

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва»

Горный институт  
Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых

Константин Александрович Филимонов  
Данил Викторович Зорков

## **ПОДЗЕМНАЯ РАЗРАБОТКА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Методические материалы к самостоятельной работе



Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления подготовки 21.05.04 Горное дело, специализации  
«Подземная разработка пластовых месторождений»  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензенты: Цибаев С. С. – канд. тех. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Ренёв А. А. – доктор тех. наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», председатель учебно-методической комиссии специальности 21.05.04 «Горное дело»

**Филимонов, К.А., Зорков, Д.В. Подземная разработка пластовых месторождений:** Методические материалы к самостоятельной работе для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Подземная разработка пластовых месторождений», заочной формы обучения / сост. К. А. Филимонов, Д. В. Зорков; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва – Кемерово, 2024. – Текст : электронный.

Содержит требования по структуре содержанию теоретической и практической части контрольной работы. Приведены темы теоретических вопросов. В практической части рассмотрено маневрирование очистным комплексом при переходе геологических нарушений. Приведен пример выполнения практической части. Подготовлено по дисциплине «Подземная разработка пластовых месторождений».

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва, 2024

© Филимонов К. А., 2024

© Зорков Д. В., 2024

## **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Самостоятельная работа включает в себя изучение теоретического материала, выполнение контрольной работы и подготовку к промежуточной аттестации.

Цель контрольной работы – приобретение навыков практического выполнения инженерно-технических изысканий по проектированию перехода дизъюнктивного нарушения.

Работа выполняется в 8 семестре и включает в себя два теоретических вопроса и расчётно-графическую часть. Теоретические вопросы являются вопросами промежуточной аттестации (экзамена). Расчётно-графическая часть выполняется на основе методики работы № 13 практикума [1].

Вариант контрольной работы выдается преподавателем до начала сессии. К защите допускаются работы, выполненные по своему варианту, соответствующие по структуре и содержанию требованиям данных методических указаний. Защита заключается в ответе на вопросы по работе. Без зачтённой контрольной работы студент не допускается к сдаче экзамена.

Контрольная работа выполняется на пронумерованных листах бумаги формата А4 (Times New Roman, размер шрифта – 16 пт; интервал – одинарный, все поля по 20 мм). Чертежи выполняются в графическом редакторе. Допускается их размещение на одном или нескольких листах бумаги формата А3, А2 или А1. Все листы скрепляются в папке-скоросшивателе. Структура контрольной работы следующая: титульный лист, содержание, основная часть (теоретический вопрос № 1, № 2, расчётно-графическая часть), список литературы.

Контрольная работа должна быть оформлена согласно требованиям для технического текста: рисунки, таблицы и формулы пронумерованы, присутствуют ссылки на литературные источники и т. д.

### **1. Теоретическая часть**

Ответ на теоретические вопросы должен представлять собой конспект теоретических материалов практикума [1] и лекций содержащий относительно краткий, но в тоже время достаточно полный материал по теме. В тексте следует помещать графические материалы.

### ***Темы теоретических вопросов***

1. Камерная система разработки.
2. Камерно-столбовая система разработки.
3. Система разработки короткими столбами.
4. Процессы очистных работ в коротких забоях (структура, средства механизации процессов).
5. Монтажно-демонтажные работы (основные понятия и термины, процессы)
6. Погрузочно-доставочные машины для МДР (классификация, эксплуатационные характеристики, область применения).
7. Монорельсовые подвесные дороги (классификация, эксплуатационные характеристики, область применения).
8. Напочвенные дороги (классификация, эксплуатационные характеристики, область применения).
9. Технология демонтажных работ (выбор типа камеры и средств механизации, организация работ).
10. Технология монтажных работ (выбор типа камеры и средств механизации, организация работ).
11. Понятие о нарушенных пластах, классы геологических нарушений.
12. Параметры дизъюнктивных нарушений, классы геологических нарушений.
13. Понятие о маневрировании очистным комплексом.
14. Технологические схемы перехода нарушений (классификационные признаки 1, 2, 3).
15. Технологические схемы перехода нарушений. (классификационные признаки 4, 5).
16. Выбор технологической схемы перехода. Влияющие факторы и ограничения.
17. Поворот очистного комплекса (общие понятия). Поворот без изменения направления движения.
18. Поворот очистного комплекса (общие понятия). Поворот с изменением направления движения.
19. Поворот очистного комплекса (общие понятия). Разворот.
20. Способы маневрирования комплексом в плоскости (классификация, терминология). Поворот с изгибом базы к центру.
21. Способы маневрирования комплексом в плоскости (классификация, терминология). Поворот с изгибом базы от центра.
22. Подготовка прохода концевой участка лавы на фланге (центре) поворота.

Распределение тем по вариантам представлено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение тем по вариантам

|          | Варианты |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|          | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Вопрос 1 | 1        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 1  | 3  | 5  | 7  | 9  |
| Вопрос 2 | 12       | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 |

## 2. Расчётно-графическая часть

### *Теоретические положения*

Многие шахты ведут горные работы по *нарушенным пластам* – условно выделяемой категории пластов полезных ископаемых, ведение горных работ по которым осложнено геологическими нарушениями [2]. Для некоторых шахтных полей характерно наличие большого количества геологических нарушений, а на других нарушения встречаются редко. В целом наличие нарушений считается отрицательным фактором, провоцирующим такие негативные явления, как:

- повышение вероятности динамических явлений;
- прорывы воды и плывунов;
- снижение устойчивости кровли;
- пучение почвы;
- увеличение нагрузки на секции механизированной крепи;
- повышенный износ элементов выемочной машины (при присечке вмещающих пород);
- увеличение зольности горной массы.

На участках угольных пластов вблизи геологических нарушений возникают тектонические напряжения, что увеличивает вероятность возникновения горного удара [3]. Горные работы в пределах участка тектонических напряжений должны вестись с обязательным выполнением мероприятий по прогнозу и предотвращению горных ударов [4]. Значительное снижение устойчивости массива в нарушенной зоне делает обязательным применение специальных мероприятий по его упрочнению [4]. Выполнение этих мероприятий требует затрат времени, что наряду с изменениями (усложнениями) в технологической схеме очистной выемки приводит к снижению суточной добычи при переходе нарушения.

Дизъюнктивные нарушения являются распространённым видом нарушений, осложняющих ведение очистных работ (рис. 1).

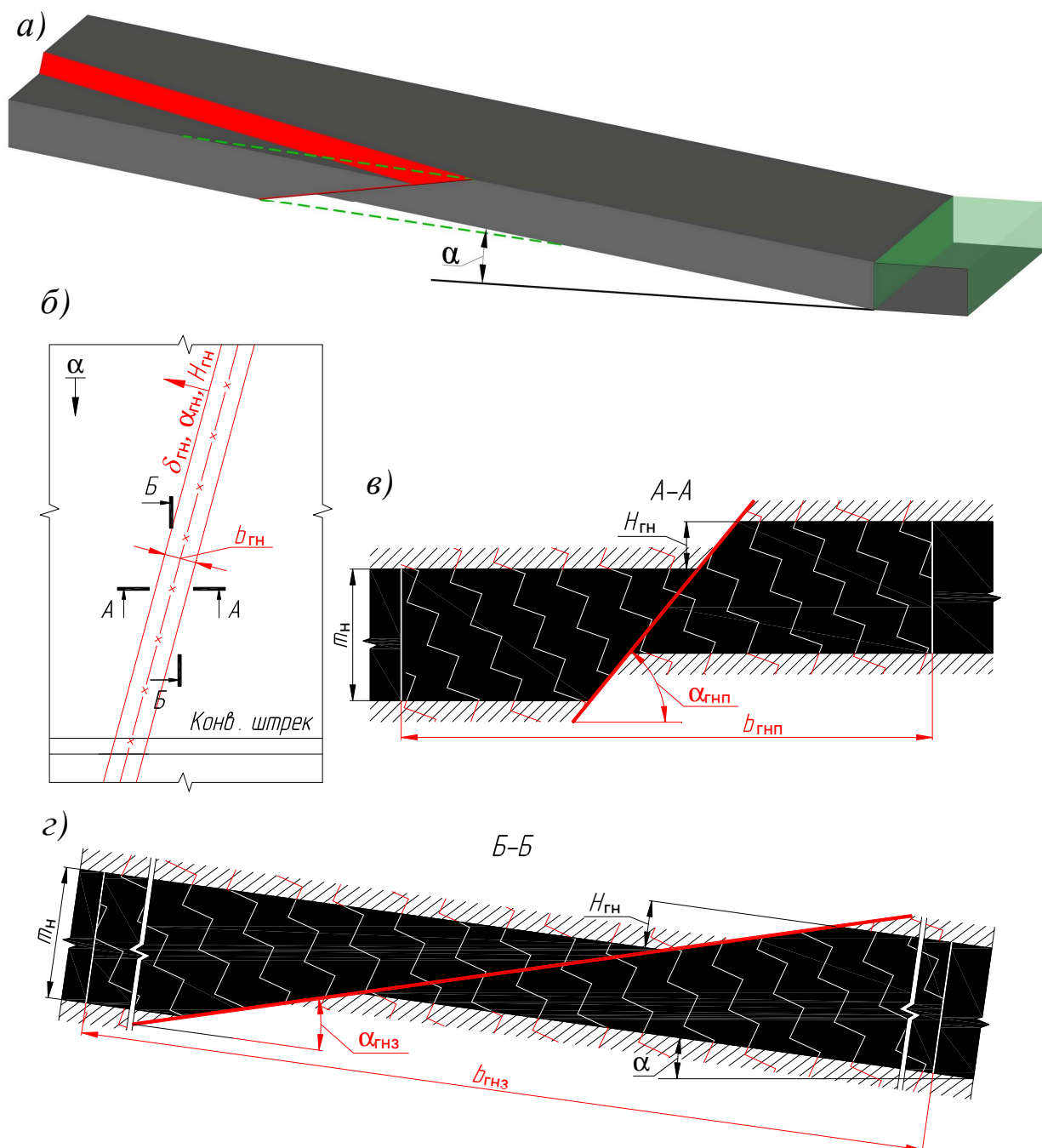


Рис. 1. Дизъюнктивное геологическое нарушение:  
 а – 3D-модель пласта; б – план пласта; в – сечение вкрест оси сместителя; г – сечение по падению пласта

Основными параметрами дизъюнктивного геологического нарушения являются:

- тип нарушения;
- вертикальная амплитуда  $H_{гн}$ , м;
- азимут падения плоскости сместителя  $\delta_{гн}$ , град.;
- угол падения плоскости сместителя  $\alpha_{гн}$ , град.;
- ширина зоны влияния нарушения по нормали  $b_{гн}$ , м.

При проектировании технологической схемы перехода также используют следующие производные двух последних параметров:

- угол падения плоскости сместителя в плоскости очистного забоя  $\alpha_{\text{ГНЗ}}$ , град.;

- ширина зоны влияния нарушения по плоскости забоя  $b_{\text{ГНЗ}}$ , м;

- угол падения плоскости сместителя в плоскости, перпендикулярной очистному забою  $\alpha_{\text{ГНП}}$ , град.;

- ширина зоны влияния нарушения по перпендикулярной очистному забою плоскости  $b_{\text{ГНП}}$ , м.

По фактору возможности перехода очистным комплексом дизъюнктивные нарушения можно разделить на три класса:

- переход невозможен;

- переход возможен, но экономически нецелесообразен;

- переход возможен и экономически целесообразен.

В настоящее время нормативные документы не регламентируют значения параметров нарушения, исходя из которых можно было бы однозначно отнести его в один из вышеперечисленных классов. Опыт отработки нарушенных пластов показывает, что непреходимыми нарушениями являются крупные дизъюнктивные нарушения с амплитудой, значительно превышающей мощность пласта, и (или) значительными размерами по простиранию и вкрест простиранию сместителя. Осложняющими факторами вблизи таких нарушений являются как снижение устойчивости массива, так и выход комплекса на прочные вмещающие породы, разрушение которых очистным комбайном невозможно. В обоих случаях комплекс может потерять способность к перемещению, а в некоторых случаях уже невозможно будет осуществить его демонтаж. Крупные нарушения выявляются, как правило, при геологоразведочных работах. В дальнейшем «раскройка» пласта на выемочные столбы должна производиться так, чтобы исключить попадание такого нарушения в пределы выемочного столба.

Ко второму классу относят нарушения, переход которых технически и технологически возможен, но затраты на выполнение различных процессов, входящих в технологическую схему перехода, а также временные затраты таковы, что перемонтаж комплекса является экономическим более выгодным. В настоящее время федеральные нормативные документы не содержат методики такой оценки. Поэтому при необходимости оценки экономической целесообразности перехода геологического нарушения очистным ком-

плексом необходимо самостоятельно разработать методику, учитывающую особенности перехода в аналогичных условиях. При этом можно воспользоваться положениями региональных методик, разработанных в СССР [5, 6].

Геологические нарушения, переход которых возможен и экономически целесообразен, – это нарушения, амплитуда которых меньше мощности пласта или сопоставима с ней. Такие нарушения в большом количестве встречаются в шахтных полях Кузбасса и других угольных бассейнов. Экономические и временные затраты на переход мелких нарушений меньше затрат на перемонтаж очистного комплекса, причём это может быть очевидным без расчётов (исходя из опыта). Также будут меньше потери угля в целиках (не оставляются целики у нарушения).

Подготовка выемочных столбов, исключая мелкие нарушения, может значительно сократить размеры столбов. Это противоречит тенденции последних лет к увеличению длины и ширины выемочных столбов, поэтому переход нарушения является актуальным технологическим приёмом.

Нарушения второго и третьего класса также могут провоцировать негативные явления, указанные выше.

Переход геологического нарушения предполагает маневрирование очистным комплексом. Различают два вида маневрирования: *в плоскости пласта* и *в пространстве* [7].

*Маневрирование в плоскости пласта* (рис. 2, б, г) является предварительным манёвром при переходе нарушения. Его цель – придание очистному комплексу оптимального для конкретных условий положения относительно геологического нарушения. Применительно к переходу дизъюнктивного нарушения – это поворот комплекса для изменения угла его расположения относительно оси сместителя, в результате чего комплекс занимает некоторое исходное положение перехода. Из практики переходов геологических нарушений можно выделить два исходных положения, обуславливающих два типа перехода по фактору взаимного положения очистного комплекса и нарушения:

- расположение комплекса параллельно оси сместителя с последующим фронтальным переходом (рис. 2, а, б);

- расположение комплекса под углом  $\tau$  к оси сместителя с последующим диагональным переходом (рис. 2, в, г).



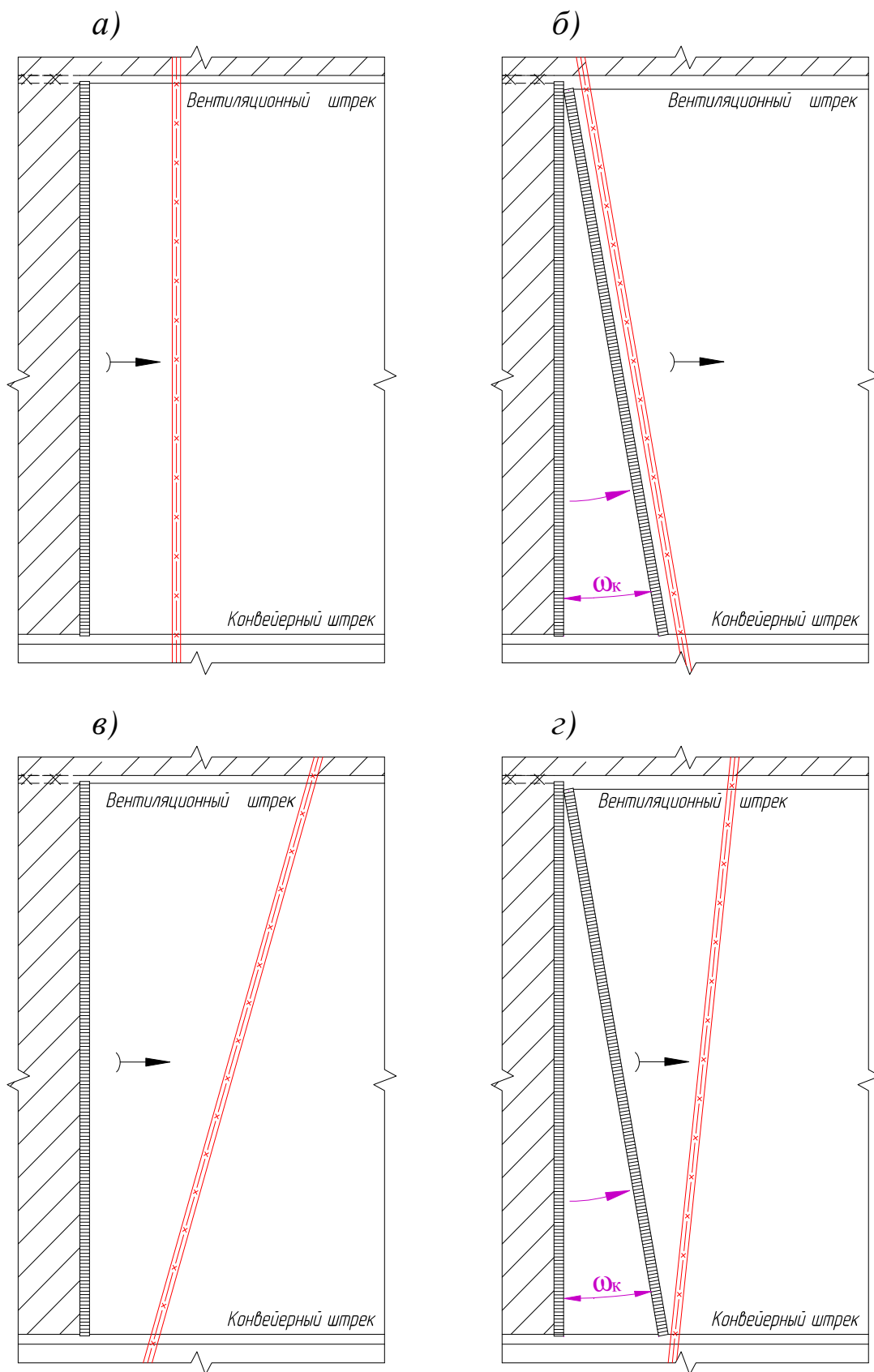


Рис. 2. Исходные положения комплекса перед переходом нарушения:  
а, б – параллельно оси сместителя с последующим фронтальным переходом;  
в, г – под углом к оси сместителя с последующим диагональным переходом

Главным условием для осуществления фронтального перехода является достаточная устойчивость кровли в зоне влияния нарушения, когда сдвигение и обрушение кровли развиваются в течение некоторого времени, позволяя безопасно осуществлять одновременное маневрирование в пространстве всем очистным комплексом. Другим условием является техническая возможность очистного оборудования присекать (разрушать) вмещающие породы по всей длине очистного забоя и перемещать их в течение каждого выемочного цикла при переходе.

Диагональный переход выполняют в условиях неустойчивых вмещающих пород в зоне влияния нарушения, когда возможные вывалы кровли в призабойное пространство, повышенный водо-газоприток или дезинтеграция почвы позволяют относительно безопасно переходить нарушение только ограниченным количеством секций. Чем больше угол между забоем и осью сместителя при исходном положении, тем меньше секций будет одновременно осуществлять переход.

Маневрирование в плоскости пласта не требуется, если и без него очистной комплекс имеет оптимальное исходное положение перехода относительно нарушения (рис. 2, а, в).

При обходе геологического нарушения маневрирование в плоскости пласта является не предварительным, а основным, единственным видом маневрирования (рис. 14.9 и 14.10 [1]).

Технология маневрирования в плоскости пласта рассматривается в работе № 14 [1]. В рамках данной работы необходимо только указать, требуется оно или нет, а если требуется – определить необходимый угол поворота комплекса в плоскости пласта  $\omega_k$ .

*Маневрирование в пространстве* – это перемещение и поворот секций в плоскостях, отличных от плоскости пласта. Оно выполняется непосредственно при переходе дизъюнктивного нарушения – спуске или подъёме очистного оборудования при перемещении с опущенного крыла на приподнятое или наоборот. Идентификация маневрирования в данной работе осуществляется по *положению основания секции крепи и секции конвейера*.

Переход нарушения может включать в себя не только *участок маневрирования*, но и участки, где секция крепи (т. е. её основание) и секция конвейера не меняют положения относительно плоскости пласта, а меняется положение только поддерживающего элемента.

Это *участки корректировки положения перекрытия*. Несмотря на отсутствие маневрирования, на таких участках секции крепи имеют положение отличное от номинального (исходного).

Участок корректировки положения перекрытия в зависимости от схемы можно разделить на *участок изменения вынимаемой мощности* и *участок номинальных выемочных полос* либо он может быть представлен одним из этих участков (рис. 5, а).

Изменение вынимаемой мощности также может происходить и на участке маневрирования.

Участки маневрирования и корректировки положения перекрытия формируют *полный путь перехода* (рис. 5, а), протяжённость которого является *полной длиной перехода одной секцией*  $l_{\text{дп}}$ .

Численное значение длины перехода определяется в метрах и выемочных циклах, начиная с цикла, при котором секция крепи потеряет номинальное (исходное) положение, заканчивая циклом, при котором она примет номинальное положение после окончания перехода геологического нарушения.

При выполнении манёвра в пространстве каждая секция крепи и конвейера перемещается по поверхности – *поверхности движения секций*, смыкающей опущенное и приподнятое крылья пласта. Вид этой поверхности отражён в классификации существующих технологических схем маневрирования в пространстве. Протяжённость этой поверхности является длиной участка маневрирования.

Типовые схемы перехода предполагают одновременное нахождение в зоне влияния нарушения и вовлечение в пространственное маневрирование всех (фронтальный переход) или нескольких (диагональный переход) секций. В связи с этим возникают понятия «зона перехода» и «участок перехода».

*Участок перехода* – часть очистного комплекса одновременно задействованная в пространственном маневрировании.

*Зона перехода* – часть очистного комплекса, включающая в себя участок перехода, в пределах проекции ширины зоны влияния нарушения на плоскости забоя.

При переходе нарушений происходит формирование *поверхности перехода* – поверхности по почве (кровле) пласта в пределах выемочного столба, смыкающей опущенное и приподнятое крылья пласта (рис. 3, 4). Продольная ось поверхности перехода параллельна плоскости сместителя.

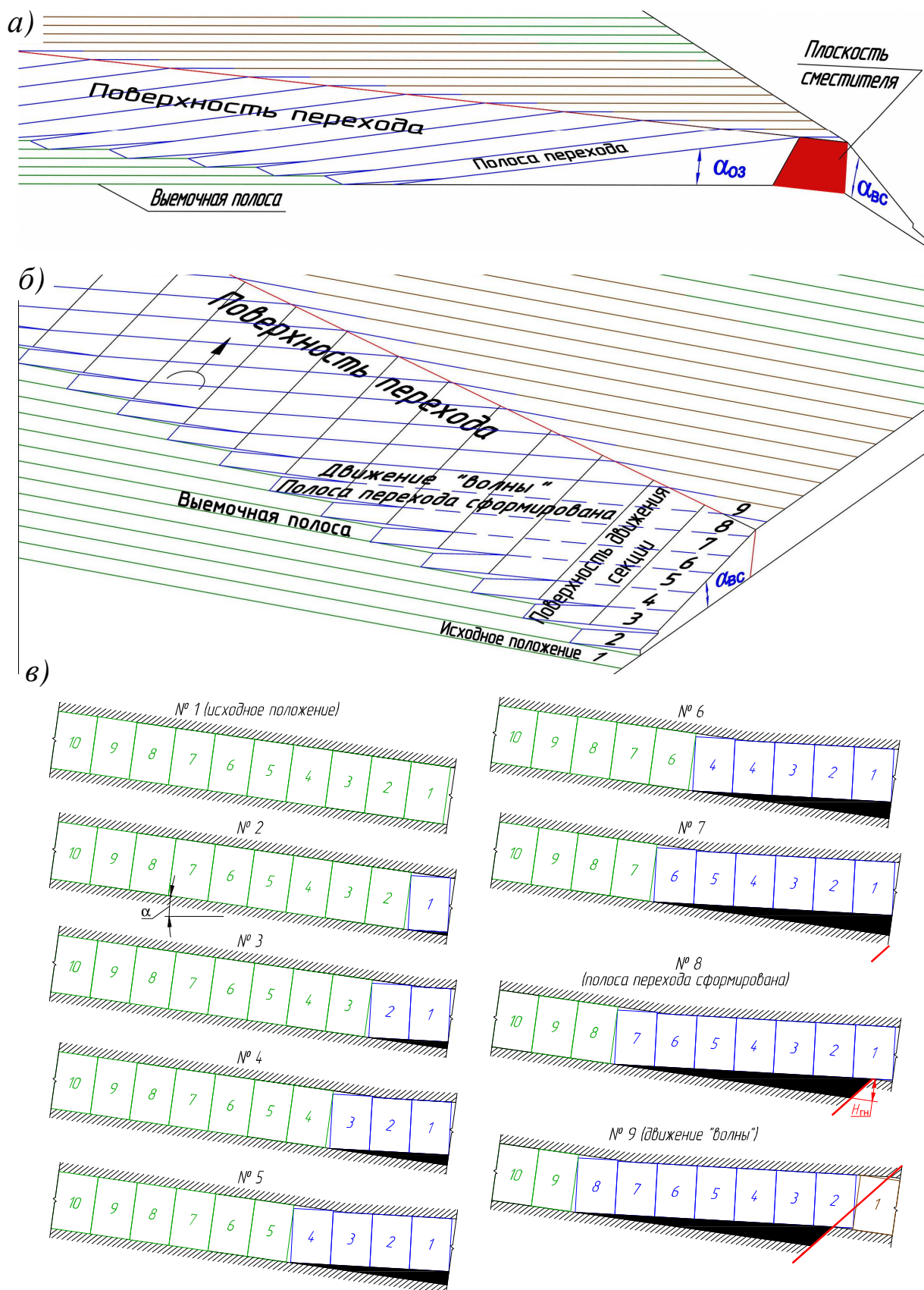


Рис. 3. Схема формирования поверхности перехода по почве при диагональном переходе (подъёме) повёрнутого комплекса:  
а, б – 3D-визуализация по почве забоя; в – принцип формирования полосы перехода на всю длину (сечение вдоль очистного забоя)



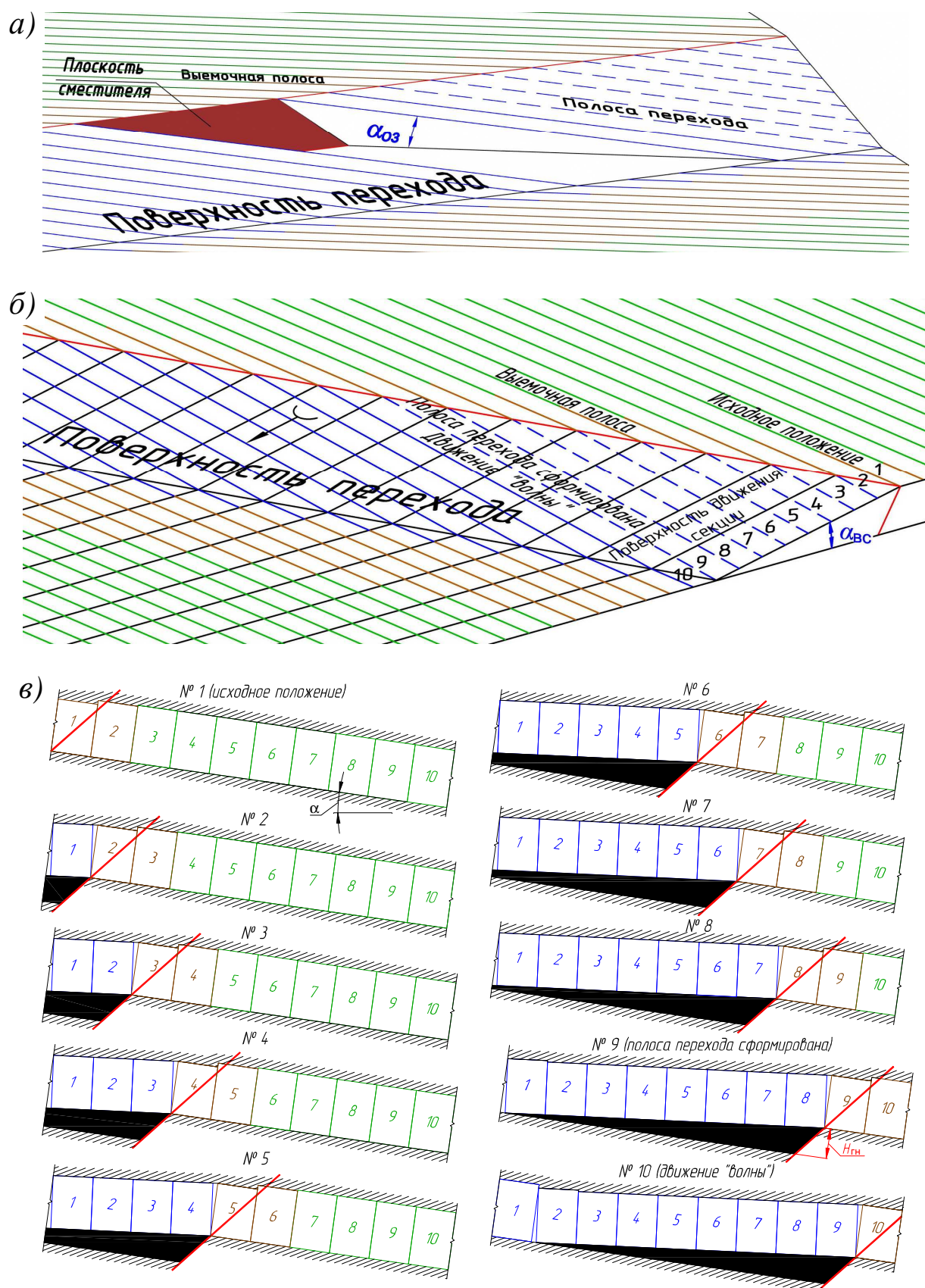


Рис. 4. Схема формирования поверхности перехода по почве при диагональном переходе (спуске):

а, б – 3D-визуализация по почве забоя; в – принцип формирования полосы перехода на всю длину (сечение вдоль очистного забоя)

*Длина участка перехода* – это длина очистного забоя в пределах поверхности перехода.

Поверхность перехода формируется выемочной машиной при выемке каждой полосы угля. Часть вынудой полосы в пределах поверхности перехода – *полоса перехода*. Поэтому поверхность перехода можно представить как совокупность полос перехода.

При фронтальном переходе весь комплекс включается в маневрирование в плоскости одновременно (при выемке одной выемочной полосы). При этом длина участка перехода равна длине зоны перехода, а их значение равно длине очистного забоя. Полосы перехода располагаются параллельно оси сместителя, а их длина равна длине выемочной полосы, т. е. длине очистного забоя.

Формирование полосы перехода при диагональном типе перехода происходит постепенно, начинаясь от выемочной выработки (рис. 3, *а, б* и 4, *а, б*). После того, как первая секция завершит подъем (спуск) (рис. 3, *в* и 4, *в*) на величину  $H_{гн}$ , полоса перехода будет сформирована на всю длину. Далее первая секция заканчивает переход, одновременно с этим новая секция начинает подъем (спуск). Секции формируют «волну» из полос перехода, которая затем по оси сместителя по мере движения комплекса формирует поверхность перехода. Следовательно, при выдержанных параметрах нарушения на поверхности перехода будет находиться одинаковое количество секций, т. е. длина полосы и участка будет постоянной.

Поверхность перехода также может быть представлена как совокупность поверхностей движения секций.

Классификацию технологических схем перехода дизъюнктивного нарушения формируют 5 признаков:

- *тип перехода;*
- *присечка вмещающих пород;*
- *вид поверхности движения секций;*
- *способ поворота секций;*
- *угол наклона секций в вертикальной плоскости.*

Второй признак идентифицирует схему через характеристику нарушения и вмещающих пород. Остальные признаки характеризуют непосредственно технологическую схему маневрирования секциями в пространстве.

По первому признаку различают подъем (рис. 5, *а*, рис. 6, *а, в, д*) или спуск (рис. 5, *б*, рис. 6, *б, г, е*).

По второму признаку различают следующие типы схем:

- без присечки вмещающих пород (рис. 5);
- с присечкой кровли (рис. 6, а, б);
- с присечкой почвы (рис. 6, в, г);
- с присечкой кровли и почвы (рис. 6, д, е).

По виду поверхности движения секций можно выделить следующие типы схем:

- мелкоступенчатые (рис. 6, а, б);
- с прямолинейным участком и со ступенями в начале и конце перехода (рис. 5, рис. 6, в, г, д, е);
- с прямолинейным участком и со ступенями в конце перехода (рис. 8).

Под прямолинейным участком понимается участок, на котором угол наклона секции конвейера в вертикальной плоскости не меняется при двух и более выемочных циклах. Угол наклона секций в вертикальной плоскости – это угол наклона секций относительно почвы (кровли) пласта при пространственном маневрировании.

Под поворотом секций понимается поворот её основания в вертикальной плоскости относительно почвы пласта при пространственном маневрировании. По этому признаку различают схемы:

- с поворотами в движении (рис. 5 и 6);
- с поворотом на месте и в движении (рис. 8).

По пятому признаку различают схемы с пологим (рис. 5, рис. 6, в, г, д, е) и крутым переходом (рис. 6, а, б, рис. 8). Пологий переход – это переход, при котором секции крепи не достигают предельного угла устойчивости по восстанию  $\varphi_{св}$  или по падению  $\varphi_{сп}$ . Если при маневрировании достигается предельный угол устойчивости  $\varphi_{св}$  или  $\varphi_{сп}$  – это крутой переход.

*Небольшие объёмы присечки (призмы), возникающие, как правило, по почве при обратном повороте, не учитываются при идентификации схемы по второму классификационному признаку. Такой присечки можно избежать, но это увеличит протяжённость поверхности движения секций, усложнит маневрирование и приведёт к оставлению части пласта у почвы.*

Треугольные призмы угля, оставляемые у кровли при подъёме (рис. 5, а, 6, в, д), могут самообрушаться или срезаться перекрытием секции крепи при передвижке. Возможен вариант без их оставления, когда будет *небольшая присечка кровли, не учитываемая при идентификации схемы*, а также промежуточный вариант.

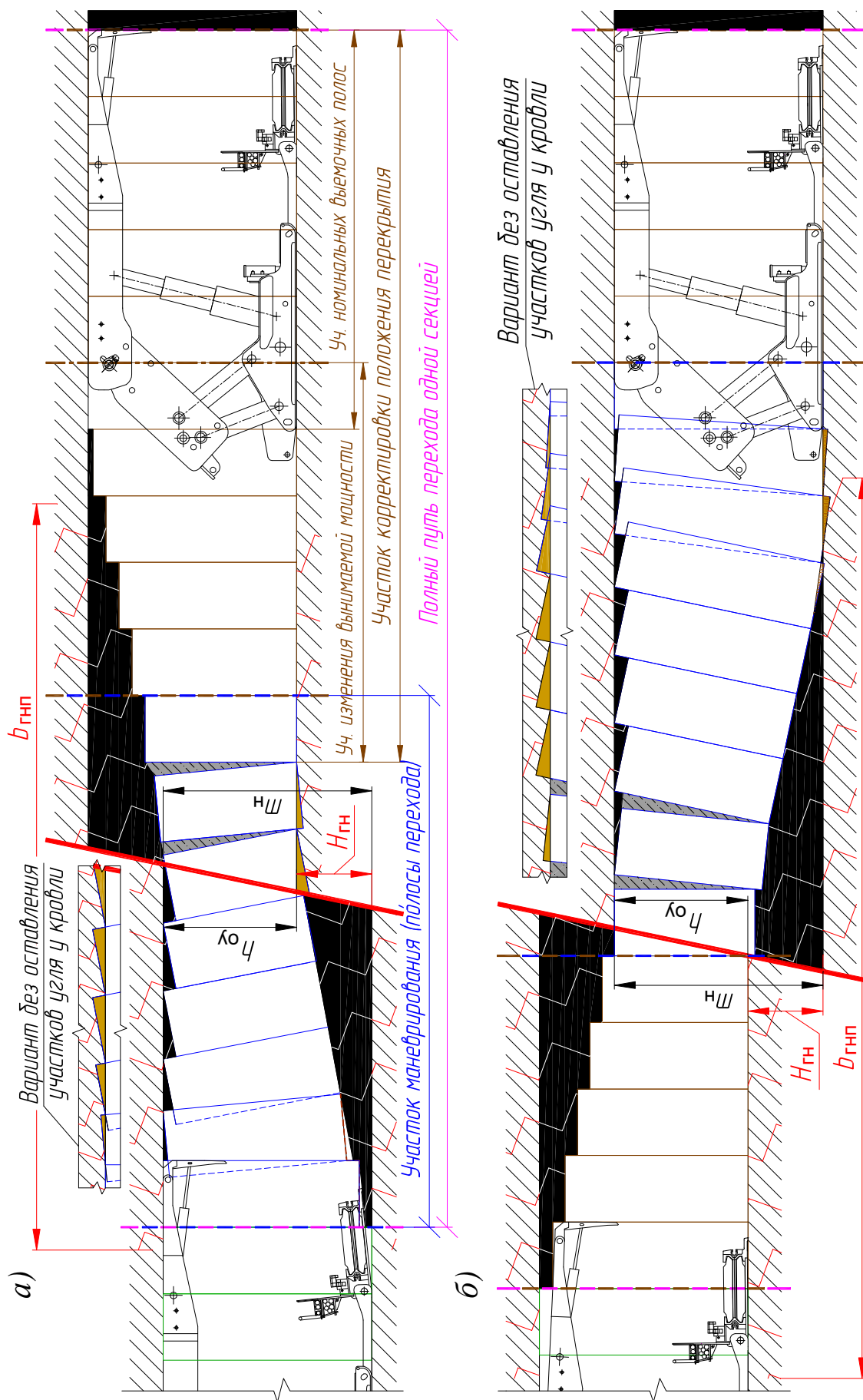


Рис. 5. Технологические схемы перехода нарушений группы I (без присечки):  
мелкоступенчатый подъём (а) и спуск (б) с поворотами в движении



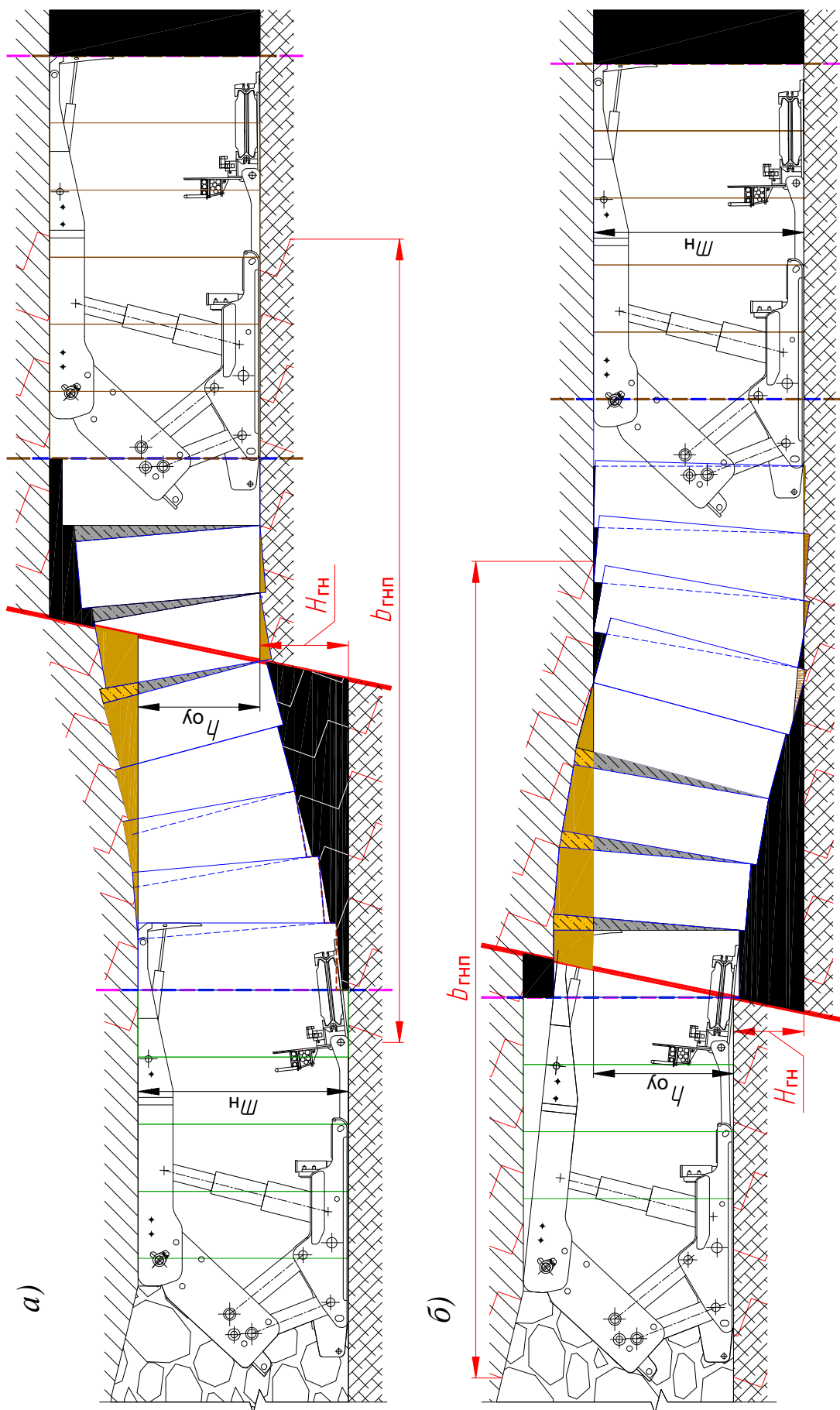


Рис. 6. Технологические схемы перехода нарушений группы II (с присечкой):  
мелкоступенчатый подъём (а) и спуск (б) с поворотами в движении с присечкой кровли





При обратном повороте после спуска (рис. 5, б) также возможны варианты с оставлением призм угля, присечкой кровли без их оставления или промежуточный вариант. В условиях обратного поворота подрезка их перекрытием затруднительна. Поэтому, если необходимо уменьшить потери угля, попадаемые в выработанное пространство, рекомендуется вариант с присечкой кровли.

Представленная классификация охватывает большинство вариантов схем перехода, опробованных в отечественной угольной промышленности, в том числе представленных в указаниях [8]. В этом документе также приведено разделение переходимых геологических нарушений на три группы в зависимости:

- от вертикальной амплитуды геологического нарушения  $H_{гн}$ , м;
- минимальной высоты секции крепи  $H_{min}$ , мм;
- мощности пласта  $m_n$ , м;
- мощности слабых пород ( $f \leq 4$ )  $m_c$ , м.

Эти факторы являются определяющими при выборе схемы по второму признаку представленной классификации.

Без присечки (рис. 5) можно переходить нарушения, удовлетворяющие условию

$$H_{min \phi} \leq h_{oy}, \quad (1)$$

где  $H_{min \phi}$  – фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта при минимальной раздвижности крепи  $H_{min}$  с учётом подштыбовки, запаса гидравлического хода стойки на разгрузку и сближения кровли и почвы, м;  $h_{oy}$  – высота окна перехода по углю, м (см. рис. 5).

Значение  $H_{min \phi}$  определяется по формуле:

$$H_{min \phi} = H_{min} + (h_p + h_h + h_r + h_0), \quad (2)$$

где  $H_{min \phi}$  – фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта при минимальной раздвижности крепи  $H_{min}$  с учётом подштыбовки, запаса гидравлического хода стойки на разгрузку и сближения кровли и почвы, м;  $H_{min}$  – минимальная высота секции крепи (см. исходные данные), м;  $h_p$  – значение подштыбовки основания секции, м;  $h_h$  – значение штыбовой «подушки» на перекрытии секции, м;  $h_r$  – запас гидравлического хода стойки на разгрузку, м;  $h_0$  – значение сближения кровли и почвы, м (принять 0,18÷0,30 м).

Сумма значений  $h_p$ ,  $h_h$  и  $h_r$  определяется по табл. 7.4 [1].

Значение  $h_{oy}$  зависит от амплитуды нарушения:

$$h_{\text{oy}} = m_{\text{н}} - H_{\text{гн}}, \quad (3)$$

где  $h_{\text{oy}}$  – высота окна перехода по углю, м;  $m_{\text{н}}$  – мощность пласта в районе нарушения, м;  $H_{\text{гн}}$  – вертикальная амплитуда геологического нарушения, м.

По классификации указаний [5] нарушения, амплитуда которых соответствует условию ф. (1), – это нарушения группы I.

Если условие ф. (1) не выполняется, технологическая схема перехода будет предусматривать присечку вмещающих пород. При наличии слабых пород (с  $f \leq 4$ ) рекомендуется присекать именно их. Если слабые породы залегают и в кровле, и в почве, предпочтение можно отдать любому варианту присечки (рис. 5). Большинство современных выемочных машин с той или иной производительностью способны разрушать породы с  $f \leq 4$ . Поэтому относительно благоприятными с точки зрения присечки можно считать нарушения, удовлетворяющие условию

$$h_{\text{oy}} < H_{\text{мин ф}} \leq h_{\text{oy}} + m_{\text{с}}, \quad (4)$$

где  $H_{\text{мин ф}}$  – фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта при минимальной раздвижности крепи  $H_{\text{мин}}$  с учётом подштыбовки, запаса гидравлического хода стойки на разгрузку и сближения кровли и почвы, м;  $h_{\text{oy}}$  – высота окна перехода по углю, м;  $m_{\text{с}}$  – мощность слабых пород, м.

По классификации указаний [5] нарушения, амплитуда которых удовлетворяет условию ф. (4), относят к группе II.

Разрушение присекаемых пород с  $f > 4$  возможно только некоторыми моделями выемочных машин с высокой энерговооружённостью. При залегании таких пород и в кровле, и в почве рекомендуется выбрать вариант с присечкой и кровли, и почвы, что частично облегчит их разрушение выемочной машиной. Необходимость присечки прочных пород выражается условием

$$H_{\text{мин ф}} > h_{\text{oy}} + m_{\text{с}}, \quad (5)$$

где  $H_{\text{мин ф}}$  – фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта при минимальной раздвижности крепи  $H_{\text{мин}}$  с учётом подштыбовки, запаса гидравлического хода стойки на разгрузку и сближения кровли и почвы, м;  $h_{\text{oy}}$  – высота окна перехода по углю, м;  $m_{\text{с}}$  – мощность слабых пород, м.

Разрывные нарушения, амплитуда которых соответствует условию ф. (5), относят к группе III [5]. Не все типы выемочных машин могут разрушать присекаемые породы с  $f > 4$ , особенно если предполагается присечка только кровли или только почвы. Тогда разрушение присекаемых пород возможно только с применением БВР, что отразится на экономической целесообразности перехода, и нарушение может быть отнесено ко второму классу.

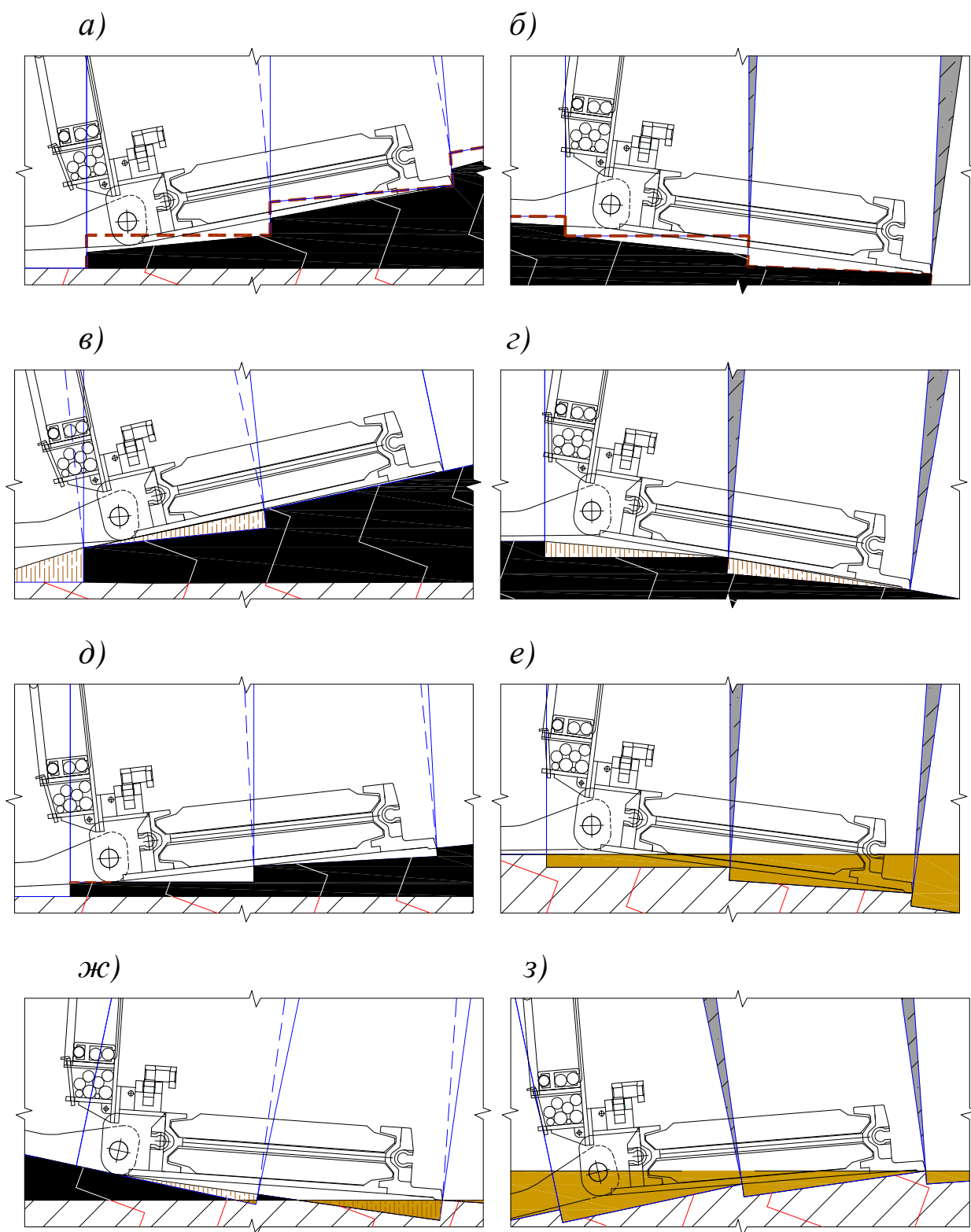
По виду поверхности движения секций можно сделать следующие пояснения. При небольшой протяжённости эта поверхность имеет мелкоступенчатый вид (рис. 6, а, б) – после первоначального поворота на спуск (подъём) происходит обратный поворот. Как правило, такой вид поверхности формируется, если для выполнения маневрирования требуется не более 9 циклов.

Количество циклов при начале маневрирования и обратном повороте зависит от возможности рассогласования секции крепи и конвейера в вертикальной плоскости и может быть равно друг другу или отличаться.

Поверхность с прямолинейным участком и со ступенями в начале и конце перехода формируется, когда предполагается её бо́льшая протяжённость по сравнению с предыдущим случаем. После первоначального поворота на спуск (подъём) секции двигаются несколько циклов прямолинейно по наклонной плоскости, а затем выполняется обратный поворот (рис. 5, рис. 6, в, г, д, е).

Поверхность с прямолинейным участком и со ступенями в конце перехода характерна для схем маневрирования с поворотом на месте и в движении (рис. 7). На начальном этапе маневрирования происходит поворот на месте вверх (вниз) сразу на требуемый угол. Затем секции несколько циклов прямолинейно двигаются по наклонной плоскости. На завершающем этапе выполняется обратный поворот в движении мелкоступенчатым способом.

Повороты в движении (рис. 7) – это тип манёвра, выполняемый при мелкоступенчатом типе поверхности движения секций и при типе с прямолинейным участком и со ступенями в начале и конце перехода. Поднимаясь на ступени, секции постепенно поворачиваются и достигают требуемого угла наклона в вертикальной плоскости. Для этого, как правило, достаточно до 5 ступеней. После подъёма на ступень секции конвейера *выемка следующей полосы угля происходит с поворотом в вертикальной плоскости*, соответствующим текущему расположению конвейера.



*Рис. 7. Варианты мелкоступенчатых поворотов в движении:*

*а – вверх при смятии ступеней; б – вниз при смятии ступеней; в – вверх при использовании направляющих клиньев; г – вниз при использовании направляющих клиньев; д – вверх без смятия и клиньев; е – вниз без смятия и клиньев (этот вариант возможен и со ступенями по углу); ж – обратный поворот (вверх) при спуске; з – обратный поворот (вниз) при подъёме*

Придание устойчивости конвейеру при заходе на ступени (формирование наклонной плоскости) по углю с невысокими прочностными свойствами (условно, с  $f_v < 1$ ) происходит путём естественного смятия ступеней с завальной стороны при подъёме (рис. 7, а) или с забойной стороны при спуске (рис. 7, б) за счёт веса секций и проходящей выемочной машины.

Если эффект смятия ступеней не нужен и (или) необходимо облегчить заход секций на ступени, можно использовать направляющие настилы или клинья (рис. 7, в, г). Такой способ наиболее трудо- и материалоёмкий, но он может обеспечить поворот на требуемый угол меньшим количеством ступеней.

На рис. 7, д, е показан вариант, когда смятие не происходит.

При отсутствии технической возможности поворота секций конвейера специальным домкратом (см. далее) заход конвейера на ступени при первом и третьем способе рекомендуется осуществлять при его задвижке «волной» в сторону подъёма по полосе перехода. При втором способе допускается задвижка в обе стороны.

Обратный поворот секций при завершении перехода также происходит постепенно, по мере их движения. При спуске (поворот вверх, рис. 7, ж) необходимо подкладывать клинья, обеспечивающие *расположение забойной стороны конвейера на уровне почвы пласта*. Иначе при опускании ниже почвы маневрирование усложнится – нужно будет выполнять дополнительный манёвр по поднятию конвейера до уровня почвы.

Если выемочная машина с трудом разрушает пресекаемые породы, следует уменьшать высоту ступеней и (или) ширину захвата. Выемка полос с уменьшенной шириной захвата также может использоваться для создания оптимальной конфигурации поверхности движения секций – например, для схемы на рис. 7, ж (получится вариант без присечки почвы и подкладки клиньев).

Поворот на месте ранее применялся на начальном этапе пространственного маневрирования в технологических схемах спуска или подъёма только при фронтальном крутом переходе нарушения [7, 9]. Комплекс за один приём поворачивался на максимально допустимый по техническим характеристикам угол. Поскольку при такой схеме необходимо повернуть одновременно весь комплекс, требовалась его остановка (временно прекращались отбойка горной массы и перемещение комплекса). Это являлось одним из факторов, ограничивавших применение такой схемы.



Поворот на подъём производился с помощью упорной стойки и предполагал одновременный поворот на требуемый угол и секций конвейера, и секций крепи (рис. 8, а). Манёвр осуществлялся за счёт сокращения гидродомкрата секции крепи и в отличие от мелкоступенчатого поворота в движении не предполагал рассогласования секции крепи и конвейера в вертикальной плоскости. Поэтому такой манёвр мог осуществляться только очистными комплексами с крепями, основания которых заходили под раму забойного конвейера (ОКП70, УКП, МК-75Б и др.).

При сокращении гидродомкрата происходил подъём основания со стороны забоя и, соответственно, подъём и поворот конвейерного става. Под основание крепи подкладывались направляющие, формирующие искусственную плоскость. Поверхность движения начинала формироваться под требуемым углом при выемке первой же полосы угля.

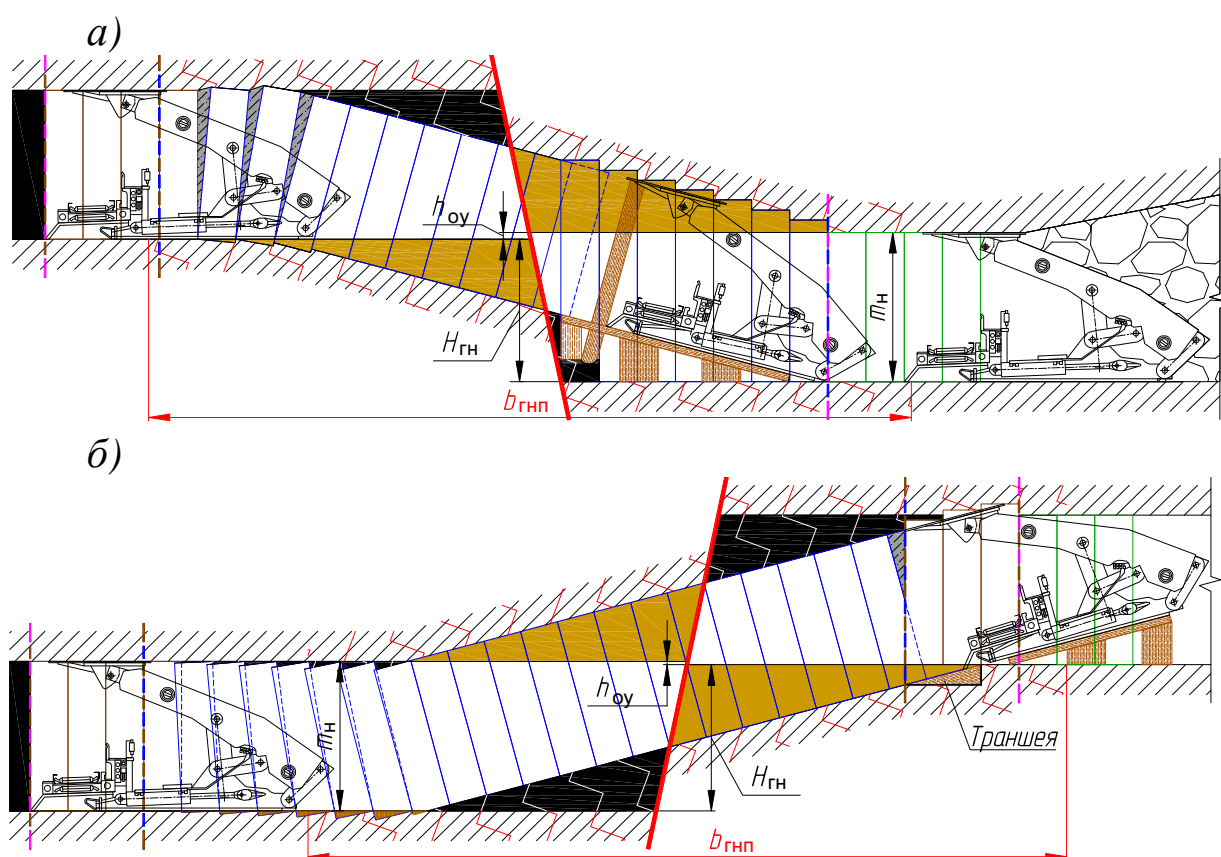


Рис. 8. Поворот секции 1ОКП70 на заданный угол за один приём:  
а – крутой подъём с подрывкой кровли и почвы; б – крутой спуск  
с подрывкой кровли и почвы

Для большинства современных моделей очистных комплексов такой поворот на подъём технически затруднителен, так как секция

конвейера не имеет рамы и установлена на почве. При повороте секции крепи либо не произойдёт подъём секции конвейера, либо произойдёт подъём и вывешивание на элементах системы корректировки положения конвейера, что может привести к их поломке.

Поворот на спуск на месте (рис. 8, б) осуществлялся с помощью гидродомкратов, которыми поднимали заднюю часть секции крепи и подкладывали под них деревянные опоры. Перед конвейером по всей длине лавы предварительно проводили траншею (как правило, с помощью БВР). После поворота в неё задвигалась рама забойного конвейера.

Чем больше угол наклона секций в вертикальной плоскости, тем меньше будет протяжённость поверхности её движения, т. е. быстрее будет выполнен переход. С этой точки зрения рациональным является выполнение крутого перехода. Пологий переход может быть запланирован при небольшой амплитуде нарушения, когда нет необходимости в достижении предельного угла устойчивости, или из-за ограничения, связанного с углом  $\alpha_{03}$  (см. далее).

Также причинами выбора варианта с пологим переходом могут быть ограничения, не позволяющие осуществлять переход с углами, близкими к предельным значениям  $\varphi_{св}$  или  $\varphi_{сп}$ . Например, при спуске с углом наклона более  $15^\circ$  могут возникнуть проблемы с погрузкой выемочной машиной отбитой горной массы на конвейер, а при подъёме – с её попаданием при погрузке и транспортировке на секции крепи. Соответственно, необходимо будет снижать угол наклона, т. е. выполнять пологий переход. Ещё одна причина пологого перехода рассмотрена в примере № 2.

Исходя из вышесказанного основными рекомендуемыми вариантами технологических схем перехода являются крутой или пологий диагональный подъём (спуск) с поворотом в движении. Оставшиеся два признака (присечка вмещающих пород и вид поверхности движения секций) являются элементами вариативности, адаптирующими схему к конкретным условиям перехода.

Представленные на рис. 5 и 6 схемы являются *только некоторыми из возможных вариантов* по комбинации указанных выше классификационных признаков и вариантов мелкоступенчатых поворотов в движении.

Если предполагается переход нарушения, то в проект отработки пласта должен быть включён специальный раздел (или разрабо-

тан отдельный проект), в котором должны быть обоснованы и детально проработаны [5]:

- технологическая схема перехода;
- мероприятия по управлению кровлей и креплению;
- потребность в дополнительных технических средствах и материалах;
- мероприятия, предусмотренные на случай поступления воды в выработки в зоне нарушения;
- ожидаемый уровень снижения суточной добычи угля;
- вопросы безопасности труда.

Если при переходе нарушения предусматривается выполнение буровзрывных работ (БВР), к проекту должен быть приложен паспорт БВР.

При разработке проекта (раздела) перехода геологического нарушения необходимо знать:

- положение геологического нарушения в пределах выемочного столба;
- тип нарушения и его параметры;
- ширину зоны с повышенной интенсивностью трещиноватости пород и угля;
- мощность пласта до нарушения, в зоне нарушения, за зоной нарушения;
- крепость пород кровли и почвы в зоне нарушения;
- мощность пород кровли и почвы с  $f < 4$ ;
- обводнённость и ожидаемый водоприток в зоне нарушения.

Недостоверность информации о параметрах нарушения или её отсутствие, когда нарушение не было выявлено ни при геологоразведочных работах, ни при подготовке выемочного столба, может существенно осложнить переход.

В районе нарушения нередко наблюдается снижение мощности пласта. Это является отрицательным фактором, который может увеличить объём присечки вмещающих пород.

Технологическая схема перехода нарушения должна обеспечивать быстрейший выход на пласт после нарушения, минимальный объём присечки вмещающих пород и минимальные потери угля. Для достижения этого используют технические возможности очистного оборудования, поэтому главным фактором, определяющим параметры перехода конкретного нарушения, является техническая характеристика очистного оборудования. Это комплексный фактор,

включающий в себя не только возможности, но следующие основные ограничения:

- минимальная высота секции крепи  $H_{\min}$ , мм;
- предельные углы устойчивости секций крепи в поперечном направлении  $\varphi_{\text{спн}}$ , по восстанию  $\varphi_{\text{св}}$  и падению  $\varphi_{\text{сп}}$ , град. (рис. 9);
- предельные углы наклона перекрытия секции крепи относительно основания вверх  $\varphi_{\text{пв}}$  и вниз  $\varphi_{\text{пн}}$ , град. (рис. 10);
- предельный угол наклона секции крепи относительно соседней секции в поперечном направлении  $\varphi_{\text{ис}}$ , град. (рис. 13);
- возможность поднятия основания секций крепи;
- предельный угол наклона секции конвейера относительно соседней секции в вертикальной плоскости  $\varphi_{\text{нк}}$ , град. (рис. 12);
- предельные углы наклона конвейера вверх  $\varphi_{\text{кв}}$  и вниз  $\varphi_{\text{кн}}$  относительно балки механизма передвижки, град. (рис. 17);
- предельные углы наклона балки (домкрата) механизма передвижки вверх  $\varphi_{\text{бв}}$  и вниз  $\varphi_{\text{бн}}$  относительно основания секции крепи, град. (рис. 17);
- клиренс очистного комбайна  $C_{\text{ок}}$ , мм (рис. 21);
- глубина подрезки выемочной машиной почвы ниже уровня конвейера  $z_o$ , мм (рис. 22);
- минимальная высота струга  $E_{\min}$  или минимальная вынимаемая очистным комбайном мощность пласта  $Z_{\min}$ , м.

Минимальная раздвижность секции крепи  $H_{\min}$  является важным параметром. Она является основой значения  $H_{\min \varphi}$ , т. е. обуславливает возможность (невозможность) перехода нарушения по схемам группы I (без присечки). При всех схемах рекомендуется переходить нарушение с уменьшенной раздвижностью крепи. Это позволит снизить объём пресекаемых вмещающих пород, но может увеличить потери угля.

Другим важнейшим фактором, определяющим группу нарушения (схему по второму классификационному признаку) является минимальная высота струга  $E_{\min}$  или минимальная вынимаемая очистным комбайном мощность пласта  $Z_{\min}$ . Если эти значения больше, чем  $H_{\min \varphi}$ , то именно они будут являться органичивающими факторами. Тогда представленные выше формулы примут вид

$$\begin{aligned} & \text{группа I (без присечки)} \\ & E_{\min} \leq h_{\text{oy}} \quad \text{или} \quad Z_{\min} \leq h_{\text{oy}}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{группа II (с присечкой слабых пород)} \\ h_{oy} < E_{min} \leq h_{oy} + m_c \quad \text{или} \quad h_{oy} < Z_{min} \leq h_{oy} + m_c; \quad (7)$$

$$\text{группа III (с присечкой прочных пород)} \\ E_{min} > h_{oy} + m_c \quad \text{или} \quad Z_{min} > h_{oy} + m_c, \quad (8)$$

где  $E_{min}$  ( $Z_{min}$ ) – минимальная высота струга (минимальная вынимаемая очистным комбайном мощность пласта), м;  $h_{oy}$  – высота окна перехода по углю, м;  $m_c$  – мощность слабых пород, м.

Предельные углы устойчивости (рис. 9) показывают максимально допустимый наклон секции в разгруженном состоянии с точки зрения её устойчивости к опрокидыванию. Согласно требованиям стандарта [10] они должны быть не менее  $15^\circ$  при максимальной раздвижности. Секции могут эксплуатироваться при выемке пласта по простиранию с углами падения, превышающими значение угла  $\varphi_{спн}$  в поперечном направлении. Это достигается путём применения удерживающих устройств различной конструкции. Превышение предельных углов по падению  $\varphi_{сп}$  и восстанию  $\varphi_{св}$  не практикуется. В рамках данной работы значения  $\varphi_{спн}$ ,  $\varphi_{сп}$  и  $\varphi_{св}$  рекомендуется принять равными  $15^\circ$ .

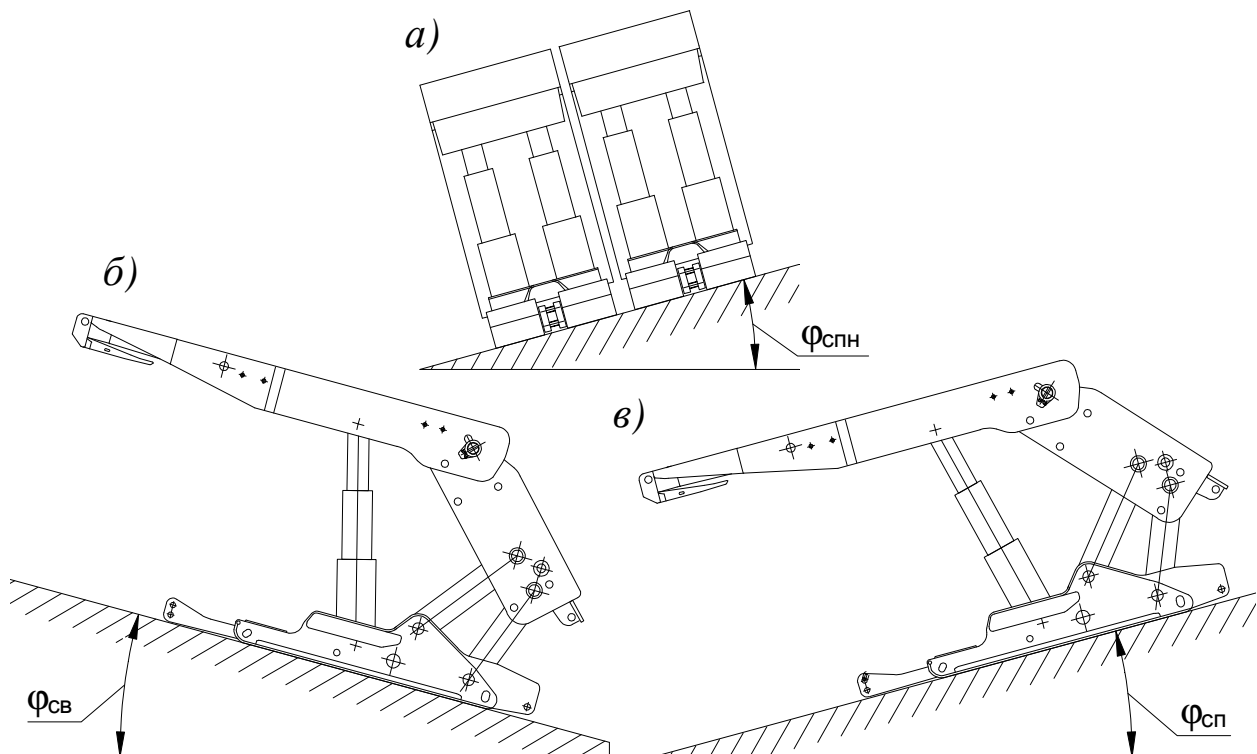


Рис. 9. Предельные углы устойчивости секций крепи:  
а – в поперечном направлении; б – по восстанию; в – по падению

Предельные углы наклона перекрытия могут быть ограничивающим фактором по пятому классификационному признаку. Для некоторых типов секций угол наклона  $\varphi_{пв}$  ( $\varphi_{пн}$ ) может быть меньше предельного угла устойчивости по падению  $\varphi_{сп}$  и восстания  $\varphi_{св}$ . В таком случае подъём (спуск) по участку маневрирования при изменении вынимаемой мощности надо будет планировать с углом  $\varphi_{пв}$  ( $\varphi_{пн}$ ) вместо  $\varphi_{сп}$  ( $\varphi_{св}$ ), рис. 10, т. е. применять пологий переход (рассмотрено в примере № 2). В первую очередь это актуально для секций, предназначенных для отработки тонких пластов. Так, для струговых секций при раздвижности менее 0,7÷0,9 м углы  $\varphi_{пв}$  и  $\varphi_{пн}$  составляют 4÷7°. У секций, предназначенных для выемки пластов средней мощности и мощных, углы  $\varphi_{пв}$  и  $\varphi_{пн}$ , как правило, составляют не менее 15°, т. е. не являются ограничивающим фактором.

От значений  $\varphi_{пв}$  и  $\varphi_{пн}$  также зависят высота и количество ступеней по кровле на участке корректировки положения перекрытия.

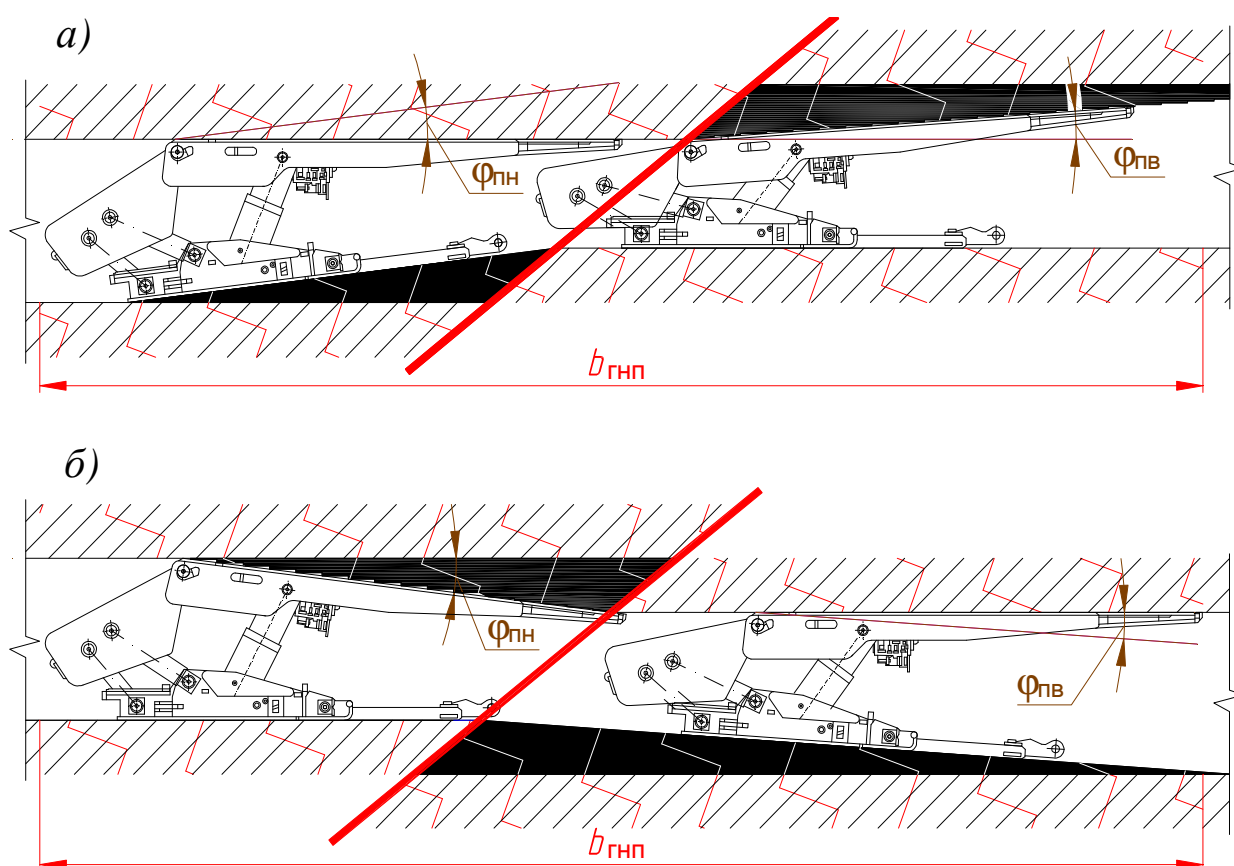
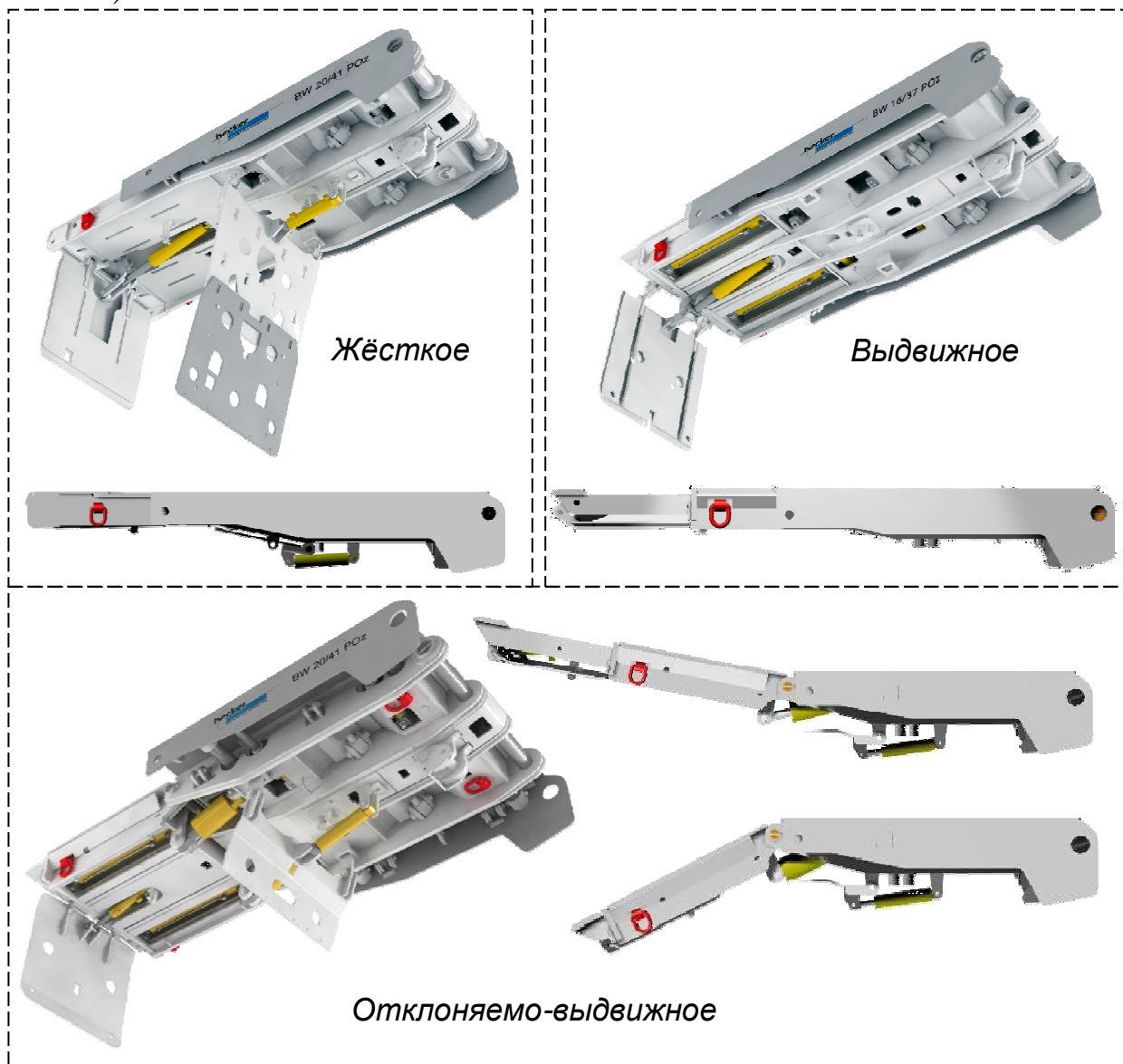


Рис. 10. Предельные углы наклона перекрытия секции крепи при подъёме (а) и спуске (б)

Конструкция перекрытия (рис. 11) является важной характеристикой с точки зрения поддержания кровли на участке корректиров-

ки положения перекрытия, а также в начале и завершении участка маневрирования. Для перехода нарушения наиболее оптимальным является отклоняемо-выдвижное перекрытие либо отклоняемое перекрытие, наименее оптимальным – стандартное жёсткое.

а)



б)

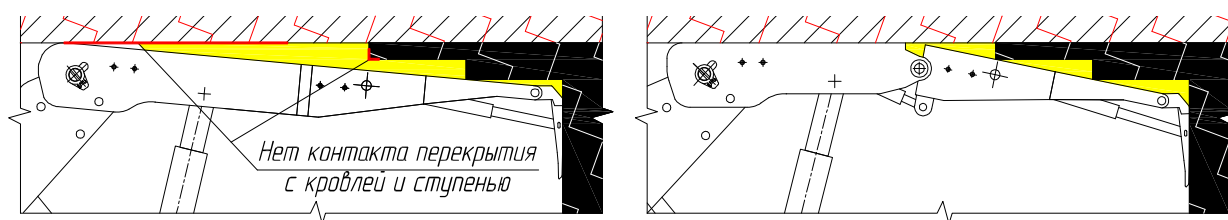


Рис. 11. Конструкции перекрытий:  
а – варианты перекрытий крепей Becker, ФРГ; б – преимущество отклоняемого перекрытия на участке изменения вынимаемой мощности



Углы наклона секций конвейера  $\varphi_{\text{нк}}$  (рис. 12) и крепи  $\varphi_{\text{ис}}$  (рис. 13) являются ограничивающими факторами при определении угла наклона полосы перехода и длины участка перехода. Для конвейеров Caterpillar  $\varphi_{\text{нк}} = 6^\circ$ . В рамках данной работы рекомендуется принять  $\varphi_{\text{нк}} = 4,5^\circ$ .

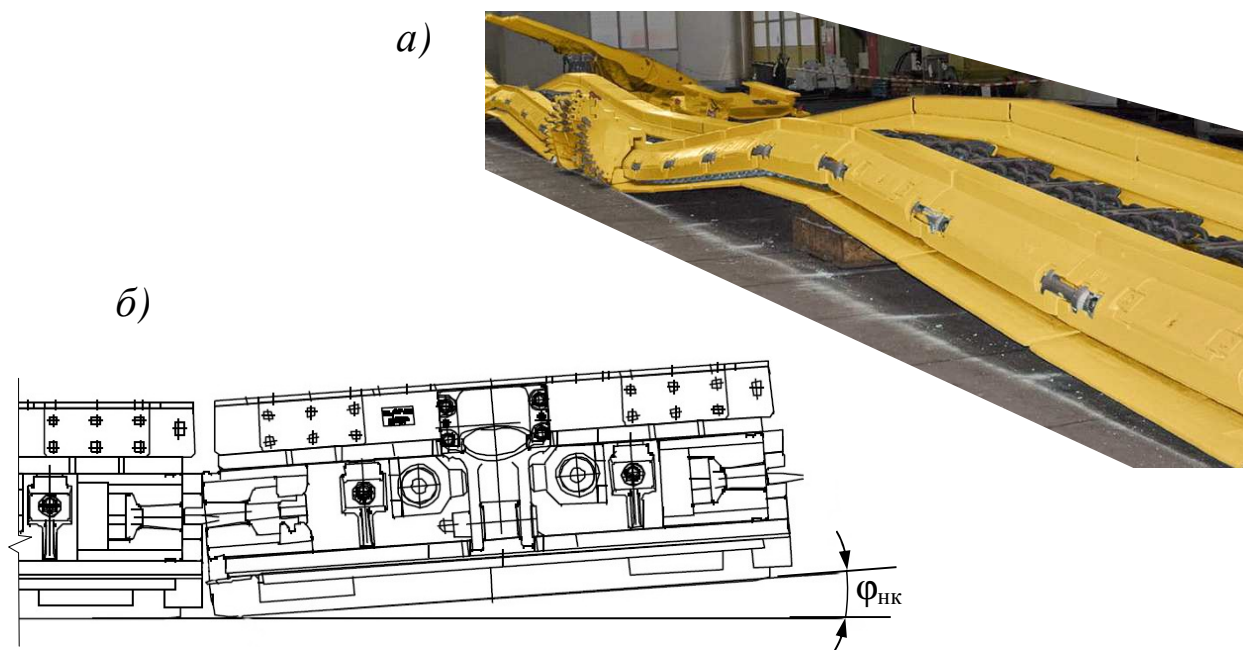


Рис. 12. Возможности изгиба конвейера в вертикальной плоскости:  
а – изгиб конвейера стругового комплекса; б – поясняющая схема

Современные секции крепи имеют раздвижное межсекционное перекрытие с ходом раздвижки 130÷180 мм. При сдвинутом перекрытии между секциями остаётся зазор, что позволяет наклониться одной секции относительно другой (рис. 13, а).

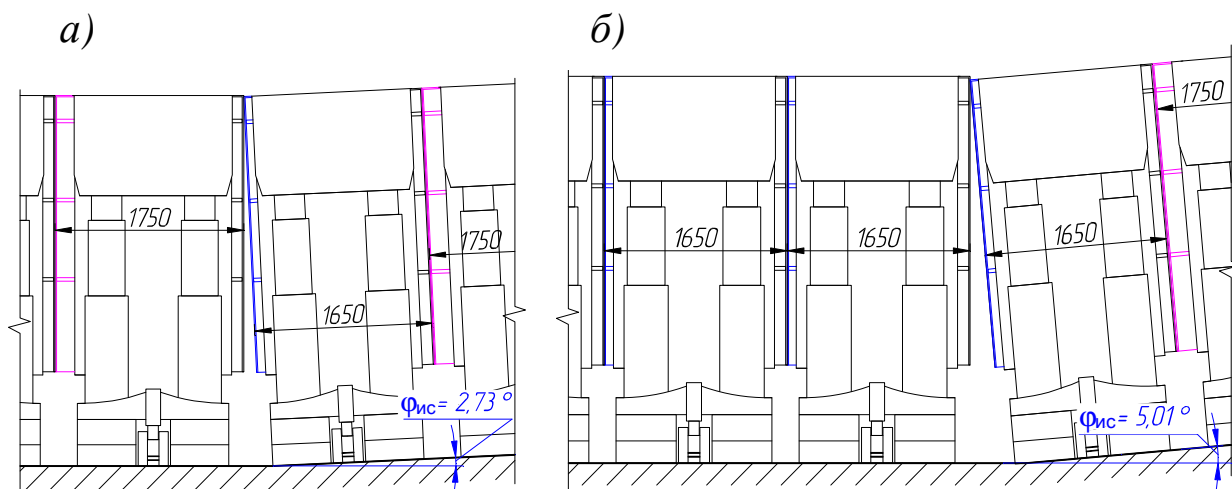


Рис. 13. Возможность наклона секции крепи при сдвижении межсекционного перекрытия на одной (а) и трёх (б) секциях



Если сдвинуть перекрытие у нескольких секций (рис. 13, б), то можно обеспечить значение  $\varphi_{ис}$  большее, чем  $\varphi_{нк}$ . Поэтому предельный угол вертикального изгиба очистного комплекса вдоль забоя рекомендуется принимать исходя из значения  $\varphi_{нк}$ .

Теоретически, возможно достичь угла изгиба большего, чем  $\varphi_{нк}$ . Для этого необходимо, чтобы при выемке полосы перехода почва выработки приняла криволинейную форму, обеспечивающую поворот нескольких секций относительно друг друга (увеличивающий угол изгиба), а затем обратный поворот (рис. 14).

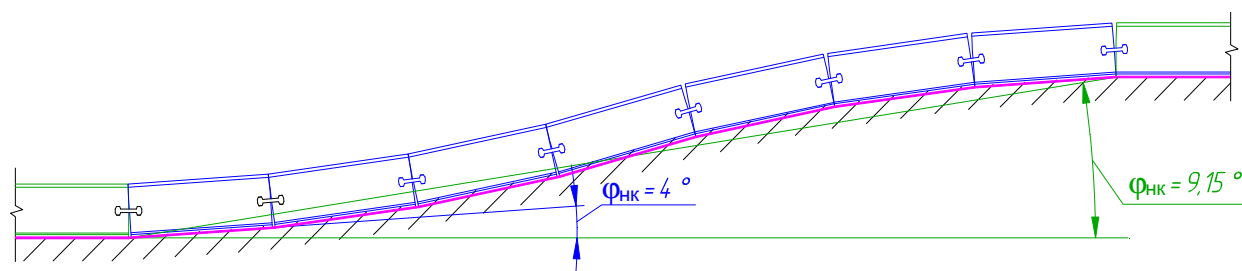


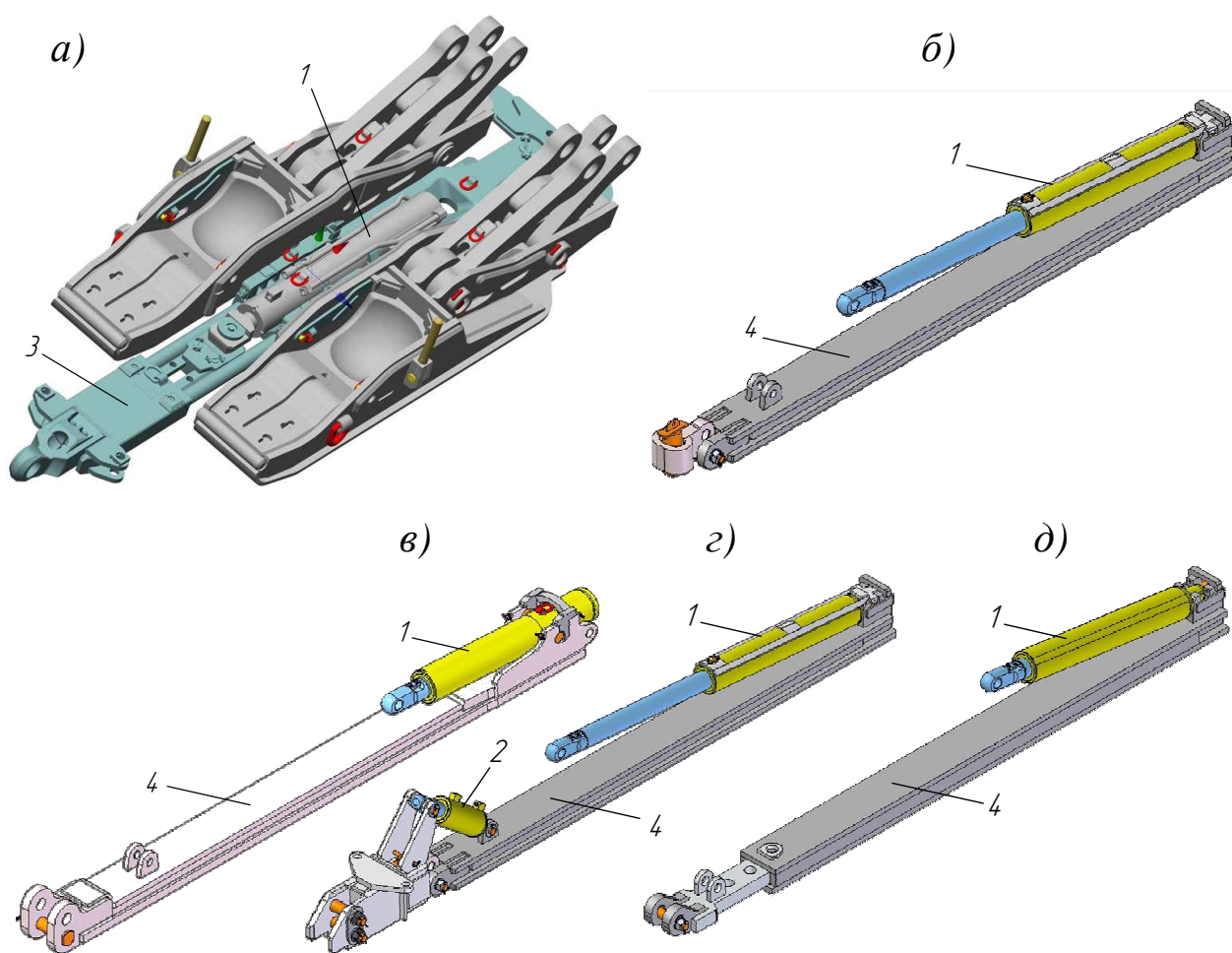
Рис. 14. Схема изгиба конвейера с увеличивающимся углом

При мелкоступенчатом повороте секций в движении важнейшее значение имеют предельные углы наклона (рассогласования) конвейера относительно балки механизма передвижки  $\varphi_{кв}$  и  $\varphi_{кн}$  и балки механизма передвижки относительно основания секции крепи  $\varphi_{бв}$  и  $\varphi_{бн}$ . Секции крепи и механизмы передвижки, которые не допускают таких рассогласований, малопригодны для маневрирования в пространстве.

Современные секции крепи имеют механизм передвижки, не предполагающий закрепление гидроцилиндра на конвейере. Усилие передаётся через специальную балку или толкатель (рис. 15).

Для струговых секций характерно «непосредственное» действие гидроцилиндра (рис. 15, а). При передвижке конвейера усилие на толкатель передаётся штоком, т. е. через поршневую полость, а при подтягивании секций крепи происходит сокращение штока гидроцилиндра, т. е. усилие развивается в кольцевой полости (это усилие меньше). Такой механизм позволяет осуществлять прижим струга к забою во время резания с максимальным усилием.

Механизм передвижки секций, предназначенных для комбайновой выемки (рис. 15, б÷д), имеет непосредственное действие на секцию крепи (усилие поршневой полости), а передвижка конвейера происходит через балку при сокращении гидроцилиндра (обратное действие, усилие кольцевой полости).



*Рис. 15. Конструкции механизмов передвижки:*

*а – раздельное основание секции струговой крепи с механизмом передвижки (SAT 700/1600-2x2709-1750, США); б÷д – некоторые варианты конструкции механизма передвижки секций крепи для комбайновой выемки (Becker, ФРГ); 1 – гидроцилиндр передвижки; 2 – гидроцилиндр вертикальной регулировки положения конвейера; 3 – толкатель; 4 – балка*

Большинство современных секций крепи имеют гидроцилиндр подъёма основания (рис. 15), на некоторых моделях используется механическая конструкция. Система подъёма основания упрощает заход секции крепи на ступени при начале маневрирования. Наличие таких систем предполагает рассогласование балки механизма передвижки и основания секции крепи (рис. 17).

Гидроцилиндр вертикальной регулировки положения конвейера на балке передвижки (рис. 15, г, 16, б) у крепей для комбайновой выемки имеет основную функцию обеспечения контакта передней части конвейера с почвой (зачистка при передвижке). На некоторых моделях используют гидроцилиндры, развивающие усилие в двух направлениях и обеспечивающие поворот конвейера вверх (на подъём).

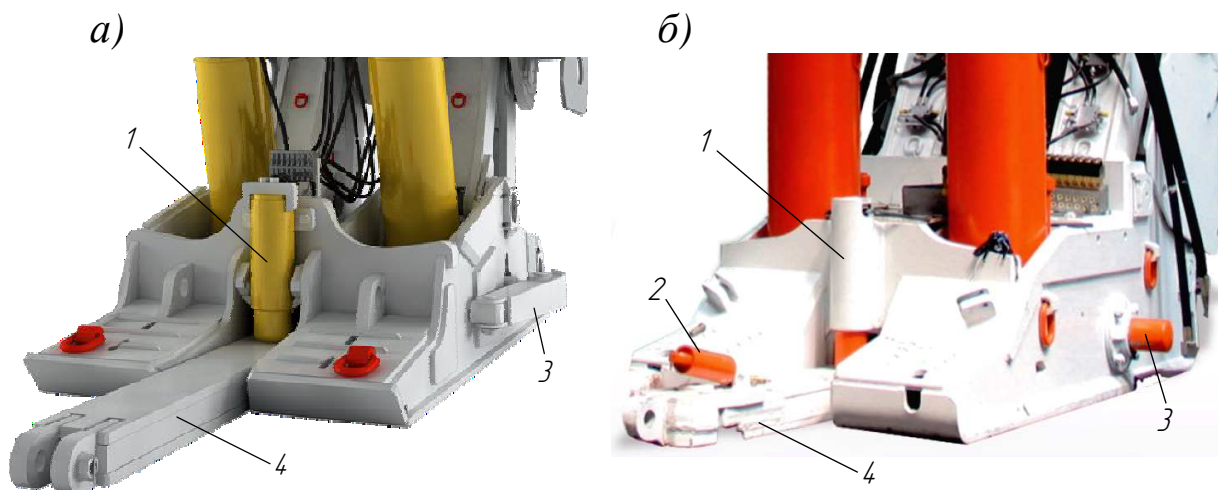


Рис. 16. Жёсткие основания крепей для комбайновой выемки:

а – Becker BW 12/28 POz, ФРГ; б – МКЮ 2Ш-23/48, РФ; 1 – гидроцилиндр подъёма основания; 2 – гидроцилиндр вертикальной регулировки положения конвейера; 3 – толкатель устройства корректировки положения основания; 4 – балка механизма передвижки

Значение  $\varphi_{бв}$  и  $\varphi_{бн}$  в данной работе рекомендуется принять равным  $5^\circ$ . Значения углов  $\varphi_{кв}$  и  $\varphi_{кн}$  (рис. 17) принимаются по данным изготовителя, а при их отсутствии следующим образом:

- при наличии гидроцилиндра вертикальной регулировки положения конвейера –  $\varphi_{кв} = \varphi_{кн} = 10^\circ$ ;
- при отсутствии гидроцилиндра –  $\varphi_{кв} = \varphi_{кн} = 15^\circ$ .

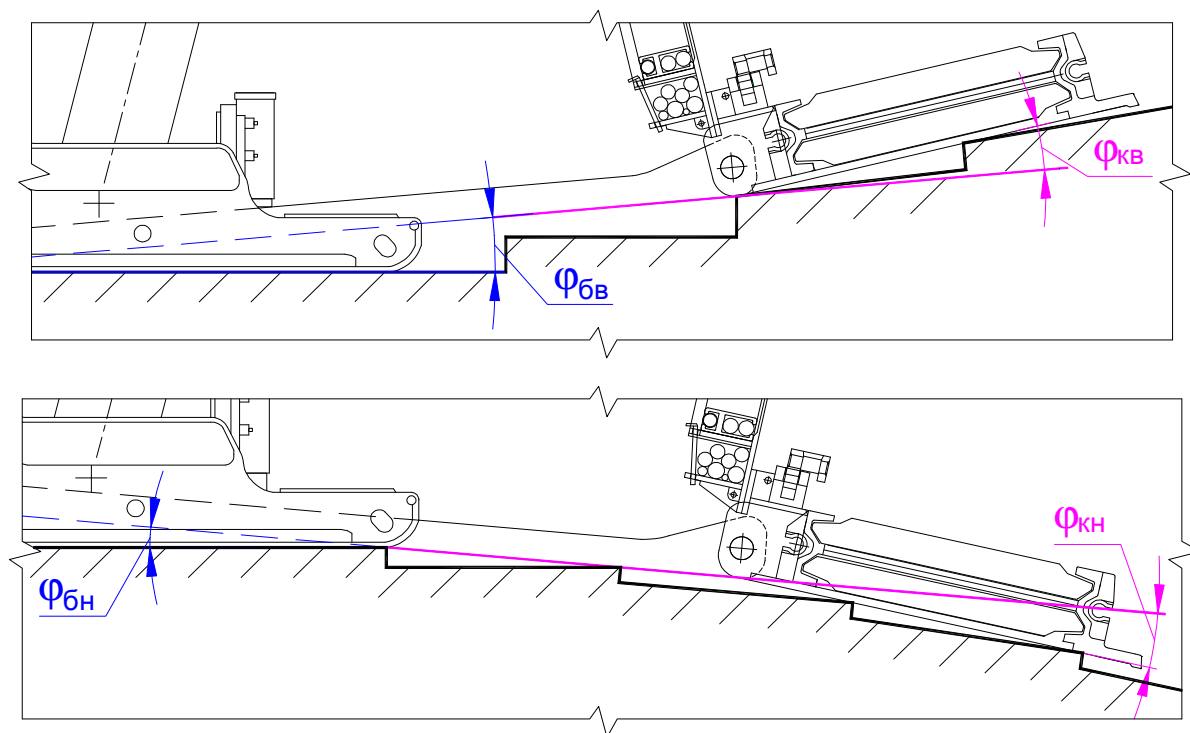
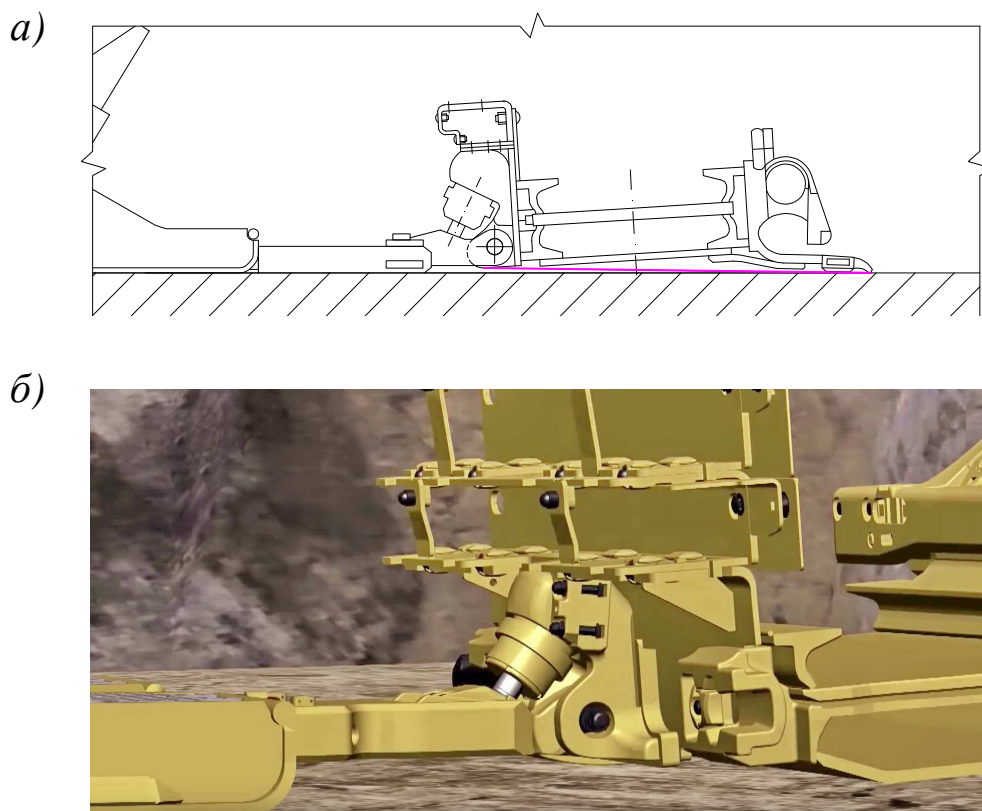


Рис. 17. Предельные углы наклона балки ( $\varphi_{бв}$  и  $\varphi_{бн}$ ) и конвейера ( $\varphi_{кв}$  и  $\varphi_{кн}$ )

Сочетание цилиндра вертикальной регулировки положения конвейера двустороннего действия с системой подъема основания и отклоняемым перекрытием является наиболее подходящим вариантом комплектации секций для маневрирования в пространстве при переходе геологических нарушений.

Возможность управления поперечным наклоном конвейера хорошо реализована в струговых комплексах Caterpillar. Для этого используется домкрат управления наклоном конвейера, расположенный на толкателе устройства передвижки. В нормальном положении поршень домкрата частично выдвинут, а секция конвейера имеет две опоры на почву: со стороны забоя – струговая направляющая, со стороны крепи – задняя часть конвейерного става. Такое положение обеспечивает поддержание уровня по почве. При этом конвейер имеет небольшой наклон в сторону крепи (рис. 18).

При выдвигении поршня остаётся одна опора на почву – струговая направляющая. Завальная часть конвейера при этом поднимается и получает опору на устройство передвижки (для некоторых моделей такое положение является номинальным). Струг поворачивается вниз, очистной комплекс готов к движению на спуск (рис. 19).



*Рис. 18. Нормальное положение конвейера:  
а – схема; б – 3D-визуализация*



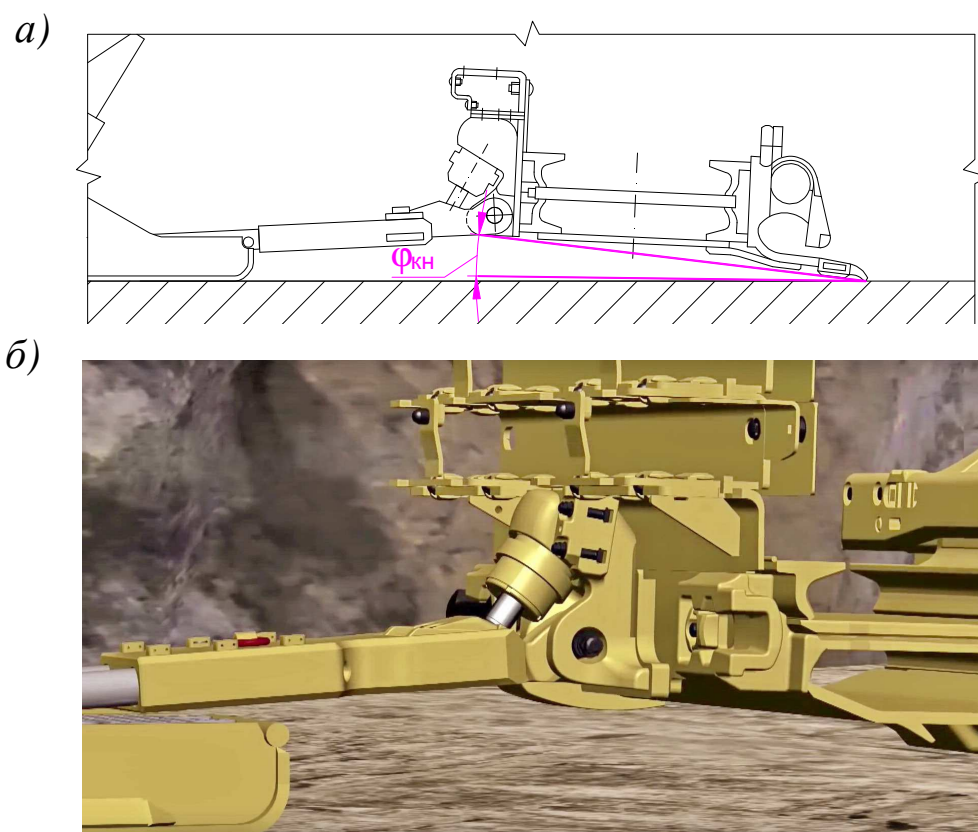


Рис. 19. Положение конвейера при повороте комплекса на спуск:  
а – схема; б – 3D-визуализация

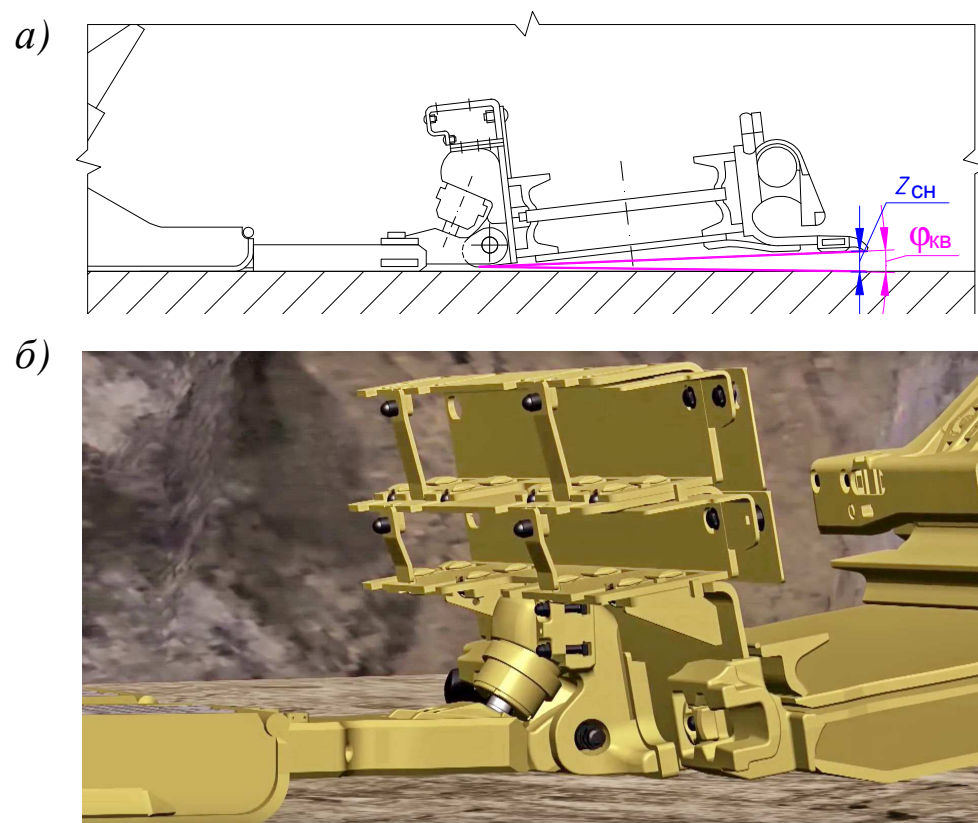


Рис. 20. Положение конвейера при повороте комплекса на подъём:  
а – схема; б – 3D-визуализация

При втягивании поршня поднимается забойная сторона конвейера. Остаётся только одна опора – задняя часть конвейерного става, которая будет опираться на почву (в некоторых моделях – на устройство передвижки). Струг поворачивается вверх, очистной комплекс готов к движению на подъём (рис. 20).

Клиренс очистного комбайна может быть ограничивающим фактором при вертикальном изгибе конвейера. Особенно это актуально для моделей, применяемых на пластах мощностью до 2 м (рис. 21). При спуске (подъёме) комбайн может задевать центральной частью корпуса секции конвейера, расположенные на изгибе между опорами, а крайней частью корпуса, выступающей за опоры (свесом), или поворотной рукоятью – секции конвейера, расположенные с внешней стороны опор. Так, допустимый угол наклона секций конвейера для комбайна Eickhoff SL300L составляет  $2^\circ$ , что меньше озвученного выше значения  $\varphi_{\text{нк}} = 4 \div 6^\circ$ .

Даже если клиренс комбайна позволяет преодолевать изгиб конвейера, отрицательным моментом является снижение загрузочного сечения конвейера при прохождении изгиба. Это может вызвать затор горной массы и её просыпание на почву при прохождении под комбайном. Такой риск необходимо учитывать при выборе схемы выемки при переходе нарушения.

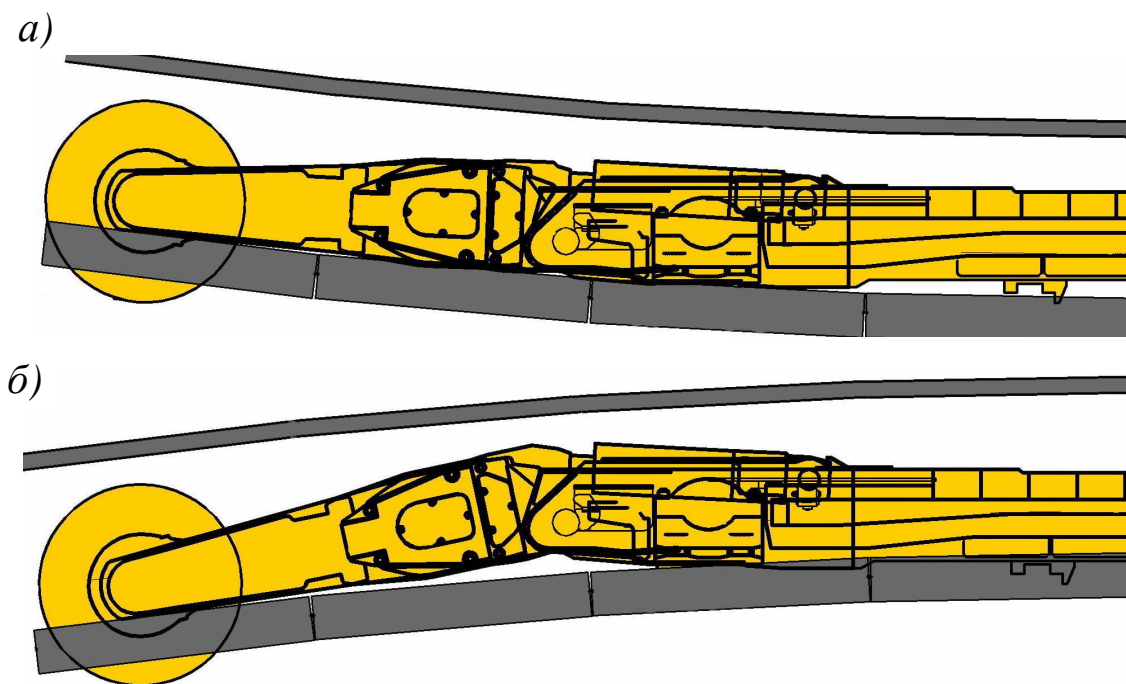


Рис. 21. Возможные ограничения по изгибу конвейера из-за клиренса очистного комбайна (на примере комбайна Eickhoff SL300L):  
а – ограничение при подъёме; б – ограничение при спуске

Глубина подрезки почвы ниже уровня конвейера  $z_0$  у шнековых комбайнов ведущих производителей составляет  $185 \div 866$  мм в зависимости от диаметра шнеков и модели поворотной рукояти (рис. 22). Меньшие значения соответствуют моделям, рассчитанным на вынимаемую мощность пласта до 2,6 м. У комбайна Eickhoff SL300L значение  $z_0$  составляет  $90 \div 240$  мм.

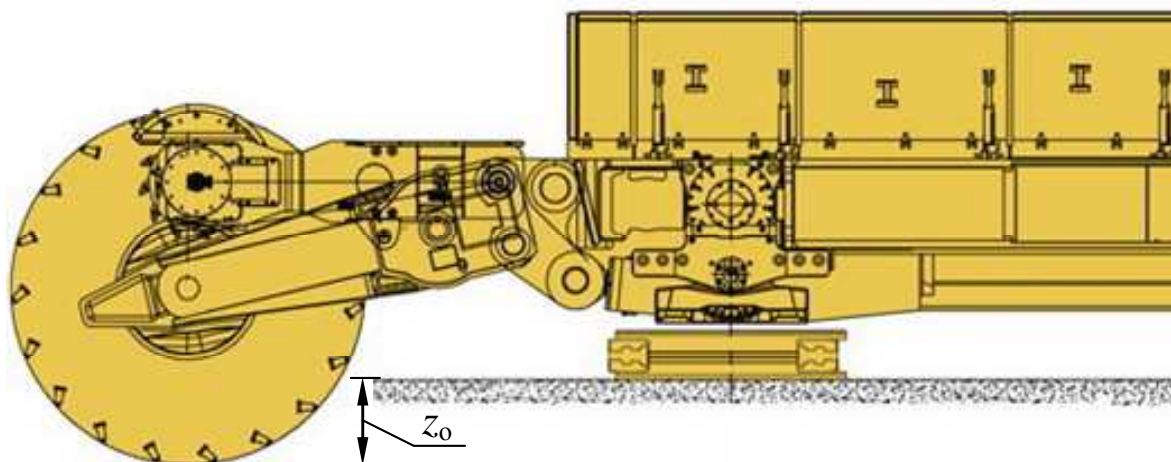


Рис. 22. Глубина подрезки почвы очистным комбайном

У стругов глубина подрезки почвы регулируется положением нижних резцов. Так, у стругов Caterpillar предусмотрено четыре положения нижних резцов (рис. 23): выше уровня почвы (1), нормальное (2) и два для подрезки почвы (3, 4). В зависимости от модели их значения составляют от +24 до –39 мм. Такая регулировка в сочетании с системой управления поперечным наклоном и изменяемой глубиной стружки обеспечивает хорошую манёвренность комплекса при переходе геологических нарушений.

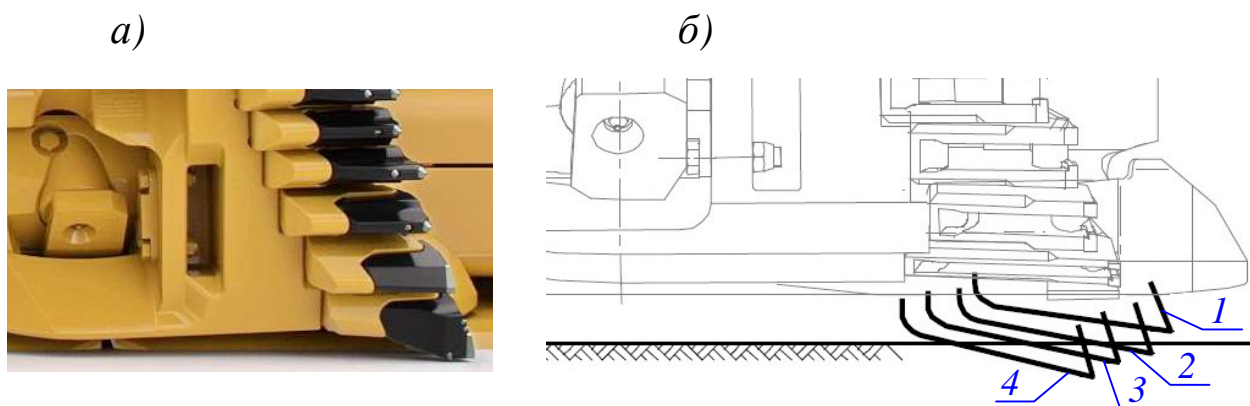


Рис. 23. Регулирование напочвенных резцов струга CAT GH800:  
а – общий вид резцов; б – схема с возможными положениями

## Порядок выполнения работы

В работе необходимо выбрать технологическую схему диагонального перехода дизъюнктивного нарушения с поворотом секций в движении, определить её параметры и построить графическую часть. Во всех вариантах уменьшение мощности пласта в районе нарушения отсутствует, а нарушение в длину распространяется на всю ширину выемочного столба.

Выбор технологической схемы выполняется на основе анализа исходных данных и соблюдения условий ф. (1)÷(8).

Этапы выбора следующие:

- тип перехода;
- присечка вмещающих пород;
- вид поверхности движения секций;
- угол наклона секций в вертикальной плоскости.

Под типом перехода подразумевается спуск или подъём. Выбор типа перехода определяется типом нарушения (взброс или сброс) и направлением подхода забоя к этому нарушению (со стороны приподнятого или опущенного крыла). Тип нарушения и направление подхода (слева  $\rightarrow$ , справа  $\leftarrow$ ) указаны в исходных данных.

Необходимость присечки (т. е. группу нарушения) следует определить исходя из условий ф. (1)÷(8).

Вид поверхности движения секций, их угол наклона в вертикальной плоскости (крутой или пологий переход) так же, как и большая часть параметров схемы, напрямую или косвенно определяются графическим способом.

Для построения сечений предварительно необходимо найти параметры нарушения: ширину  $b_{\text{ГН}}$ , значения углов  $\alpha_{\text{ГНЗ}}$  и  $\alpha_{\text{ГНП}}$ , а также значения размеров  $b_{\text{ГНЗ}}$  и  $b_{\text{ГНП}}$ .

Ширину зоны влияния нарушения  $b_{\text{ГН}}$  определяют по результатам описания трещиноватости пород вблизи сместителя. За границу зоны следует принимать участки, в которых суммарная интенсивность всех систем трещиноватости увеличилась на 15 % [5]. При отсутствии таких данных (как в этой работе), её можно рассчитать по формуле

$$b_{\text{ГН}} = \frac{(6 \div 8) \sqrt{H_{\text{ГН}}}}{\sin \alpha_{\text{ГН}}}, \quad (9)$$



где  $b_{\text{гн}}$  – ширина зоны влияния нарушения по нормали, м;  $H_{\text{гн}}$  – вертикальная амплитуда, м;  $\alpha_{\text{гн}}$  – угол падения плоскости сместителя, град.

Значения углов  $\alpha_{\text{гнз}}$  и  $\alpha_{\text{гнп}}$ , а также размеров  $b_{\text{гнз}}$  и  $b_{\text{гнп}}$  будут зависеть от первого параметра технологической схемы, угла  $\tau_3$ , который принимается исходя из представленного далее требования.

Согласно рекомендации указаний [5] угол между забоем и нарушением  $\tau_3$  при диагональном переходе необходимо принимать таким, чтобы в зоне влияния нарушения одновременно находилось *не более 20 секций*:

$$N_{\text{сн}} \leq 20, \quad (10)$$

где  $N_{\text{сн}}$  – количество секций, находящихся в зоне влияния нарушения.

Чем больше секций одновременно переходят нарушение, тем выше риск возникновения аварийной ситуации и суммарная трудоёмкость выполнения дополнительных операций и процессов в очистном забое. Это может снизить скорость продвижения забоя, что является отрицательным моментом при переходе нарушения.

Для соблюдения условия ф. (10) может понадобиться предварительный поворот комплекса (см. работу № 14 [1]). Поэтому на данном этапе работы следует определить два первых параметра технологической схемы – установить необходимость поворота, а затем найти значения параметров нарушения для *актуального угла*  $\tau_3$ .

Угол между нарушением и очистным забоем  $\tau_3$  определяется исходя из азимута падения плоскости сместителя  $\delta_{\text{гн}}$ , указанного в исходных данных. В качестве нулевого значения  $\delta_{\text{гн}}$  в данной работе принимается направление восстания пласта (условный север). Отсчёт  $\delta_{\text{гн}}$  производится от нулевого значения против часовой стрелки. Значение  $\tau_3$  составит

$$\tau_3 = \delta_{\text{гн}} - 90^\circ \text{ при } \delta_{\text{гн}} \leq 180^\circ; \quad (11)$$

$$\tau_3 = \delta_{\text{гн}} - 270^\circ \text{ при } \delta_{\text{гн}} > 180^\circ, \quad (12)$$

где  $\delta_{\text{гн}}$  – азимут падения плоскости сместителя, град.;  $\tau_3$  – угол между нарушением и очистным забоем, град.

При отрицательном значении угол  $\tau_3$  откладывается по часовой стрелке, а в расчётах надо использовать модуль  $\tau_3$ .

Для исходного значения  $\tau_3$  необходимо проверить условие ф. (10). Для этого необходимо определить расчётное количество секций, одновременно находящихся в зоне влияния нарушения:

$$N_{\text{сч р}} = \frac{(b_{\text{гн}} + B \cdot \cos|\tau_3|)}{\sin|\tau_3| \cdot C_{\text{к}}}, \quad (13)$$

где  $N_{\text{сч р}}$  – расчётное количество секций, одновременно находящихся в зоне влияния нарушения;  $b_{\text{гн}}$  – ширина нарушения по нормали, м (указана в исходных данных);  $B$  – длина секции механизированной крепи, м;  $\tau_3$  – угол между нарушением и очистным забоем, град.;  $C_{\text{к}}$  – шаг установки секции крепи, м.

Расчётное значение  $N_{\text{сч р}}$  округляется до целого в большую сторону. Полученное число будет значением  $N_{\text{сч}}$ .

Если условие ф. (10) выполнено, то поворот комплекса не требуется, а значение  $\tau_3$  является актуальным и используется для дальнейших расчётов. Если условие ф. (10) не выполнено, необходимо увеличить значение  $\tau_3$  до его выполнения (предусмотреть поворот комплекса). Новое значение  $\tau_3$  будет актуальным и должно быть использовано далее.

Значения углов  $\alpha_{\text{гнз}}$  и  $\alpha_{\text{гнп}}$  определяются по формуле

$$\alpha_{\text{гнi}} = \arctg(\tg\alpha_{\text{гн}} \cdot \sin\tau_i), \quad (14)$$

где  $\alpha_{\text{гнi}}$  – угол падения плоскости сместителя в плоскости очистного забоя ( $\alpha_{\text{гнз}}$ ) либо в плоскости, перпендикулярной очистному забою ( $\alpha_{\text{гнп}}$ ), град.;  $\alpha_{\text{гн}}$  – угол падения плоскости сместителя, град.;  $\tau_i$  – угол между нарушением (осью сместителя) и очистным забоем ( $|\tau_3|$ ) либо между нарушением и плоскостью, перпендикулярной очистному забою ( $\tau_{\text{п}}$ ), град.

Значения  $b_{\text{гнз}}$  и  $b_{\text{гнп}}$  определяются по формулам

$$b_{\text{гнз}} = \frac{(b_{\text{гн}} + B \cdot \cos|\tau_3|)}{\sin|\tau_3|}; \quad (15) \quad b_{\text{гнп}} = \frac{b_{\text{гн}}}{\cos|\tau_3|}, \quad (16)$$

где  $b_{\text{гнз}}$  – ширина зоны влияния нарушения по плоскости забоя, м;  $b_{\text{гн}}$  – ширина зоны влияния нарушения по нормали, м;  $b_{\text{гнп}}$  – ширина зоны влияния нарушения по перпендикулярной очистному забою плоскости, м;  $\tau_3$  – угол между нарушением (осью сместителя) и очистным забоем, град.

Параметрами технологической схемы являются:

- угол между нарушением (осью сместителя) и очистным забоем  $\tau_3$ , град.;
- количество секций, одновременно находящихся в зоне влияния нарушения,  $N_{\text{сн}}$ ;
- количество ступеней  $N_{\text{ст}}$  при маневрировании в пространстве, их высота  $h_{\text{ст}}$  и ширина  $r_{\text{ст}}$ , мм;
- угол наклона поверхности движения секций  $\alpha_{\text{вс}}$ , град.;
- длина участка маневрирования (изменения вынимаемой мощности, номинальных выемочных полос)  $l_{\text{вм}}$  ( $l_{\text{ви}}$ ,  $l_{\text{вн}}$ ), м (циклов);
- расстояние вкрест очистному забою от оси сместителя до начала подъёма (спуска) комплекса  $l_{\text{пвс}}$ , м;
- угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя (наклон участка перехода)  $\alpha_{\text{оз}}$ , град.;
- длина полосы (участка) перехода  $l_{\text{пп}}$  ( $l_{\text{вп}}$ ), м;
- количество секций на полосе (участке) перехода  $N_{\text{пп}}$  ( $N_{\text{вп}}$ );
- протяжённость зоны перехода  $l_{\text{зп}}$ , м;
- полная длина перехода одной секцией  $l_{\text{дп}}$ , м;
- количество циклов, за которое осуществляется полный переход одной секцией,  $n_{\text{цп}}$ ;
- максимальная присечка вмещающих пород при переходе нарушения  $h_{\text{пр}}$ , м ( $S_{\text{пр}}$ , %);
- примерные потери угля  $Z_{\text{кп}}$ , т;
- продолжительность перехода нарушения одной секцией  $t_{\text{пс}}$ , сут;
- продолжительность перехода нарушения очистным комплексом  $t_{\text{пк}}$ , сут.

*Представленный перечень параметров является примерным и может быть изменён в зависимости от схемы перехода и требований к конечному содержанию проектной документации. Например, может быть включён объём присекаемых пород (его расчёт может быть выполнен аналитическим [6, 7] или графическим методом).*

В качестве другого примера можно привести значение суточной добычи в период перехода, которое, как правило, ниже, чем при нормальной отработке выемочного столба. Снижение может быть обусловлено выполнением мероприятий по упрочнению массива, изменением схемы выемки (с челноковой на одностороннюю), уменьшением ширины захвата и (или) рабочей скорости выемочной машины и т. д.

В рамках данной работы необходимо определить параметры согласно представленному перечню. По заданию преподавателя перечень может быть изменён.

Высоту, ширину и количество ступеней рекомендуется определить графическим методом. Их значения необходимо установить для начала, завершения маневрирования и для участка изменения вынимаемой мощности, используя следующие рекомендации.

Рассматриваемые три параметра взаимосвязаны. Сочетание высоты, ширины и количества ступеней при начале маневрирования должно обеспечивать непревышение предельных углов рассогласования конвейера относительно балки механизма передвижки ( $\varphi_{\text{кв}}$  и  $\varphi_{\text{кн}}$ ) и механизма передвижки относительно основания секции ( $\varphi_{\text{бв}}$  и  $\varphi_{\text{бн}}$ ). Причём для большинства секций ограничивающим фактором будут углы  $\varphi_{\text{бв}}$  и  $\varphi_{\text{бн}}$ , поэтому увеличение угла наклона поверхности движения секций возможно будет только после захода на неё секции крепи. Соответственно, чем больше предполагается угол поворота секций, тем больше должно быть ступеней.

Если предполагается крутой переход, то количество ступеней будет больше (до достижения угла  $\varphi_{\text{св}}$  или  $\varphi_{\text{сп}}$ ). В случае пологого перехода можно обойтись меньшим количеством ступеней, но тогда за счёт увеличения длины прямолинейного участка увеличится длина поверхности движения (участка маневрирования).

Максимальное значение высоты (глубины) ступени при спуске  $h_{\text{стс max}}$  зависит от глубины подрезки почвы ниже уровня конвейера  $z_0$ . При отсутствии точных данных значение  $z_0$  для комбайнов принимается согласно данным, представленным в теоретической части. При указанных значениях углов  $\varphi_{\text{кв}}$ ,  $\varphi_{\text{кн}}$ ,  $\varphi_{\text{бв}}$  и  $\varphi_{\text{бн}}$  именно эти углы, а не  $h_{\text{стс max}}$  ступеней будут являться ограничивающим фактором при маневрировании.

Для струговых комплексов рекомендуется следующий подход. При повороте на подъём значение  $\varphi_{\text{кв}}$  можно принять равным  $4^\circ$ . Указанные углы и определяют высоту ступеней (рис. 19), которая будет равна высоте подъёма струговой направляющей  $z_{\text{сн}}$  (забойной части конвейера). При наличии возможности регулировки высоты подъёма напочвенных резцов  $z_{\text{нр}}$  высоту ступени можно принять как сумму  $z_{\text{сн}}$  и  $z_{\text{нр}}$ :

$$h_{\text{стп}} = z_{\text{сн}} + z_{\text{нр}}, \quad (17)$$

где  $h_{\text{стп}}$  – высота ступени при повороте стругового конвейера на подъём, м;  $z_{\text{сн}}$  – высота подъёма струговой направляющей, м;  $z_{\text{нр}}$  – высота подъёма напочвенных резцов струга относительно почвы, м.

При отсутствии точных данных значение  $\varphi_{\text{кн}}$  стругового конвейера можно принять до  $7^\circ$ , а значения  $\varphi_{\text{бв}}$  и  $\varphi_{\text{бн}}$  – до  $5^\circ$ .

Углы наклона  $\alpha_{\text{вс}}$  и  $\alpha_{\text{оз}}$  определяются относительно почвы пласта (рис. 24). Эти углы взаимоувязаны.

Угол наклона поверхности движения секций  $\alpha_{\text{вс}}$  определяется по прямой, соединяющей несмещённую и смещённую части пласта. Его значение рекомендуется определить из чертежа.

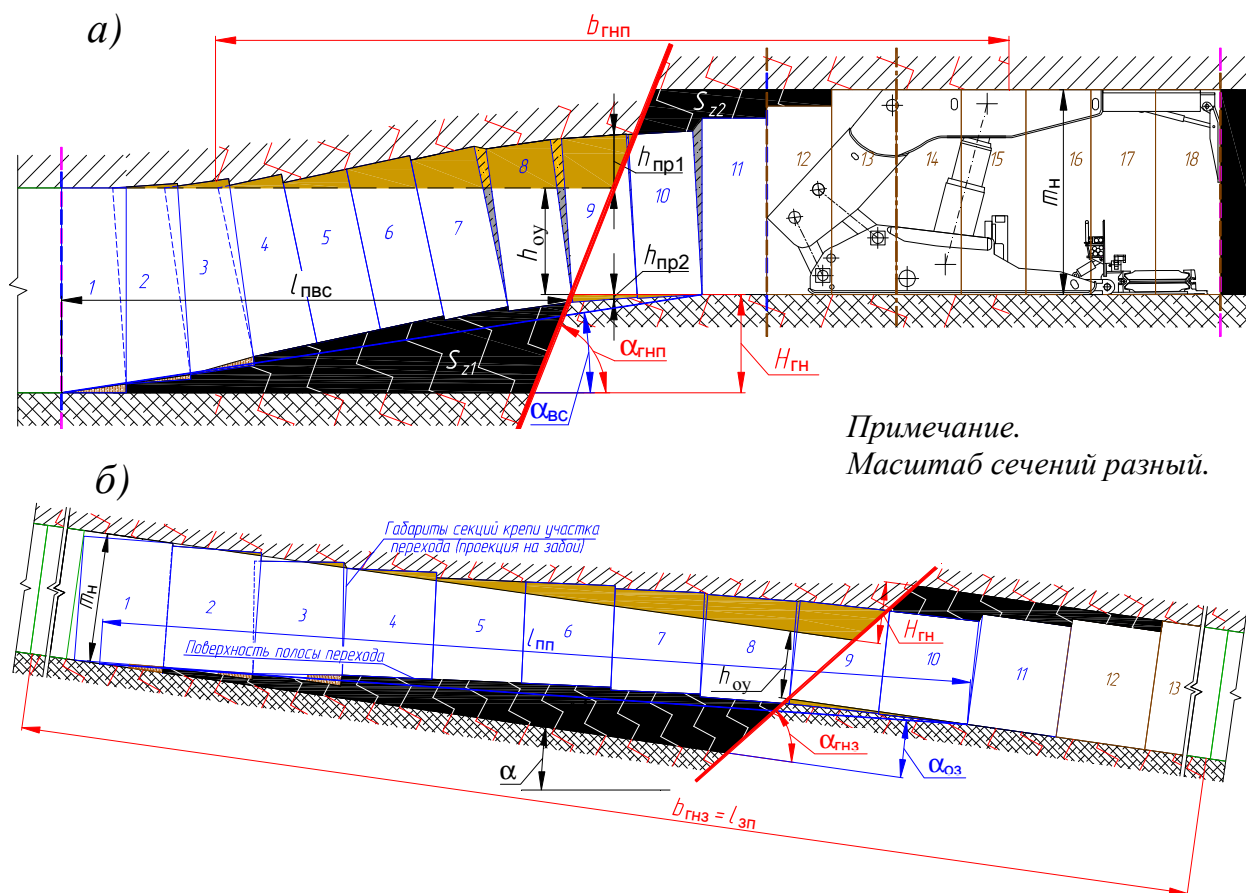


Рис. 24. Графическое пояснение параметров перехода:  
а – сечение вкрест очистному забою; б – сечение по очистному забою

Максимальный угол наклона секций крепи по восстанию  $\beta_{\text{мах в}}$  или по падению  $\beta_{\text{мах п}}$ , достигаемый при переходе, также определяется из чертежа. При пологом переходе он будет меньше углов устойчивости секции крепи по восстанию  $\varphi_{\text{св}}$  или падению  $\varphi_{\text{сп}}$ , а при крутом – будет равен  $\varphi_{\text{св}}$  или  $\varphi_{\text{сп}}$ . Значения  $\varphi_{\text{св}}$  и  $\varphi_{\text{сп}}$  принимаются по данным производителя, а при их отсутствии – по рекомендациям, представленным в теоретической части.

Подъём (любой) и спуск с присечкой почвы необходимо начинать на некотором расстоянии  $l_{\text{пвс}}$  до нарушения (рис. 24, а). Это расстояние, а также длины участков, составляющих полный путь перехода, рекомендуется определить графическим методом.

Спуск без присечки почвы рекомендуется начинать от сместителя (рис. 5, б и 6, б).

Угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя  $\alpha_{\text{оз}}$  (рис. 24, б) зависит от  $\alpha_{\text{вс}}$  и угла  $\tau_3$ :

$$\alpha_{\text{оз}} = \arctg(\tg\alpha_{\text{вс}} \cdot \tg\tau_3), \quad (18)$$

где  $\alpha_{\text{оз}}$  – угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя, град.;  $\alpha_{\text{вс}}$  – угол наклона поверхности движения секций, град.;  $\tau_3$  – угол между нарушением и очистным забоем, град.

Полученное значение не должно превышать предельный угол наклона секции конвейера  $\phi_{\text{нк}}$ . Если значение  $\phi_{\text{нк}}$  превышено, необходимо изменить параметры перехода – спроектировать переход с меньшим углом  $\alpha_{\text{вс}}$  и (или)  $\tau_3$ . Значение  $\phi_{\text{нк}}$  принимается по данным производителя, а при их отсутствии – по рекомендациям теоретической части.

Длина полосы перехода составит

$$l_{\text{пп}} = \frac{H_{\text{гн}}}{\sin \alpha_{\text{оз}}}, \quad (19)$$

где  $l_{\text{пп}}$  – длина полосы перехода, м;  $H_{\text{гн}}$  – вертикальная амплитуда геологического нарушения, м;  $\alpha_{\text{оз}}$  – угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя, град.

Расчётное количество секций на полосе перехода составит

$$N_{\text{пп р}} = \frac{l_{\text{пп}}}{C_{\text{к}}}, \quad (20)$$

где  $N_{\text{пп р}}$  – расчётное количество секций на полосе перехода;  $l_{\text{пп}}$  – длина полосы перехода, м;  $C_{\text{к}}$  – шаг установки секций крепи, м.

Округлённое до целого в большую сторону значение  $N_{\text{пп р}}$  будет количеством секций  $N_{\text{пп}}$ .

Протяжённость зоны перехода  $l_{\text{зп}}$  равна значению  $b_{\text{гнз}}$ .

Полную длину перехода одной секцией  $l_{\text{дп}}$  и количество циклов  $n_{\text{цп}}$  рекомендуется определить графическим методом путём построения всех выемочных циклов перехода.

При повороте конвейера на подъём расстояние от крепи до забоя будет меньше номинального, что может не позволить передвинуть крепь на величину  $r_{\text{п}}$ . Это может быть компенсировано за счёт расстояния  $l_{\text{пз}}$  или дозадвиги крепи после выемки следующей полосы. Детализация этого момента в работе необязательна – допускается выполнить построение с шагом  $r_{\text{п}}$ .

Информация о присечке важна для оценки способности выемочной машины разрушать забой с её предполагаемым значением. Максимальную присечку вмещающих пород по мощности  $h_{\text{пр}}$  рекомендуется определить графически. Следует учесть и мощность присекаемых пород согласно второму классификационному признаку технологической схемы, и мощность присекаемых призм почвы, не учитываемых при классификации. Значение в процентах можно определить по формуле

$$S_{\text{пр}} = \frac{100 \cdot h_{\text{пр}}}{h_{\text{пр}} + h_{\text{оу}}}, \quad (21)$$

где  $S_{\text{пр}} (h_{\text{пр}})$  – максимальная присечка вмещающих пород при переходе нарушения, % (м);  $h_{\text{оу}}$  – высота окна перехода по углю, м.

Для оценки повышения зольности горной массы при переходе нарушения необходимо знать объём присекаемых пород. Его также можно определить либо графическим методом, либо по методике руководства [6]. В рамках данной работы повышение зольности не является обязательным для расчёта параметром.

Продолжительность перехода нарушения одной секцией  $t_{\text{пс}}$  определяется исходя из проектируемого количества циклов в сутки при переходе нарушения:

$$t_{\text{пс}} = \frac{n_{\text{цп}}}{n_{\text{цн}}}, \quad (22)$$

где  $t_{\text{пс}}$  – продолжительность перехода нарушения одной секцией, сут;  $n_{\text{цп}}$  – количество циклов, за которое осуществляется полный переход одной секцией;  $n_{\text{цн}}$  – количество циклов в сутки при переходе геологического нарушения.

Значение  $n_{\text{цн}}$  по указанным выше причинам, как правило, меньше значения  $n_{\text{ц}}$ , характеризующего работу забоя вне нарушения. В данной работе значение  $n_{\text{цн}}$  указано в исходных данных.



Один из вариантов формулы для определения продолжительности перехода нарушения комплексом  $t_{\text{пк}}$  следующий:

$$t_{\text{пк}} = \frac{l_{\text{нс}} + l_{\text{зс}} + l_{\text{дп}}}{r \cdot n_{\text{цн}}} = \frac{l_3 \cdot \sin \tau_{30} \cdot \text{ctg} \tau_{\text{но}} + l_3 \cdot \cos \tau_{30} + l_{\text{дп}}}{r \cdot n_{\text{цн}}}, \quad (23)$$

где  $t_{\text{пк}}$  – продолжительность перехода нарушения очистным комплексом, сут;  $l_{\text{нс}}$  ( $l_{\text{зс}}$ ) – проекция нарушения (очистного забоя) на ось выемочного столба, м (рис. 25);  $l_{\text{дп}}$  – полная длина перехода одной секцией, м;  $r$  ( $r_c$ ) – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м (принять 0,8 м);  $n_{\text{цн}}$  – количество циклов в сутки при переходе геологического нарушения;  $l_3$  – длина очистного забоя, м;  $\tau_{\text{но}}$  ( $\tau_{30}$ ) – угол между нарушением (очистным забоем) и осью выемочного столба, град.

В зависимости от взаимного положения очистного забоя и нарушения возможны другие варианты ф. (23) и плана перехода.

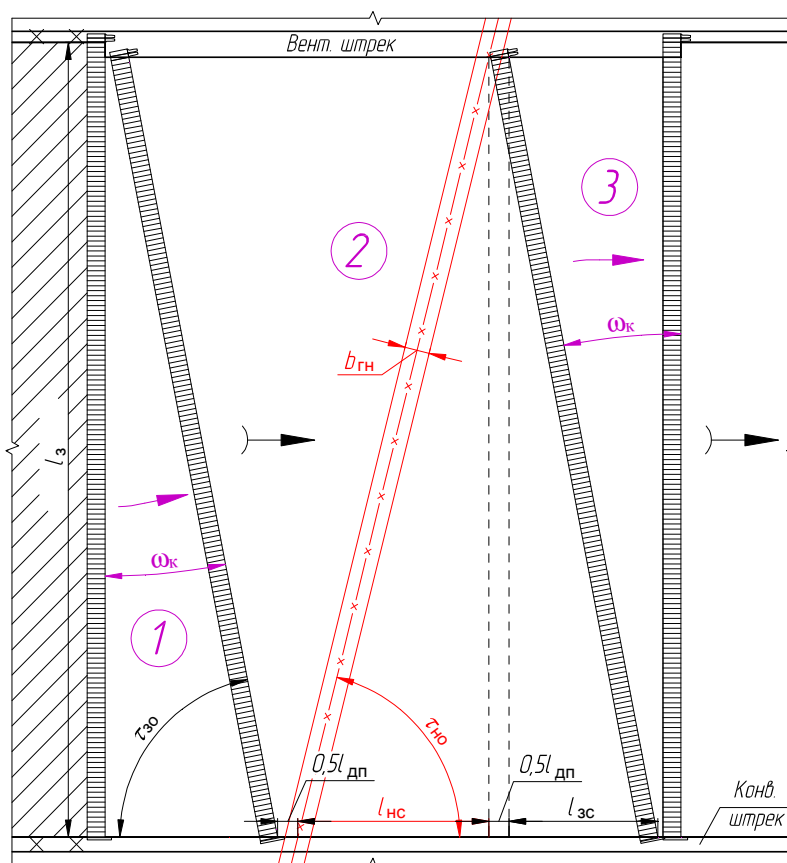


Рис. 25. План перехода нарушения

Рисунок 25 по сути является схемой полного манёвра очистного комплекса, выполняемого при переходе нарушения без изменения направления движения.

Примерные потери угля  $Z_{\text{кп}}$  при переходе нарушения можно определить, используя суммарную площадь оставляемых пачек угля:

$$Z_{\text{кп}} = S_{\text{пу}} \cdot l_3 \cdot \gamma, \quad (24)$$

где  $Z_{\text{кп}}$  – примерные потери угля при переходе нарушения, т;  $S_{\text{пу}}$  – суммарная площадь пачек угля (на поперечном сечении), оставляемых при переходе нарушения,  $\text{м}^2$ ;  $l_3$  – длина очистного забоя, м;  $\gamma$  – плотность угля,  $\text{т/м}^3$ .

Значения пачек, формирующих  $S_{\text{пу}}$ , могут быть определены расчётным способом, в том числе с учётом рекомендаций руководства [6], или получены из графической части. В примерах выполнения данной работы применён второй подход.

Графическая часть в данной работе имеет особое значение. В отличие большинства методик, где она является визуализацией полученных результатов и принятых решений, здесь она источник определения большинства параметров технологической схемы и её двух классификационных признаков. С этой точки зрения основным элементом графической части является вертикальный разрез вкрест очистному забою. Он должен строиться по выемочным полосам с *соответствием положения очередной выемочной полосы текущему положению выемочной машины*. Необходимо представить вертикальный разрез не менее чем в пяти положениях секций (М 1:50):

- начало маневрирования (1 или 2 положения);
- обратный поворот (1 или 2 положения);
- участок изменения (увеличения) вынимаемой мощности;
- номинальное положение после завершения перехода.

Другими элементами графической части являются:

- план выемочного столба (фрагмент, М 1:2000);
- вертикальный разрез по очистному забою в пределах зоны перехода (М 1:50);
- план перехода нарушения (М 1:2000).

Степень детализации всех графических материалов должна быть не ниже, чем в примерах выполнения работы. Раздвижность крепи на разрезах допускается показывать равной значению  $H_{\text{мин } \phi}$  – не детализировать чертёж до изображения штыба и сближения кровли и почвы.

В завершение работы заполняется сводная таблица параметров перехода (см. пример).

## Пример выполнения расчётно-графической части работы

Необходимо выбрать технологическую схему перехода дизъюнктивного нарушения и определить её параметры в следующих условиях:

|  |  |                 |       |
|--|--|-----------------|-------|
| Пласт  | Мощность, м  | $m_{\min}$      | 2,3   |
|  |  | $m_{\text{ср}}$ | 2,5   |
|  |  | $m_{\max}$      | 2,8   |
|  | Угол падения $\alpha$ , град                                     |                 | 8     |
|  | Коэффициент крепости $f_y$                                       |                 | 1,1   |
| Характеристика нарушения   | Тип  |                 | Сброс |
|  | Азимут падения плоскости сместителя $\delta_{\text{гн}}$ , град. |                 | 76    |
|  | Угол наклона сместителя $\alpha_{\text{гн}}$ , град.             |                 | 70    |
|  | Вертикальная амплитуда $H_{\text{гн}}$ , м                       |                 | 1,2   |
| Характеристика вмещающих пород   | Коэффициент крепости слоя почвы $f_{\text{п}}$                   |                 | 4,3   |
|  | Мощность слоя почвы $m_{\text{сп}}$ , м                          |                 | 3,1   |
|  | Коэффициент крепости слоя кровли $f_{\text{к}}$                  |                 | 2,8   |
|  | Мощность слоя кровли $m_{\text{ск}}$ , м                         |                 | 2,4   |
| Направление подхода очистного забоя к нарушению  |  |                 | →     |
| Колич. циклов в сутки при переходе геологического нарушения $n_{\text{цн}}$                                  |  |                 | 6     |
| Минимальная вынимаемая комбайном мощность пласта $Z_{\min}$ , м  |  |                 | 2,0   |
| Минимальная высота секции крепи $H_{\min}$ , м   |  |                 | 1,6   |
| Предел. углы наклона конв. вверх и вниз относит. балки $\varphi_{\text{кв}}$ и $\varphi_{\text{кн}}$ , град. |  |                 | 10    |
| Длина очистного забоя $l_3$ , м  |  |                 | 280   |
| Осложняющие факторы  |  |                 | Н     |

Нарушение типа «сброс». Очистной забой подходит со стороны висячего бока, т. е. по опущенному крылу пласта. Следовательно, тип перехода – подъём. Падение плоскости сместителя – на завал под углом  $70^\circ$ . Изменения мощности пласта в районе нарушения нет ( $m_{\text{н}} = m_{\text{ср}} = 2,5$  м).

Определяем необходимость присечки вмещающих пород (т. е. группу нарушения). Значение  $H_{\min} = 1,6$  м. Сумма значений  $h_p$ ,  $h_h$  и  $h_r$  по табл. 7.4 [1] составляет 0,19 м. Значение  $h_0 = 0,21$ . Тогда фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта составит

$$H_{\min \phi} = 1,6 + 0,19 + 0,21 = 2 \text{ м.}$$

Вертикальная амплитуда  $H_{\text{гн}} = 1,2$  м. Следовательно, высота окна перехода по углю составит

$$h_{\text{оу}} = 2,5 - 1,2 = 1,3 \text{ м.}$$

Значения для проверки определены.  
Вначале проверяем по условию ф. (1):

$$2 > 1,3, \text{ т. е. } H_{\min \phi} > h_{\text{oy}}.$$

Условие не выполняется, переход по схеме группы I (без присечки) невозможен.

Проверяем следующее условие [ф. (2)]. При этом ориентируемся на присечку кровли, так как её коэффициент крепости  $f$  менее 4 и меньше, чем у почвы. С учётом мощности слабых пород в кровле 2,4 м получаем

$$1,3 \leq 2 \leq 1,3 + 2,4, \text{ или } 1,3 \leq 2 \leq 3,7.$$

Условие ф. (2) выполняется.

Далее делаем проверку по минимальной вынимаемой комбайном мощности  $Z_{\min}$ . Комбайн имеет значение  $Z_{\min} = 2$  м. Это диаметр его шнеков. Поэтому по данному ограничению получаем условие для группы II, аналогичное представленному выше для раздвижности крепи:

$$1,3 \leq 2 \leq 1,3 + 2,4, \text{ или } 1,3 \leq 2 \leq 3,7.$$

Окончательно принимаем подъём с присечкой кровли, с минимальным расстоянием между кровлей и почвой 2 м.

Далее определяем параметры нарушения. Поскольку вмещающие породы неустойчивые, коэффициент в числителе ф. (9) принимаем из верхней границы диапазона, а именно 7,6. Тогда ширина зоны влияния нарушения по нормали составит

$$b_{\text{гн}} = \frac{7,6 \cdot \sqrt{1,2}}{\sin 70^\circ} \approx 8,9 \text{ м.}$$

Для определения остальных параметров нарушения находим первые два параметра технологической схемы. Вначале вычислим угол  $\tau_3$  исходя из азимута падения плоскости сместителя  $\delta_{\text{гн}} = 76$ :

$$\tau_3 = 76 - 90 = -14^\circ.$$

Далее определим  $N_{\text{сн п}}$  для полученного угла  $\tau_3$ . В расчёте используем значение длины секции крепи с выдвинутым перекрытием ( $B = 6,4$  м):

$$N_{\text{снр}} = \frac{(8,9 + 6,4 \cdot \cos|-14|^\circ)}{\sin|-14|^\circ \cdot 1,75} \approx 35,7.$$

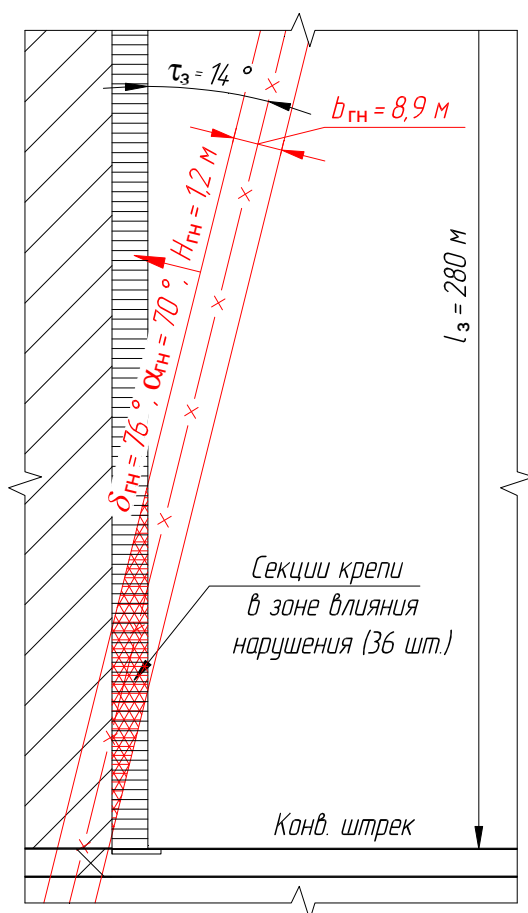
Округляем и получаем значение  $N_{\text{сн}} = 36$  секций, т. е. условие ф. (10) не выполняется. Следовательно, перед переходом необходимо выполнить маневрирование в плоскости пласта – поворот очистного забоя с опережением по конвейерному штреку. Для получения рекомендованного значения в 20 секций угол между нарушением и забоем должен быть  $25^\circ$ :

$$N_{\text{снр}} = \frac{(8,9 + 6,4 \cdot \cos 25^\circ)}{\sin 25^\circ \cdot 1,75} \approx 19,9.$$

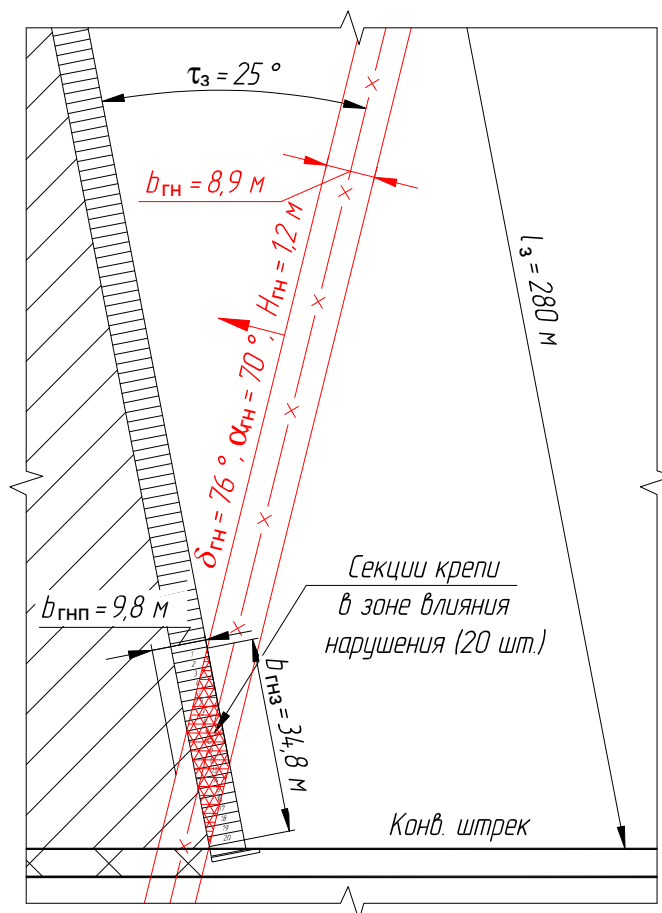
Округляем и получаем значение  $N_{\text{сн}} = 20$  секций. Следовательно, забой необходимо повернуть на угол  $\omega_k = 11^\circ$  с опережением по конвейерному штреку (см. работу № 14 [1]). Строим два плана.

### **Планы выемочного столба (фрагменты)**

*Без поворота*



*С поворотом на  $11^\circ$*



Выполняем расчёт остальных параметров нарушения, используя актуальное значение  $\tau_3 = 25^\circ$  и, следовательно,  $\tau_{\Pi} = 65^\circ$ :

$$\alpha_{\text{ГНЗ}} = \arctg(\operatorname{tg} 70^\circ \cdot \sin 25^\circ) \approx 49,3^\circ;$$

$$\alpha_{\text{ГНП}} = \arctg(\operatorname{tg} 70^\circ \cdot \sin 65^\circ) \approx 68,1^\circ;$$

$$b_{\text{ГНЗ}} = \frac{(8,9 + 6,4 \cdot \cos 25^\circ)}{\sin 25^\circ} \approx 34,8 \text{ м}; \quad b_{\text{ГНП}} = \frac{8,9}{\cos 25^\circ} \approx 9,8 \text{ м}.$$

Далее определяем параметры технологической схемы. Первые два параметра уже установлены:  $\tau_3 = 25^\circ$ ,  $N_{\text{сн}} = 20$ . Для определения 12 из 16 оставшихся параметров и двух классификационных признаков технологической схемы требуется построение вертикального разреза вкрест очистному забою.

Все необходимые параметры нарушения для построения разреза известны. Рассмотрим оставшиеся возможные ограничения по технической характеристике оборудования, актуальные при построении этого разреза.

Предельные углы устойчивости секций крепи в поперечном направлении  $\varphi_{\text{спп}}$  и по восстанию  $\varphi_{\text{св}}$  принимаем согласно требованиям стандарта [10], а именно  $15^\circ$ .

Предельные углы наклона перекрытия секции крепи относительно основания вверх  $\varphi_{\text{пв}}$  и вниз  $\varphi_{\text{пн}}$  принимаются  $15^\circ$ .

Секции крепи имеют гидроцилиндр поднятия, что упростит заход на ступени при подъёме. Прочностные свойства угля ( $f_y = 1,1$ ) позволяют осуществлять заход на ступени без их смятия. Тем не менее для упрощения захода конвейера на ступени планируем использование клинообразных подкладок.

Секции крепи оснащаются гидроцилиндром вертикальной регулировки положения конвейера. Поэтому предельные углы наклона конвейера вверх  $\varphi_{\text{кв}}$  и вниз  $\varphi_{\text{кн}}$  относительно балки механизма передвижки принимаем согласно рекомендациям теоретической части равными  $10^\circ$ . Значения предельных углов наклона балки механизма передвижки вверх и вниз относительно основания секции крепи также принимаем согласно рекомендациям ( $\varphi_{\text{бв}} = \varphi_{\text{бн}} = 5^\circ$ ).

При подъёме подрезка комбайном почвы ниже уровня конвейера осуществляется на небольшое значение при обратном повороте секций (присечка призм, не учитываемых при классификации схе-

мы). Это значение будет получено из построения, но очевидно, что оно не превысит минимального значения из представленного в теоретической части диапазона ( $z_0 = 185 \text{ мм}$ ).

Таким образом, ограничения, учитываемыми при проектировании перехода в плоскости вкрест очистному забою, будут:

- фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта при минимальной раздвижности крепи  $H_{\min}$  с учётом подштыбовки, запаса гидравлического хода стойки на разгрузку и сближения кровли и почвы ( $H_{\min \phi} = 2 \text{ м}$ );

- предельный угол устойчивости секции крепи по восстанию  $\varphi_{\text{св}} = 15^\circ$ ;

- предельные углы наклона перекрытия секции крепи относительно основания ( $\varphi_{\text{пв}} = \varphi_{\text{пн}} = 15^\circ$ );

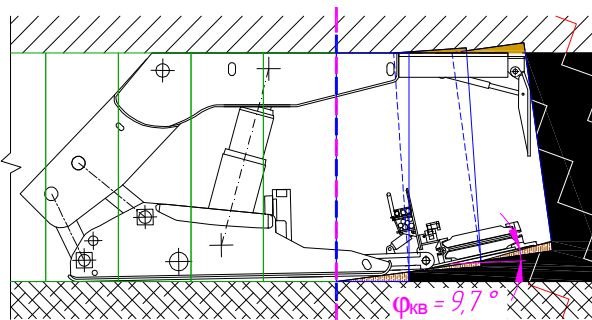
- предельные углы наклона конвейера вверх и вниз относительно балки механизма передвижки ( $\varphi_{\text{кв}} = \varphi_{\text{кн}} = 10^\circ$ );

- предельные углы наклона балки механизма передвижки вверх и вниз относительно основания секции крепи ( $\varphi_{\text{бв}} = \varphi_{\text{бн}} = 5^\circ$ ).

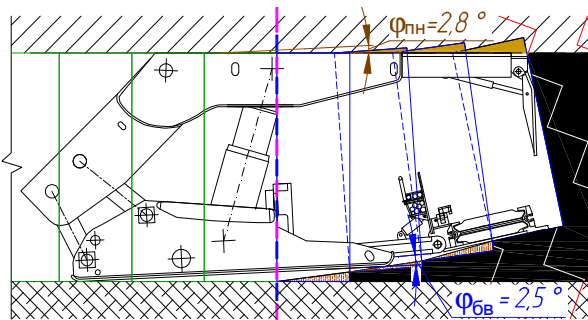
Приступаем к проектированию и построению схемы.

### ***Вертикальные разрезы вкрест очистному забою***

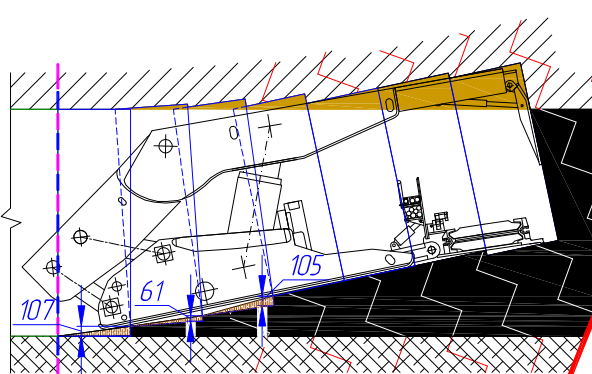
*После цикла № 3*



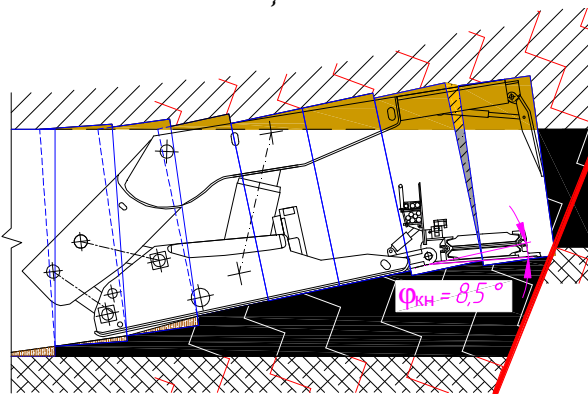
*После цикла № 4*



*После цикла № 7*



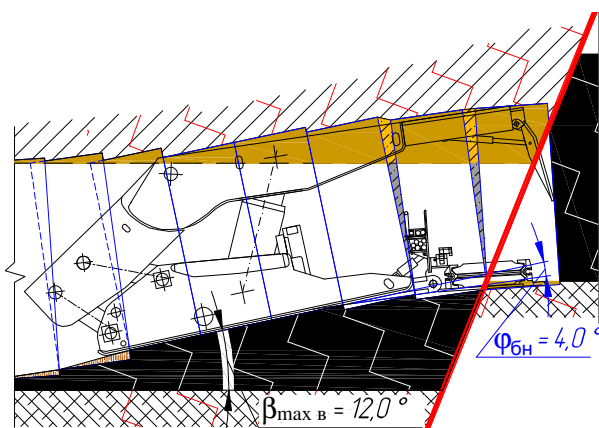
*После цикла № 8*



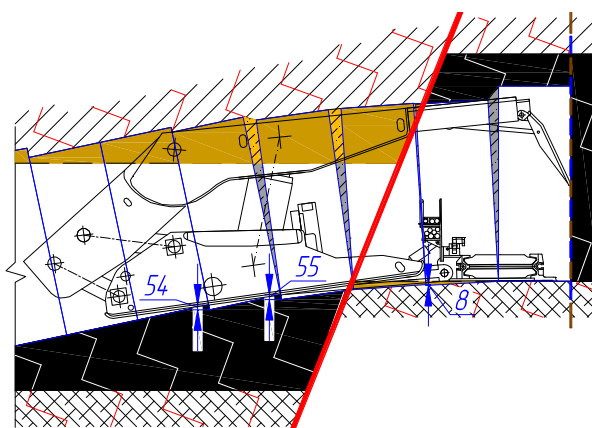
*После цикла № 9*

*После цикла № 11*

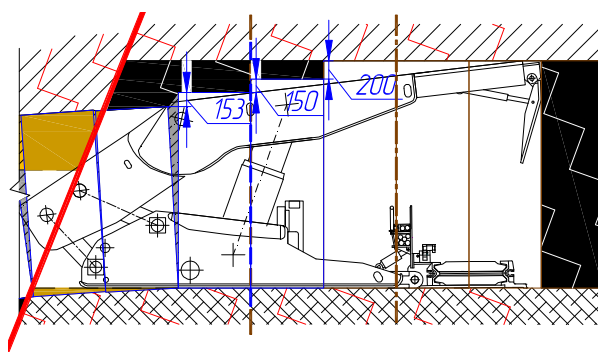
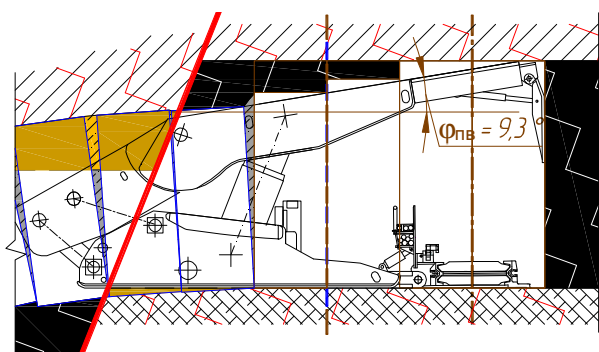




После цикла № 14



После цикла № 15



*Примечание. Обрушенные породы кровли в выработанном пространстве условно не показаны.*

Из спроектированной технологической схемы перехода определяем следующую группу параметров.

При подъёме по почве будет три ступени ( $N_{\text{ст}} = 3$ ) высотой  $h_{\text{ст}}$ , равной 107, 61 и 105 мм. Ширина  $r_{\text{ст}}$  первых двух будет 800 мм. Поверхность третьей ступени является прямолинейной частью поверхности движения секции (2400 мм, 3 выемочных полосы). Это определяет четвёртый классификационный признак схемы.

При обратном повороте по почве будет три ступени ( $N_{\text{ст}} = 3$ ) высотой (глубиной)  $h_{\text{ст}}$ , равной 54, 55 и 8 мм. Ширина  $r_{\text{ст}}$  всех трёх ступеней будет 800 мм.

При данной схеме будет два участка изменения вынимаемой мощности, между которыми будет поверхность с шестью выемочными полосами при  $H_{\min \phi} = 2$  м. При выходе на номинальную раздвижность по кровле призабойного пространства будет три ступени по пласту ( $N_{\text{ст}} = 3$ ) высотой  $h_{\text{ст}}$ , равной 153, 150 и 200 мм. Ширина каждой ступени 800 мм.

Угол наклона поверхности движения секций  $\alpha_{\text{вс}}$  равен  $8,63^\circ$ .

Максимальный угол наклона секций крепи по восстанию  $\beta_{\max}$  будет на отмеченной выше прямолинейной части поверхности движения секций (участка маневрирования). Его значение будет  $12^\circ$ . Поскольку оно меньше предельного угла устойчивости секции крепи по восстанию  $\varphi_{\text{св}} = 15^\circ$  – это пологий переход, что определяет *пятый (последний) классификационный признак* схемы.

Длина участка маневрирования  $l_{\text{ум}}$  составит 8,8 м (11 циклов). При каждом выемочном цикле одна секция начинает маневрирование и одна завершает.

Длина первого участка изменения вынимаемой мощности  $l_{\text{ви1}}$ , находящегося в пределах участка маневрирования, будет 3,2 м (4 цикла). Второй участок изменения вынимаемой мощности будет частично (1 цикл) совпадать с участком маневрирования. Его длина  $l_{\text{ви1}} = 2,4$  м (3 цикла). Суммарная длина этих участков ( $l_{\text{ви1}} + l_{\text{ви2}}$ ) составит 5,6 м (7 циклов).

Участок номинальных выемочных полос при завершении перехода будет иметь длину  $l_{\text{вн}} = 4,8$  м (6 циклов).

Расстояние вкрест очистному забою от оси сместителя до начала подъёма комплекса  $l_{\text{пвс}}$  составит 6,26 м.

Полная длина перехода одной секцией  $l_{\text{дп}}$  при рассмотренной схеме будет 14,4 м, которые будут пройдены за 18 циклов ( $n_{\text{цп}} = 18$ ).

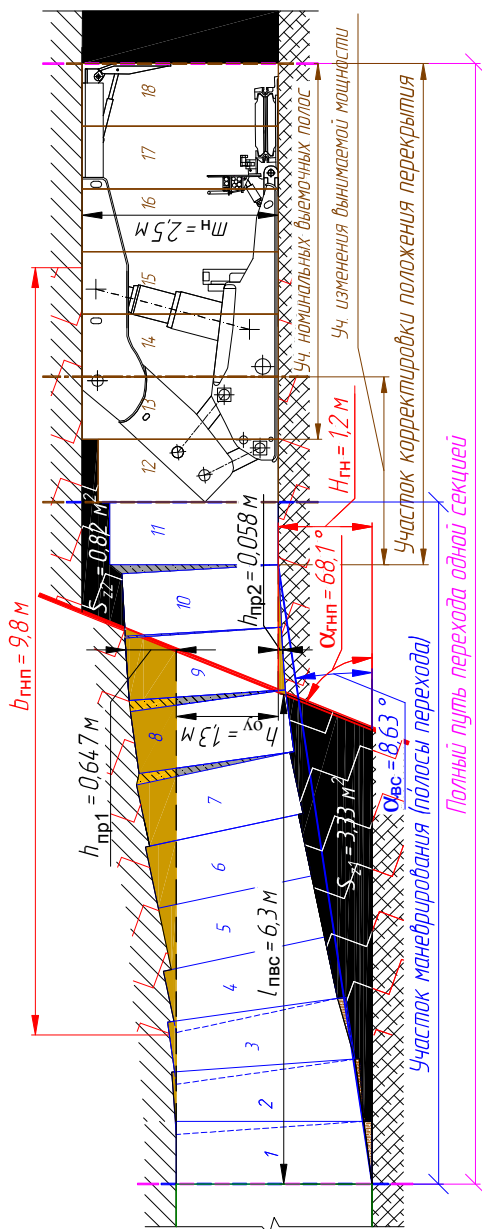
Максимальная присечка вмещающих пород  $h_{\text{пр}}$  будет при выемке последней полосы участка маневрирования. Она составит 0,647 м по кровле и 0,058 м по почве. Присечка почвы необходима для обратного поворота и, как говорилось в теоретической части, не учитывается при классификации схемы. Суммарное значение  $h_{\text{пр}}$  равно 0,705 м. Соответственно, при высоте забоя 2 м получаем

$$S_{\text{пр}} = \frac{100 \cdot 0,705}{0,705 + 1,3} \approx 35,2 \text{ \%}.$$

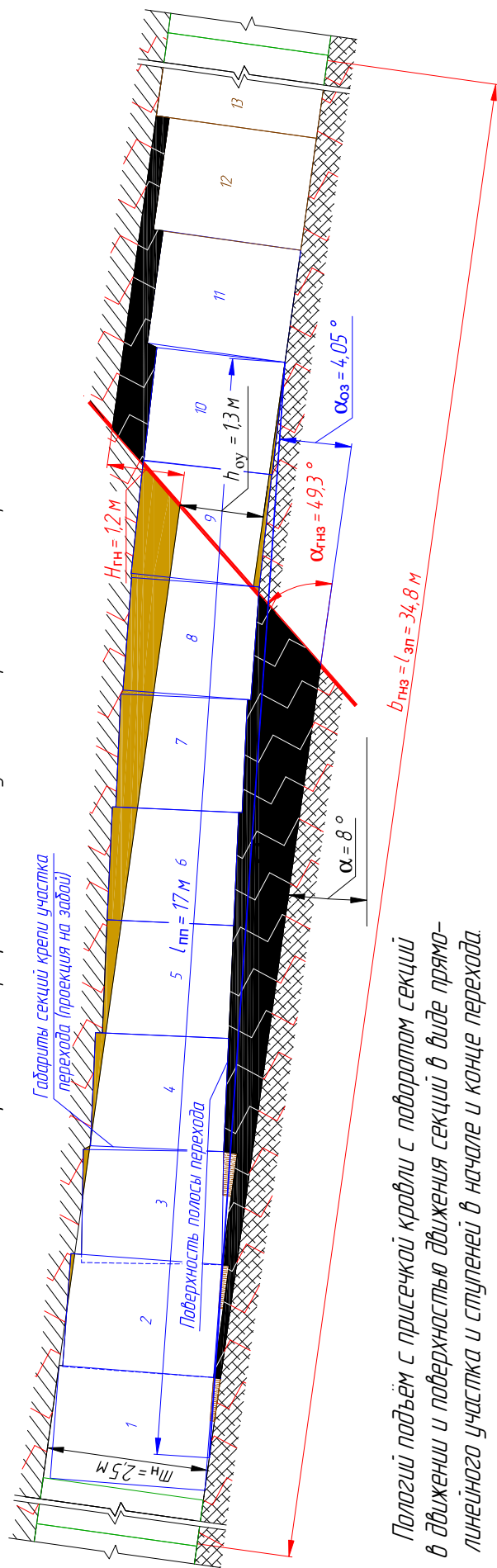
Последним параметром, определяемым из разреза вкрест забою, являются примерные потери угля  $Z_{\text{кп}}$ . При принятой технологической схеме перехода нарушения остаётся две пачки угля: у почвы пласта до сместителя (площадь  $S_{z1} = 3,33 \text{ м}^2$ ) и у кровли пласта после него (площадь  $S_{z2} = 0,82 \text{ м}^2$ ). Суммарная площадь этих пачек составит  $S_{\text{пу}} = 4,15 \text{ м}^2$ . Тогда значение  $Z_{\text{кп}}$  составит

$$Z_{\text{кп}} = 4,15 \cdot 280 \cdot 1,35 \approx 1569 \text{ т}.$$

Вертикальный разрез вкост очистному задоу



Вертикальный разрез по очистному задоу в пределах зоны перехода



Пологий подъем с присечкой кривой с поворотом секций в движении и поверхностью движения секций в виде прямолинейного участка и ступеней в начале и конце перехода.

Согласно принятому изначально и установленным при построении классификационным признакам название технологической схемы перехода следующее: *пологий подъём с присечкой кровли с поворотом секций в движении и поверхностью движения секций в виде прямолинейного участка и ступеней в начале и конце перехода.*

Далее определим ещё 4 параметра, относящиеся к разрезу вдоль очистного забоя. Предварительно рассмотрим возможные ограничения по технической характеристике оборудования, актуальные при изгибе комплекса в вертикальной плоскости.

Предельный угол наклона секции конвейера относительно соседней в вертикальной плоскости  $\varphi_{\text{нк}}$  составляет  $4,5^\circ$ .

Предельный угол наклона секции крепи относительно соседней секции в поперечном направлении  $\varphi_{\text{ис}}$  определим исходя из возможности сдвинуть боковое ограждение на 100 мм при номинальной раздвижности крепи. Его значение составит  $2,3^\circ$ , что менее  $\varphi_{\text{нк}}$ . Принимаем поверхность полосы перехода без увеличивающегося угла. Согласно рекомендациям в качестве ограничения принимаем угол наклона секции конвейера, а для снятия ограничения по наклону секций крепи необходимо обеспечить зазор между ними в 200 мм, т. е. сдвинуть боковое ограждение у двух секций на 100 мм и откорректировать их положение. Это обеспечит  $\varphi_{\text{ис max}} = 4,6^\circ$ , т. е. снимет ограничение по наклону секций крепи.

Значение клиренса очистного комбайна неизвестно. Так как модель рассчитана на выемку пластов средней мощности, считаем, что клиренс достаточный для преодоления изгиба конвейера в  $4,5^\circ$ .

Таким образом, параметры определяются исходя из изгиба очистного комплекса в вертикальной плоскости в  $4,5^\circ$ , обусловленного предельным углом наклона секции конвейера  $\varphi_{\text{нк}}$ .

Первый параметр этой группы – угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя  $\alpha_{\text{оз}}$ . При установленных ранее значениях  $\alpha_{\text{вс}} = 8,63^\circ$  и  $\tau_3 = 25^\circ$  он составит

$$\alpha_{\text{оз}} = \arctg(\tg 8,63^\circ \cdot \tg 25^\circ) \approx 4,05^\circ.$$

Полученное значение не превышает предельный угол наклона  $\varphi_{\text{нк}} = 4,5^\circ$ . Корректировка параметров поверхности движения секций не требуется.

Далее определяем длину полосы и участка перехода и количество секций на них. Учитываем, что шаг установки секций равен 1,75 м. Получаем

$$l_{пп} = \frac{1,2}{\sin 4,05^\circ} \approx 17 \text{ м}; \quad N_{ппр} = \frac{17}{1,75} \approx 9,7 \text{ секции.}$$

На полосе перехода будет 10 секций – 9 полностью и одна на часть ширины. На участке перехода будет на одну секцию больше ( $N_{уп} = 11$ ), так как одна секция завершит маневрирование после подъёма на 1,2 м, т. е. за пределами полосы перехода.

Протяжённость зоны перехода  $l_{зп}$  равна определённому выше значению  $b_{гнз}$ , т. е. составляет 34,8 м.

Приступаем к построению.

В завершение определяем два последних параметра. Согласно исходных данных количество циклов в сутки при переходе геологического нарушения  $n_{цн}$  составит 6. Тогда продолжительность перехода нарушения одной секцией  $t_{пс}$  будет

$$t_{пс} = \frac{18}{6} = 3 \text{ сут.}$$

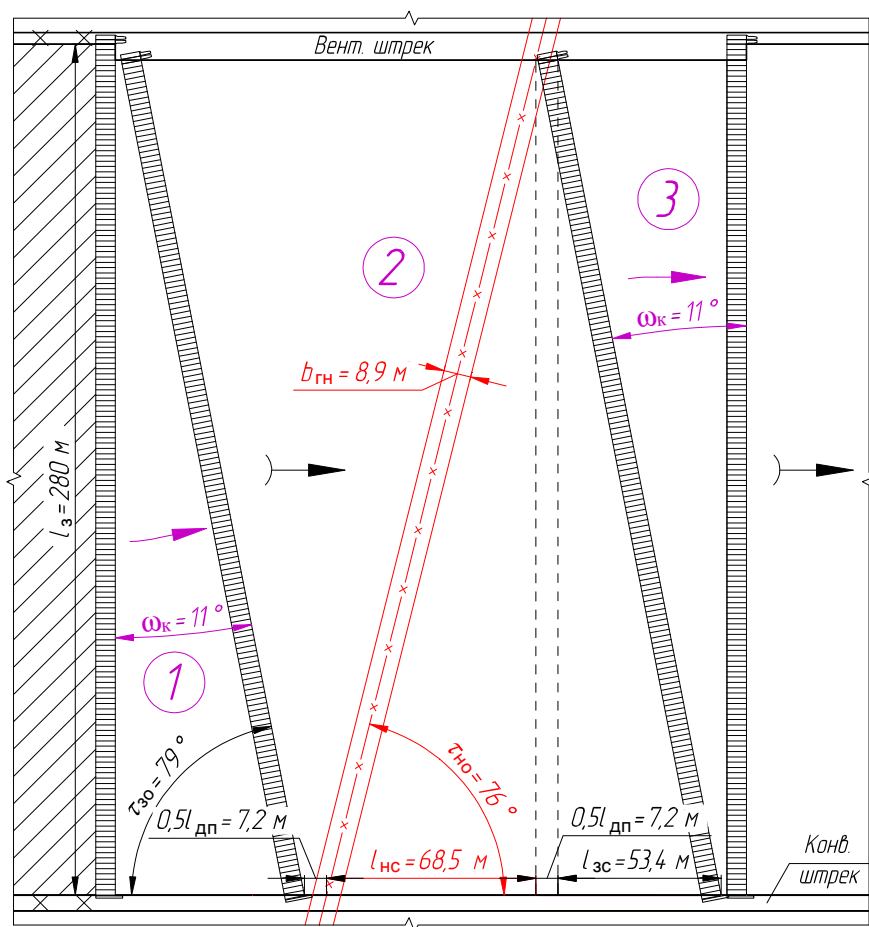
Для определения продолжительности перехода нарушения комплексом  $t_{пк}$  предварительно определим значения углов  $\tau_{но}$  и  $\tau_{зо}$ .

В принятых координатах ось выемочного столба имеет угол  $90^\circ$ , или  $-90^\circ$ . Ось нарушения имеет угол  $\tau_3 = -14^\circ$ . Соответственно, значение  $\tau_{но}$  составляет  $76^\circ$ . Очистной забой необходимо повернуть на угол  $\omega_k = 11^\circ$ . Следовательно, значение  $\tau_{зо}$  равно  $79^\circ$ . Также учитываем, что все выемочные циклы выполнены с шириной захвата  $r = 0,8$  м. Тогда получаем

$$t_{пк} = \frac{280 \cdot \sin 79^\circ \cdot \operatorname{ctg} 76^\circ + 280 \cdot \cos 79^\circ + 14,4}{0,8 \cdot 6} \approx \frac{68,5 + 53,4 + 14,4}{4,8} \approx 28,4 \text{ сут.}$$

Строим план перехода нарушения. Все установленные параметры записываем в таблицу.

## План перехода дизъюнктивного нарушения



Сводная таблица параметров перехода дизъюнктивного нарушения

| Параметр   |  |                         | Значение      |
|--|--|-------------------------|---------------|
| 1. Угол между нарушением и очистным забоем $\tau_3$ , град.<br>(исходный / принятый) |  |                         | 14/25         |
| 2. Количество секций, одновременно находящихся в зоне влияния нарушения, $N_{сн}$    |  |                         | 20            |
| Параметры ступеней   | по почве при начале подъёма                      | 3. Количество $N_{ст}$  | 3             |
|  |  | 4. Высота $h_{ст}$ , мм | 107, 61, 105  |
|  |  | 5. Ширина $r_{ст}$ , мм | 800, 2400     |
|  | по почве при обратном повороте                   | 3. Количество $N_{ст}$  | 3             |
|  |  | 4. Высота $h_{ст}$ , мм | 54, 55, 8     |
|  |  | 5. Ширина $r_{ст}$ , мм | 800           |
|  | по кровле при выходе на номинальную раздвижность | 3. Количество $N_{ст}$  | 3             |
|  |  | 4. Высота $h_{ст}$ , мм | 153, 150, 200 |
|  |  | 5. Ширина $r_{ст}$ , мм | 800           |
| 6. Угол наклона поверхности движения секций $\alpha_{вс}$ , град.                    |  |                         | 8,63          |
| 7. Длина участка(-ов), м<br>(циклов)   | маневрирования $l_{ум}$                          |                         | 8,8 (11)      |
|  | изменения вынимаемой мощности $l_{уи}$           |                         | 5,6 (7)       |
|  | номинальных выемочных полос $l_{вн}$             |                         | 4,8 (6)       |

| Параметр  | Значение     |
|---|--------------|
| 8. Расстояние вкрест очистному забою от оси сместителя до начала подъёма комплекса $l_{\text{пвс}}$ , м | 6,26         |
| 9. Угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя $\alpha_{\text{оз}}$ , град.                 | 4,05         |
| 10. Длина полосы перехода $l_{\text{пп}}$ , м   | 17           |
| 11. Количество секций на полосе (участке) перехода $N_{\text{пп}}$ ( $N_{\text{уп}}$ )                  | 10 (11)      |
| 12. Протяжённость зоны перехода $l_{\text{зп}}$ , м   | 34,8         |
| 13. Полная длина перехода одной секцией $l_{\text{дп}}$ , м   | 14,4         |
| 14. Количество циклов, за которое осуществляется полный переход одной секцией, $n_{\text{цп}}$          | 18           |
| 15. Максимальная присечка вмещающих пород $h_{\text{пр}}$ , м ( $S_{\text{п}}$ , %)                     | 0,705 (35,2) |
| 16. Продолжительность перехода нарушения одной секцией $t_{\text{пс}}$ , сут                            | 3            |
| 17. Продолжительность перехода нарушения очистным комплексом $t_{\text{пк}}$ , сут                      | 28,4         |
| 18. Примерные потери угля $Z_{\text{кп}}$ , т   | 1569         |

### Исходные данные

Во всех вариантах рассматривается комбайновая выемка.

Значения углов  $\varphi_{\text{спн}}$ ,  $\varphi_{\text{сп}}$ ,  $\varphi_{\text{св}}$ ,  $\varphi_{\text{пв}}$  и  $\varphi_{\text{пн}}$  во всех вариантах принять равным  $15^\circ$ .

Длину секций механизированной крепи  $B$  принять 5,0÷6,5 м. Для определения значения  $C_{\text{к}}$  и изображения секций их модель можно принять согласно информации, представленное после табл. 2, или выбрать самостоятельно по требованиям работы № 7 [1].

Остальные исходные данные представлены в табл. 2.

### Примеры контрольных вопросов

1. Какие параметры дизъюнктивного нарушения (технологической схемы перехода нарушения) вы знаете?

2. Назовите классификационные признаки технологической схемы перехода дизъюнктивного нарушения.

3. Какие бывают типы технологических схем перехода дизъюнктивного нарушения по виду поверхности движения?

4. Какая технологическая схема перехода нарушения применена в вашей работе?

5. Сколько выемочных циклов (суток) потребуется для перехода нарушения секцией (очистным забоем) в вашей работе?



Таблица 2

## Исходные данные к расчётно-графической части работы

| №<br>варианта | Пласт            |                 |                  |                     |       | Нарушение |                                 |                                 |                        | Вмещающие породы |                        |                |                        | НП* | $n_{\text{цн}}$ | $Z_{\text{min}}$ ,<br>м | $H_{\text{min}}$ ,<br>м | $\Phi_{\text{кв}}$<br>и $\Phi_{\text{кн}}$ ,<br>град. | $l_3$ ,<br>м | ОФ* |
|---------------|------------------|-----------------|------------------|---------------------|-------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------|------------------------|----------------|------------------------|-----|-----------------|-------------------------|-------------------------|---|--------------|-----|
|               | мощность $m$ , м |                 |                  | $\alpha$ ,<br>град. | $f_y$ | Тип       | $\delta_{\text{гн}}$ ,<br>град. | $\alpha_{\text{гн}}$ ,<br>град. | $H_{\text{гн}}$ ,<br>м | $f_{\text{п}}$   | $m_{\text{сп}}$ ,<br>м | $f_{\text{к}}$ | $m_{\text{ск}}$ ,<br>м |     |                 |                         |                         |   |              |     |
|               | $m_{\text{min}}$ | $m_{\text{ср}}$ | $m_{\text{max}}$ |                     |       |           |                                 |                                 |                        |                  |                        |                |                        |     |                 |                         |                         |   |              |     |
| 1             | 1,6              | 1,8             | 2,1              | 5                   | 1,3   | Сброс     | 286                             | 48                              | 0,5                    | 4,2              | 3,4                    | 2,8            | 2,2                    | ←   | 6               | 0,9                     | 0,9                     | 15  | 300          | Н   |
| 2             | 3,3              | 3,5             | 3,8              | 14                  | 0,8   | Взброс    | 59                              | 51                              | 1,5                    | 3,2              | 2,8                    | 4,6            | 3,3                    | →   | 8               | 2,5                     | 2,3                     | 10  | 280          | У   |
| 3             | 1,7              | 1,9             | 2,2              | 7                   | 1,2   | Взброс    | 284                             | 56                              | 0,7                    | 3,4              | 3,6                    | 3,8            | 2,6                    | →   | 7               | 0,9                     | 0,9                     | 15  | 290          | –   |
| 4             | 3,4              | 3,6             | 3,9              | 22                  | 0,9   | Взброс    | 243                             | 62                              | 1,3                    | 4,2              | 2,9                    | 2,4            | 5,2                    | ←   | 6               | 2,5                     | 2,3                     | 10  | 310          | Н   |
| 5             | 1,8              | 2,0             | 2,3              | 9                   | 1,1   | Взброс    | 108                             | 50                              | 1,1                    | 3,1              | 2,7                    | 2,0            | 4,2                    | ←   | 8               | 1,4                     | 1,3                     | 10  | 300          | Н   |
| 6             | 3,5              | 3,7             | 4,0              | 20                  | 0,7   | Сброс     | 58                              | 65                              | 1,9                    | 2,8              | 3,2                    | 4,2            | 3,1                    | ←   | 7               | 2,5                     | 2,3                     | 10  | 310          | У   |
| 7             | 1,9              | 2,1             | 2,4              | 11                  | 1,0   | Сброс     | 73                              | 57                              | 1,3                    | 3,1              | 3,6                    | 2,4            | 2,1                    | →   | 6               | 1,4                     | 1,3                     | 10  | 270          | Н   |
| 8             | 3,6              | 3,8             | 4,1              | 20                  | 0,9   | Взброс    | 300                             | 77                              | 2,3                    | 4,8              | 3,3                    | 2,0            | 7,2                    | ←   | 8               | 2,5                     | 2,3                     | 10  | 250          | Н   |
| 9             | 1,3              | 1,4             | 1,6              | 16                  | 0,7   | Взброс    | 125                             | 58                              | 0,6                    | 4,4              | 2,3                    | 1,9            | 3,6                    | →   | 7               | 0,9                     | 0,9                     | 15  | 290          | Н   |
| 10            | 2,0              | 2,2             | 2,5              | 13                  | 0,7   | Сброс     | 105                             | 60                              | 0,8                    | 2,2              | 3,1                    | 4,2            | 2,3                    | →   | 6               | 1,4                     | 1,3                     | 10  | 260          | У   |
| 11            | 3,7              | 3,9             | 4,2              | 11                  | 1,1   | Сброс     | 52                              | 65                              | 2,1                    | 2,5              | 2,4                    | 4,1            | 3,8                    | ←   | 8               | 2,5                     | 2,3                     | 10  | 320          | –   |
| 12            | 1,4              | 1,5             | 1,7              | 18                  | 1,2   | Сброс     | 83                              | 70                              | 0,4                    | 4,1              | 3,5                    | 3,0            | 2,5                    | ←   | 7               | 0,9                     | 0,9                     | 15  | 300          | –   |
| 13            | 2,1              | 2,3             | 2,6              | 15                  | 0,6   | Взброс    | 256                             | 64                              | 0,8                    | 3,8              | 4,1                    | 2,7            | 4,2                    | →   | 6               | 2,0                     | 1,6                     | 10  | 350          | –   |
| 14            | 3,8              | 4,0             | 4,3              | 22                  | 1,3   | Взброс    | 240                             | 72                              | 2,3                    | 2,8              | 3,4                    | 5,1            | 2,2                    | →   | 8               | 2,5                     | 2,3                     | 10  | 290          | П   |
| 15            | 1,5              | 1,6             | 1,8              | 10                  | 1,2   | Сброс     | 291                             | 55                              | 0,5                    | 4,3              | 2,6                    | 2,0            | 3,5                    | ←   | 7               | 0,9                     | 0,9                     | 15  | 310          | –   |
| 16            | 2,2              | 2,4             | 2,7              | 17                  | 0,9   | Взброс    | 101                             | 68                              | 0,8                    | 3,6              | 4,4                    | 4,2            | 2,8                    | →   | 6               | 2,0                     | 1,6                     | 10  | 260          | –   |
| Пример        | 2,3              | 2,5             | 2,8              | 8                   | 1,1   | Сброс     | 76                              | 70                              | 1,2                    | 4,3              | 3,1                    | 2,8            | 2,4                    | →   | 6               | 2,0                     | 1,6                     | 10  | 280          | Н   |

\*Примечания. НП – направление подхода очистного забоя к нарушению, ОФ – осложняющий фактор, П – самовозгорание, Н – неустойчивая кровля, У – удароопасность.

В вариантах можно принять следующие модели очистного комбайна и крепи:

- К750Ю 2 тип и МКЮ 2Ш-16/32,  $C_k = 1,75 \text{ м}$  (13, 16);
- К750Ю 1 тип и МКЮ.2Ш-13/27,  $C_k = 1,75 \text{ м}$  (5, 7, 10);
- МВ410Е и МВРО 2800,  $C_k = 1,5 \text{ м}$  (1, 3, 9, 12, 15);
- МВ712Е и МКЮ 2Ш-23/48,  $C_k = 1,75 \text{ м}$  (2, 4, 6, 8, 11, 14).

### *Латинские условные обозначения*

| Обозначение          | Наименование   |
|----------------------|--|
| $B$                  | длина секции механизированной крепи, м   |
| $b_{\text{ГН}}$      | ширина зоны влияния нарушения по нормали, м  |
| $b_{\text{ГНЗ}}$     | ширина зоны влияния нарушения по плоскости забоя, м  |
| $b_{\text{ГНП}}$     | ширина зоны влияния нарушения по перпендикулярной очистному забою плоскости, м   |
| $C_{\text{к}}$       | шаг установки секций крепи, м  |
| $C_{\text{ок}}$      | клиренс очистного комбайна, мм   |
| $E_{\text{min}}$     | минимальная высота струга, м   |
| $f$                  | средневзвешенный коэффициент крепости кровли по шкале проф. М. М. Протодяконова  |
| $f_{\text{к}}$       | коэф. крепости слоя кровли по шкале проф. М. М. Протодяконова  |
| $f_{\text{п}}$       | коэф. крепости слоя почвы по шкале проф. М. М. Протодяконова   |
| $f_{\text{у}}$       | коэф. крепости угля по шкале проф. М. М. Протодяконова   |
| $h_0$                | значение сближения кровли и почвы, м   |
| $h_h$                | значение штыбовой «подушки» на перекрытии секции, м  |
| $H_{\text{min}}$     | минимальная высота секции крепи, мм (м)  |
| $H_{\text{min ф}}$   | фактическое расстояние между кровлей и почвой пласта при минимальной раздвижности крепи $H_{\text{min}}$ с учётом подштыбовки, запаса гидравлического хода стойки на разгрузку и сближения кровли и почвы, м |
| $h_p$                | значение подштыбовки основания секции, м   |
| $h_{\text{Г}}$       | запас гидравлического хода стойки на разгрузку, м  |
| $H_{\text{ГН}}$      | вертикальная амплитуда геологического нарушения, м   |
| $h_{\text{оу}}$      | высота окна перехода по углю, м  |
| $h_{\text{пр}}$      | максимальная присечка вмещающих пород при переходе нарушения, м  |
| $h_{\text{ст}}$      | высота ступеней при маневрировании комплекса в пространстве, мм  |
| $h_{\text{стс max}}$ | максимальная высота (глубина) ступени при спуске, мм   |
| $h_{\text{стп}}$     | высота ступени при повороте стругового конвейера на подъём, м  |
| $l_{\text{дп}}$      | полная длина перехода одной секцией, м   |
| $l_{\text{з}}$       | длина очистного забоя, м   |
| $l_{\text{зп}}$      | протяжённость зоны перехода, м   |
| $l_{\text{зс}}$      | проекция очистного забоя на ось выемочного столба, м   |
| $l_{\text{нс}}$      | проекция нарушения на ось выемочного столба, м   |
| $l_{\text{пвс}}$     | расстояние вкrest очистному забою от оси сместителя до начала подъёма (спуска) комплекса, м  |
| $l_{\text{пз}}$      | расстояние от перекрытия секции крепи до очистного забоя, м  |
| $l_{\text{пп}}$      | длина полосы перехода, м   |

| Обозначение               | Наименование   |
|---------------------------|--|
| $l_{ум} (l_{уи}, l_{ун})$ | длина участка маневрирования (изменения вынимаемой мощности, номинальных выемочных полос), м (циклы)     |
| $l_{уп}$                  | длина участка перехода, м  |
| $m_{max}$                 | максимальная мощность пласта, м  |
| $m_{min}$                 | минимальная мощность пласта, м   |
| $m_n$                     | мощность пласта в районе нарушения, м  |
| $m_c$                     | мощность слабых пород, м   |
| $m_{ск}$                  | мощность слоя кровли, м  |
| $m_{сп}$                  | мощность слоя почвы, м   |
| $m_{ср}$                  | средняя мощность пласта, м   |
| $N_{пп}$                  | количество секций на полосе перехода   |
| $N_{пп\ p}$               | расчётное количество секций на полосе перехода   |
| $N_{сн}$                  | количество секций, одновременно находящихся в зоне влияния нарушения                                     |
| $N_{сн\ p}$               | расчётное количество секций, одновременно находящихся в зоне влияния нарушения                           |
| $N_{ст}$                  | количество ступеней при маневрировании комплекса в пространстве  |
| $N_{уп}$                  | количество секций на участке перехода  |
| $n_{ц}$                   | количество выемочных циклов в сутки  |
| $n_{цн}$                  | количество циклов в сутки при переходе геологического нарушения  |
| $n_{цп}$                  | количество циклов, за которое осуществляется полный переход одной секцией                                |
| $r$                       | ширина захвата исполнительного органа комбайна, м (мм)   |
| $r_{п}$                   | шаг передвижки секций очистной крепи, м (мм)   |
| $r_c$                     | толщина срезаемой стругом стружки, м (мм)  |
| $r_{ст}$                  | ширина ступеней при маневрировании комплекса в пространстве, мм  |
| $S_{п}$                   | длина панели по простиранию, м   |
| $S_{пр}$                  | максимальная присечка вмещающих пород при переходе нарушения, %  |
| $S_{пу}$                  | суммарная площадь пачек угля (на поперечном сечении), оставляемых при переходе нарушения, м <sup>2</sup> |
| $t_{пк}$                  | продолжительность перехода нарушения очистным комплексом, сут  |
| $t_{пс}$                  | продолжительность перехода нарушения одной секцией, сут  |
| $z_{сн}$                  | высота подъёма струговой направляющей, м   |
| $Z_{min}$                 | минимальная вынимаемая комбайном мощность пласта, м  |
| $Z_{кп}$                  | примерные потери угля при переходе нарушения, т  |
| $z_{нр}$                  | смещение (подъём или опускание) напочвенных резцов струга относительно почвы, м                          |
| $z_o$                     | глубина подрезки выемочной машиной почвы ниже уровня конв., мм   |

### Греческие условные обозначения

| Обозначение            | Наименование   |
|------------------------|--|
| $\alpha$               | угол падения пласта(-ов), град.  |
| $\alpha_{\text{вс}}$   | угол наклона поверхности движения секций, град.  |
| $\alpha_{\text{гн}}$   | угол падения плоскости сместителя, град.   |
| $\alpha_{\text{гнз}}$  | угол падения плоскости сместителя в плоскости очистного забоя, град.   |
| $\alpha_{\text{гнп}}$  | угол падения плоскости сместителя в плоскости перпендикулярной очистному забою, град.                          |
| $\alpha_{\text{оз}}$   | угол наклона поверхности перехода вдоль очистного забоя (наклон участка перехода), град.                       |
| $\beta_{\text{мах в}}$ | максимальный угол наклона секций крепи по восстанию, град.   |
| $\beta_{\text{мах п}}$ | максимальный угол наклона секций крепи по падению, град.   |
| $\delta_{\text{гн}}$   | азимут падения плоскости сместителя, град.   |
| $\gamma$               | плотность угля, т/м <sup>3</sup>   |
| $\varphi_{\text{бв}}$  | предельные углы наклона балки (домкрата) механизма передвижки вверх относительно основания секции крепи, град. |
| $\varphi_{\text{бн}}$  | предельные углы наклона балки (домкрата) механизма передвижки вниз относительно основания секции крепи, град.  |
| $\varphi_{\text{ис}}$  | предельный угол наклона секции крепи относительно соседней секции в поперечном направлении, град.              |
| $\varphi_{\text{кв}}$  | предельные углы наклона конвейера вверх относительно балки механизма передвижки, град.                         |
| $\varphi_{\text{кн}}$  | предельные углы наклона конвейера вниз относительно балки механизма передвижки, град.                          |
| $\varphi_{\text{нк}}$  | предельный угол наклона секции конвейера относительно соседней секции в вертикальной плоскости, град.          |
| $\varphi_{\text{пв}}$  | предельные углы наклона перекрытия секции крепи относительно основания вверх, град.                            |
| $\varphi_{\text{пн}}$  | предельные углы наклона перекрытия секции крепи относительно основания вниз, град.                             |
| $\varphi_{\text{св}}$  | предельные углы устойчивости секций крепи по восстанию, град.  |
| $\varphi_{\text{сп}}$  | предельные углы устойчивости секций крепи по падению, град.  |
| $\varphi_{\text{спн}}$ | предельные углы устойчивости секций крепи в поперечном направлении, град.                                      |
| $\tau_3$               | угол между нарушением (осью сместителя) и очистным забоем, град.   |
| $\tau_{30}$            | угол между очистным забоем и осью выемочного столба, град.   |
| $\tau_{\text{но}}$     | угол между нарушением и осью выемочного столба, град.  |
| $\tau_{\text{п}}$      | угол между нарушением (осью сместителя) и плоскостью, перпендикулярной очистному забою, град.                  |
| $\omega_{\text{к}}$    | требуемый угол поворота очистного комплекса, град.   |

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филимонов, К. А. Подземная разработка пластовых месторождений : практикум / К. А. Филимонов, Д. В. Зорков ; КузГТУ. – Кемерово, 2022. – 436 с. – Текст : непосредственный.
2. Горная энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. Е. А. Козловский. – Москва : Советская энциклопедия, 1984–1991. – Текст : непосредственный.
3. Ренёв А. А. Геомеханика : практикум / А. А. Ренёв, К. А. Филимонов, Л. А. Белина, Д. В. Зорков ; КузГТУ. – Кемерово, 2014. – 92 с. – Текст : непосредственный.
4. Управление состоянием массива горных пород : практикум / К. А. Филимонов, Р. Р. Зайнулин, Д. В. Зорков ; КузГТУ. – Кемерово, 2014. – 239 с. – Текст : непосредственный.
5. Методические указания по переходу геологических нарушений механизированными комплексами на угольных шахтах Якутской АССР и Магаданской области / Якутский филиал Сибирского отделения АН СССР. – Якутск, 1980. – 32 с. – Текст : непосредственный.
6. Руководство по переходу геологических нарушений механизированными комплексами. – Прокопьевск, 1982. – 78 с. – Текст : непосредственный.
7. Худин, Ю. Л. Комплексно-механизированная выемка нарушенных угольных пластов / Ю. Л. Худин, Д. Д. Глазов, С. В. Мамонтов. – Москва : Недра, 1985. – 199 с. – Текст : непосредственный.
8. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. – Ленинград : ВНИМИ, 1982. – 136 с. – Текст : непосредственный.
9. Глазов, Д. Д. Вожделение механизированных комплексов в сложных горно-геологических условиях / Д. Д. Глазов и др. – Кемерово, 1973. – 124 с. – Текст : непосредственный.
10. ГОСТ 33164.1-2014. Межгосударственный стандарт. Оборудование горно-шахтное. Крепи механизированные. Секции крепи. Общие технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 82 с. – Текст : непосредственный.