица 7

## Выбор способов охраны и средств крепления подготовительных выработок

№ п/п	Расчетное значение конвергенции «кровля – почва» $U$ , мм	Условия поддержания	Способы охраны и средства крепления
1	$U \leq 0,03 \cdot b$	Легкие	Не требуются
2	$0,03 \cdot b < U < 0,06 \cdot b$	Средние	анкерная крепь, разгружающая выработка либо компенсационная щель в кровле – анкерная крепь, разгружающая выработка в сочетании с компенсационными щелями;
3	$0,06 \cdot b < U < 0,09 \cdot b$	Тяжелые	– в панельных выработках проводятся щели в кровле и при необходимости две в боках; – щели между выработками принимаются шириной 5–10 м
4	$U > 0,09 \cdot b$	Очень тяжелые	– анкерная крепь, разгружающая выработка в сочетании с компенсационными полостями (щелями большой ширины); – устанавливаются стяжная или комбинированная крепь, в почве – компенсационные щели. В панельных выработках проводятся щели в кровле, почве и две в боках; – щели между выработками принимаются шириной 10 м; – козырьки и бока выработок крепятся анкерами КАЗ (крепь анкерная замковая)

Примечание:  $b$  – ширина выработки (для выработок сложной геометрической формы в плане  $b = b_{э\text{кв}}$ ), м.

## *Демонстрационный пример расчета устойчивости подготовительных выработок*

Выбрать способ охраны транспортного, конвейерного и центрального вентиляционного штреков лавы, поддерживаемых в следующих горногеологических и горнотехнических условиях:

- глубина разработки  $H = 550$  м;
- опережение очистных работ в смежных выемочных столбах –  $l_{\text{оп}} = 300$  м;
- длина столба – 4000 м;
- скорость подвигания лавы  $W = 1000$  м/год.

Столб отрабатывается от границы шахтного поля к выработкам главных направлений. Подготовительные выработки проводятся на всю длину панели.

Принятая ширина транспортного и вентиляционного штреков равна 3,0 м, конвейерного – 4,5 м.

### **Решение**

1. Транспортный штрек, проводимый со стороны смежного отрабатываемого столба, для указанных условий должен охраняться целиком, его ширина определяется интерполяцией по табл. 1 ( $a = 40$  м).

Конвергенция «кровля – почва» транспортного штрека ( $U_T$ ) за проектный срок службы рассчитывается по формуле (8):

$$U_T = (V_0 \cdot t + U'_1 + K_{\text{оп}}(U'_2 + U_2)) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \text{ мм.}$$

Срок службы выработки равен отношению длины столба к скорости подвигания лавы:

$$t = \frac{4000}{1000} = 4 \text{ года.}$$

Скорость конвергенции «кровля – почва»  $V_0 = 3,5$  мм/год, определяется интерполяцией по табл. 4.

Относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне временного опорного давления смежной лавы при ширине целика 40 м согласно номограмме (рис. 10) составляет  $U'_1 = 4$  мм/м.

Относительная конвергенция «кровля – почва» выработки со стороны выработанного пространства смежной лавы в зоне временного опорного давления собственной лавы при ширине целика 40 м по номограмме (рис. 10)  $U_2 = 14$  мм/м.

Относительная конвергенция «кровля – почва» выработки в зоне остаточного опорного давления смежной лавы по номограмме (рис. 11)  $U'_2 = 28$  мм/м.

$K_{оп} = 0,8$ , принимается по табл. 6 при величине опережения очистных работ в смежных столбах 300 м.

$K_1 = 1$  для одиночной выработки согласно табл. 5.

$K_2$  для выработки проходческого комбайна ПКС-8 без расширения (рис. 12) определяется по формуле (4):

$$K_2 = \frac{b_{эқв.}}{b_{эқв. с.}} = \frac{\frac{3}{4} \cdot R}{2} = \frac{\frac{3}{4} \cdot 1,5}{2} = 1.$$

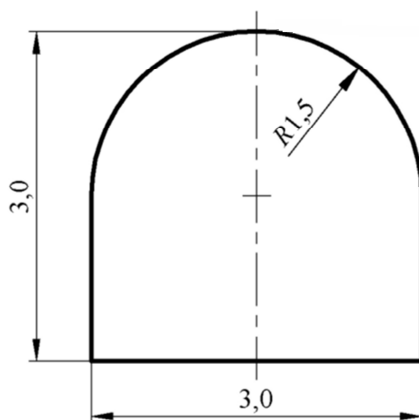


Рис. 12. Форма и размеры поперечного сечения выработки, проводимой проходческим комбайном ПКС-8

Формула для определения  $b_{эқв.}$  выбирается для соответствующего сечения протяженной выработки (рис. 8, а) на основе формулы (5).

Высота выработки  $h = 3,0$  м.

Следовательно,

$$U_T = (3,5 \cdot 4,0 + 4,0 + 0,8 \cdot (28 + 14)) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 155 \text{ мм.}$$

В соответствии с табл. 7 расчетное значение конвергенции «кровля – почва» определяем из условия поддержания и способов охраны транспортного штрека при ширине выработки  $b = 3$  м, т. к.

$$\begin{aligned}0,03 \cdot b &= 0,03 \cdot 3000 = 90 \text{ мм;} \\0,06 \cdot b &= 0,06 \cdot 3000 = 180 \text{ мм,}\end{aligned}$$

т. е.  $90 < 155 < 180$ , следовательно, условия поддержания подготовительных выработок средние, при которых способами охраны является разгружающая выработка или компенсационная щель в кровле.

2. Рассмотрим возможность обеспечения устойчивости вентиляционного штрека лавы без применения способов охраны. Для этого выполним те же расчеты, что и для транспортного штрека. Расчет конвергенции «кровля – почва» проводим по формуле (3):

$$U_B = (V_0 \cdot t + U_1) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h, \text{ мм,}$$

где  $U_1$  – относительная конвергенция «кровля – почва» выработки со стороны массива в зоне временного опорного давления собственной лавы, определяется по номограмме (рис. 9). При ширине целика  $a = 0$  –  $U_1 = 10$  мм.

Значения остальных величин в формуле (3) не отличаются от приведенных для транспортного штрека лавы:

$$U_B = (3,5 \cdot 4,0 + 10,0) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 72 \text{ мм.}$$

Таким образом, расчет показывает, что в соответствии с табл. 7

$$U_B \leq 0,03 \cdot b = 0,03 \cdot 3000 = 90 \text{ мм.}$$

Следовательно, условия поддержания центрального вентиляционного штрека лавы легкие, он может находиться в устойчивом состоянии без дополнительной охраны, так как его прогнозируемая деформация меньше допустимой.

3. Для выбора необходимого способа охраны конвейерного штрека лавы воспользуемся формулой (3).

Коэффициент учета влияния соседних выработок  $K_1 = 1,545$  определяется интерполяцией из табл. 5 для трех выработок в группе при ширине целика  $a = 3$  м.

$$K_2 = \frac{b_{\text{эКВ.}}}{b_{\text{эКВ. с.}}} = \frac{4}{2} = 2.$$

$b_{\text{эКВ.}}$  определяется по формуле (5) для сечения (рис. 8, в).

$$b_{\text{эКВ.}} = \frac{4}{3} \cdot (0,5 \cdot 1,5 + 0) + 3 = 4.$$

Значения остальных величин в формуле (3) не отличаются от приведенных для вентиляционного штрека лавы:

$$h = 3,0 \text{ м.}$$

$$U_{\text{к}} = (V_0 \cdot t + U) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot h = (3,5 \cdot 4,0 + 10) \cdot 1,54 \cdot 2,0 \cdot 3,0 = 222 \text{ мм.}$$

Так как расчетная величина конвергенции «кровля – почва» меньше  $0,06 \cdot b = 0,06 \cdot 4500 = 270$  мм, но больше  $0,03 \cdot b = 0,03 \cdot 4500 = 135$  мм, то в соответствии с табл. 7 принимаем для охраны конвейерного штрека разгружающую выработку, а в качестве крепления – анкерную крепь КАМВ.

### Задание

Определить способ охраны транспортного, конвейерного и центрального вентиляционного штреков лавы. Столб отрабатывается от границы шахтного поля к выработкам главных направлений. Подготовительные выработки проводятся на всю длину панели. Принятая ширина транспортного и вентиляционного штреков – 3,0 м, конвейерного – 4,5 м.

Исходные данные:

- глубина разработки  $H$ , м;
- опережение очистных работ в смежных выемочных столбах, м;
- длина столба, м;
- скорость подвигания лавы, м/год.

Для выполнения задания необходимо:

1. Изучить методику расчета устойчивости подготовительных выработок для условий Старобинского месторождения калийных солей.
2. Получить исходные данные у преподавателя.
3. Оформить отчет.
4. Выписать исходные данные в отчет.
5. Выполнить необходимые расчеты.
6. Проанализировать полученные результаты.
7. Представить выводы.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГОРНОГО ДЕЛА В ЧАСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

1. **Горная выработка** – искусственное сооружение в недрах Земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ с целью выполнения ее функционального назначения и сохранения в течение определенного периода времени.

2. **Подземная выработка** – горная выработка, проводимая в недрах Земли независимо от того, имеет она выход на поверхность или нет, ограниченная по контуру ее поперечного сечения горными породами или частично другими выработками.

Горные выработки классифицируют по назначению (разведочные и эксплуатационные), положению относительно земной поверхности (открытые и подземные), положению в пространстве (вертикальные, наклонные, горизонтальные), сроку службы, форме, размеру, принципу работы, по способу финансирования ее строительства.

Главными обычно считают выработки, служащие для транспортирования, в том числе и для подъема, полезного ископаемого на поверхность, а также для других целей. Главные выработки могут также служить для выполнения всех процессов, осуществляемых во вспомогательных выработках, однако основное их назначение – транспортирование полезного ископаемого.

По вспомогательным выработкам доставляют породу, людей, материалы, оборудование, осуществляют вентиляцию, подводят электроэнергию, воду, а также выполняют другие процессы, не связанные с транспортировкой полезного ископаемого.

3. **Открытая выработка** – горная выработка, образуемая в пределах карьерного поля и имеющая незамкнутый контур поперечного сечения вследствие ее примыкания к земной поверхности.

4. **Разведочная выработка** – горная выработка, предназначенная для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых.

Разведочные выработки служат для получения данных о строении и условиях залегания полезного ископаемого и вмещающих пород, их физико-механических свойствах, качестве полезного ископаемого, а также для установления надежности и достоверности результатов скважинной и геофизической разведки.

5. **Эксплуатационная выработка** – подземная выработка, предназначенная для эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Подземные эксплуатационные выработки делятся на вскрывающие, подготовительные и очистные.

6. **Вскрывающая выработка** – подземная горная выработка, открывающая доступ к рудному телу, пласту или его части и обеспечивающая возможность проведения подготовительных выработок.

7. **Подготовительная выработка** – подземная горная выработка, проводимая после вскрытия шахтного поля для оконтуривания и подготовки к очистной выемке отдельных его частей.

К подготовительным выработкам относятся нарезные выработки шахт.

8. **Нарезная выработка** – подземная горная выработка, проводимая в процессе подготовительных работ и непосредственно прилегающая к массиву полезного ископаемого, предусматриваемого к выемке.

Нарезная выработка является местом, откуда начинают вести очистную выемку на подготовленном к отработке участке, а также служит для монтажа добычного оборудования.

9. **Окаймляющая выработка** – нарезная горная выработка, предназначенная для ослабления связи обрабатываемого блока с основным массивом, применяется при разработке непластовых месторождений полезных ископаемых.

10. **Капитальная выработка** – подземная горная выработка, обслуживающая шахту в течение всего срока работы горного предприятия или значительной части этого срока, предназначенная для вскрытия или подготовки месторождения или его части, проводимая за счет капитальных вложений и числящаяся на балансе основных фондов предприятия.

На пластовых месторождениях, обрабатываемых системой разработки ДСО (длинными столбами по простиранию), к капитальным относятся, как правило, все подготовительные выработки, служащие для отработки двух и более выемочных участков. Исключение составляют нарезные выработки (штреки), используемые для отработки соседнего выемочного участка.

11. **Откаточная выработка** – подземная горная выработка, предназначенная для транспортирования полезных ископаемых и пород к стволу или на поверхность.



12. **Групповая выработка** – подземная горная выработка, обслуживающая разработку группы пластов, жил и других видов залежей, а также этажей.

13. **Пластовая выработка** – подземная горная выработка, проводимая по пласту полезного ископаемого.

14. **Полевая выработка** – подземная горная выработка, проводимая по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого и, как правило, параллельно поверхности залежи или пласта.

15. **Погашенная (старая) выработка** – горная выработка, использование и поддержание которой после выполнения цикла подземных работ прекращено.

### **Подземные горные выработки. Очистные выработки**

16. **Очистная выработка** – подземная горная выработка, проводимая по пласту или залежи полезного ископаемого, в которых осуществляется выемка полезного ископаемого.

17. **Лава** – очистная горная выработка значительной протяженности (от нескольких десятков до нескольких сотен метров), один бок которой образован массивом полезного ископаемого, другой – стеной закладочного материала или обрушенной породой выработанного пространства.

18. **Забой** – поверхность, ограничивающая место непосредственной выемки полезного ископаемого или породы и перемещающаяся в результате ведения горных работ.

19. **Узкий забой** – забой, ширина которого ограничивается шириной основной проводимой выработки без раскоски.

20. **Широкий забой** – забой выработки, ширина которого складывается из ширины забоя основной проводимой выработки и ширины забоя раскоски.

21. **Очистная камера** – очистная горная выработка с забоем небольшой протяженности (до 12–16 м), ограниченная по бокам массивом или целиками полезного ископаемого и не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность.

22. **Заходка** – короткая горная выработка, проводимая из очистной камеры или выемочной печи и служащая для выемки угля из междукammerных целиков, при этом оборудование, используемое при очистной выемке, может находиться как в заходке, так и за ее пределами.

## **Вертикальные подземные горные выработки**

23. **Вертикальная выработка** – подземная выработка, пройденная по вертикали в толще полезного ископаемого или по породе.

К вертикальным выработкам относят стволы, шурфы, гезенки, скважины.

24. **Шахтный ствол** – вертикальная, реже наклонная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ в пределах шахтного поля, его крыла или блока.

Шахтные стволы разделяются по назначению на главный и вспомогательный, а по типу подъемного устройства – на скиповые и клетевые.

25. **Главный ствол** (подъемный ствол) – шахтный ствол, по которому производят подъем полезного ископаемого и породы на поверхность.

26. **Вспомогательный ствол** – шахтный ствол, по которому осуществляют спуск-подъем людей, материалов и оборудования, а также используют для вентиляции.

27. **Закладочный ствол** – ствол, предназначенный для спуска в подземные выработки закладочных материалов.

28. **Вентиляционный ствол** – ствол, предназначенный для пропуска воздушной струи с целью проветривания подземных выработок.

29. **Слепой шахтный ствол** – вертикальная или наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая между горизонтами, предназначенная для обслуживания подземных эксплуатационных работ, в первую очередь для подъема полезных ископаемых с нижних горизонтов на верхние.

30. **Гезенк** – вертикальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, предназначенная для спуска полезного ископаемого или породы из вышележащих выработок в нижележащие под действием силы собственной массы или в специальных сосудах механическим способом в угольных шахтах.

Гезенк также может быть использован для спуска-подъема людей, материалов, оборудования, породы. В случае, если гезенк оснащен подземными машинами для спуска полезного ископаемого или породы с верхних горизонтов на нижние и спуска или подъема людей, материалов и оборудования, существенных различий между гезенком и спелым шахтным стволом нет.

31. **Скважина** – вертикальная, реже наклонная горная выработка цилиндрического сечения, диаметр которой намного меньше ее глубины, проведенная в горной породе или полезном ископаемом с земной поверхности или из подземных выработок под любым углом наклона к горизонту механическими или немеханическими способами бурения в разведочных и эксплуатационных целях.

Скважина обычно бывает диаметром более 75 мм при глубине до 5 м или любого диаметра при глубине более 5 м.

32. **Шурф** – вертикальная, реже наклонная неглубокая выработка обычно небольшой площади поперечного сечения, проведенная с земной поверхности и предназначенная для геологоразведочных или эксплуатационных работ.

Шурфы используют также как запасные выходы из шахты. Отличительной особенностью шахтного шурфа является отсутствие подъема полезного ископаемого и породы в период эксплуатации шахты. В тех случаях, когда шурф не оборудуют механическим подъемом, устраивают специальное отделение для передвижения людей по лестницам и промежуточным полкам.

33. **Дучка** – короткая вертикальная или наклонная горная выработка квадратного, реже круглого сечения, служащая для выпуска отбитой или обрушенной руды из очистного пространства на выработки приемного горизонта.

### **Подземные горные выработки. Горизонтальные выработки**

34. **Горизонтальная выработка** – подземная выработка, проведенная горизонтально или с незначительным углом наклона в толще полезного ископаемого или по породе.

Горизонтальная выработка имеет незначительный угол наклона для облегчения транспортирования и обеспечения стока воды к водосборнику.

35. **Штольня** – вскрывающая горная выработка, пройденная с поверхности к месторождению и предназначенная для транспортирования полезного ископаемого или вспомогательных целей.

Штольни бывают разведочные и эксплуатационные, а также откаточные, вентиляционные и водоотливные. Штольнями выгодно вскрывать угольные пласты, залегающие в гористой местности. В зависимости от рельефа местности штольня может быть располо-

жена по простиранию, вкрест простирания или под углом к линии простирания пласта.

36. **Штрек** – горизонтальная или с углом наклона обычно не более  $3^\circ$  выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная по простиранию наклонно залегающего месторождения полезного ископаемого, при горизонтальном его залегании – в любом направлении.

На пластовых месторождениях полезных ископаемых угол наклона штрека может составлять более  $3^\circ$ .

37. **Главный штрек** – штрек, проводимый на протяжении всего шахтного поля до его границ и предназначенный для обслуживания панелей.

38. **Транспортный штрек** – штрек, расположенный ниже обслуживаемого яруса или подэтажа, оснащен ленточным конвейером для транспортирования полезного ископаемого и рельсовым путем или монорельсовой дорогой для доставки материалов, оборудования и породы от ремонтных работ.

39. **Главный вентиляционный штрек** – выработка, проведенная по пласту или вне его и предназначенная для отвода исходящей струи из выработок выемочного участка.

40. **Этажный штрек** – штрек, проводимый от капитальных бремсбергов до границ шахтного поля и предназначенный для обслуживания работ в этаже.

41. **Полевой штрек** – штрек, проводимый по пустым породам.

42. **Групповой штрек** – штрек, предназначенный для обслуживания разработки группы пластов, жил и других видов залежей.

43. **Промежуточный штрек** – штрек, ограничивающий подэтаж, ярус и выемочный столб.

44. **Квершлаг** – горизонтальная или наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проведенная по вмещающим породам вкрест простирания или под некоторым углом к линии простирания месторождения и используемая для транспортирования полезного ископаемого, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи.

Квершлаг бывает откаточным или вентиляционным, служит для вскрытия пластов и выполняет обычно те же функции, что и штрек.

45. **Этажный квершлаг** – квершлаг, проводимый для вскрытия и обслуживания этажа.

46. **Промежуточный квершлаг** – квершлаг, предназначенный для обслуживания и разработки одного или группы пластов, жил и других видов залежей и проводимый от группового или полевого квершлага.

47. **Орт** – горизонтальная выработка с углом наклона не более  $0-3^\circ$ , не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и проведенная вкрест простирания в пределах залежи месторождения, предназначенная для соединения выработок, пройденных у всячего и лежащего боков мощного пласта.

48. **Поперечный (выемочный) штрек** – горизонтальная выработка, не имеющая выхода на поверхность, проводимая поперек мощной залежи полезного ископаемого между всячим и лежащим боками и служащая для подготовки длинных столбов и транспортирования песков к основному штреку.

49. **Рукав** – горизонтальная или слегка наклонная горная выработка небольшого сечения, конечная часть которой служит зарядной камерой.

### **Подземные горные выработки. Наклонные горные выработки**

50. **Наклонная выработка** – подземная выработка, пройденная в толще полезного ископаемого или по породе под некоторым углом к горизонту.

Наклонные выработки включают наклонный ствол, бремсберг, уклон, ходок, скат, восстающий, печь, рудоспуск.

51. **Наклонный шахтный ствол** – подземная капитальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность, проводимая, как правило, для вскрытия месторождения полезного ископаемого или его части.

На пластовых месторождениях наклонный ствол может быть вскрывающей и подготовительной горной выработки одновременно. Наклонный ствол может быть предназначен для транспортировки полезного ископаемого, спуска-подъема материалов и оборудования, перевозки людей, вентиляции.

52. **Бремсберг** – наклонная выработка, не имеющая выхода на земную поверхность, проведенная, как правило, по направлению падения пласта или залежи и предназначенная для спуска полезного

ископаемого, расположенного ниже обрабатываемой части шахтного поля, на откаточный горизонт шахты при помощи механических устройств. Также она используется для подачи свежего воздуха с основного горизонта выработки выемочного поля.

В зависимости от назначения и расположения выделяют главный (обслуживающий всю бремсберговую часть шахтного поля), панельный (обслуживающий панель), участковый и вспомогательный бремсберги.

**53. Вспомогательный бремсберг** – выработка, проведенная параллельно бремсбергу и предназначенная для спуска породы и других грузов на откаточный горизонт этажа или шахты, а также для подъема оборудования и материалов в обратном направлении.

Вспомогательный бремсберг может быть оснащен различными видами вспомогательного транспорта (концевая откатка, монорельсовая подвесная дорога, канатно-кресельная дорога и т. д.) и используется для подачи свежего воздуха с нижних горизонтов на верхние.

**54. Участковый (промежуточный) бремсберг** – выработка, обслуживающая выемочное поле и служащая главным образом для транспортирования полезного ископаемого из-под этажей выемочного поля на этажный штрек.

**55. Спуск** – наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, предназначенная для спуска разных грузов при помощи механических устройств.

**56. Капитальный спуск** – спуск, обслуживающий этажи, расположенные выше уровня рабочего горизонта.

**57. Панельный спуск** – спуск, обслуживающий панель.

**58. Полевой спуск** – спуск, проводимый по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого.

**59. Промежуточный спуск** – спуск, обслуживающий выемочное поле.

**60. Уклон** – наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная по восстанию или падению пласта и предназначенная для транспортирования горной массы с нижних горизонтов на вышерасположенные при помощи механических устройств.

Уклоны проводятся либо с квершлага, либо с полевого штрека. Уклон оснащен конвейерной установкой или канатной откаткой

в вагонетках или скипах. В некоторых схемах подготовки шахтных полей уклоны могут выполнять вспомогательные функции (доставка людей, материалов и оборудования, вентиляция (подача свежего воздуха с верхних горизонтов на нижние) и др.).

61. **Капитальный уклон** – уклон, предназначенный для транспортирования угля, добываемого в уклонной части шахтного поля, до горизонта околоствольного двора.

62. **Панельный уклон** – уклон, предназначенный для транспортирования угля, добываемого в пределах уклонных панелей, до главного откаточного штрека.

63. **Полевой уклон** – уклон, проводимый по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого.

64. **Участковый (промежуточный) уклон** – уклон, обслуживающий выемочное поле, служит главным образом для транспортирования полезного ископаемого из подэтажей выемочного поля на этажный штрек.

65. **Вспомогательный уклон** – выработка, проводимая параллельно уклону и предназначенная для спуска или подъема материалов и оборудования или только людей.

Вспомогательный уклон может быть оснащен различными видами вспомогательного транспорта (концевая откатка, монорельсовая подвесная дорога, канатно-кресельная дорога и т. д.) и используется для подачи свежего или выдачи исходящего воздуха.

66. **Скат** – наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проведенная по падению или восстанию залежи по ее почве и предназначенная для спуска разных грузов под действием собственной массы, а также для проветривания очистных забоев.

Скат сооружают в том случае, если угол его наклона достаточен для движения вниз грузов самотеком (более 30°). Скат может быть пластовым и полевым.

67. **Полевой скат** – скат, проводимый по пустым породам на некотором расстоянии от залежи полезного ископаемого.

68. **Ходок** – наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая параллельно бремсбергу или уклону на расстоянии 20–40 м от него, служащая

преимущественно для передвижения людей, а также доставки грузов, проветривания и других целей.

В зависимости от назначения различают людской и грузовой ходок.

**69. Полевой ходок** – ходок, проводимый по пустым породам.

**70. Восстающий** – наклонная или вертикальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по восстанию залежи или вмещающим породам, служащая для перепуска угля или породы на ниже расположенные горизонты, доставки оборудования, закладочных и других материалов с одного горизонта на другой, передвижения людей, вентиляции, размещения трубопроводов и электрических кабелей и в разведочных целях.

**71. Разрезной восстающий** (отрезной восстающий) – восстающий, проводимый по полезному ископаемому для подготовки очистной выемки.

Отрезными выработками, как правило, являются восстающие, расширяемые в вертикальную или наклонную отрезную щель на всю ширину очистного пространства с целью создания обнаженной плоскости для последующей отбойки на нее руды. Из разрезного (отрезного) восстающего начинают работы по созданию дополнительной вертикальной плоскости обнажения массива, а также начального компенсационного пространства. В качестве компенсационного пространства используют также отрезную щель, которая является вертикальной или наклонной выработкой, предназначенной для развития очистной выемки.

**72. Печь** – подземная горная выработка, проводимая по полезному ископаемому, по восстанию пласта или залежи и предназначенная для проветривания, передвижения людей, транспортирования грузов, а также соединения двух горизонтальных параллельно проводимых выработок: транспортный этажный, подэтажный или ярусный штрек с просеком; транспортный штрек вышележащего этажа (яруса, подэтажа) с вентиляционным нижележащего.

В зависимости от основного назначения различают ходовые, вентиляционные, пульпопускные, обходные, разрезные печи.

**73. Разрезная печь** – печь, проводимая по полезному ископаемому на границе выемочного столба между транспортным и вентиляционным штреками, подэтажа или яруса и предназначенная только для монтажа очистного оборудования.



**74. Рудоспуск** – наклонная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для спуска руды под действием силы собственной массы.

Рудоспуск служит для тех же целей, что и скат. Часто проводится вертикально.

### **Вспомогательные подземные горные выработки**

**75. Околоствольный двор** – взаимосвязанный комплекс капитальных горных выработок, расположенных непосредственно у ствола на определенном горизонте, специально оборудованных и соединяющих ствол с главными выработками горизонта и предназначенных для обслуживания горных работ на горизонте в соответствии с назначением ствола.

Главная функция околоствольного двора – передача грузов между подъемами от магистрального транспорта к подъему, что предопределяет их тип, расположение и размеры основных откаточных выработок, механизацию маневровых и разгрузочных работ. Кроме того, околоствольный двор выполняет ряд других функций: подачу свежего и вывод отработанного воздуха, подвод, трансформацию и передачу на горные выработки электроэнергии, аккумуляцию и откачку на поверхность шахтных вод. В околоствольном дворе располагаются санчасть, камера ожидания, депо электровозов, насосная и т. п. Околоствольные дворы при вертикальных стволах различают в зависимости от типа подъемных сосудов – клетевые, скиповые и скипо-клетевые; числа въездов в околоствольный двор – односторонние и двусторонние; расположения и конфигурации выработок – круговые, тупиковые, прямолинейные; числа путей в основных выработках – одно-, двух- и многопутные. Околоствольные дворы при наклонных стволах различают в зависимости от вида используемого транспорта: конвейерный, скиповый и вагонеточный подъемы.

**76. Раскоска** – вспомогательная выработка, проводимая по пласту или залежи полезного ископаемого общим забоем с основной выработкой и предназначенная для закладки пустой породы, получаемой при проведении основной выработки.

**77. Косовичник** – вспомогательная выработка небольшой площади сечения, образуемая в раскоске горизонтальной или наклонной выработки между угольным массивом и стеной из закладочного материала для проветривания, доставки угля и передвижения людей.

78. **Просек** – горная выработка, проводимая в толще полезного ископаемого в направлении простираения пласта или залежи параллельно откаточному или конвейерному штреку и предназначенная для вентиляции, передвижения людей, транспортирования грузов, а также для соединения горных выработок в процессе их проходки.

От штреков просек отличается меньшими размерами поперечного сечения.

79. **Разрезной просек** – просек, проводимый для подготовки очистных забоев.

80. **Косовичный просек** – просек, представляющий собой часть раскоски и ограниченный с одной стороны закладкой.

81. **Косовичный ходок** – горная выработка небольшого поперечного сечения, расположенная в закладочном массиве в раскоске, служащая для соединения косовичника с примыкающей выработкой.

В большинстве случаев подрыв боковых пород в косовичном ходке не производится.

82. **Сбойка** – короткая, как правило, не более 50 м выработка, соединяющая между собой две другие параллельные, значительной длины горные выработки различного назначения и служащая для вентиляции, транспортирования грузов и движения людей.

83. **Камера** – выработка незначительной длины при сравнительно больших поперечных сечениях, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для размещения оборудования, материалов, инвентаря и других целей.

84. **Камера дробления** – горная выработка, предназначенная для измельчения полезного ископаемого.

85. **Водосборник** – горная выработка или группа выработок, предназначенная для сбора вод.

86. **Вентиляционная выработка** – выработка, основным назначением которой является доставка свежей струи воздуха к местам производства работ – на выемочный участок и к вентиляторам местного проветривания подготовительного забоя, а также для выдачи исходящей струи воздуха из выработок шахты.

87. **Буровая выработка** – выработка для размещения бурового оборудования и обслуживающего персонала.

Сечение буровой выработки определяется типом бурового оборудования и его размерами.

88. **Аккумулялирующая выработка** – выработка для накопления полезного ископаемого, поступающего из нескольких очистных забоев или других выработок до откаточной выработки.

Аккумулялирующая выработка может быть горизонтальной (штрек, орт), наклонной или вертикальной (восстающей). Горизонтальные аккумулялирующие выработки обычно оборудуются для повторной механической доставки скреперными или конвейерными установками.

89. **Дренажная выработка** – выработка для извлечения и отвода воды или газа при осушении и дегазации месторождений.

90. **Камера-убежище** – изолированная подземная камера для укрытия людей в случае подземной аварии.

Различают баррикадные камеры, сооружаемые во время аварии в тупиковых или на легко изолированных участках выработок; заранее построенные камеры легкого типа (на 15–50 человек) и центральные (на 100 и более человек), оборудованные герметически закрывающимися дверями, устройствами для обеспечения людей свежим воздухом, самоспасателями, запасами воды и медикаментов.

91. **Шпур** – искусственное цилиндрическое углубление в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, предназначенное для размещения заряда взрывчатого вещества, используется также для нагнетания воды в пласт и при прогнозе горно-динамических явлений, разведки и т. д.

Шпур по направлению разделяются на горизонтальные, вертикальные и наклонные (последние могут быть падающие и восстающие); по назначению – на врубовые, вспомогательные и отбойные.

92. **Врубовой шпур** – шпур, предназначенный для образования дополнительных поверхностей обнажения в разрушаемой среде при помощи взрыва.

93. **Отбойный шпур** – шпур, предназначенный для отбойки горной породы в направлении открытой поверхности, образованной врубом.

### Элементы выработки

94. **Кровля выработки** – поверхность горных пород, ограничивающая выработку сверху.

95. **Подшва выработки** (почва выработки) – поверхность горных пород, ограничивающая выработку снизу.

96. **Бок выработки** – поверхность горных пород, ограничивающая выработку сбоку.

97. **Устье выработки** – место примыкания подземной выработки к земной поверхности или к другой подземной выработке.

98. **Сопряжение выработок** – место соединения, разветвления или пересечения подземных горных выработок, если выработки не имеют выхода на поверхность.

Взаимное расположение выработок определяет тип сопряжения по конфигурации: прямое сопряжение, прямое пересечение, одностороннее сопряжение, двустороннее косое сопряжение, треугольный узел, косое пересечение.

99. **Устье ствола** – сопряжение ствола с земной поверхностью.

100. **Зумпф** (колодец) – часть шахтного ствола, расположенная ниже почвы выработок нижнего окопоствольного двора и используемая для размещения подъемного сосуда в момент загрузки и разгрузки, а также для собирания стекающей по стволу воды.

101. **Ниша** – углубление в забое очистной или в боку подготовительной выработки, необходимое соответственно для производства концевых операций очистной выемки или расположения и укрытия людей, механизмов и материалов.

102. **Разминовка** – часть горной выработки, расширяющаяся на определенном протяжении для устройства разъезда при рельсовом транспорте.

103. **Выемочное поле** – часть этажа, в пределах которой разработка пласта осуществляется на один участковый бремсберг, уклон, скат или квершлаг.

104. **Выемочный участок** – оконтуренный горными выработками столб полезного ископаемого, находящийся в стадии эксплуатации.

При разработке горизонтальных залежей полезного ископаемого выемочный участок представляет собой оконтуренный штреками столб полезного ископаемого, находящийся в стадии эксплуатации.

105. **Выработанное пространство** – пространство, образующееся после извлечения полезных ископаемых или вмещающих горных пород в результате ведения очистных работ.

106. **Высота очистной выработки** – кратчайшее расстояние между кровлей и почвой выработки.

107. **Горизонт** – совокупность горных выработок, расположенных на одном уровне и предназначенных для осуществления в про-

цессе выемки полезного ископаемого определенных операций, необходимых для ведения горных работ.

По назначению различают следующие горизонты: откаточный, вторичного дробления, выпуска, подсежки и скреперования.

108. **Длина лавы** (длина забоя лавы) – расстояние между при-мыкающими к лаве подготовительными выработками.

109. **Изолированная горная выработка** – неконтролируемая горная выработка, исключенная из системы действующих горных выработок шахты.

110. **Крыло этажа** – часть этажа, заключенная между его границей по простиранию и капитальной выработкой, предназначенной в основном для транспортирования грузов.

111. **Очистные работы** – работы в очистных выработках, связанные с добытием полезных ископаемых.

112. **Ось выработки** – геометрическое место точек, соответствующих центрам поперечных сечений выработки.

113. **Панель** – часть пласта в пределах шахтного поля или горизонта, обслуживаемая самостоятельным комплексом горизонтальных или наклонных транспортных и вентиляционных выработок.

114. **Пласт** – форма залегания осадочных горных пород в виде плиты, ограниченной двумя более или менее параллельными поверхностями горизонтально или с различным наклоном.

115. **Предохранительный целик** – отдельная часть залежей полезных ископаемых, оставляемая в процессе разработки месторождений по тем или иным причинам неизвлеченной или временно неизвлекаемой для поддержания кровли.

116. **Призбойное пространство** – часть выработанного пространства, непосредственно прилегающая к забою и предназначенная для размещения оборудования, перемещения по нему людей и производства работ.

117. **Расположение выработки в выработанном пространстве** – расположение выработки, при котором с обеих ее сторон находится выработанное пространство.

118. **Расположение выработки в массиве** – расположение выработки, при котором с обеих ее сторон находится нетронутый массив горных пород.

119. **Расположение подготовительной выработки** – характеристика положения подготовительной выработки в пространстве относительно угольного пласта и выработанного пространства.

Различают пластовое в массиве, пластовое в выработанном пространстве, пластовое в целиках, пластовое вприсечку к выработанному пространству и полевое расположения.

120. **Расположение подготовительной выработки вприсечку к выработанному пространству** – расположение выработки, при котором с ее одной стороны находится нетронутый угольный массив, а с другой – выработанное пространство.

121. **Столб** – это массив полезного ископаемого, оконтуренный со всех сторон подготовительными выработками для последующей очистной выемки (выемочное поле).

122. **Форма забоя очистной выработки** – характеристика геометрических особенностей вертикальной и горизонтальной проекций забоя очистной выработки.

123. **Целик** – часть залежи или пласта полезного ископаемого, оставляемая нетронутой при разработке месторождения для охраны горных выработок, наземных сооружений, управления горным давлением и для других целей.

124. **Шахтное поле** – часть месторождения, отводимая какой-либо шахте для разработки.

125. **Ширина камеры** – расстояние между примыкающими к камере целикам.

126. **Ширина призабойного пространства** – расстояние от забоя лавы до последнего ряда крепи или до ограждений механизированной крепи.

127. **Этаж** – часть шахтного поля или рудничного поля, ограниченная по простиранию техническими границами шахтного поля, по падению – вентиляционным и ближайшим нижележащим откаточным штреками.

128. **Ярус** – часть панели, ограниченная по падению транспортным и вентиляционным штреками, по простиранию – границами панели.

При однокрыльях панелях очистную выемку в ярусе ведут одним очистным забоем, при двукрыльях – двумя.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении. – Солигорск; Минск, 2010. – 125 с.
2. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. – Солигорск; Минск, 2010. – 152 с.
3. Подземные горные выработки: СНиП II–94–80. – М.: Стройиздат, 1982. – 31 с.
4. Горное дело. Выработки горные. Термины и определения: ГОСТ Р 57719-2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 20 с.
5. Методические указания к практическим и индивидуальным занятиям по дисциплине «Управление состоянием массива горных пород» / сост.: В. Л. Самойлов, С. В. Подкопаев, В. Е. Нефёдов. – Донецк: ДонНТУ, 2014. – 77 с.
6. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. – Солигорск; Минск, 2010. – 152 с.
7. Петровский, Б. И. Разработка эффективных и безопасных технологий и средств очистной выемки сложноструктурных калийных пластов Старобинского месторождения: дисс. ... д-ра техн. наук: 25.00.22, 05.05.06 / Б. И. Петровский. – М., 2003. – 338 с.
8. Иванцов, В. М. Подземная разработка рудных месторождений: учебное пособие-практикум / В. М. Иванцов. – Красноярск: ГОУ ВПО «Сибирский Федеральный университет», 2012. – 136 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВЫБОР СПОСОБОВ ОХРАНЫ И КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.....	3
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГОРНОГО ДЕЛА В ЧАСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	43



Учебное издание

## ГОРНОЕ ДЕЛО

Практикум  
для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины  
и оборудование (по направлениям)»

Составители:

**БЕРЕЗОВСКИЙ** Николай Иванович  
**КОСТЮКЕВИЧ** Елена Казимировна

Редактор *А. С. Мокрушников*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 29.11.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,62. Уч.-изд. л. 2,05. Тираж 100. Заказ 810.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.