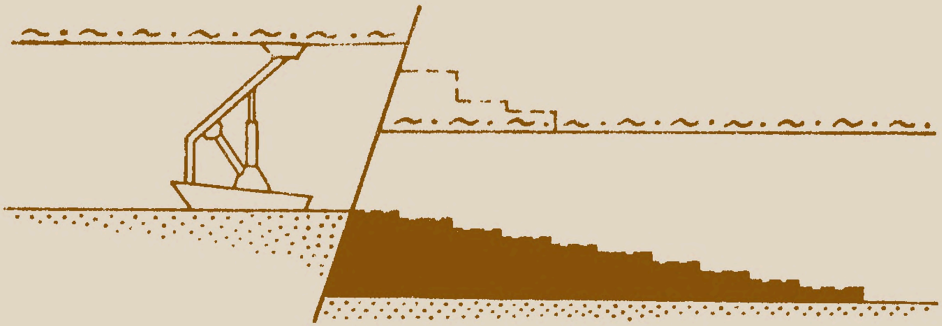
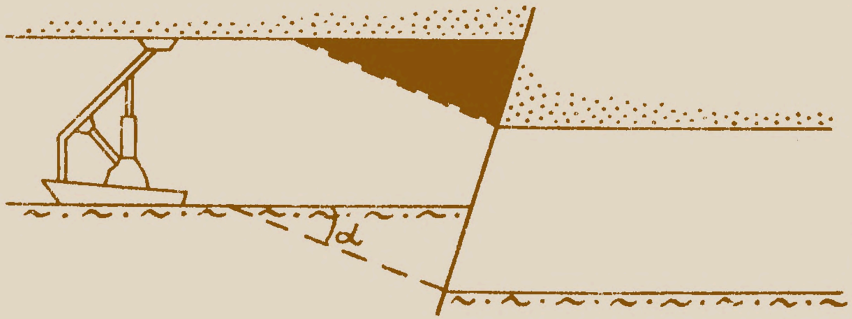
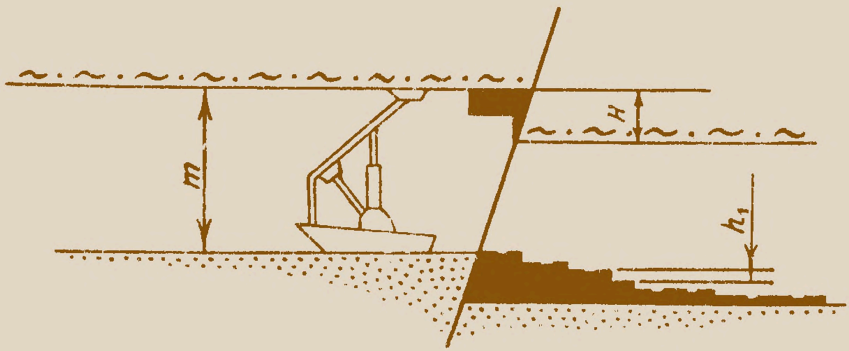


Технологические схемы и рекомендации по переходу комплексами ОМКТМ геологических нарушений угольных пластов





Якутск * 1972

gost.e-ecolog.ru

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЯКУТСКИЙ ФИЛИАЛ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПЕРЕХОДУ КОМПЛЕКСАМИ ОМКТМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

(На примере опыта разработки Норильского угленосного района)

ЯКУТСК 1972

Ответственный редактор
доктор технических наук
В. П. У ш к а л о в

В брошюре даны технологические схемы перехода комплексами ОМКТМ геологических нарушений. Изложены рекомендации по учету геологических нарушений при подготовке участков угольных пластов для отработки их комплексами.

Приводятся аналитические формулы для подсчета количества породы, подрываемой при переходе нарушений, и для подсчета зольности горной массы, добываемой в процессе перехода.

Разработана методика оценки целесообразности применения комплексной механизации на пластах с геологическими нарушениями.

Брошюра рассчитана на работников угольной промышленности, проектных и научно- исследовательских учреждений, а также может быть полезна студентам горных институтов и техникумов.

В В Е Д Е Н И Е

Одним из направлений комплексной механизации технологических процессов на угольных шахтах является внедрение очистных механизированных комплексов. При разработке пологих пластов широкое распространение получили очистные механизированные комплексы (ОМКТМ). В настоящее время они применяются во многих угольных бассейнах страны. Область их применения, как правило, ограничивается спокойными условиями залегания пластов. Об использовании этих агрегатов на пластах с геологическими нарушениями сведений мало [I, 2].

Существует мнение, что эксплуатация комплексов ОМКТМ на нарушенных участках экономически нецелесообразна из-за необходимости частых перемонтажей агрегата, так как сбросы и взбросы с амплитудой 0,5 м являются непереходимыми [3].

Однако практика работы шахт Норильска позволяет расширить область применения комплексов ОМКТМ.

На шахтах Норильска, разрабатывающих пласты с большим количеством геологических нарушений типа сбросов, взбросов, пережимов, интрузий и др., при освоении комплексов ОМКТМ первоначально выбирались и подготавливались участки пластов с геологическими нарушениями, имеющими амплитуду не более 0,5 м. Длина подготавливаемых столбов была 130-230 м. Приходилось часто перемонтировать агрегаты, что приводило к значительному снижению экономичности применения комплексов. В связи с этим в процессе промышленных испытаний комплексов поэтапно осуществлялся переход ими сбросов с амплитудами до 0,5 м, затем до I м и т.д.

Результаты испытаний позволили разработать и внедрить на шахтах Норильска технологические схемы перехода сбросов и взбросов с амплитудой до 2,5-3 м, значительно расширить область применения комплексов ОМКТМ и повысить экономичность угледобычи.

Поскольку практически все угленосные районы и месторождения нашей страны имеют геологические нарушения, осложняющие разработку пластов, результаты исследований, изложенные в настоящей работе, имеют большое практическое и научное значение и могут быть использованы для выбора технологии разработки при проектировании и эксплуатации шахт.

Работу написал канд. техн. наук В.Н.Скуба. В ней обобщены результаты исследований, выполненных автором совместно с работниками Норильского горнометаллургического комбината Л.Н.Щербиным, С.П.Ильницким, Н.М.Комаровым, В.В.Демидовым и сотрудниками Ленинградского горного института С.Г.Андрушкевичем, Е.А.Михайловской, Д.Г.Гительмахером, Г.П.Дубарь под общим научным руководством докт. техн. наук проф. Ю.Д.Дядькина.

Глава I написана совместно с Е.А.Михайловской, глава III - совместно с С.Г.Андрушкевичем, Г.П.Дубарь, Н.М.Комаровым, глава IУ - совместно с С.Г.Андрушкевичем и С.П.Ильницким.

Г л а в а I

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА НАРУШЕННЫХ УЧАСТКАХ

Опыт разработки нарушенных угольных пластов механизированными комплексами на шахтах Норильска (приложение I) позволяет проанализировать степень влияния ряда геологических факторов на эффективность применения этих комплексов. Ниже приводится краткая характеристика отработанных выемочных полей, отражающая особенности эксплуатации комплексов, и основные технико-экономические показатели, полученные при этом.

I. Шахта "Норильская", пласт УI, мощность пласта 3,2-4,3 м, угол падения 5°. В пласте были включения из твердых пород, для рыхления которых применялись БВР; имела место односторонняя выемка угля комбайном с зачисткой дорожки на холостом ходу.

Столб 5I0 длиной I30 м, длина лавы 60 м, период отработки - март-июнь I967 г.; осуществлен переход большого количества мелких нарушений с амплитудой до I,0 м; вентиляционный и транспортерный штреки не требовали перекрепления.

Столб 507 длиной 260 м, длина лавы 60 м, период отработки - август-декабрь I967 г.; пройдено большое количество мелких нарушений, в том числе сброс с амплитудой 2,5 м, расположенный примерно по линии падения пласта, встретившийся в октябре; вентиляционный и транспортерный штреки не требовали перекрепления.

Столб 508 длиной 330 м, длина лавы 60 м, период отработки - январь-июнь I968 г.; пройдено большое количество мелких нарушений, в том числе флексура с амплитудой 6,4 м,

осложненная замещениями и сбросом, имеющим амплитуду 2,5 м и расположенным под углом около 60° к простиранию, встретившаяся в апреле; вентиляционный штрек, охраняемый 10-метровым целиком, требовал перекрепления, транспортерный штрек не перекреплялся.

Столб 509 длиной 330 м, длина лавы 60 м; период отработки – июль–декабрь 1968 г.; пройдено большое количество мелких нарушений, в том числе сброс с амплитудой 2,5–3 м, расположенный под углом 60° к линии простирания, встретившийся в сентябре; вентиляционный штрек, охраняемый 25-метровым целиком, и транспортерный штрек не требовали перекрепления.

Из табл. I следует, что переход сброса в октябре 1967г. практически не отразился на показателях работы участка; переход флексуры с замещениями и сбросов в апреле 1968 г. привел к резкому снижению скорости подвигания забоя лавы, которая не додала по этой причине около 5000 т угля; переход сброса в сентябре 1968 г. тоже привел к снижению добычи примерно на 4000 т.

Производительность труда рабочего по лаве по мере освоения комплекса возрастала и к концу периода стабилизировалась на уровне 30 т/выход, а участковая себестоимость испытывала резкие колебания, что связано с различным уровнем устойчивости подготовительных выработок, а следовательно, и с затратами на перекрепление.

2. Шахта "Кайеркан", пласт Ш, мощность пласта 2,05 ÷ 2,2м, угол падения 7 ÷ 10°; выемка угля комбайном производилась по челноковой схеме, зачистка лавы ручная.

Столб 132 длиной 230 м, длина лавы 60 м, период отработки – март–декабрь 1967 г.; пройдено большое количество мелких нарушений.

Столб 133 длиной 460 м, длина лавы 60 м, период отработки – январь–июнь; за время отработки был осуществлен переход взброса с амплитудой 1,85 ÷ 0,6 м в январе и отработка весьма сильно нарушенного участка протяженностью 18 м в мае; вентиляционный штрек, находящийся под целиками отработанного вышележащего пласта, требовал постоянного перекрепления.

Столб 134 длиной 460 м, длина лавы 80 м; период отра-

Таблица I

Год, месяц	Добыто, т	Отработано чел.-дней в лаве	Производ. труда рабочего по лаве, т/выход	Участковая себестоимость I т угля, руб/т	Условия, осложняющие выемку угля
1967 г.					
Апрель	12 900	569	22,7	2,33	
Май	10 800	467	23,2	2,72	
Сентябрь	11 900	507	23,4	2,65	Значит. замещения пласта, короткие сбросы 0,1–0,7м,
Октябрь	13 700	531	25,8	1,99	два сброса 1,8–2,5 м
Ноябрь	15 900	529	30,0	1,91	Без нарушений
Декабрь	15 600	543	28,8	1,83	
1968 г.					
Февраль	16 000	530	30,4	2,38	Значит. замещения, сбросы до 0,4 м,
Март	14 000	456	30,6	2,78	замещение и сброс 0,2–2,0 м
Апрель	10 000	546	18,3	3,33	Сброс 1,8–2,2 м, замещения и интрузии
Май	16 700	554	30,1	2,16	Без нарушений
Август	17 500	571	30,6	2,14	
Сентябрь	14 100	470	30,1	2,23	Сброс 2,5–3,0 м
Октябрь	22 300	619	36,0	2,28	

ботки – июль–декабрь; за время отработки осуществлен переход сброса с амплитудой 1,6 м в сентябре. Подготовительные выработки находились в удовлетворительном состоянии (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что переход нарушенного участка в мае 1968 г. вызвал дополнительную затрату примерно 600 чел.-дней (15 000 руб. или около 800 руб. на 1 м участка нарушений) и снижение добычи на 8000 т.

Таблица 2

Год, месяц	Добыто, т	Отработано чел.-дней по участку	Производ. труда по участку, т/выход	Участковая себестоимость I т угля, руб/т	Условия, осложняющие выемку
1967 г.					
Апрель	6200	381	16,2	3,92	Монтажные работы
Май	9900	544	18,2	2,95	Без нарушений
Июнь	11 600	629	18,4	2,57	Без нарушений
Июль	8100	546	14,9	3,25	Выемка целика
Август	5200	528	10,0	3,62	Выемка целика + перекреп. вент. штрека
Сентябрь	2000	406	4,6	9,03	Переход вент.печи + перекр.штрека + сбросы 0,4, выемка целика
Октябрь	440	685	6,5	5,54	Переход печи + перекр. штрека + сбросы 0,4, выемка целика
Ноябрь	4100	541	7,6	3,96	Выемка целика + перекр. вентил. штрека
1968 г.					
Февраль	13 100	1157	11,2	4,87	Переход взброса 1,6 м
Март	18 200	310	22,5	4,06	Без нарушений, переход печи
Апрель	17 600	952	18,5	4,01	Без нарушений
Май	8800	1084	8,1	5,21	Переход сброса 0,5 м с перемятыми породами.
Август	14 300	656	21,7	3,8	Короткий сброс 0,6 м
Сентябрь	13 400	630	16,1	3,63	Короткий сброс 1,6 м

Для более детальной оценки ущерба, полученного в результате перехода взброса с амплитудой I,85 + 0,6 м, пройденного в январе - феврале I968 г. (6 дней), обратимся к табл. 3.

Таблица 3

Условия применения	Добыча, т/сут.	Трудовые затраты		Производительность труда	
		по лаве, чел. см/сут.	по участку чел. см/сут.	по лаве, т/выход	по участ. т/выход
На норм.участке	590	I8	29	38	20
При переходе	330	I7	28	I9,5	II,8

Таким образом, за каждые сутки работы по переходу сброса было потеряно по участку I2 чел.-дней, а за все время перехода - 72 чел.-дня, что соответствует, приблизительно, I800 рублям.

3. Шахта "Кайеркан-Новая", пласт X, мощность пласта 3,3 + 3,8 м, угол падения 5-I2°; выемка угля комбайном производилась вначале по челноковой схеме, а потом в две стадии; при движении снизу вверх вынималась верхняя пачка, а при движении сверху вниз - нижняя, что было вызвано большой крепостью угля.

Столб 27 длиной 290 м, длина лавы 60 м, период отработки - январь-май I968 г.; в марте комплекс перешел сброс с амплитудой 2,5 м; подготовительные выработки находились в удовлетворительном состоянии.

Столб 25 длиной I37 м, длина лавы 60 м; период отработки - июнь-август I968 г.; за время отработки комплекс перешел несколько сбросов с амплитудой от 0,6 до 2,0 м; работы в лаве велись с присечкой угля над вентиляционным штреком; подготовительные выработки не пересекались (табл. 4).

Из табл. 4 видно, что при переходе сброса с амплитудой 2,5-3,0 м резко снизился объем добычи угля и повысилась себестоимость тонны его. Переход более мелких нарушений с амплитудой до 2,0 м существенно не сказался на экономических показателях работы участка.

Таблица 4

Месяц	Добыто, т	Отработано чел.-дней	Производ. труда, т/выход	Участковая себестоимость руб./т	Условия, осложняющие выемку
Февраль	I2 600	625	I9,3	3,32	Без сбросов
Март	I0 400	726	I4,3	3,67	Переход печи
Апрель	II 000	5I2	2I,5	3,I4	Короткий сброс 2,5 м
Май	6930		II,7	4,8	Длительный сброс 2,5–3,0 м
Июнь	I3 I00	6I2	2I,4	3,0	Сброс 2,0 м, выемка присечки
Август	II 250	476	23,6	3,92	Выемка присечки

Обобщая опыт разработки пластов УI, Ш и Х механизированными комплексами можно сделать следующие выводы:

I. Отработка столбов 5I0 на шахте "Норильская" и I32 на шахте "Кайеркан" в I967 г. была первым опытным этапом проверки возможности применения и внедрения комплексов ОМКТМ на пластах УI и Ш. Работы закончились успешно. Переход небольших сбросов с амплитудой до 0,5–0,6 м незначительно усложнял эксплуатацию комплексов и показал возможность работать без перемонтажа их. Подвигание лав уже тогда достигало 40–50 м, добыча – 8–I2 тыс. тонн в месяц.

2. Дальнейшая отработка столбов по пластам УI, Ш и Х в I968 г. показала высокую эффективность добычи угля комплексами ОМКТМ по сравнению с добычей камерно-столбовыми системами. Так, например, за девять месяцев I968 г. себестоимость тонны угля на участке № 8 шахты "Норильская", где применялся комплекс ОМКТМ, составила 2,93 руб./т, а по камерно-столбовым системам без крепления кровли в камерах – 4,I0 руб./т. Производительность труда на явочного рабочего соответственно равна 527 и 309 + 363 т/выход.

3. В отдельные месяцы при отсутствии осложняющих выемку условий (сбросы, замещения пласта) комплексными лавами дос-

тигнуты высокие показатели работы участков. Например: на шахте "Норильская" месячная добыча в XI-XII 1967 г. или в II, У, УШ и X 1968 г. составляла 15-17-22 тыс. тонн, производительность труда рабочего по забою - 30 т на выход, себестоимость тонны угля по участку - 1,8-2,2 руб; на шахте "Кайеркан" в Ш, IУ, УШ 1968 г. месячная добыча достигала 18-14 тыс. тонн, производительность труда рабочего по забою - 22,5 - 18,5 т на выход, себестоимость тонны угля по участку - 3,8-4,06 руб.

4. Эффективность применения комплексов при разработке норильских пластов значительно снижается из-за сложных условий их залегания и наличия многочисленных сбросов с различной амплитудой, часто осложненных замещениями пласта аргиллитом и диабазовыми интрузиями мощностью от 0,2 до 5 и более метров, требующих для отбойки и рыхления их буровзрывных работ, транспортирования и уборки породы, что увеличивает зольность угля, снижает скорость подвигания забоя.

5. Степень влияния ряда геологических факторов на эффективность применения комплексов, их значимость определяются экономическим ущербом, вызванным дополнительными затратами в период перехода нарушений комплексом. Величина этого ущерба зависит от увеличения трудоемкости работ и расхода материалов и энергии; увеличения зольности и потерь угля; снижения подвигания лав; невыполнения плана добычи угля и др. В табл. 5 показан экономический ущерб, вызванный переходом комплексных лав через различного рода геологические нарушения по пластам УI, Ш и X, отработанным в 1967-1968 гг. Величина ущерба подсчитана по отчетной участковой себестоимости тонны угля, добытого при наличии нарушений и при отсутствии их.

6. Анализ характера перехода комплексом нарушенных участков показал, что трудоемкость работ и величина экономического ущерба при переходе сбросов зависят от величины подрывки боковых пород, т.е. от соотношения мощности пласта и амплитуды сброса, степени перемятия и дробления пород и угля в районе сброса, а также наличия сопутствующих сбросу замещений пласта аргиллитом или интрузиями.

7. Во всех рассмотренных нами случаях технически прос-

то и экономически целесообразно (при незначительном экономическом ущербе и малых потерях добычи) осуществлялся переход комплексом нарушенных участков, проходимых без подрывки боковых пород (т.е. если выемочная мощность пласта по сбросу остается в пределах минимальной раздвижности секции крепи), а также при небольшой, до 0,5 м, подрывке пород кровли или почвы при условии, что в обоих случаях отсутствуют сопровождающие сброс замещения пласта аргиллитом или интрузии.

Из табл. 5 видно, что по шахте "Норильской" в октябре 1967 г. переход сброса с подрывкой кровли до 0,5 м без наличия замещений пласта породой прошел без особых осложнений; снижение добычи по сравнению с лучшим месяцем составило 12%, экономический ущерб относительно невелик - 0,12 руб. на тонну или 1,65 тыс. руб за весь переход. Переход комплексом сбросов и взбросов без подрывки или с небольшой, до 0,5 м, подрывкой боковых пород, но осложненных значительными замещениями пласта аргиллитом или интрузиями, а также сопровождающихся сильным перемятием вмещающих пород и угля в районе сброса, или же переход нарушений с большой, 0,5-1,0 м, подрывкой вмещающих пласт пород, но без интрузий или замещений, сопровождается экономическим ущербом до 3,5 - 10-12 тыс.рублей каждый и сокращением месячной добычи на 25-50% по сравнению с отработкой комплексом участков без нарушений.

Фактическая стоимость монтажа и демонтажа комплекса для рассматриваемых шахт 10-30 тыс. рублей, в среднем около 17 тыс. руб. Сравнивая экономический ущерб, получаемый от перехода сбросов рассмотренной категории, со стоимостью монтажа и демонтажа комплекса, следует отметить, что затраты на переход нарушений в рассмотренных случаях несколько меньше затрат на демонтаж, но они могут быть и одинаковыми. Отсюда следует, что если переход каждого отдельно взятого сброса можно считать экономически целесообразным, то экономическая эффективность применения комплекса на данном, отдельно взятом столбе будет зависеть в значительной степени от частоты сбросов и их характера.

Таким образом, для повышения экономической эффективности отработки пластов комплексными лавами необходимо: во-первых, тщательно выбирать столбы и участки с минимальным

Таблица 5

Шахта, столб, год, месяц	Мощность пласта, м		Участковая месячная себестоимость, руб./т				Перерасход руб. на тонну	Месячная добыча, т	Экономический ущерб, руб.
	полезная	вынемочная	При отсутствии осложняющих условий	Переход нарушений: Без подрывки боков пород, но имеющих замещения и интрузии или перемятия пород	Переход нарушений: С подрывкой боков пород до 0,5 м: без замещения пласта породой	Переход нарушений: С подрывкой боков пород до 0,5 м: осложненных замещениями и интрузиями			
"Норильская" столб 507									
XI-XII/1967 г.	4,3	3,0 (2,2)	I,87	-	-	-	-	I5 800	-
IX/1967 г.	"	"	-	2,65	-	-	0,78	II 900	9360
X/1967 г.	"	"	-	-	I,99	-	0,I2	I3 690	I650
Столб 508									
X/1968 г.	4,3	3,0 (2,2)	2,I6	-	-	-	-	I6 700	-
II/1968 г.	"	"	-	2,33	-	-	0,22	I6 000	3520
IV/1968 г.	"	"	-	-		3,38	I,22	I0 000	I2 200
"Кайеркан" Столб I33									
IV/1968 г.	2,2	2,2 (I,8)	4,0I	-	-	-	-	I7 600	-
V/1968 г.	"	"	-	5,2I	-	-	I,20	8800	I0 550

количеством нарушений и, во-вторых, сокращать затраты, связанные с переходом нарушений.

8. В целях сокращения большого экономического ущерба, связанного с переходом нарушений, и наиболее успешного перехода сбросов и взбросов необходимо: а) четкое геологическое обслуживание комплексных участков; б) своевременное выявление и описание характера каждого нарушения и составление инструкции (проекта) с указанием способа и технологической схемы перехода его комплексом; в) чтобы детальная разведка отобранных участков обеспечивалась путем предварительной проходки ярусных штреков на всю длину столба; г) не допускать остановки лав при подходе к нарушениям и переходе их, чтобы подвигание забоя было регулярным, не менее I-I,5 ленты в смену.

Все перечисленное выше, а именно: необходимость предварительной разведки, оценки возможности и целесообразности отработки отдельных участков комплексами, обеспечение быстрого подвигания лавы и независимость работы ее от возможно низких темпов проходки штреков в сложных, нарушенных сбросами и замещениями условиях диктует применение для комплексных лав столбовых систем разработки. На спокойных участках возможно применение комбинированных систем.

Глава II

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕХОДА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ КОМПЛЕКСАМИ

Ниже приведено описание технологических схем (рис. I) перехода комплексами геологических нарушений. Схемы разработаны на основе технико-экономического анализа и опыта шахт Норильска (приложение I). Они охватывают практически все возможные случаи отработки нарушенных участков угольных пластов.

Как уже отмечалось, переход комплексами встречающихся сбросов, взбросов, пережимов и замещений пластов осуществляется без особых осложнений, если амплитуда их не уменьшает мощность пласта на величину, меньшую, чем нижний рабочий предел гидростоек крепи. В этом случае переход этих некрупных нарушений рационально производить мелкоступенчатым способом [2]. На расстоянии ℓ от нарушения комплекс необходимо начинать опускать (поднимать) на величину h (высота ступени) за цикл с тем, чтобы к собственно сбросу комплекс подошел с раздвижностью крепи, равной мощности пласта за вычетом величины амплитуды нарушения. При этом максимальная высота ступени по верхней пачке пласта не должна превышать 0,3 м, так как в случае перехода сброса (см.рис.I, схема I) возможны (и наблюдались) обрывы образующейся консоли угля в призабойное пространство, при переходе взброса и высоте ступени по верхней пачке не более 0,3 м (см. рис. I, схема II) обеспечивается достаточно надежный контакт козырьков крепи с кровлей призабойного пространства.

Путь перехода нарушений в этом случае подсчитывается по формуле:

$$\ell = n \cdot N, м, \qquad (I)$$

где n – количество циклов;
N – ширина вынимаемой ленты угля.

Количество циклов при переходе таких нарушений определяется по формуле:

$$n = \frac{H-h'}{h'} + \frac{H-h_1}{h_1}, \qquad (2)$$

где H – амплитуда сброса;
h' – высота ступени по верхней пачке, м;
h_1 – высота ступени по нижней пачке (зависит от конструктивных особенностей комплекса), составляет 0,05-0,I5 м.

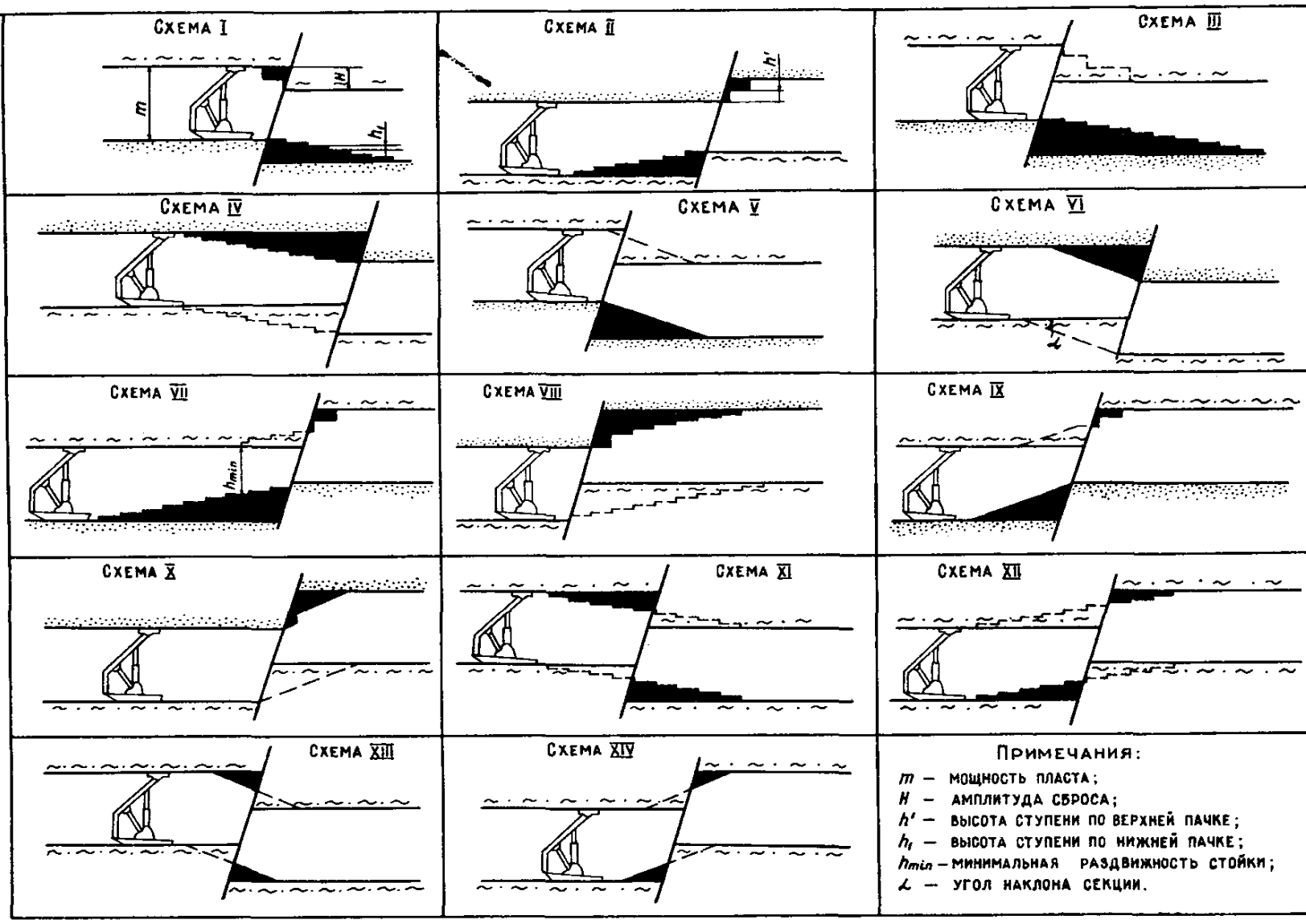
Переход сбросов с амплитудой, уменьшающей выемочную мощность пласта на величину, меньшую, чем минимальная раздвижность крепи, возможен двумя способами: мелкоступенчатым и с разворотом комплекса в вертикальной плоскости.

При мелкоступенчатом способе в зависимости от физико-механических свойств пород кровли и почвы принимается Ш или IУ схема с тем, чтобы разрушать комбайном или буровзрывными работами более слабые породы. При переходе по схеме Ш комплекс вплотную подводится к сбросу и затем опускается на ступеньку за цикл. В этом случае производится подрывка более слабых пород кровли. При переходе по схеме IУ комплекс на расстоянии ℓ от сброса необходимо начинать опускать на ступеньку за цикл. Путь перехода сброса при этом способе определяется по формуле (I), а количество циклов по формуле:

$$n = \frac{H-2h_1}{h_1}, \qquad (3)$$

где H – амплитуда сброса, м;
h_1 – высота ступени по нижней пачке, м.

при H<m



при H≥m

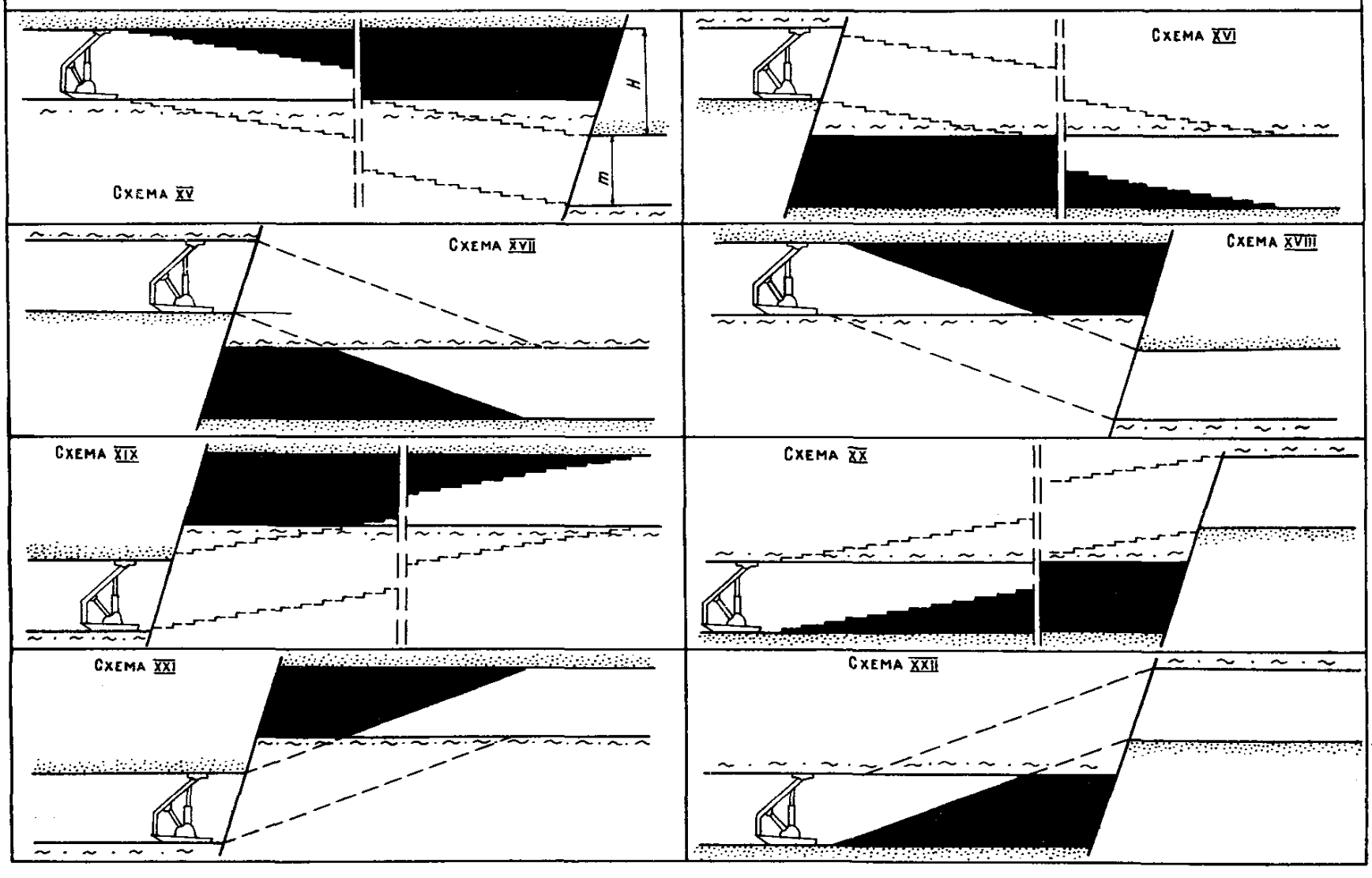


Рис. I. Технологические схемы перехода геологических нарушений комплексами.

Переход сбросов с разворотом крепи в вертикальной плоскости целесообразно осуществлять по схемам У или УI в зависимости от прочностных свойств вмещающих пород. В том и другом случае разворот комплекса производится в результате опускания его в траншею, образованную буровзрывным способом перед лавным транспортером. Глубина траншеи не должна превышать 0,8 м, ширина - I,2 м. Угол наклона комплекса не должен быть более 20°. Переход сброса по схеме У целесообразно осуществлять при более слабых породах кровли. В этом случае комплекс подводится к сбросу и затем в угольном пласте образуется траншея. При более слабых породах почвы (схема УI) траншея образуется на расстоянии ℓ от сброса.

Путь перехода сбросов в этом случае определяется по формуле:

$$\ell = \frac{H}{tg\alpha}, м, \qquad (4)$$

где H - амплитуда сброса, м;

α - угол наклона комплекса, град.

Переход взбросов возможен также с подрывкой почвы или кровли. При мелкоступенчатом способе и более слабой породе кровли переход целесообразно осуществлять по схеме УП, в этом случае комплекс необходимо начинать поднимать на ступеньку за цикл на расстоянии ℓ от взброса. При более слабых породах почвы комплекс подводится к собственно сбросу и затем начинается его поднятие на ступеньку за цикл (схема УШ). Путь перехода взброса при мелкоступенчатом способе определяется так же, как и при переходе сброса.

Переход взбросов комплексом с разворотом его в вертикальной плоскости за счет поднятия основания крепи и конвейера путем сокращения гидростоек (при распертом козырьке секции крепи) и подкладывания под основание секций направляющих клиньев может быть осуществлен по технологическим схемам IX или X в зависимости от крепости пород кровли и почвы. Переход взбросов по схеме IX целесообразно осуществлять при более слабых породах кровли; в этом случае разворот комплекса производится на расстоянии ℓ от взброса. При более слабых породах почвы, в соответствии со схемой X;

комплекс подводится вплотную к взбросу, здесь производится его разворот и затем подрывка пород почвы в процессе перехода.

Переход комплексами сбросов и взбросов при наличии в кровле и почве пластов, одинаковых по крепости пород может осуществляться мелкоступенчатым способом или после разворота крепи в вертикальной плоскости, но подрывку пород при этом целесообразно производить и в почве и в кровле пласта, что обеспечивает минимальный объем подрывки пород в сравнении с выемкой их только в почве или только в кровле.

При мелкоступенчатом способе перехода сбросов или взбросов в таких случаях комплекс на расстоянии $\frac{e}{2}$ от нарушения начинают опускать (схема XI) или поднимать (схема XII) на ступеньку за цикл и таким образом осуществляется весь переход.

Путь перехода нарушения в этом случае определяется по формуле (I), а количество циклов по формуле (3).

При переходе сбросов (схема XIII) или взбросов (схема XIУ) с разворотом крепи в вертикальной плоскости комплекс на расстоянии $\frac{e}{2}$ от нарушения разворачивают, и дальнейший переход осуществляется под заданным углом.

Путь перехода нарушений в этом случае определяется по формуле (4).

На шахтах Норильска установлено, что экономически целесообразно при наличии слабых боковых пород (углистые аргиллиты, аргиллиты) переходить нарушения с амплитудой, достигающей мощности разрабатываемого пласта. Принципиально при наличии слабых боковых пород возможен переход нарушений, имеющих амплитуду, превышающую мощность пластов. В этих случаях переход сбросов может осуществляться мелкоступенчатым способом по схеме XУ при наличии более слабых пород почвы и по схеме XУI при наличии более слабых пород кровли или способом с разворотом крепи в вертикальной плоскости по схеме XУII при наличии более слабых пород в кровле пластов и по схеме XУIII при более слабых породах почвы.

Аналогично может осуществляться переход взбросов: мелкоступенчатым способом по схеме XIX при более слабых породах

почвы и по схеме XX при более слабых породах кровли пластов или способом с разворотом крепи в вертикальной плоскости по схеме XXI при более слабых породах почвы и по схеме XXII при более слабых породах кровли пластов.

Во всех случаях при переходе нарушений угол наклона комплекса не должен превышать 20^{0}. Несоблюдение этого условия, как это было зафиксировано на шахтах Норильска, приводит к поломкам элементов комплекса, в частности, разрушаются направляющие лыжи лавного конвейера и редукторы шнеков комбайнов.

В настоящее время на шахтах Норильска переход крупных сбросов и взбросов с амплитудой до 2,5–3 м осуществляется, как правило, после разворота комплекса в вертикальной плоскости на угол до 20^{0}. Механизированная крепь наклоняется на заданный угол и дальнейший переход нарушения осуществляется при движении комплекса в таком положении. Выемка породы производится шнеками комбайнов типа КШ-1К, если крепость ее не превышает 4, по М.М.Протодьяконову. Более крепкие породы разрушаются буровзрывным способом.

Переход интрузий (как правило, представленных очень крепкими диабазами) наиболее эффективно осуществлять после проведения по ним выработок, поглощающих их, тогда процесс перехода аналогичен переходу сбоек, уклонов и т.д. Наиболее целесообразным типом крепи для выработок, проходимых по интрузии, является штанговая крепь с усилением ее деревянной поддерживающей крепью; последняя, как правило, при переходе выработки извлекается, так как штанговая крепь обеспечивает устойчивость кровли в период перехода выработок.

Целесообразность перехода интрузий (даек) таким способом определяется сравнением затрат на проведение выработки по дайке и затрат на проведение выработки по углю и перемонтаж комплекса.

В условиях Норильска переход интрузий является целесообразным при мощности их не более 3,8–4,0 м.

Таким же способом, т.е. путем поглощения выработками, возможен переход локальных по простиранию пережимов пластов или замещений угля крепкими породами. Целесообразность перехода также определяется сравнением затрат.

Широкое внедрение разработанных технологических схем и рекомендаций по переходу геологических нарушений комплексами позволило значительно расширить область применения их и повысить экономичность угледобычи на шахтах Норильска.

Анализ разработанных технологических схем перехода нарушений и результатов проверки их в условиях норильских шахт (приложение I) позволяет сделать следующие выводы:

I. Нарушенные участки месторождений при амплитудах нарушений (сбросов, взбросов), достигающих мощности разрабатываемых пластов, целесообразно отрабатывать без перемонтажа комплексов, переходя их мелкоступенчатым способом или после разворота агрегата в вертикальной плоскости на угол, не превышающий 20° по соответствующей данным условиям технологической схеме перехода без подрывки или с подрывкой вмещающих пород. Принципиально возможен переход нарушений и с большими амплитудами, однако в таких случаях должна быть определена экономическая эффективность этого.

2. Переход комплексами нарушений типа даек, пережимов, замещений пласта породами при мощности их до 3,8–4 м целесообразно осуществлять после поглощения их горными выработками.

Глава III

ПОДХОД К СИСТЕМАТИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ И УЧЕТ НАРУШЕННОСТИ ПЛАСТОВ ПРИ ВЫБОРЕ И ПОДГОТОВКЕ УЧАСТКОВ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ИХ КОМПЛЕКСАМИ

На эффективность применения механизированных комплексов оказывает влияние ряд разнообразных по типам геологических нарушений. Степень этого влияния может колебаться в широких пределах. Одни практически не сказываются на нормальной эксплуатации комплексов, другие заставляют принимать те или иные меры, нарушающие обычный ритм их работы и тем самым снижающие производительность труда, а также увеличивающие себестоимость угля, третьи практически исключают возможность применения такой механизации. Исходя из этого, для оценки области применения имеющихся на шахтах Норильска разновидностей механизированных комплексов нами была произведена систематизация наиболее представительных разновидностей геологических нарушений.

Разрывные нарушения (сбросы, взбросы) с точки зрения геолога характеризуются амплитудой смещения, пространственным положением, углом падения плоскости сместителя и частотой встречаемости. С точки зрения эксплуатационника эти характеристики, с одной стороны, далеко не равнозначны, с другой - не исчерпывающи: большое значение имеют прочностные свойства боковых пород, степень нарушенности кровли вблизи нарушения, а также отношение мощности пласта к минимальной высоте применяемого типоразмера крепи.

Опыт работы шахт Норильска показывает, что степень затруднений, связанных с переходом сбросов, зависит прежде всего от его амплитуды (H), мощности пласта (m), минималь-

ной конструктивной высоты крепи (h_{min}) и суммарной мощности слабых пород кровли и почвы (m_c), которые могут разрушаться комбайном. К нарушениям первой группы мы будем относить такие сбросы с амплитудой H^{I}, при переходе которых нет необходимости в подрывке боковых пород; к нарушениям второй группы – сбросы с амплитудой H^{II}, при переходе которых можно обойтись подрывкой слабых пород кровли или почвы комбайном без применения БВР; к нарушениям третьей группы – сбросы с амплитудой H^{III}, переход которых может осуществляться только с подрывкой прочных вмещающих пород. Для отнесения нарушений к той или иной группе можно воспользоваться следующими соотношениями:

$$\text{I группа} - H^{I} \leq m - h_{min}; \qquad \text{II группа} - m - h_{min} < H^{II} \leq m + m_c - h_{min};$$

$$\text{III группа} - m + m_c - h_{min} < H^{III}.$$

При переходе комплексами разрывных нарушений с подрывкой боковых пород большое значение имеют и способы перехода, которые в той или иной степени зависят от человека, при этом нужно различать:

1. Технологию перехода – ступенчатым подъемом (спуском) или единовременным приданием комплексу наклона по отношению к плоскости пласта.

2. Направление перехода – из взброшенной части в сброшенную (сверху вниз) или наоборот.

3. Угол встречи линии забоя с плоскостью сбрасывателя-лава параллельна сбросу, перпендикулярна ему или встречается с ним под острым углом.

4. Расположение подрывки – подрывка почвы, кровли или двусторонняя.

Естественно, что выбор того или иного способа перехода зависит от множества горногеологических факторов и не может быть изолирован от технологических решений других смежных вопросов (способ подготовки, порядок отработки и т.д.).

Приняв в качестве критерия объем работы по породе, следует считать, что наиболее рациональным является способ перехода с разворотом комплекса в вертикальной плоскости и рав-

номерной двухсторонней подрывкой боковых пород при подходе его к сбросу по всей длине лавы. Что же касается направления перехода, то с технологической точки зрения удобнее осуществлять его снизу вверх, хотя объем вынимаемой при этом породы не изменится. Однако в ряде случаев эти рекомендации будут неправомерны, поскольку вступают в силу другие факторы. Например, при наличии пород различной прочности в кровле и почве пласта может оказаться выгодным производить одностороннюю подрывку; при неустойчивой кровле во избежание завалов целесообразнее располагать забой под некоторым углом к сбросу; при переходе сброса под углом, близким к 45° резкий поворот комплекса может привести к его поломке в точках перегиба. Кроме того, для принятия правильного и своевременного решения о способе перехода сброса маркшейдерско-геологическая служба должна как можно точнее предопределить его положение в пространстве.

Другие нарушения: трещины, размывы, интрузии, дайки и т.д. прежде всего классифицировались нами по направлению, частоте встречаемости, мощности и воздействию на качественные характеристики разрабатываемых углей.

Общеизвестно, например, что при достаточной изученности трещиноватости массива и согласованной ориентировке забоев наблюдается повышение производительности добычных агрегатов. Известно также, что вокруг даек всегда имеется зона видоизмененного угля, однако количественная и качественная сторона этого видоизменения, а также степень влияния его на эффективность разработки таких зон требует изучения.

Применение механизированных комплексов потребовало, помимо решения вопроса о возможности перехода различных по мощности даек, еще и оценки целесообразности разработки околодайковых зон. В связи с этим возникла необходимость в установлении закономерностей изменения качественных характеристик угля в околодайковых зонах в зависимости от мощности даек, а также параметров этих зон с четким указанием не только общей картины изменений характеристик углей, но и определения участков (зон), непригодных к разработке вследствие метаморфизма углей. Эти зоны должны учитываться при рассмотрении вопроса о переходе дайки за счет поглощения ее выработкой или при монтаже комплексов в задайковую часть пласта.

Основными параметрами, характеризующими разрывные нарушения, являются: амплитуды смещения, элементы залегания (пространственное положение, углы падения) и их мощность.

В процессе проведения разведочных, подготовительных и очистных горных работ на шахтах Норильска встречены многочисленные разрывные нарушения; в основном сбросы, реже - взбросы. Диапазон их амплитуды варьирует в пределах от единиц и десятков сантиметров, до единиц и десятков метров.

Детальной тектонической съемкой зафиксированы все разрывные нарушения (табл. 6) различных групп в пределах I и X пластов Кайерканского месторождения.

Таблица 6

Угольный пласт	Группа по Н	Количество нарушений, шт.	Длина выработок, м	Частота встречаемости, м
I пласт	I	I08	3I00	30
	II	I0	3I00	3I0
	III	4	3I00	770
X пласт	I	40	780	I3-20
	II	3	780	260
24 столб	III	2	780	390

Из табл. 6 видно, что наиболее распространены нарушения I группы с частотой встречаемости 20-30 м, затем II группы с частотой встречаемости 260-3I0 м и, наконец, III группы с частотой встречаемости 390-770 м.

Исследования показали, что ориентировка разрывных нарушений по I и X пластам в целом совпадает, следовательно, она идентична и по промежуточным пластам.

По пространственному положению разрывные нарушения могут быть подразделены на северо-западные, северо-восточные, меридиональные и субширотные. В табл.7 приведены данные о частоте встречаемости, диапазоне и максимумах распространения трех групп нарушений. Наибольшего внимания заслуживает тот факт, что нарушения III группы, проходимые с подрывкой

крепких вмещающих пород, ориентированы в основном в северо-западном направлении.

Таблица 7

Нарушения	Группа нарушений		
	I	II	III
Северо-западные	Наиболее часто встречаемые. Диапазон распространения – 285–335° Максимум – 305°	Наиболее часто встречаемые. Диапазон распространения – 285–335° Максимум – 305°	Наиболее часто встречаемые. Диапазон распространения – 285–335° Максимум – 285–315°
Северо-восточные	Часто встречаемые. Диапазон распространения – 45–75° Максимум – 65°	Сравнительно редко встречаемые. Диапазон распространения – 55–75° Максимум – 65°	Практически отсутствуют
Меридиональные	Редко встречаемые. Диапазон распространения – 0–15° Максимум – 5–15°	Практически отсутствуют	Практически отсутствуют
Субширотные	Сравнительно редко встречаемые. Диапазон распространения – 75–85° Максимум – 85°	Редко встречаемые	Практически отсутствуют

Углы падения нарушений варьируют от 10 до 90°. По углам падения нарушения могут быть классифицированы на:

вертикальные с углами падения 80–90°,

крутые с углами падения 45–80°,

пологие с углами падения 10–45°.

Полученные данные по ориентировке и углам падения нару-

шений II и III группы имеют огромное значение при выборе участков для нарезки и отработки угольных пластов комплексами.

Зоны нарушений являются местами наиболее частых вывалов породы из кровли пластов, что затрудняет управление кровлей и создает опасность при ведении работ. В зоне нарушений обычно выделяют плоскости сместителя и зоны дробления пород. Плоскости сместителя обычно заполнены перемятым сильно зольным углем ("глинкой"), глиной, реже - кристаллическим полупрозрачным кальцитом. Уголь в зоне сместителя несет на себе следы перемещения в виде царапин, бороздок и зеркал скольжения. Мощность зоны смещения обычно измеряется сантиметрами, реже - десятками сантиметров.

Зона дробления пород, как правило, расположена по обе стороны плоскости сместителя. Наблюдениями установлено, что зона дробления есть величина переменная, зависящая от амплитуды нарушения и угла падения плоскости сместителя. Эта зависимость следующая: чем больше амплитуда нарушения и меньше угол падения, тем больше зона дробления. Мощность зоны дробления варьирует от нескольких десятков сантиметров до первых десятков метров. Поскольку углы падения нарушений II и III групп чаще крутые и вертикальные, зоны дробления таких нарушений небольшие (0,5-2 м). Наиболее подвержены дроблению уголь и вмещающие породы висячего крыла нарушения. Частота дробления угля в зоне нарушения 0,1-0,30 м. Как правило, эти трещины закрытые, параллельные основной плоскости сместителя. Наиболее отчетлива зона дробления висячего бока.

Кроме разрывных нарушений со смещением слоев, на месторождении довольно сильно развита трещиноватость. Исследования в горных выработках позволили выделить несколько систем трещин.

Первая система имеет северо-западное простирание по азимуту 312-321°, направление падения северо-восточное и юго-западное под углами 48-90°. Поверхности трещин слабоволнистые, иногда с мелкими бугорками. Ширина трещин от 0,1 до 2 мм. На неглубоких горизонтах (10-150 м от поверхности) некоторые трещины оказываются раскрытыми до 5-20 мм и в этом случае они обычно заполнены льдом, тонкими пленками кальцита или глинкой трения. Эти трещины образуют тонкоплитчатую отдельность в угле. Они встречаются через 0,05-0,70 м.

Вторая система трещин северо-восточная имеет азимут простирания в среднем 50°, падение на юго-восток, угол падения 52-85°. Поверхности плоскостей трещин аналогичны поверхностям первой системы. Густота их в среднем через 0,8 м. Эта система менее выражена, чем первая.

Указанные две системы трещин занимают доминирующее положение в схеме трещиноватости Кайерканского месторождения. Они наиболее четко выражены в угольных пластах и менее - в породах междупластий.

Третья система трещин отчетливее выражена в породах междупластий, чем в пластах угля. В последних она труднее выделяется из-за сильной их нарушенности трещинами других систем. Направление трещин этой системы по азимуту 345-360°, угол падения - 45-80°, направление падения - на запад и юго-запад. Встречаются трещины через 0,2-0,5 м. Поверхности плоскостей их имеют следы скольжения. Ширина их до 2 мм. Обычно они заполнены грязно-серым кальцитом, глинкой трения или каолином.

Четвертая система трещин менее выражена. Ее простирание по азимуту 80-90°, падение в юго-западном направлении, угол падения 50-90°. Поверхности трещин слабоволнистые, иногда мелкобугорчатые или гладкие со следами волочения. Эта система трещин имеет направление, перпендикулярное оси антиклинальной складки, к западному крылу которой приурочено месторождение.

По трещинам описанных систем иногда отмечаются микросмещения. Трещины не всегда выдержаны по простиранию и по углам падения. При переходе из угля в породу углы падения становятся более крутыми.

К пятой системе трещин относятся малозаметные, слабовыраженные трещины различных направлений, обычно заполненные тонкими, в 0,05-0,1 мм пленками кальцита.

Помимо линейной трещиноватости, вблизи интрузий иногда наблюдается сфероидальная отдельность в угле.

Установленный факт совпадения элементов залегания основных систем трещиноватости и разрывных нарушений имеет прикладное значение при подготовке участков для отработки пластов комплексами.

Пликативные формы дислокаций имеют подчиненное значение. Они выражены в виде мелких пологих антиклинальных и синклинальных складок как по простиранию, так и по падению пластов. Углы падения таких складок $1-2^{\circ}$.

Еще в период разведки месторождения были установлены единичные поражения пластов размывами, замещенными песчаниками, алевролитами и конгломератовидными песчаниками.

В процессе эксплуатации месторождений горными выработками обнаружены размывы в Ш, IX и X пластах. Особенно значительные площади размывов встречены в IX и X угольных пластах. Так, в центральной части поля шахты "Кайеркан-Новая", оконтурено замещение песчаниками X пласта угля. При отработке IX пласта оказалось, что замещение угля прослеживается и в нем, но представлено алевролитами. Если по X пласту песчаники имеют широтное распространение, то алевролиты по IX пласту простираются в северо-восточном направлении. В плане наблюдается почти полное совпадение замещений. Это говорит о возможности прогноза подобных явлений на глубину.

Естественно, что размывы угольных пластов и внедрения в них пластичных боковых пород осложняют проведение горных работ и отработку угля комплексом, поэтому должны учитываться при планировании горных работ.

Интрузивные тела на месторождении широко распространены и представлены пологосекущими интрузиями и крутопадающими дайками. Интрузии иногда достигают крупных размеров и очень усложняют ведение горных работ. Так, Далдыканская интрузия имеет мощность 120 м и прослеживается на поверхности на расстоянии 5-6 км.

Дайки имеют мощность от нескольких сантиметров до 7-10м, протяженность - до 1,5-4 км. По горным выработкам отмечено, что дайки в нижних пластах имеют большую мощность. При переходе в верхние пласты мощность их уменьшается или же они вовсе не достигают верхних пластов.

При классификации даек применительно к переходу их комплексами существенное значение имеет установление параметров околодайковых зон угля, пригодных и не пригодных для разработки вследствие метаморфизма.

Для установления масштаба и особенностей контактово-тер-

мального изменения углей на контактах с секущими дайками были проведены комплексные исследования нескольких типовых зон контактового метаморфизма основных отрабатываемых пластов Кайерканского месторождения.

При выявлении связи между масштабами интрузий, величиной и особенностями метаморфизма углей основное внимание было уделено показателям, определяющим размеры зон измененного угля в зависимости от степени сложности и размеров даек.

Исследования показали, что наблюдаемое в приконтактовых зонах с дайками изменение качества угля, например резкое уменьшение теплоты сгорания топлива от 7630 ккал в измененном угле до 4660 ккал у контактов с дайками, вызвано повышением зольности, обусловленной наложенной при внедрении даек кальцитовой минерализацией.

При вертикальном сечении пластов дайками вокруг них образуются зоны приконтактовых изменений, состоящие из двух подзон:

а) подзоны шириной до 0,5–0,7 м интенсивно метаморфизованного угля, непосредственно окаймляющей дайку, не подлежащей разработке;

б) подзоны измененного угля, расположенной в пределах пласта полосой, параллельной простиранию даек и шириной, равной примерно 1,5–2 мощности граничной дайки; эта подзона подлежит разработке, но с учетом целевого назначения добытого здесь угля.

На контактах с дайками сложного строения с многочисленными апофизами изменение качества и свойств угля при расположении апофиз в почве или кровле пластов примерно одинаковое.

Практика работ и проведенные при этом исследования показали, что отработка участков, на которых имеются нарушения с амплитудой, уменьшающей мощность пласта на величину, меньшую, чем минимальная раздвижность механизированной крепи, затрудняется в связи с необходимостью подрывки пород рабочим органом комбайна или буровзрывным способом. Кроме значительных усложнений в организации работ в лавах и отрицательного влияния на работоспособность комбайнов и крепи, это влечет за собой необходимость отбойки, погрузки и транспортировки породы, что снижает технико-экономические показатели угледобы-

чи комплексами. Естественно, что чем больше амплитуда нарушений, тем более значительное влияние оказывает переход их на показатели работы лав. Технологически при наличии вмещающих пород с f = 4, по М.М.Протодьяконову, переход комплексами геологических нарушений возможен при любой их амплитуде, однако экономическая целесообразность перехода нарушений на шахтах Норильска доказана при амплитуде их, не превышающей мощности пласта.

Поэтому при выборе участков пластов для отработки их комплексами в первую очередь необходимо обращать внимание на наличие в пределах намеченных участков сбросов с амплитудами, превышающими мощность пластов, и на частоту этих сбросов. Кроме того, следует учитывать ряд обстоятельств, отражающих особенности геологии и разработки угольных пластов на шахтах Норильского угленосного района:

а) длина выемочного участка при отработке комплексами должна быть не менее 200 м;

б) длина механизированной лавы может достигать 100 м, но не должна быть менее 60 м;

в) ярусные выработки могут проходиться либо по простиранию пласта, либо параллельно крупным нарушениям;

г) практически все крупные сбросы, затрудняющие применение механизированных комплексов, ориентированы под углом 35–40° к линии простирания пласта.

Анализ отмеченных выше особенностей позволяет сделать следующие выводы и рекомендации по выбору и подготовке участков для отработки механизированными комплексами:

1. Участки пластов, заключенные между крупными нарушениями, имеющими амплитуду, превышающую мощность пласта, и расположенными на расстоянии, меньшем, чем 70 м, непригодны для отработки комплексами даже при проходке подготовительных выработок вдоль этих сбросов.

2. При расстоянии между крупными нарушениями от 70 до 200 м ярусные выработки следует проходить параллельно сбросам, включая последние в междуярусные целики, варьируя длиной лав с целью уменьшения потерь угля. Такое расположение столбов позволяет увеличить их длину и расширить область применения комплексов. Отработку яруса при этом рекомендуется производить снизу вверх.

3. Если расстояние между "непроходимыми" сбросами превышает 200 м, можно проходить ярусные выработки по простиранию, т.е. сохранить обычный способ подготовки.

4. При подготовке участков необходимо также учитывать пространственное положение сбросов с амплитудой, меньшей мощности пласта, ориентируя выемочные поля таким образом, чтобы забой лавы, по возможности, пересекался с ними под углом около 25°. Это несколько увеличивает время перехода всего нарушения, но создает более благоприятные условия их преодоления комплексами, так как контакт лавы с нарушением будет происходить не по всей длине очистного забоя, а на ограниченном участке длиной 8–10 м. Такое положение не только исключает прорывы породы под крепь по всей длине лавы, но и дает возможность при выемке ленты угля производить подрывку сравнительно небольших объемов породы, складируя ее на транспортерном штреке.

5. Помимо крупных сбросов, существенное влияние на экономику и безопасность очистной выемки угля комплексами оказывают другие, различные по характеру образования нарушения: мелкие сбросы, дайки, пережимы, местные замещения угля породами, флексуры. Большая густота таких нарушений на отдельных участках может служить серьезным препятствием для применения механизированных крепей.

6. Во всех случаях при отработке пластов комплексами на организацию работ при переходе геологических нарушений должно обращаться серьезное внимание. Обязательным является разработка специальных проектов перехода нарушений с указанием способа и технологической схемы перехода, графика организации работ по выемке угля и породы, исключающего длительную (более суток) остановку лавы, а также мероприятий по предотвращению возможности проникновения породы под крепь.

Глава IУ

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ МЕТОД ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПЛАСТАХ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ

Разработка угольных пластов очистными механизированными комплексами нередко осложняется необходимостью выемки запасов угля на участках, пересекаемых различными по характеру образования, амплитудам и мощностям геологическими нарушениями. Встречаясь на пути движения комплекса, нарушения снижают интенсивность очистной выемки и вызывают дополнительные затраты, являющиеся в основном следствием необходимости производства подрывки боковых пород.

Практика норильских шахт, где механизированными комплексами пройдено около ста нарушений с амплитудами более 0,5 м и семнадцать - с амплитудами 2-3 м, свидетельствует, что по степени влияния на технико-экономические показатели работы механизированных лав геологические нарушения могут быть разделены на три группы:

I - не оказывающие существенного влияния на работу комплекса в процессе их перехода;

II - ухудшающие показатели работы лав при переходе их;

III - требующие экономической оценки целесообразности перехода их комплексами.

В этом аспекте критерием оценки нарушения является его амплитуда, и классификация может быть представлена в виде:

$$H^{I} \leq m - h_{min} < H^{II} \leq m + m_c - h_{min} \leq H^{III} \qquad (5)$$

где: H^{I}; H^{II}; H^{III} - амплитуда нарушений, отнесенных в соответствующие группы, м;

h_{min} – минимальная рабочая раздвижность механизированной крепи, м;

m_c – мощность слабых боковых пород, имеющих $f = 4$, по М.М.Протодьяконову, и разрушающихся комбайном, м.

Нарушения первой группы не уменьшают мощность пластов на величину, меньшую, чем нижний рабочий предел гидростоек крепи, практически не ухудшают условия эксплуатации комплексов, но приводят к снижению производительности лав из-за уменьшения съема угля с каждой ленты при переходе нарушений.

К нарушениям второй группы относятся нарушения пластов, имеющих слабые боковые породы, подрывка которых в процессе перехода неизбежна. Установлено, что такие нарушения с амплитудами, не превышающими мощности пластов, эффективно переходятся без перемонтажа комплекса. Степень затрат на переход зависит от мощности пачки подрываемой породы. При величине ее, равной минимальной высоте раздвижности крепи, и переходе нарушения с разворотом комплекса в вертикальной плоскости до 20° [1, 2] затраты достигают 55–80% стоимости перемонтажа агрегата.

Принципиально возможен переход таких нарушений и с амплитудами, значительно превосходящими мощность разрабатываемых пластов. Однако экономическая целесообразность этого в каждом конкретном случае должна быть обоснована. Экономическое обоснование необходимо также производить всякий раз при решении вопроса о целесообразности перехода нарушений (независимо от их амплитуды) с подрывкой крепких боковых пород, разрушение которых может производиться только буровзрывным способом. Для таких нарушений, относящихся к третьей группе, производится сравнение затрат на переход нарушения и на перемонтаж комплекса.

Затраты, связанные с переходом нарушения, можно определить по формуле:

$$C_{пер} = C_{п} \cdot V \cdot \ell + C_{р} \cdot \ell + C_{у} \Delta tg, \text{ руб}, \qquad (6)$$

где: $C_{п}$ – стоимость единицы объема подрывки породы, руб;

$C_{р}$ – стоимость работ, связанных с опусканием, подняти-

ем, разворотом комплекса и др. на единицу длины лавы, руб.;

$C_у$ – условные затраты (ущерб) в единицу времени из-за сокращения добычи угля вследствие снижения интенсивности очистных работ в период перехода сброса, руб.;

V – объем подрываемой породы, м^3;

ℓ – длина лавы, м;

Δt_g – дополнительное время, необходимое для отработки нарушенного участка пласта, из-за перехода нарушения, час.

Затраты, связанные с перемонтажом комплекса, определяются по формуле:

$$C_{пм} = C'_{пм} \cdot \ell + C'_у \cdot t_{пм}, \text{ руб}, \qquad (7)$$

где: $C'_{пм}$ – расходы на перемонтаж оборудования с I пог.м лавы, руб.;

$C'_у$ – условные затраты (ущерб) в единицу времени из-за отсутствия добычи угля за период перемонтажа комплекса, руб.;

$t_{пм}$ – время перемонтажа комплекса, час.

Целесообразность перехода геологического нарушения или перемонтажа комплекса вытекает из условия:

$$C_п \cdot V \cdot \ell + C_р \cdot \ell + C_у \cdot \Delta t_g \leq C'_{пм} \cdot \ell + C'_у \cdot t_{пм}, \qquad (8)$$

Однако в выемочных полях (ярусах) может встретиться ряд нарушений, переход каждого из которых экономически целесообразен, но суммарное влияние их существенно снижает экономику очистных работ. В таких случаях применение комплексов будет целесообразным при соблюдении условия:

$$C_{осн} > \frac{\sum C_{пм} + \sum C_{пер}}{L \cdot \ell \cdot m \cdot \gamma} + C_к, \text{ руб.} \qquad (9)$$

где: $C_{осн}$ – себестоимость I т угля при основной технологии разработки на данном месторождении, руб.;

L – длина выемочного участка, м;

m – мощность пласта, м;

γ – объемный вес угля, т/м^3;

$C_к$ – себестоимость добычи I т угля комплексами на участках без геологических нарушений, руб.

Использование изложенного метода технико-экономической оценки целесообразности применения комплексной механизации при отработке нарушенных участков пластов позволит правильно определить область внедрения очистных механизированных комплексов при разработке угольных месторождений.

З А К Л Ю Ч Е Н И Е

Проведенные на шахтах Норильска исследования показали возможность применения очистных механизированных комплексов при разработке нарушенных угольных пластов. Разработанные и проверенные в промышленных условиях способы и технологические схемы перехода геологических нарушений комплексами в значительной мере способствуют повышению эффективности отработки нарушенных участков пластов без демонтажа агрегатов.

Практикой норильских шахт установлено, что сбросы и взбросы, имеющие амплитуды, не выше мощности разрабатываемых пластов, целесообразно переходить без демонтажа комплексов. При этом нагрузки на крепь не превышают номинальных значений, равных 80 т, секции крепи полностью подбутовываются породой со стороны отработанного пространства; состояние призабойного пространства лав остается удовлетворительным. Последовательное выполнение операций технологического цикла, в частности, своевременная передвижка секций крепи вслед за комбайном при выемке ленты угля, позволяет исключить проникновение обрушающихся над крепью (неустойчивых в районе нарушений) пород в призабойное пространство. Остановка комплексов в районе геологических нарушений более чем на сутки приводит к образованию трещин вдоль забоя и нарушению пород кровли призабойного пространства даже впереди забоя. Это очень важное обстоятельство должно учитываться при ведении горных работ. Переход нарушений необходимо осуществлять интенсивно, остановка лав при этом категорически воспрещается.

Переход сбросов и взбросов может выполняться мелкоступенчатым способом или после разворота комплекса в вертикальной плоскости на угол, не превышающий 20°, по наиболее соответствующей конкретному случаю технологической схеме. Переход пережимов, замещений пластов пород и даек мощностью не более 3,8–4,0 м целесообразно осуществлять после поглощения их выработками.

Применительно к работе механизированных комплексов, исходя из амплитуд смещений, мощности пластов и физико-механических свойств вмещающих пород, геологические нарушения типа сбросов и взбросов могут быть разделены на три группы: I – проходимые без подрывки боковых пород и практически не осложняющие работу комплексов; II – проходимые с разрушением слабых боковых пород комбайном или буровзрывными работами; III – проходимые с подрывкой крепких боковых работ буровзрывными работами.

В том случае, если амплитуда геологического нарушения, относящегося ко II или III группам, превышает мощность разрабатываемого пласта, решение о возможности перехода его без перемонтажа агрегата должно базироваться на технико-экономическом анализе, выполненном по изложенному в брошюре ориентировочному методу оценки целесообразности применения механизированных комплексов на нарушенных пластах. Выбор и подготовку участков угольных пластов для механизированных комплексов необходимо производить в соответствии с горнотехнической обстановкой и в первую очередь с густотой и ориентировкой крупных сбросов, взбросов, даек и замещений угля породой. Большую помощь при этом оказывают розы – диаграммы и круговые диаграммы основных направлений простирания нарушений, составленные для месторождения или угленосного района.

Основные рекомендации настоящей работы, полученные в результате исследований и анализа применения комплексов на нарушенных участках пластов норильских шахт, могут быть распространены на аналогичные угольные месторождения. Особую актуальность рассмотренные вопросы имеют для обоснования и выбора технологии разработки угольных месторождений Якутской АССР и Магаданской области, имеющих так же, как и Норильский угленосный район, большое количество пластов с интенсивной геологической нарушенностью.

Однако подход к практическому использованию разработанных рекомендаций в каждом конкретном случае должен сопровождаться постановкой специальных исследований, направленных на выяснение степени влияния специфичных горногеологических факторов, присущих каждой угольной провинции, на эффективность перехода нарушений.

Большое значение при этом имеет постепенное освоение работниками шахт технологических схем перехода нарушений. Сначала необходимо переходить нарушения с амплитудами 0,5–1,0 м, затем – 1,5–2 м и так далее.

Приобретаемые в этом процессе навыки позволяют, как это имеет место на норильских шахтах, безаварийно отрабатывать нарушенные участки угольных пластов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скуба В. Н., Щербин Л. Н., Демидов В. В., Ильницкий С. П., Маршалко А. С., Андрушкевич С. Г., Гительмахер Д. Г., Михайловская Е. А. Способы перехода геологических нарушений очистными механизированными комплексами. "Уголь", 1969, № 4.

2. Демидов В. В., Скуба В. Н., Щербин Л. Н., Ильницкий С. П., Шестаковский В. В., Власов А. Л., Андрушкевич С. Г., Михайловская Е. А. Опыт перехода геологического нарушения комплексом. "Технология добычи угля подземным способом". 1969, № 5.

3. Липкович С. М., Мирошников С. Н. Эксплуатационная надежность выемочного поля, отрабатываемого с помощью механизированных комплексов. "Уголь Украины". 1959, № 2.

4. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа. М., изд-во "Наука", 1964.

Приложение I

ДЕТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ОПЫТА ПЕРЕХОДА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ КОМПЛЕКСАМИ ОМКТМ НА ПЛАСТАХ Ш, УI И Х НОРИЛЬСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА

Одним из факторов, сдерживающих расширение области применения очистных механизированных комплексов на отечественных шахтах, считается нарушенность угольных пластов. В Норильском угленосном районе в среднем на каждые I2 м простирания пласта приходится одно нарушение. Широко развиты интрузии в пласт дайки) мощностью 0,I–70 м, пережимы пластов и замещения угля песчаниками и аргиллитами, сбросы и взбросы с амплитудами 0,I–25 м и различной ориентировкой в плоскости пластов.

Отсутствие опыта работы таких комплексов в нарушенных месторождениях привело к тому, что в начальный период на шахтах Норильска подготавливались и отрабатывались комплексами короткие участки пластов, не имеющие крупных нарушений.

Так, например, на шахте "Норильская" на пласте УI вначале был подготовлен и отработан столб 5I0 длиной I30 м, а на шахте "Кайеркан" на пласте III столб I32 длиной 230 м. Однако и на этих участках имелось значительное количество нарушений: в I967 г. на столбе 5I0 комплексом прошли I7 сбросов и взбросов с амплитудой 0,I–2,5 м, на столбе I32–3I – сброс с амплитудой 0,I–0,5 м. В I968 г. на шахтах было пройдено около 50 сбросов с амплитудой до I м и 5 сбросов с амплитудой 2–3 м.

Разработка нарушенных пластов лавами, оборудованными механизированными комплексами, затруднена. Перемонтаж комплекса в условиях норильских шахт требует значительных затрат,

которые колеблются в зависимости от длины транспортирования узлов и элементов комплекса и составляют 10-30 тыс. руб. Поэтому вопрос об исключении большого количества перемонтажей очень актуальный.

Возможны три варианта отработки полей без перемонтажа комплексов в пределах столбов: первый - расположение столбов таким образом, чтобы их не пересекали крупные геологические нарушения, т.е. вдоль нарушений, второй - разработка технологических схем мероприятий, позволяющих осуществлять переход геологических нарушений без перемонтажа агрегатов, третий, очевидно, наиболее целесообразный - это комбинированный вариант, при котором столбы, подлежащие отработке, располагаются вдоль крупных геологических нарушений, переход которых явно нецелесообразен, а для перехода более мелких нарушений выбираются технологические схемы и разрабатываются необходимые мероприятия.

В шахтных условиях в течение 1967-1968 гг. выяснилась возможность и целесообразность перехода геологических нарушений с различной амплитудой.

Проведенные исследования показали, что переход встречающихся сбросов, взбросов, пережимов и замещений пластов осуществляется без осложнений, если амплитуда их не уменьшает мощность пласта на величину, меньшую, чем нижний рабочий предел гидростоек крепи.

В противном случае производится подрывка комбайном или взрывным способом пород кровли (почвы) пластов (в зависимости от крепости пород) до необходимой высоты. При этом объем подрываемой породы и зольность добываемой горной массы в значительной мере зависят от способа и принятой технологической схемы перехода нарушения.

Было проверено два способа перехода геологических нарушений: мелкоступенчатый и с разворотом комплекса в вертикальной плоскости до придания ему максимально допустимого угла наклона. Целесообразность принятия той или иной технологической схемы перехода нарушений зависит от типа нарушения, его амплитуды и пространственного положения, а также крепости вмещающих пород и способа перехода.

На шахтах Норильска комплексами ОМКТМ разрабатываются

пласты Ш, УI и Х, имеющие углы падения 5–I2°, мощность 2 м, 4,3 м и 3,6 м. Выемочная мощность соответственно 2,0м, 3,05 м, 3,05 м. Вмещающие породы пластов представлены аргиллитами и песчаниками.

Пласт УI имеет мощность 3,2–4,3 м угол падения 3–7° и сложное строение, уголь средней крепости, сильно трещиноватый; имеются замещения угля интрузивными и осадочными породами. Почва пласта представлена аргиллитами и алевролитами; непосредственная кровля его состоит из слоев аргиллита общей мощностью до 2 м и песчаника – 3 м; далее идут долериты мощностью 40–45 м и песчаники – 20–25 м, представляющие собой основную кровлю. Пласт и вмещающие породы нарушены сбросами, имеющими амплитуду 0,I–5 м, пережимами, дайками и флексурами.

При отработке 507 столба на пласте УI комплексом ОМКТМ проходился сброс с амплитудой до 2,5 м. Разрушение пород кровли производили комбайном и частично буровзрывными работами.

Переход сброса осуществлялся мелкоступенчатым способом (рис. 2), при котором за каждым циклом комплекс опускался на 0,I м. Сброс был пройден в течение шести суток за 29 циклов без существенного изменения организации работ в лаве; скорость движения комбайна при выемке угля с подрубкой пачки аргиллита была равной 0,3–0,4 м/мин. и в смену было выполнено I,5–I,7 цикла, при этом добыто I40–2I0 т угля. Производительность труда рабочего по лаве при переходе сброса – I2–I3 т/выход, а при буровзрывных работах 7–8 т/выход.

Нагрузки на механизированную крепь при переходе сброса повысились на I5–20% в сравнении с обычными (40–50 т), но не превышали номинальных (80 т).

Поскольку подрывку аргиллита комбайном оказалось легче производить в почве пласта, в дальнейшем аналогичные сбросы на пласте УI проходились с подрывкой почвы. В этом случае на некотором расстоянии от сброса комплекс начинали опускать. Такой вариант оказался технологичнее и переход сбросов осуществлялся за 23–25 циклов. Добыча угля в смену составляла 200–240 т, производительность труда рабочего по лаве – I2–I7 т/выход.

Отработка 508 столба на пласте УI комплексом ОМКТМ осложнялась наличием крупного геологического нарушения, пред-

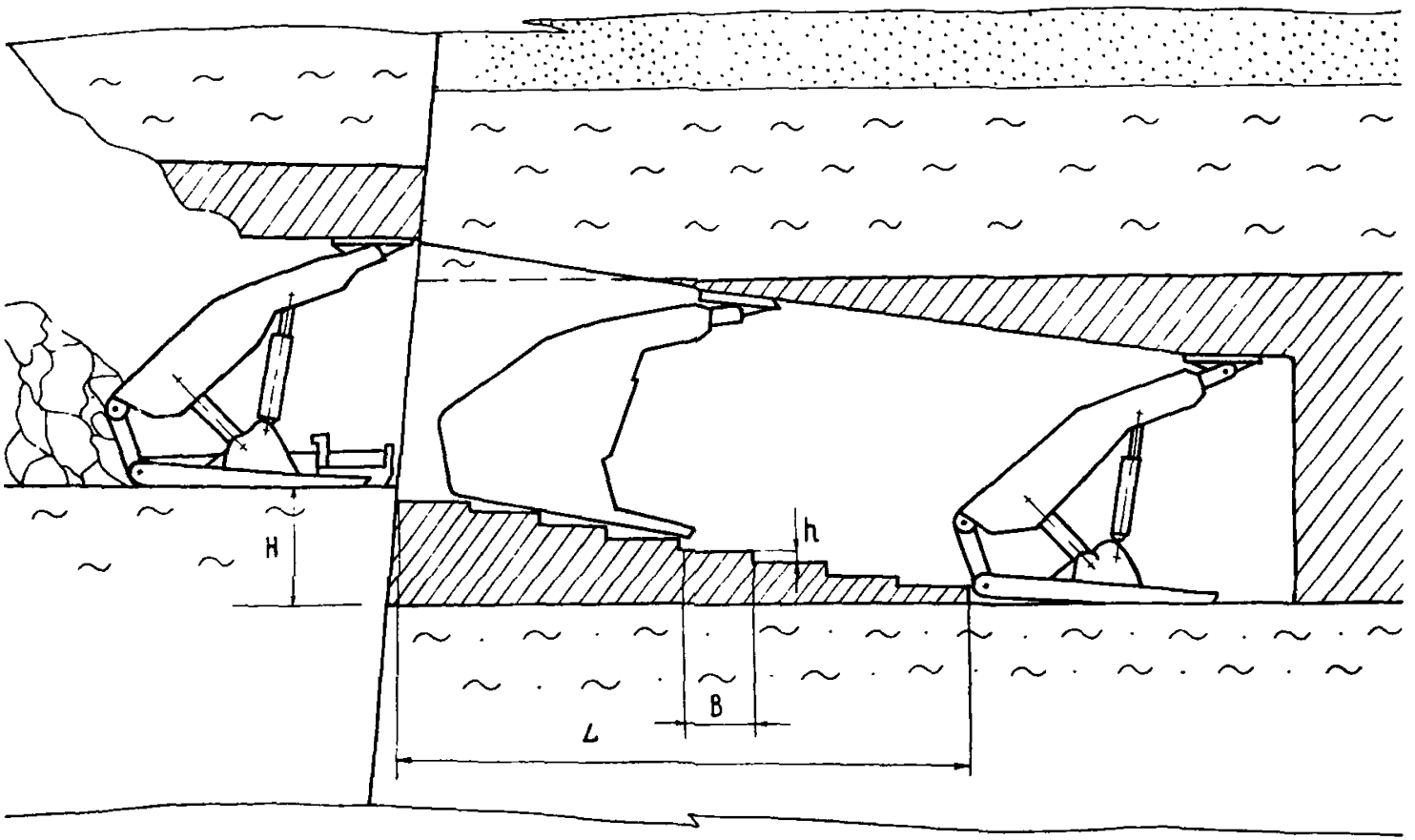


Рис. 2. Мелкоступенчатый способ перехода геологических нарушений.

ставленного флексурой и сбросом пласта. Общая амплитуда нарушения составляла 6,4 м, по простиранию оно распространялось на 33 м. Сброс находился в крайней от лавы части нарушения, амплитуда его по вентиляционному штреку составляла 2,2 м. Пространственно сброс располагался под углом 50–55° к простиранию пласта и 60° к его нормали. На рис.3 показано расположение сброса в пределах столба и линии изогипс почвы пласта. Основную сложность перехода данного нарушения представляло прохождение комплексом резкой флексуры пласта с многочисленными включениями породы, наличием интрузии и замещений пласта аргиллитом. Особенностью участка было то, что за 18–20 м до подхода к собственно нарушению в нижней части пласта появились крупные замещения угля аргиллитом и интрузии в пласт, полностью его рассекающие. Мощность этих интрузий колебалась от 0,2 до 0,5 м, общая мощность их достигала 4 м. Интрузии, представленные диабазами, разрыхлялись буровзрывными работами. Бурение шпуров осуществлялось перфораторами. Перед взрывными работами гидравлические части комплекса и стойки укрывались металлическими решетками. После производства буровзрывных работ осуществлялась выемка 2–3 циклов до погашения лавой образовавшегося углубления. Затем операции повторялись. При переходе нарушения взрывные работы велись практически по всей лаве с расстоянием между районами взрывов 5–15 м. По мере подвигания лавы основная интрузия в пласт постепенно перемещалась по лаве с нижней ее части в верхнюю. В районах интрузии почва лавы оформлялась посредством буровзрывных работ. Участки с замещениями угля в почве пласта аргиллитами подрубались комбайном. Максимальная мощность подрубаемой пачки аргиллита составляла 0,8 м. Породу от взрывных работ транспортировали на штрек, а там складывали. Подрывку почвы пласта осуществляли после выемки ленты угля по всей лаве, при которой участки с аргиллитами обходились шнеками комбайна. Это позволило в значительной мере снизить зольность угля при переходе сброса. Переход сброса осуществлялся мелкоступенчатым способом, при котором за каждым циклом комплекс опускался на 0,1–0,15 м.

Однако появление замещения угля в почве пласта аргиллитами и, следовательно, резкое уменьшение мощности пласта вниз-

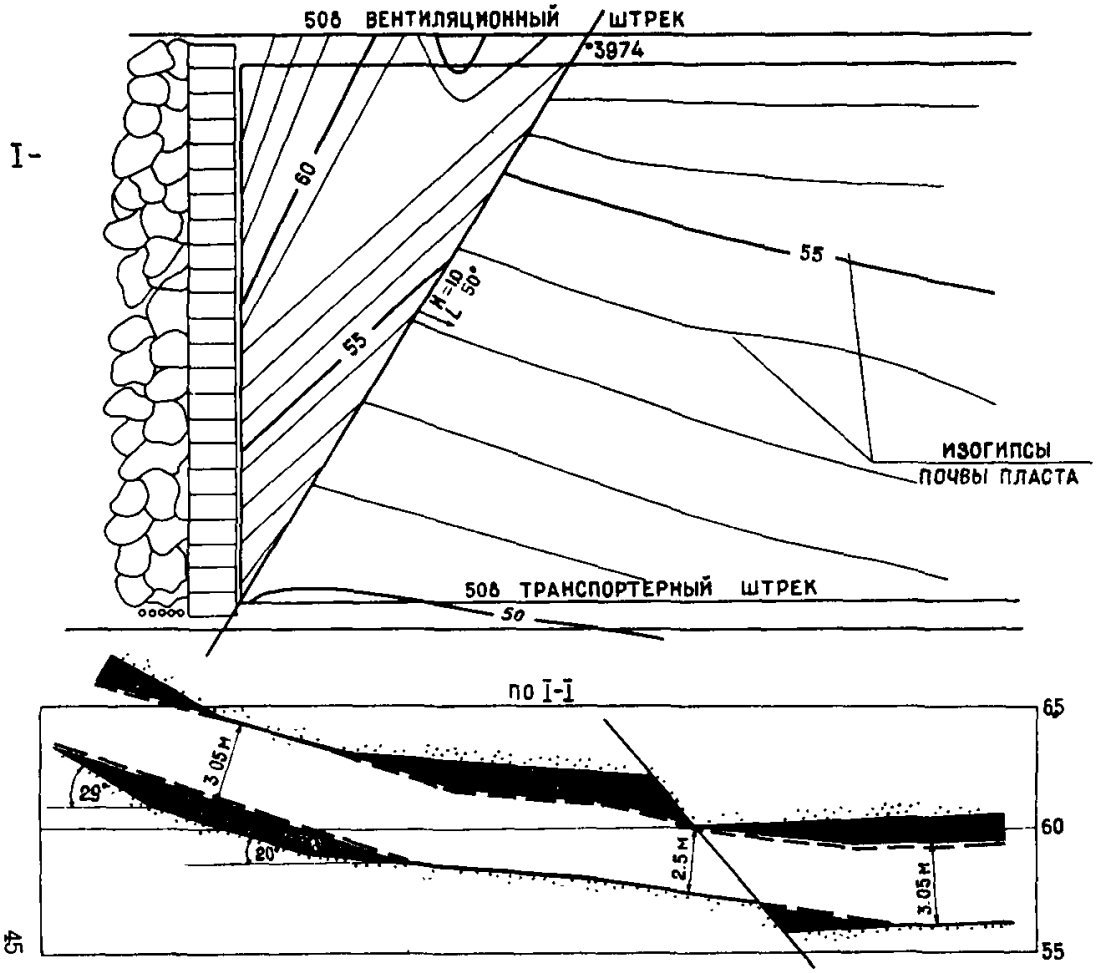


Рис. 3. Расположение сброса и линии изогипс почвы в районе нарушения пласта УI.

вало необходимость резкого опускания комплекса в средней части лавы (секции I7–3I). В связи с этим комплекс был развернут в вертикальной плоскости за счет опускания передней его части в траншею, образованную в почве лавы. В районе замещения угля породами траншея образовывалась буровзрывным способом. Глубокая подрывка угля в почве пласта в нижней и верхней частях лавы производилась шнеками комбайна.

В результате этих работ комплекс за 4 цикла был развернут в вертикальной плоскости. При этом грудь забоя отклонилась на угол до 43° от вертикали, лавный конвейер после передвижки крепи находился под углом до 33°, наклон основания секций крепи в горизонтальной плоскости достигал 34°, гидравлические стойки отклонялись от вертикали на 29°. Углы наклона элементов комплекса измерялись специальным приспособлением, состоящим из двух шарнирно-соединенных реек с транспортиром в центре соединения и уровнем на верхней рейке; на третьей планке при тарировке приспособления были нанесены деления углов. На рис. 4а приведены результаты измерений углов наклона секций конвейера после передвижки крепи при переходе сброса. Из графика видно, что в момент перехода флексуры и собственно сброса наклон конвейера резко возрос, а через I0 м после перехода сброса величина угла наклона находилась в своих обычных пределах и не превышала I0°. При прохождении этого участка комплексом с таким наклоном сломалось 9 штук лыж конвейерных секций и лопнул редуктор верхнего шнека. Причиной этого явился чрезмерный угол наклона комплекса и образование крутящего момента, опрокидывающего комбайн.

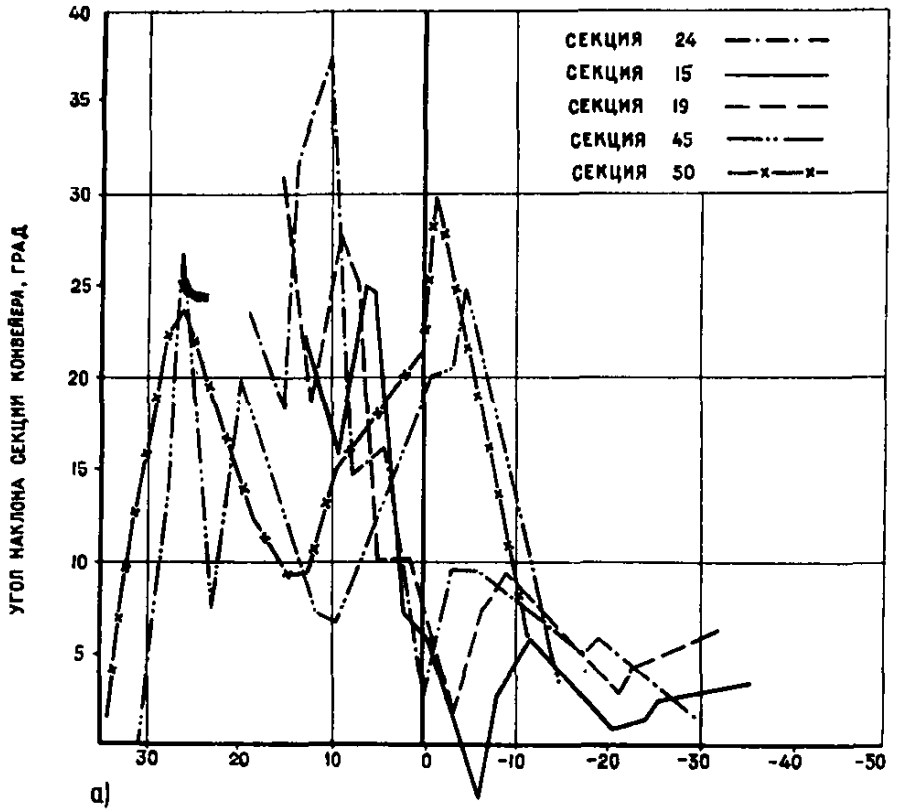
Для исключения этого комплекс выровняли на двух циклах. Величина ступени по верхней пачке при этом составляла 28–30 см. Основание комплекса находилось практически на одном уровне. Дальнейший переход сброса осуществлялся по проекту, который предусматривал прохождение нарушенного участка под углом не более 20°. При этом предусматривался минимальный объем подрывки пород кровли и почвы. Оставшаяся часть сброса была пройдена без особых осложнений и без поломок элементов агрегата. В районе 28–34 секций производилась подрывка кровли (аргиллитов) на 0,6 м на протяжении (по простиранию) 3,5 м.

В районе 12–20 секций подрывка кровли производилась на 10–15 см на протяжении 4 циклов.

Призабойное пространство при переходе указанного нарушения находилось в удовлетворительном состоянии, прорывов породы под крепь на протяжении всего перехода не наблюдалось. В верхней части лавы пачка угля из кровли иногда высыпалась под крепь. Это наблюдалось на секциях 53–57. Нагрузки на крепь при переходе сброса достигали 60–70 т (рис.4б). По длине лавы средние значения нагрузок находились в пределах 20–40 т. Некоторое увеличение их наблюдалось в верхней части лавы. Обрушение пород кровли пласта при переходе сброса происходило сразу за крепью, длина нижнего основания консолей перед обрушением не превышала 1,5–2 м. Перекрытие крепи полностью пригружалось обрушенной породой.

Переход сброса на 509 столбе, имеющего амплитуду 2,5–3 м и пересекающего столб под углом 60° к линии падения пласта, осуществлялся после разворота комплекса в вертикальной плоскости сразу на 18° за счет образования траншеи в почве пласта глубиной до 0,8 м. Наклон секции крепи, комбайна и забоя лавы в вертикальной плоскости был постоянен на всем протяжении перехода. При выходе породы в кровле пласта ряд секций опускался и они несколько циклов передвигались при меньшей раздвижности. При выходе породы в почве пласта она нивелировалась взрывными работами. Переход сброса был осуществлен за 5 дней без особых осложнений, поломок элементов комплекса не наблюдалось. Путь перехода 7,4 м. Во время перехода этого нарушения состояние пород кровли призабойного пространства и забой лавы были удовлетворительными. Контакт крепи с необрушенными породами осуществлялся через козырьки. Обрушенные породы подбутовывали перекрытия крепи и пригружали ее, однако общие реакции стоек не превышали 70 т.

Отработка ст. 133 на пласте Ш была осложнена наличием крупного взброса, расположенного под углом 60° к падению и 75° к простиранию пласта. Амплитуда взброса в районе вентиляционного штрека составляла 1,85 м, в районе транспортерного штрека – до 0,6 м. В верхней части лавы взброс практически полностью перекрывал пласт угля.



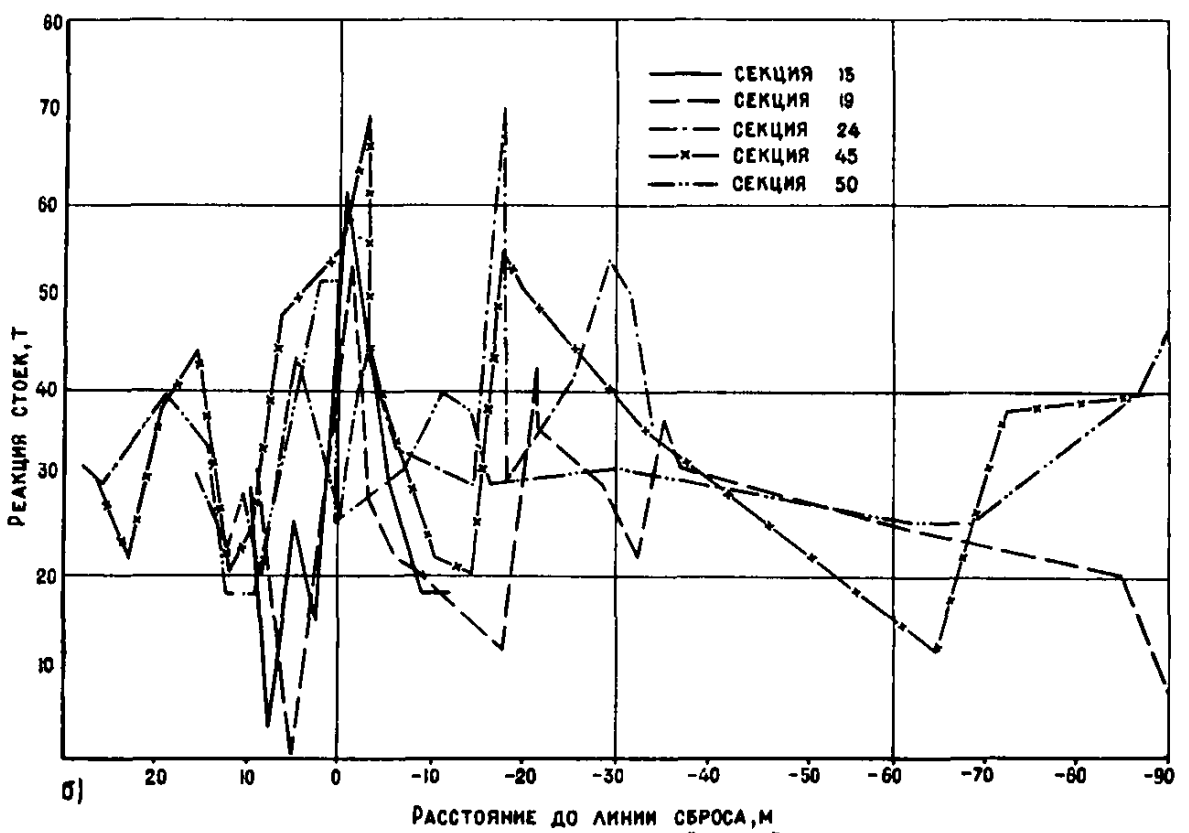


Рис. 4. Изменение угла наклона секций конвейера и нагрузок на механизированную крепь при переходе комплексом сброса:
а – изменение угла наклона секций конвейера;
б – изменение нагрузок на механизированную крепь.

На пути к взбросу комплекс до исчерпывания своей раздвижности поднимался мелкоступенчатым способом на 0,I м за один цикл. Таким образом было взято 6 циклов, оставшиеся I,7 м до взброса были пройдены при минимальной раздвижности крепи. При этом состояние груди забоя лавы было удовлетворительным, однако между козырьками крепи и забоем происходило высыпание перемятого угля и породы на высоту 0,7–0,8 м. Для предотвращения просыпания этой мелочи в лаву в отдельных местах призабойное пространство приходилось перетягивать досками.

После осуществления первого цикла по переходу сброса и образования свободного призабойного пространства начались работы по собственно переходу взброса, который осуществлялся по методу, разработанному при участии автора угольным отделением Горной лаборатории Норильского комбината и ЛГИ им. Г.В.Плеханова, заключающемуся в том, что при подходе к нарушению комплекс разворачивается в вертикальной плоскости на угол I8–20^{0} за счет поднятия основания крепи посредством сокращения гидростойки крепи при распертом перекрытии (козырька) деревянной (металлической) стойкой, второй конец которой устанавливается у забоя лавы (рис. 5). После поднятия оснований секций крепи под них подводились деревянные брусья необходимых размеров. Основания крепи надвигались на них. Угол наклона конвейера был I8^{0}. Затем комбайном производилась выемка ленты угля под углом, и в дальнейшем основание крепи комплекса надвигалось уже на образовавшийся выступ угля. При производстве этого цикла в кровле лавы производилась подрывка аргиллита комбайном. Величина ступени подрывки составляла 80–I20 мм. После разворота крепи и производства первого цикла по переходу взброса в забое лавы наблюдался интенсивный отжим угля, хотя нагрузки на крепь были в пределах 28–46 т (табл.8) и максимальное значение, равное 60 т, зафиксировано на секции 55. Из рис. 6 видно, что нагрузки на крепь увеличивались по восстанию лавы. Характерно, что и амплитуда сброса увеличивалась по восстанию лавы. Глубина отжима угля также увеличивалась с увеличением взброса; в верхней части лавы в отдельных местах она достигала 56 см и в среднем равнялась 30–40 мм (табл. 9).

Сопряжение транспортерного штрека с лавой в период пе-

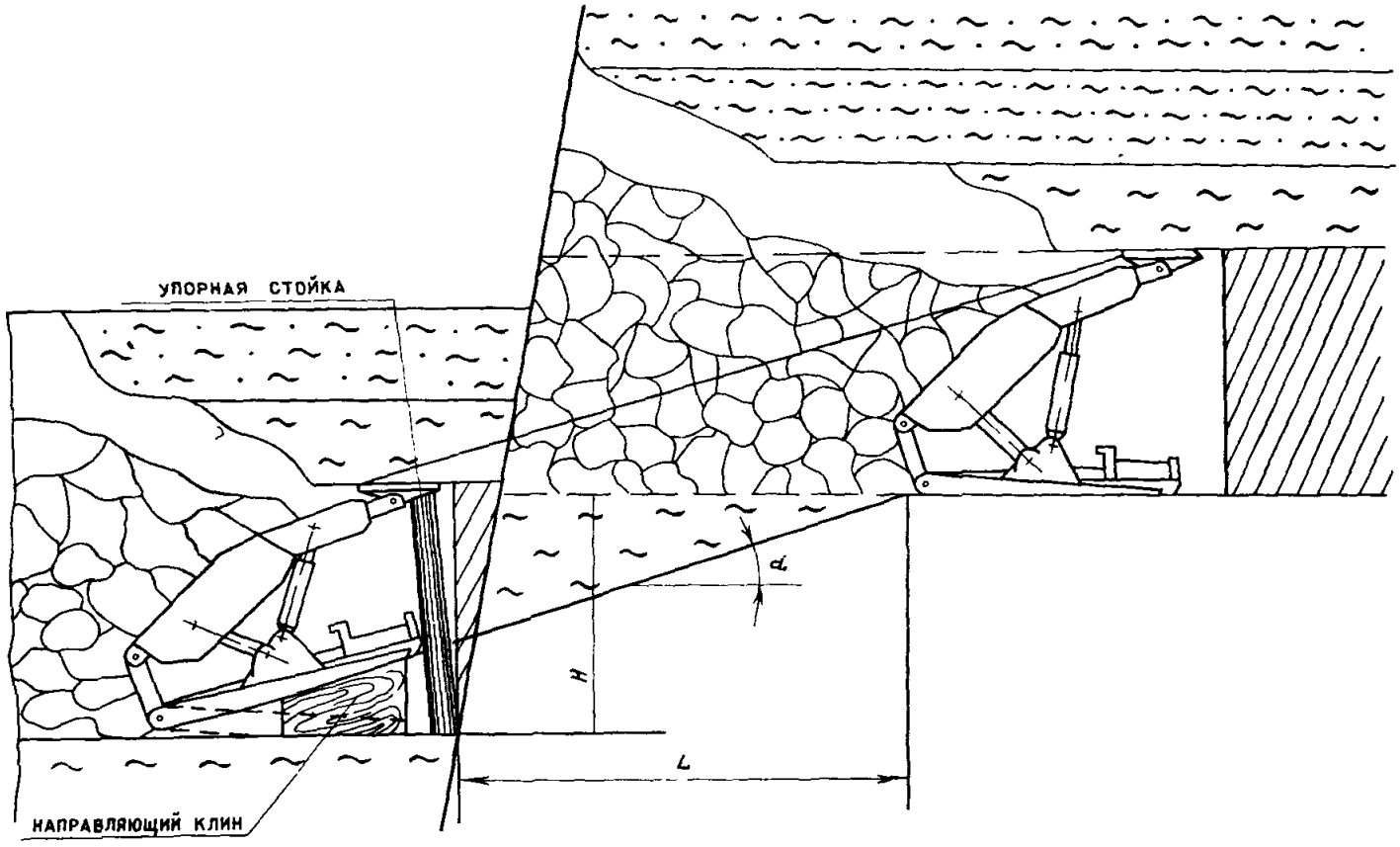


Рис. 5. Способ перехода взбросов с разворотом комплекса в вертикальной плоскости за счет сокращения гидростойки при распертом перекрытии крепи.

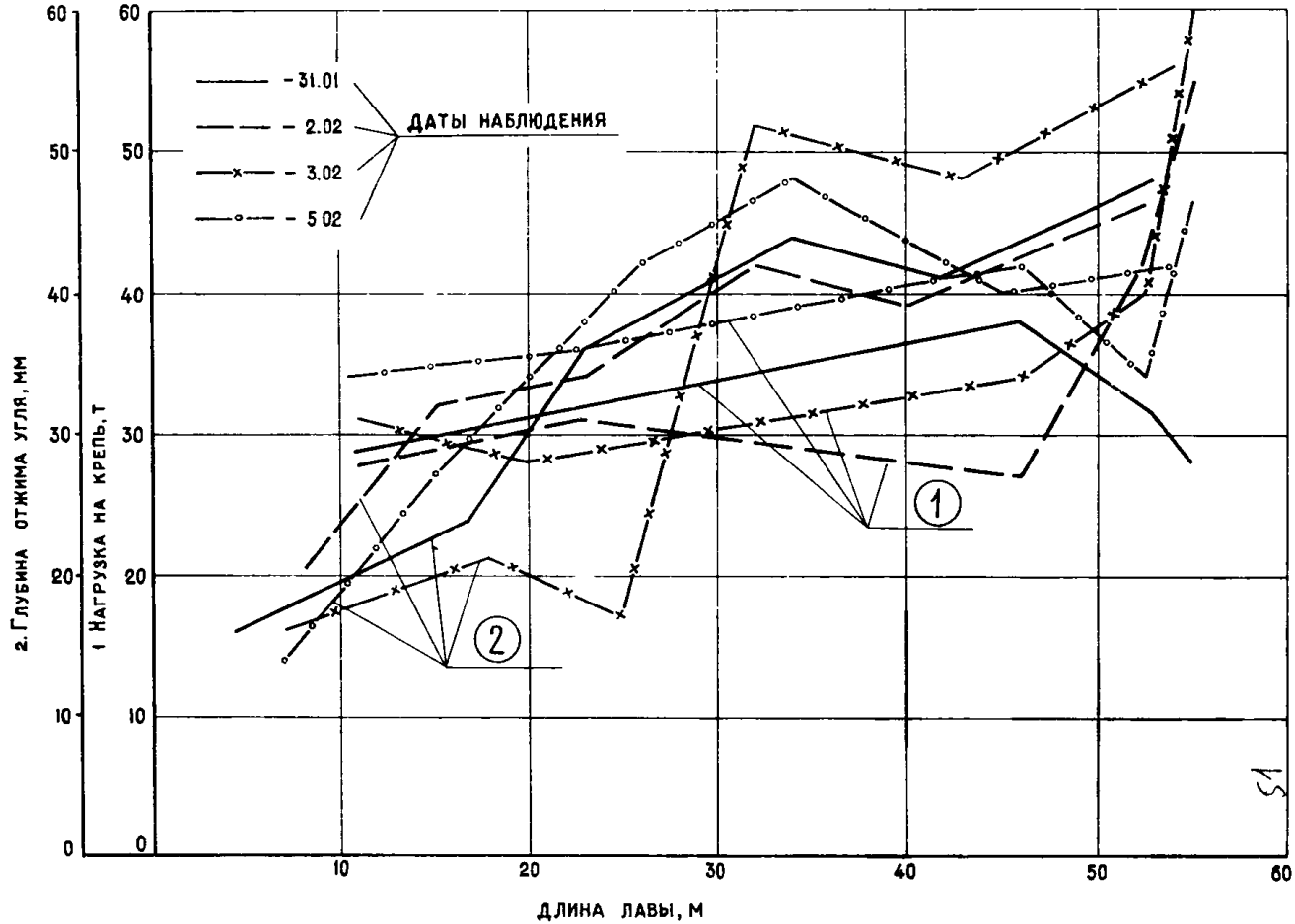


Рис. 6. Изменение нагрузок на крепь и глубины отжима угля по длине лавы при переходе взброса с амплитудой до I,85 м.

рехода взброса находилось в удовлетворительном состоянии. Целик угля в нижней части лавы разрушался очень незначительно. Сопряжение вентиляционного штрека с лавой при переходе взброса укреплялось деревянной рамной крепью и прогонами; последние одним концом укладывались на козырьки крепи ОМКТМ, а другим заводились на верхняки рамной крепи, т.е. осуществлялось перекрытие сопряжения накатником, служившим затем опорой для передвижки секций крепи ОМКТМ, так как один конец накатника был придавлен обрушенной породой, а другой расперт в кровлю выработки. Создание такого накатника исключило прорывы породы под крепь, которые в первый момент имели место в районе сопряжения в результате обрушения пород вдоль линии взброса на высоту до 2,5 м. В результате обрушения над козырьками крепи образовывалась конусообразная щель шириной у основания до 1,2 м. В самой лаве ширина этой щели не превышала 0,8 м и

Таблица 8

Дата замера	Номера секций				
	55	53	47	21	10
	Нагрузки на крепь, *т*				
31/1	28	32	33	32	29
2/П	54	42	27	31	28
3/П	60	40	34	28	31
5/П	46	34	42	36	34

Таблица 9

Дата замера	Место замера в лаве, (в числителе – расстояние от "0" лавы, м, в знаменателе – глубина отжима, мм)					
31/1	4/16	17/24	23/36	34/44	42/41	53/48
2/П	9/12	15/32	23/34	32/42	40/39	52/46
3/П	7/16	18/21	25/17	32/52	43/48	54/56
5/П	7/14	15/27	26/42	34/38	45/40	54/42

частичные прорывы породы под крепь не носили серьезного характера. В необходимых местах осуществлялась перетяжка призабойного пространства с помощью досок, которые укладывались на крепь при ее передвижке. После производства очередного цикла доски передвигались вместе с крепью или укладывались вновь. В нижней части лавы высыпание пород в призабойном пространстве не превышало 20 см. При переходе взброса характер обрушения пород в отработанном пространстве и распределения обрушенных пород на перекрытиях крепи ОМКТМ имел свою специфику: обрушение пород происходило над крепью, вследствие чего перекрытие крепи было полностью пригружено породой. При этом непосредственно на самом перекрытии располагались мелкие фракции породы (I5–20 см), а на них – более крупные. Часто эта мелочь просыпалась между секциями крепи, особенно при сдвинутых фартуках перекрытий. При раздвинутых фартуках это исключалось. В отработанном пространстве обрушенные породы разбивались на небольшие куски и имели практически одинаковый гранулометрический состав в верхней и в нижней частях лавы. При переходе взброса из-за нарушенности пород в этом районе секции крепи со стороны отработанного пространства были полностью подбутованы небольшими кусками породы. Нагрузки на механизированную крепь не превышали номинальных и равнялись 28–60 т.

Смещение пород призабойного пространства на участках лавы, где не было обрушений (табл. I0 и II), достигало I8 мм. Начало смещения фиксировалось при подходе комбайна на расстояние I2–I7 м от замерной точки. При подходе комбайна на 5 м замеры прекращались. Разрушение пород кровли и забоя комбайном КШ–I КГ при переходе взброса производилось довольно свободно при скорости подачи комбайна до 0,5–0,4 м/мин и ширине захвата ленты 0,5 м. При более высокой скорости (до 0,6 м/мин) двигатель комбайна опрокидывался. В общей сложности по породе было взято II циклов и пройдено 4,5 м, т.е. значительно меньше, чем при мелкоступенчатом способе.

Угол наклона комплекса составлял I5–I8°. Переход взброса был осуществлен в рекордно короткий срок (3,5 суток) и без особых технических и экономических осложнений. Поломок крепи и элементов конвейера и комбайна не наблюдалось. За период

Таблица 10

Дата замера	Период замера, мин.	Смещение пород кровли в районе секции, мм				
		55	53	47	21	10
31/I	126	14	–	–	4	–
2/II	84	–	–	7	–	–
3/II	117	–	11	–	–	–
5/II	182	18	–	–	–	0,6

Таблица 11

Период замера, мин.	Смещение пород кровли, мм		Расстояние от места измерения до комбайна, м
	31 января		
	Секция 55	21	
0	–	–	–
10	–	–	–
20	–	–	–
30	3	–	–
40	4	–	–
50	6	–	–
60	6	–	–
70	8	–	–
80	8	–	–
90	12	2	12
100	12	2	–
110	12	2	–
120	12	2	–
126	14	4	5
	2 февраля		
	Секция 47		
0	–	–	–
10	–	–	–
20	–	–	–

Продолжение табл. II

Период замера, мин.	Смещение пород кровли, мм	Расстояние от места измерения до комбайна, м
I	2	3
30	– –	–
40	2 –	I8
50	2 –	–
60	2 –	–
70	2 –	–
80	2 –	–
90		
	3 февраля	
	Секция 53	
0	–	–
I0	–	–
20	–	–
30	–	–
40	–	–
50	–	–
60	I	I7
70	4	–
80	6	–
90	6	–
I00	6	–
II0	8	–
II7	II	5
	5 февраля	
	Секция 55	
0	–	–
I0	–	–
20	–	–
30	–	–
40	2	24
50	2	–
60	4	–

Окончание табл. II

I	2	3
70	4	2I
80	4	-
90	4	-
I00	6	-
II0	8	I8
I20	8	-
I30	8	-
I40	I0	-
I50	I2	I4
I60	I2	-
I70	I4	8
I80	I4	-
I82	I8	-

перехода взброса объем добычи угля составлял 230–380 т в сутки (табл. I2), производительность труда рабочего по лаве – I2–22 т/смену.

Таким образом, переход взброса по пласту Ш и проведенные при этом наблюдения показали возможность перехода таких нарушений при амплитуде, равной мощности пласта и выше.

При отработке ст. I34 был пройден крупный сброс пласта. Сброс располагался в средней части столба (на I75 м от границы) и имел амплитуду I,6 м. Переход его осуществлялся за счет разворота комплекса в вертикальной плоскости, для чего перед сбросом буровзрывными работами была образована траншея глубиной 0,7–0,8 м, в которую был опущен конвейер и передняя часть основания секций. Комплекс при этом развернулся в вертикальной плоскости на I0–II°. Дальнейшее продвижение комплекса осуществлялось по ступеням, которые образовывались за счет подрывки шнеками комбайна. Высота ступеней, т.е. глубина подрывки почвы комбайном за один цикл, составляла 8–I0 см. При движении по ступеням механизированная крепь дополнительно развернулась в вертикальной плоскости. Максимальный угол наклона основания секций при окончании перехода сброса равнялся (табл. I3) I6–I9°.

Таблица I2

Смены	30/I	3I/I	I/II	2/II	3/II	4/II	5/II	6/II
				Объем добычи, т				
I	280	I80	I80	30	I50	-	I00	200
II	I50	50	I00	I00	-	200	I00	250
III	200	I00	I00	I00	I00	I80	I80	200
				Отработано чел.-смен в лаве по добыче				
	I8	I7	I7	I8	I8	I7	I8	I8
				Производительность труда рабочего по лаве, т/выход				
	35	I9	22	I2	I5	22	I8	36
				Отработано чел.-смен по участку				
	28	28	27	27	28	28	30	30
				Производительность труда рабочего по участку, т				
	23	II	I4	9	9	I3	II	2I

Начало перехода, подготовка к переходу. Собственно переход взброса. Окончание перехода. Устранение неполадок.

При переходе сброса на протяжении 6 циклов производилась подрубка шнеками пород кровли на высоту I0 см за каждым циклом. Общий путь перехода составлял 6,4 м. Время перехода I0 суток. Обрушение пород кровли происходило над крепью. Секции крепи были полностью пригружены, иногда небольшие количества породы попадали из кровли в призабойное пространство. Нагрузки на крепь достигали 70 т.

В забое лавы наблюдался интенсивный отжим угля, глубина его в средней части лавы за время цикла (максимальное I4 час) достигала 0,46 м. На рис. 7 показано изменение нагрузок на крепь при переходе сброса. В I0 м от сброса нагрузки заметно увеличивались, после перехода его они снизились до обычных.

Поломок механизированной крепи за время перехода сброса не зафиксировано. В целом сброс был пройден успешно, однако путь перехода и время были довольно длительными. При развороте комплекса сразу на угол до I8–20° время и путь перехода сократились бы вдвое.

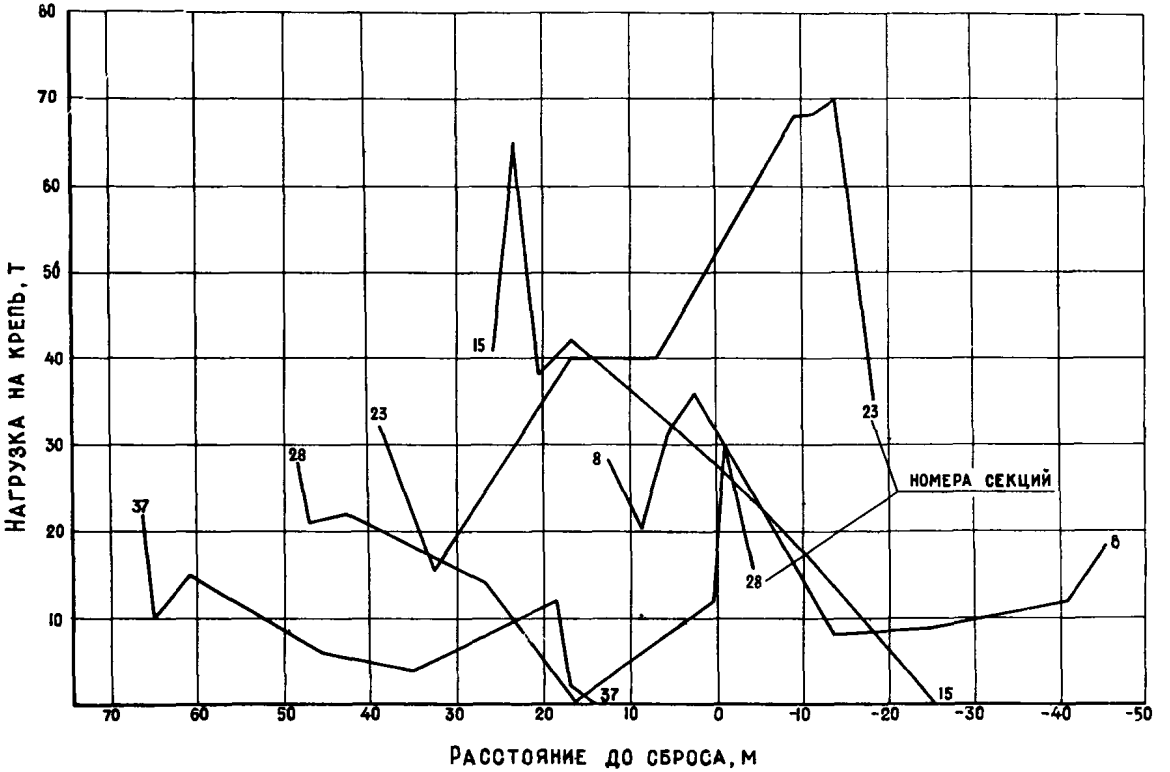


Рис. 7. Изменение нагрузок на крепь при переходе сброса.

Таблица I3

Условные обозначения	Секции, на которых производились измерения											
	3	6	8	II	I5	I8	2I	23	28	3I	34	37
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
					27 ноября							
а	I3	–	4	–	9	6	–	–	–	–	–	–
б	5	5	8	II	–	–	–	–	–	–	–	–
в	3	0	2	I	–	–	–	–	–	–	–	–
г	3	8	I2	I8	26	32	38	42	53	59	65	70
					30 ноября							
а	I4	I2	II	–	–	–	–	–	–	–	–	–
б	8	5	8	II	II	I2	II	7	9	–	–	6
в	5	4	4	I	0	I	0	0	I	–	–	0
г	-I	4	8	I4	23	28	35	39	49	55	6I	67
					3 октября							
а	I8	I3	I2	I	I	I	–	–	–	–	–	–
б	I2	7	I0	8	8	I5	8	9	8	7	7	6
в	5	I3	2	I	6	5	5	2	I	I	I	I
г	-4	2	6	II	20	26	32	36	47	52	59	65
					7 октября							
а	–	I4	I3	I2	I	I	3	2	–	–	–	–
б	I3	7	II	9	8	I4	9	I	8	7	7	7
в	6	4	I2	II	6	6	5	3	I	I	I	I
г	-6	-I	2	8	I7	22	28	33	43	49	55	6I
					I2 октября							
а	I	I	I	II	I2	–	–	–	–	–	–	–
б	9	I0	9	8	9	–	I5	I4	7	9	8	6
в	2	I	2	8	8	–	4	4	4	4	3	3
г	-24	-I8	-I3	-8	0,5	7	I3	I7	27	34	40	46
					I7 октября							
а	–	–	–	–	0	2	II	I3	4	4	3	2
б	–	–	–	I3	9	7	8	I0	8	8	4	7
в	–	–	–	–	–	I	7	–	3	3	I	3
г	-34	-28	-24	-I8	-I0	-4	3	7	I7	23	29	35
					22 октября							
а	–	–	3	2	I	–	–	–	I9	I0	–	–
б	I	5	5	II	8	7	9	I2	7	–	–	–

Окончание табл. I3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
в	I	I	2	I	3	2	3	7	4	-	-	-
г	-49	-43	-39	-33	-25	-I9	-I3	-9	I	6	I3	I9
				24 октября								
а	-	-	5	3	I	-	-	-	I2	-	-	-
б	2	6	6	9	9	9	9	II	I4	9	7	6
в	I	3	I	-	4	3	5	2	7	4	0	0
г	-5I	-45	-4I	-36	-27	-2I	-I5	-II	I	5	II	I7
				25 октября								
а	-	-	-	-	-	-	-	7	8	I3	I4	I
б	-	-	6	88	8	9	-	II	9	5	4	5
в	-	-	I	I	I	2	-	8	4	I	-	I
г	-55	-49	-45	-39	-36	-25	-I9	-I4	-4	2	8	I6

В табл. I3 в графе "условные обозначения" принято: а) угол наклона стойки механизированной крепи по простиранию пласта, град; о) угол наклона конвейера по падению пласта, град; в) угол наклона конвейера по простиранию пласта, град; г) расстояние от сброса до секции комплекса, на которой производились измерения, м.

В дальнейшем сбросы с амплитудой до 3 м на пласте X переходились после разворота комплекса в вертикальной плоскости до I8–20^{0} за счет опускания конвейера и передней части комплекса в траншеи, образованные в почве лавы (пласта) буровзрывным способом. Рациональная глубина траншеи 0,8 м, ширина – I,2 м.

Исследованиями установлено, что время, затрачиваемое на переход нарушений, колебалось от 4,5 до 22 суток и зависело в основном от организации работ в лаве.

В целом результаты наблюдений на шахтах Норильска при переходе комплексами геологических нарушений показали, что сбросы и взбросы с амплитудой, не превышающей мощности пласта, целесообразно переходить без перемонтажа агрегатов.

Приложение II

УЧЕТ ЗОЛЬНОСТИ УГЛЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ КОМПЛЕКСАМИ

Переход комплексами геологических нарушений угольных пластов сопровождается подрывкой боковых пород комбайном или буровзрывными работами.

Объем породы при переходе сбросов и взбросов (рис.8а и б) может быть подсчитан по приближенной формуле, которая в случае $H \leq m$ имеет вид:

$$V_n = \frac{L \cdot H^2}{2\cos\psi}\left[ctg(\alpha \pm \beta) \pm ctg(\gamma \pm \beta)\right], \text{ м}^3, \qquad (10)$$

При $H > m$

$$V_n = \frac{L}{2\cos\psi}\left\{H^2\left[ctg(\alpha \pm \beta) \pm ctg(\gamma \pm \beta)\right] - (H-m)^2\left[ctg(\alpha \pm \beta) \pm ctg(\gamma \pm \beta)\right]\right\}, \text{ м}^3, \qquad (11)$$

где: L – длина лавы, м;

ψ – угол сброса в горизонтальной плоскости;

H – амплитуда сброса;

γ – угол сброса в вертикальной плоскости;

β – угол падения или восстания пласта в направлении движения забоя;

α – угол наклона комплекса, под которым происходит переход нарушения;

m – мощность пласта, вынимаемая комплексом, м.

В первой скобке "плюс" ставится в том случае, если пласт падает по направлению движения комплекса; между скобками

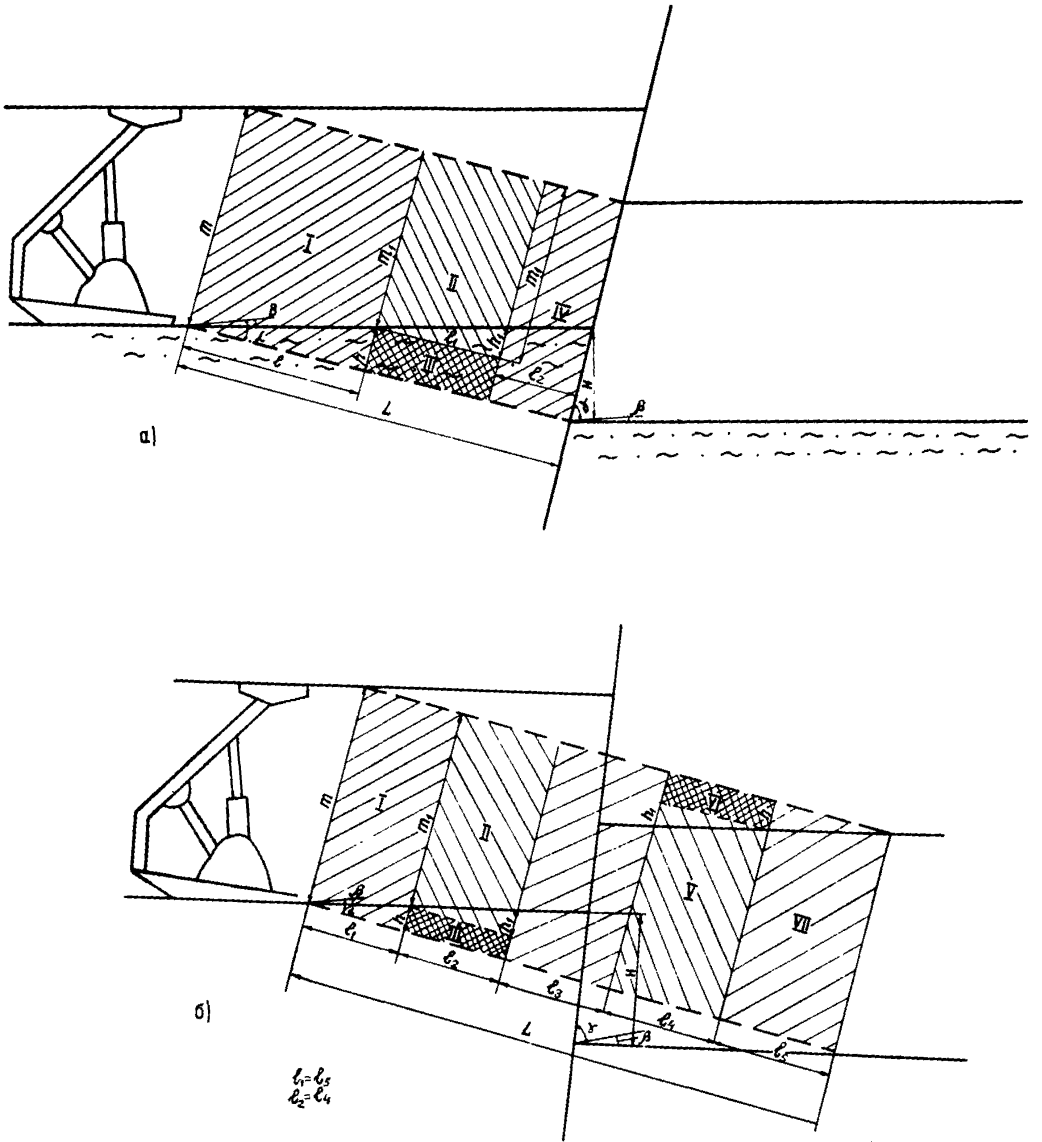


Рис. 8. Схемы для подсчета объема породы при переходе нарушения:
а – при односторонней подрывке породы комбайном;
б – при двухсторонней подрывке породы комбайном.

"плюс" ставится при сбросе; во второй скобке "плюс" - если сброс падает на забой лавы.

Практика показала, что по фактору объема вынимаемой породы в условиях норильских шахт за предельную рациональную амплитуду геологического нарушения, при которой переход его целесообразен без перемонтажа комплекса, может быть принята величина, равная мощности пласта. Переход сбросов и взбросов с большей амплитудой, чем мощность пласта, практически возможен, однако в этом случае решение о переходе должно приниматься только после сравнения затрат на переход по фактору объема вынимаемой породы с затратами на перемонтаж.

Необходимость выемки породы при переходе геологических нарушений ухудшает качество добываемого угля. Если взброс или сброс расположен параллельно лаве или под небольшим углом и лава с нарушением контактируют на длинном участке, то зольность угля во время собственного перехода сброса на 2-3 циклах повышается до 40-60% и более. Горная масса при этом полностью отгружается в отвал. При ориентации сбросов в горизонтальной плоскости более чем на 15° к линии падения пласта работы по собственно переходу сброса проводятся на контакте лавы со сбросом, т.е. на участке длиной 6-8 м. В этом случае зольность угля не превышает 30-35%, с учетом зольности пластов.

В общем виде формула для подсчета зольности горной массы $A_г$, вынутой при переходе сброса, может быть выражена так:

$$A_г = \frac{V_y \gamma_y A_y + \left\{\frac{L \cdot H^2}{2\cos\varphi} \cdot \left[ctg(\alpha \pm \beta) \pm ctg(\gamma \pm \beta)\right]\right\} \cdot \gamma_п \cdot A_п}{V_y \gamma_y + \left\{\frac{L \cdot H^2}{2\cos\varphi} \cdot \left[ctg(\alpha \pm \beta) \pm ctg(\gamma \pm \beta)\right]\right\} \cdot \gamma_п}, \qquad (12)$$

где V_y, γ_y, A_y - объем, удельный вес, зольность угля;
$V_п, \gamma_п, A_п$ - объем, удельный вес, зольность породы.

Если эта величина не превышает допустимую зольность товарной продукции, то возможно складирование добытой горной массы на поверхности с последующим перемешиванием ее и отгрузкой потребителю.

Соблюдение нормативов зольности $A_т$, действующих на предприятии, достигается также, если при переходе нарушения отгрузку горной массы в товарную продукцию производят до того момента, пока комплекс не отойдет от точки, с которой начат переход на расстояние ℓ, определяющееся по формуле:

$$\ell = h \cdot ctg\alpha, \qquad (13)$$

где: h – максимально допустимая высота породной пачки, подрываемой при переходе сброса, при которой зольность горной массы не превышает норму, м;

α – угол наклона комплекса, град.

Для удобства определения h ограничим объем вынимаемой горной массы элементарными отрезками по длине и ширине лавы, тогда зольность горной массы будет равна:

$$A_г = \frac{A_у \cdot \gamma_у (m-h) + A_п \cdot \gamma_п \cdot h}{(m-h) \cdot \gamma_у + h \cdot \gamma_п}, \qquad (14)$$

Откуда

$$h = \frac{m\gamma_у (A_г - A_у)}{\gamma_у (A_г - A_у) + \gamma_п (A_п - A_г)}, м, \qquad (15)$$

Тогда

$$\ell = \frac{m\gamma_у (A_г - A_у) \cdot ctg\alpha}{\gamma_у (A_г - A_у) + \gamma_п (A_п - A_г)}, м, \qquad (16)$$

После этого переход нарушения осуществляется уже с раздельной выемкой породы и угля на участке до тех пор, пока высота шнека вписывается в пачку угля, а затем вновь внедряется на величину h_1 в пачку породы уже при новой выемочной мощности угля – m_1.

В дальнейшем до конца перехода нарушений отгрузку горной массы необходимо производить в отвал.

При равномерной подрывке пород в почве и кровле пластов путь комплексов при переходе нарушения разбивается на пять этапов: подрывка породы до пункта, отстоящего от начала пе-

рехода на расстоянии ℓ_1; выемка угля и породы раздельно на участке пути ℓ_2 до нового внедрения шнека в породу на глубину h_1, при новой выемочной мощности m_1; выемка горной массы и отгрузка ее в отвал; раздельная выемка угля и породы с внедрением шнека в пачку породы на первом цикле на высоту h_1; подрывка породы от точки, отстоящей на расстоянии ℓ_3 от конца пути перехода.

Такой дифференцированный путь обеспечивает наиболее эффективный и экономичный переход комплексами геологических нарушений.

Наблюдения в шахтных условиях показали, что траектория комплекса при переходе нарушения характеризуется (рис. 9а) нарастанием угла наклона комплекса в вертикальной плоскости до максимально допустимого значения с последующим уменьшением этого угла до 0^0 в окончательной стадии перехода. Наличие точки перегиба является характерной особенностью траектории движения комплекса.

Аналитические исследования показали, что путь перехода наиболее точно апроксимируется кривой вида:

$$y = \frac{1}{a + be^{\kappa x}}, \qquad (17)$$

при $-\infty < x < +\infty$

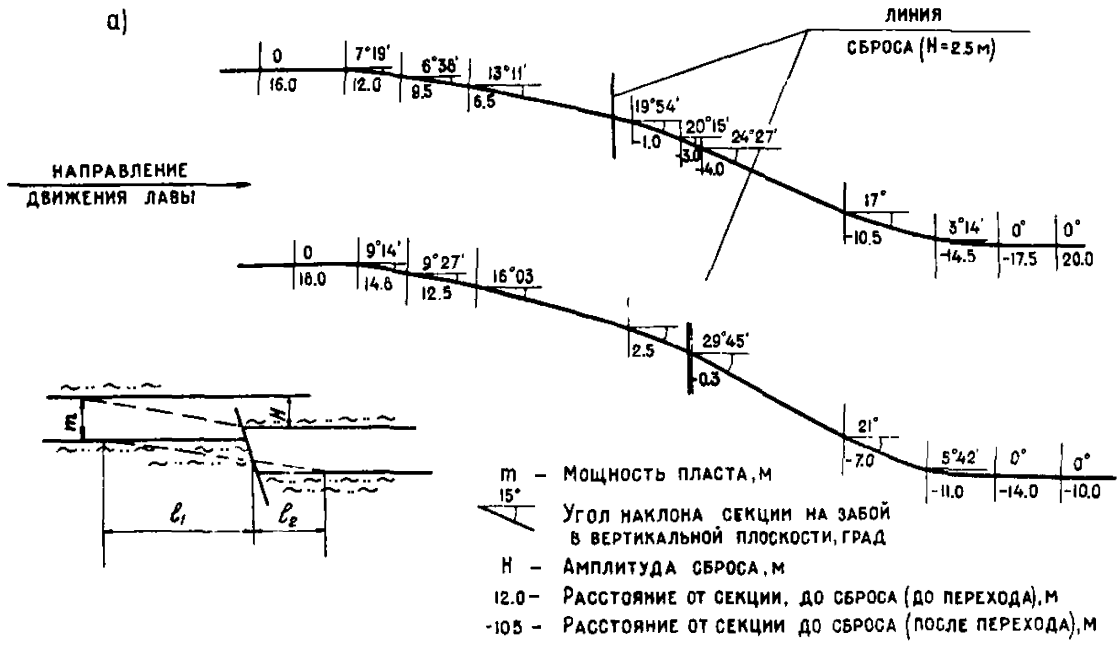
Графическое изображение кривой (рис. 9б) в Декартовых координатах показывает, что она ограничивается двумя ассимптотами $y = \frac{1}{a}$ и $y = 0$, а точка перегиба имеет координаты

$$\left(\frac{1}{\kappa} \ell n \frac{a}{b}; \frac{1}{2a}\right).$$

В рассматриваемом случае направление оси OX совпадает с направлением движения комплекса, а ось OУ имеет положительное направление. Точка пересечения кривой (I7) с осью OУ имеет координаты $(o; \frac{1}{a+b})$.

Касательная к кривой в точке перегиба образует с положительным направлением оси OX угол $\varphi = 180 - \alpha$, где α – максимальный угол наклона комплекса при переходе нарушения.

В уравнении (I7) неизвестными являются коэффициенты a, b и K. Ассимптоты $y = \frac{1}{a}$; $y = o$, ограничивающие кривую (I7)



б)

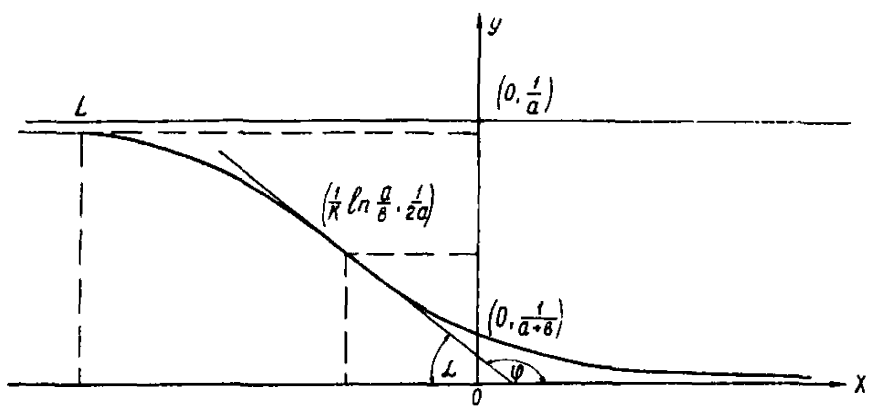


Рис. 9. Траектории движения комплекса при переходе сбросов:
а – фактическая по результатам шахтных измерений;
б – теоретическая.

снизу и сверху, определяют амплитуду сброса (Н), тогда $\frac{1}{a} = H$, или $a = \frac{1}{H}$.

Коэффициент "b" показывает положение оси ОУ относительно точки, с которой начинается переход нарушения. Для определения коэффициента "b" рассмотрим некоторую точку L на кривой. Если расстояние между точкой L и верхней ассимптотой (ΔH) не превышает допустимую ошибку определения положения комплекса, то с точки L следует начинать переход нарушения (спуск по кривой). Координаты точки L тогда будут $x = x_L$, $y = \frac{1}{a} - \Delta H$. Поскольку координаты X неизвестны, перенесем в нее начало координат, использовав свойство кривой (I7):

При $x = 0$ $\quad y = \frac{1}{a+b}$;

тогда $\quad \frac{1}{a+b} = \frac{1}{a} - \Delta H$;

Откуда $\quad b = \frac{a^2 \cdot \Delta H}{1 - a\Delta H} = \frac{\Delta H}{H(H-\Delta H)}$.

Используя геометрический смысл первой производной, которая равна тангенсу угла наклона касательной в любой точке, определим коэффициент K, характеризующий угол наклона касательной к оси ОХ в точке перегиба:

$$tg\,\varphi = \left(\frac{1}{a+be^{-kx}}\right)' = -\left(\frac{1}{a+be^{-kx}}\right)^2 \cdot b \cdot k \cdot e^{-kx}.$$

Подставив координаты точки перегиба, получим:

$$tg\,\varphi(180-\alpha) = -\left(\frac{1}{a+be^{-\ln\frac{a}{b}}}\right)^2 \cdot b \cdot k e^{-\ln\frac{a}{b}};$$

$$-tg\,\alpha = -\left(\frac{1}{2a}\right)^2 ak;$$

$$tg\,\alpha = \frac{k}{4a}; \qquad k = 4a \cdot tg\,\alpha;$$

$$k = \frac{4\,tg\,\alpha}{H}.$$

Алгоритм расчета пути следования комплекса состоит в следующем:

Зная H – амплитуда сброса пласта;

ΔH – погрешность определения положения комплекса;

α – допустимый угол наклона комплекса;

определим:

1) $a = \frac{1}{H}$;

2) $\beta = \frac{\Delta H}{H(H-\Delta H)}$;

3) $\kappa = \frac{4 \operatorname{tg}\alpha}{H}$.

Конкретный вид уравнения получается при подстановке значений в уравнение (I7).

$$y = \frac{H}{1 + \frac{\Delta H}{H-\Delta H} \cdot e^{\frac{4 \operatorname{tg}\alpha \cdot x}{H}}}, \qquad (I8)$$

Рассчитаем путь следования комплекса при заданных:

H = 2,5 м; ΔH = 0,I м; $\alpha = 20^0$.

Тогда $a = 0,4$, $\beta = 0,0I67$, K = 0,582.

Уравнение кривой примет вид:

$$y = \frac{1}{0,4 + 0,I67 \cdot e^{0,582 \cdot x}} \qquad (I9)$$

Кривая, описываемая полученным уравнением, представлена на рис. I0. При движении комплекса по этой кривой за каждым последующим циклом, равным 0,6 м, производится выемка слоя породы, имеющего сечение S_i. Соотношение S_i ко всей площади вынимаемого комплексом слоя угля и породы (S) приближенно характеризует зольность добываемой горной массы. При заданной зольности угля можно определить тот цикл при переходе, где зольность уже превышает норму, и горную массу необходимо отгружать в отвал.

Площадь S_i вычисляется по интегралу:

$$S = \int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x)dx = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{dx}{a + \beta e^{\kappa x}}.$$

Пределами интегрирования являются координаты проекции дуги длиной 0,6 м (ширина цикла) на ось OX.

Координаты i-го цикла следует определять из формулы длины дуги (17), имея ее значение

$$\ell = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \sqrt{1+(y')^2}\, dx, \qquad (20)$$

Подставляя в (20) выражение производной и выполняя соответствующее преобразование, приходим к эллиптическому интегралу типа

$$\int R\left(x\sqrt{a\cdot x^4+bx^3+cx^2+dx+e}\right)dx,$$

который не выражается через элементарные функции в конечном виде [4, стр. 316].

В связи с этим при определении координаты X и исходя из того, что максимальное расхождение между отрезком пути следования комплекса и его проекций на ось абсцисс составляет (60–60 $\cos\alpha$ = 4 см) 6,6%, т.е. мало и им вполне можно пренебречь, приращение по оси OX принимаем равным ΔX = 0,6 м.

В нашем случае, когда кривая лежит выше оси абсцисс, площадь породы, захватываемой комплексом на i-ом цикле, будет:

$$S_i = H\cdot\Delta X - \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{dx}{a+be^{kx}}, \qquad (21)$$

Найдем выражение для интеграла (21)

$$\int \frac{dx}{a+b\cdot e^{kx}}, \qquad (22)$$

Сделаем замену переменной $e^{kx} = z$, тогда

$$k\cdot e^{kx}\cdot dx = dz;$$

$$dx = \frac{dz}{kz};$$

Подставляя эти значения в (22), получим:

$$\int \frac{dx}{a+be^{\kappa x}} = \int \frac{dz}{\kappa z(a+bz)}.$$

Последнее выражение представим в виде:

$$\frac{1}{\kappa}\int\left(\frac{A}{z}+\frac{B}{a+bz}\right)dz, \qquad (23)$$

Коэффициенты A и B находим из уравнений:

$$\frac{A}{z}+\frac{B}{a+bz}=\frac{1}{z(a+bz)}; \quad Aa+ABz+Bz=1;$$

$$AB+B=0; \quad Aa=1; \quad A=\frac{1}{a}; \quad B=-\frac{b}{a}.$$

Подставляя A и B в (23), находим:

$$\frac{1}{\kappa}\int\left(\frac{A}{z}+\frac{B}{a+bz}\right)dz=\frac{1}{\kappa}\int\frac{1}{az}dz+\frac{1}{\kappa}\int\left[\frac{b}{a(a+bz)}\right]dz=$$

$$=\frac{1}{\kappa a}\int\frac{dz}{z}-\frac{1}{\kappa}\int\frac{d(a+bz)}{a+bz}=\frac{1}{\kappa a}\left[\ln z-\ln(a+bz)\right]=$$

$$=\frac{1}{\kappa a}\ln\frac{z}{a+bz}=\frac{1}{\kappa a}\ln\frac{e^{\kappa x}}{a+be^{\kappa x}}=\frac{1}{\kappa a}\ln e^{\kappa x}-$$

$$-\frac{1}{\kappa a}\ln\left(a+be^{\kappa x}\right)=\frac{x}{a}-\frac{1}{\kappa a}\ln\left(a+be^{\kappa x}\right).$$

Тогда:

$$\int_{x_i}^{x_i+\Delta x}\frac{dx}{a+be^{\kappa x}}=\left[\frac{x}{a}-\frac{1}{\kappa a}\ln\left(a+be^{\kappa x}\right)\right]_{x_i}^{x_i+\Delta x}.$$

Таким образом, общая формула для вычисления площади породы, захватываемой комплексом на i -ом цикле, имеет вид:

$$S_i=\frac{1}{\kappa a}\ln\left(\frac{a+be^{\kappa(x_i+\Delta x)}}{a+be^{\kappa x_i}}\right), \qquad (24)$$

Подставляя в (24) значения коэффициентов a, b и K, получим:

$$S_i=\frac{H}{4\operatorname{tg}\alpha}\cdot\ln\frac{H-\Delta H+\Delta He^{\frac{4\operatorname{tg}\alpha(x_i+\Delta x)}{H}}}{H-\Delta H+\Delta He^{\frac{4\operatorname{tg}\alpha\cdot x_i}{H}}}.$$

В нашем случае:

$$S_i = 4{,}3\,\ln\frac{2{,}4+0{,}1e^{0{,}58(x_i+0{,}6)}}{2{,}4+0{,}1e^{0{,}58x_i}}.$$

В табл. I4 приведены результаты расчета площадей вынимаемых комплексом слоев породы на каждом цикле при двух наиболее типичных схемах перехода сбросов (рис. I0): схема I – переход сброса заканчивается на линии сброса, схема II – точка перегиба траектории комплекса при переходе находится на середине сброса.

Для упрощения подсчета зольности горной массы, добываемой на i-ом цикле, рассмотрим элементарный участок длины лавы, тогда:

$$A_r = \frac{A_y \cdot S_y \cdot \gamma_y + A_n \cdot S_n \cdot \gamma_n}{S_y \cdot \gamma_y + S_n \gamma_n}, \qquad (25)$$

где $A_г$ – зольность горной массы;

$A_у$ – зольность угля (вынимаемого слоя) 32,5%;

$A_н$ – зольность породы 80%;

S_y – площадь вынимаемого угля;

γ_y – удельный вес угля I,4 г/см^3;

γ_n – удельный вес породы 2,5 г/см^3;

S_n – площадь подрываемого слоя породы, м^2;

где $$S_y = S_o - S_n,$$

S_o – общая площадь вынимаемого слоя I,8 м^2.

Подставляя в (25) эти значения на каждом цикле, получим зольность вынимаемой горной массы.

Результаты расчетов при двух различных схемах перехода сбросов приведены в табл. I4.

Пользуясь табл. I4, можно с достаточной для практических целей точностью определить в условиях норильских шахт номер цикла, при котором зольность добываемой горной массы находится еще в допустимых пределах или превосходит их. В последнем случае горная масса должна обогащаться или отгружаться в отвалы.

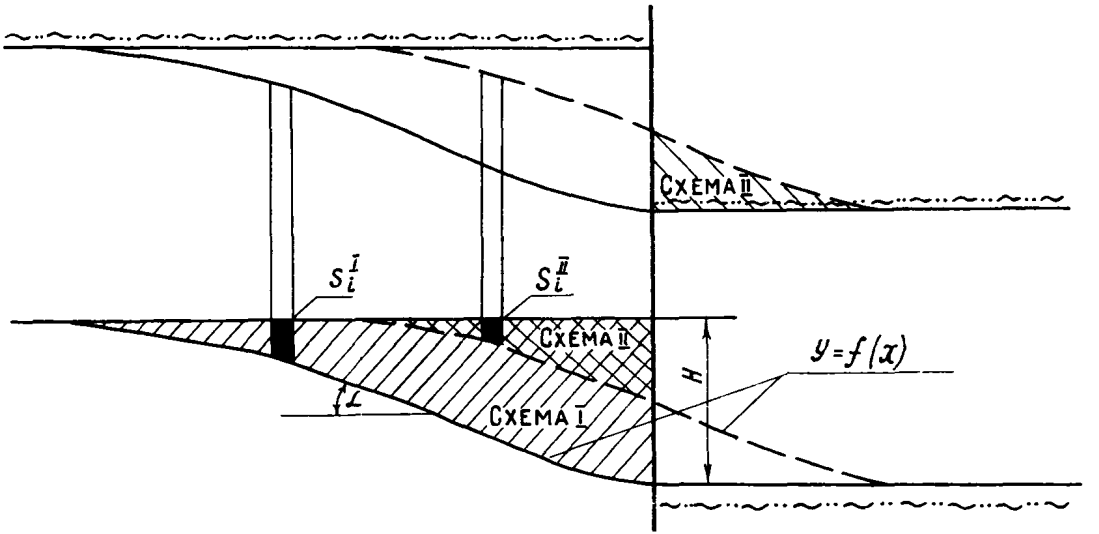


Рис. 10. Площадь слоев породы, подрываемой комплексом, при различных технологических схемах перехода геологических нарушений.

Таблица I4

Цикл	Интервал перехода комплексом нарушения, м	Площадь вынимаемых комплексом слоев породы, $м^2$	Зольность горной массы, %	
			при переходе по схеме I	при переходе по схеме II
I	0- 0,6	0,072	35,8	35,8
2	0,6-I,2	0,I00	37,0	37,0
3	I,2-I,8	0,I38	38,6	38,6
4	I,8-2,4	0,I89	40,7	40,7
5	2,4-3,0	0,254	43,2	43,2
6	3,0-3,6	0,336	46,3	46,3
7	3,6-4,2	0,434	49,6	49,6
8	4,2-4,8	0,547	53,8	53,8
9	4,8-5,4	0,672	56,9	56,9
I0	5,4-6,0	0,802	50,4	5I,8
II	6,0-6,6	0,929	63,6	48,9
I2	6,6-7,2	I,047	66,3	46,0
I3	7,2-7,8	I,I44	68,4	43,4
I4	7,8-8,4	I,235	70,3	4I,0
I5	8,4-9,0	I,299	7I,5	38,9
I6	9,0-9,6	I,357	72,6	37,3
I7	9,6-I0,2	I,393	73,5	36,I
I8	I0,2-I0,8	I,422	73,8	35,I
I9	I0,8-II,4	I,445	74,2	34,4

О Г Л А В Л Е Н И Е

А н н о т а ц и я 4
В в е д е н и е 5
Глава I Анализ эффективности применения механизированных комплексов на нарушенных участках 7
Глава П Технологические схемы перехода геологических нарушений комплексами I7
Глава Ш Подход к систематизации геологических нарушений и учет нарушенности пластов при выборе и подготовке участков для отработки их комплексами ... 23
Глава IУ Ориентировочный метод технико-экономической оценки целесообразности применения механизированных комплексов на пластах с геологическими нарушениями 34
З а к л ю ч е н и е 38
Л и т е р а т у р а 4I
Приложение I Детальное описание опыта перехода геологических нарушений комплексами ОМКТМ на пластах Ш, УI и Х Норильского угленосного района..... 42
Приложение П Учет зольности угля при переходе геологических нарушений комплексами 57

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПЕРЕХОДУ КОМПЛЕКСАМИ ОМКТМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

(На примере опыта разработки Норильского угленосного района)

Утверждено к печати Президиумом Якутского филиала
Сибирского отделения Академии наук СССР

Редактор Т. П. Шкулепо
Корректор Г.Н.Адоленко

Подписано к печати I4/I-I972 г. МЛ 0I003 Формат 60x84
I/I6. Печ. л. 5. Уч.-изд. 4,32. Тираж I000 экз.
Цена 50 коп. Заказ 404

фото-офсетной лаборатории Якутского филиала
СО АН СССР, г. Якутск, Петровского, 36.

gost.e-ecolog.ru