

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT**

**NĂM HỌC 2022 – 2023**

**NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH DỊCH  
CHUYỂN BIẾN DẠNG BỀ MẶT PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN KHAI  
THÁC HÀM LÒ BỂ THAN QUẢNG NINH**

**Người báo cáo: GVC TS Vương Trọng Kha**

**Đơn vị : Bộ môn Trắc địa mỏ**

**Khoa Trắc địa – Bản đồ và Quản lý đất đai**

**Hà Nội 12- 2022**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT**

**NĂM HỌC 2022 – 2023**

**NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH DỊCH  
CHUYỂN BIẾN DẠNG BỀ MẶT PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN KHAI  
THÁC HÀM LÒ BỂ THAN QUẢNG NINH**

**Phòng KHQT**

**Bộ môn**

**Người báo cáo**

**GVC TS. Vương Trọng Kha**

**Hà Nội 12- 2022**

## MỤC LỤC

<b>1. MỤC ĐÍCH VÀ NHIỆM VỤ ƯỚC TÍNH DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN KẾT QUẢ ƯỚC TÍNH DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ TRONG ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC HÀM LỖ Ở BỂ THAN QUẢNG NINH .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Các yếu tố liên quan đến điều kiện địa chất mỏ.....</b>	<b>2</b>
2.1.1. Độ dốc địa hình .....	2
2.1.2. Địa chất cấu tạo .....	2
2.1.3. Địa chất thủy văn.....	3
2.1.4. Địa chất công trình.....	3
2.1.5. Địa chất kiến tạo (uốn nếp và đứt gãy) .....	3
<b>2.2. Các yếu tố liên quan đến tính chất cơ lý đất đá .....</b>	<b>4</b>
2.2.1. Độ kiên cố ( $f$ ) của đất đá.....	4
2.2.2. Góc nội ma sát ( $\varphi$ ) .....	4
2.2.3. Lực dính kết ( $C$ ).....	5
2.2.4. Tính phân lớp của đất đá .....	5
2.2.5. Tính lưu biến.....	5
2.2.6. Trọng lượng riêng và tỷ trọng đất đá .....	5
2.2.7. Độ rỗng đất đá.....	5
2.2.8. Tính thấm thấu nước.....	6
2.2.9. Tính tự cháy của khoáng sản.....	6
<b>2.3. Các yếu tố liên quan đến điều kiện khai thác.....</b>	<b>6</b>
2.3.1. Góc dốc vỉa ( $\alpha$ ) .....	6
2.3.2. Chiều dày vỉa ( $m$ ).....	8
2.3.3. Chiều dày lớp đất phủ ( $h$ ) .....	9
2.3.4. Độ sâu khai thác ( $H$ ).....	9
2.3.5. Khai thác lần đầu, khai thác lặp lại hoặc khai thác một tập vỉa .....	10
<b>2.4. Các yếu tố liên quan đến điều kiện kỹ thuật công nghệ .....</b>	<b>12</b>
2.4.1. Hệ thống khai thác, phương pháp khấu than.....	12
2.4.2. Kích thước vùng trống khai thác, hình dạng lò chợ.....	12
2.4.3. Phương pháp phá hỏa (hoàn toàn, lấp từng phần, lấp toàn phần).....	13
2.4.4. Hướng và tiến độ khai thác .....	13
<b>3. CÁC DẠNG LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH CÁC THÔNG SỐ DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ MỎ.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Phân loại các dạng lý thuyết ước tính .....</b>	<b>14</b>
3.1.1 Dạng lý thuyết hình học .....	14
3.1.2. Dạng lý thuyết dựa trên môi trường cơ học liên tục .....	14
3.1.3. Dạng lý thuyết ngẫu nhiên .....	15
3.1.4. Dạng các đường cong mẫu chuẩn.....	15
<b>3.2. Các phương pháp ước tính dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Phương pháp Knothe .....	15
3.2.2 Phương pháp Aversin .....	19
3.2.3 Phương pháp Knothe-Budryk.....	22
3.2.4 Dự báo theo các phương pháp đường cong mẫu chuẩn.....	25
3.2.5 Tính toán dự báo theo quy phạm của Nga.....	37
3.2.6 Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mỏ .....	40

<b>3.3. Phương pháp ước tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn của các công trình dân dụng và công nghiệp .....</b>	<b>46</b>
3.3.1 <i>Tính các chỉ tiêu biến dạng ước tính với nhà dân dụng <math>\Delta l</math> .....</i>	<i>46</i>
3.3.2 <i>Ước tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn .....</i>	<i>49</i>
<b>4. ĐÁNH GIÁ ƯU NHƯỢC ĐIỂM CÁC PHƯƠNG PHÁP VÀ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Đánh giá ưu nhược điểm của các phương pháp ước tính.....</b>	<b>49</b>
4.1.1 <i>Ưu nhược điểm của phương pháp ước tính Keinhorst, Bals .....</i>	<i>49</i>
4.1.2 <i>Ưu nhược điểm của phương pháp ước tính Knothe-Budryk.....</i>	<i>50</i>
4.1.3 <i>Ưu nhược điểm của phương pháp Kolbencov và các phương pháp khác....</i>	<i>51</i>
<b>4.2. Lựa chọn phương pháp ước tính DCBD do khai thác hầm lò .....</b>	<b>51</b>
4.2.1 <i>Các tiêu chuẩn để lựa chọn phương pháp ước tính dịch chuyển biến dạng</i>	<i>51</i>
4.2.2 <i>Lựa chọn phương pháp ước tính DCBD cho các mỏ Quảng Ninh .....</i>	<i>52</i>
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>54</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>55</b>

## **NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG BỀ MẶT PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC HÀM LÒ BỂ THAN QUẢNG NINH**

### **1. MỤC ĐÍCH VÀ NHIỆM VỤ ƯỚC TÍNH DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG**

Khi các mỏ ở giai đoạn xây dựng hoặc lập lịch kế hoạch chuẩn bị khai thác ở khu vực mới thì cần thiết phải ước tính mức độ dịch chuyển và biến dạng đất đá, bề mặt đất, các công trình và đối tượng nằm trong vùng ảnh hưởng để làm cơ sở lựa chọn công nghệ khai thác hợp lý và đề xuất các biện pháp bảo vệ tối ưu các đối tượng bị ảnh hưởng. Trên cơ sở ước tính biến dạng, cho phép dự báo mức độ hư hỏng của các công trình, xác định khả năng khai thác ở dưới các công trình đó, tìm biện pháp bảo vệ sơ bộ, dự trù chi phí sửa chữa khi lún. Khi thiết kế xây dựng nhà dân dụng, công trình trong vùng đang tiến hành khai thác cần biết được những kết luận về các khả năng biến dạng của nền đất để từ đó đặt vấn đề tính toán kết cấu của nền móng và công trình cho thích hợp.

Cho đến nay, công việc ước tính dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt mỏ đã trở thành hướng nghiên cứu khoa học quan trọng, đặc biệt đối với các nước có công nghiệp mỏ phát triển. Dự báo chính xác các quy luật, đặc điểm, tính chất và các véc-tơ chuyển dịch của các đại lượng đóng góp các thông tin quan trọng nhằm ngăn ngừa các ảnh hưởng có hại của quá trình khai thác mỏ đến các công trình, giảm chi phí sản xuất, bảo vệ bề mặt mỏ an toàn, hướng tới sự phát triển bền vững trong hoạt động khoáng sản.

Hiện nay, ở Việt Nam, vẫn chưa có các công trình nghiên cứu có hệ thống về dự báo dịch chuyển biến dạng do ảnh hưởng của quá trình khai thác mỏ hầm lò. Các thông số về tính chất địa cơ mỏ, tính chất cơ lý đất đá, đặc điểm địa chất thủy văn - công trình, trường ứng suất,... vẫn chưa được xác định. Theo quy hoạch phát triển của công nghiệp mỏ Việt Nam đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2030, các phương pháp khai thác hầm lò ngày càng chiếm ưu thế cả về số lượng mỏ và sản lượng. Bể than đồng bằng sông Hồng đang bước vào giai đoạn nghiên cứu khai thác thử nghiệm và sẽ được đưa vào kế hoạch khai thác trong

tương lai gần. Dù công nghệ khai thác bể than đồng bằng sông Hồng bằng các phương pháp nào thì ảnh hưởng của nó đối với quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt sẽ xảy ra rất mạnh mẽ. Do vậy, nhu cầu dự báo quy luật dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu các tác động tiêu cực chắc chắn sẽ là vấn đề rất cấp thiết.

Cùng với sự phát triển lý thuyết địa cơ học, lý thuyết dự báo, các phương pháp nghiên cứu dịch chuyển, biến dạng trên thế giới bước sang giai đoạn mới dựa trên các lý thuyết về môi trường liên tục, địa thống kê, môi trường ngẫu nhiên,... Trong những năm gần đây, các lý thuyết dự báo dịch chuyển biến dạng ngày càng có độ chính xác cao hơn, độ tin cậy lớn hơn nhờ ứng dụng các thuật toán hiện đại như: lô-gic mờ, phân tích đa tiêu chí, mạng nơ-ron nhân tạo,...

## **2. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN KẾT QUẢ ƯỚC TÍNH DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ TRONG ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC HÀM LÒ Ở BỂ THAN QUẢNG NINH**

Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả ước tính các thông số dịch động đất đá được chia là bốn nhóm chính sau:

- Nhóm các yếu tố điều kiện địa chất mỏ;
- Nhóm các yếu tố tính chất cơ lý đất đá;
- Nhóm các yếu tố điều kiện khai thác;
- Nhóm các yếu tố điều kiện kỹ thuật công nghệ.

### **2.1. Các yếu tố liên quan đến điều kiện địa chất mỏ**

#### **2.1.1. Độ dốc địa hình**

Địa hình mỏ có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình dịch chuyển đất đá, đặc biệt là ở những vùng đồi núi, nơi có sườn dốc lớn như khu vực Lộ Trí mỏ Thống Nhất.... Khai thác hàm lò dưới những sườn núi dốc như vậy sẽ gây trượt theo mặt tiếp xúc yếu trong đá gốc hoặc giữa đá gốc với lớp đất phủ. Kết quả quan trắc vùng Lộ Trí, nơi có địa hình dốc  $35^0$ , cho thấy các véc tơ dịch chuyển trên các tuyến quan trắc ở đây luôn hướng theo bờ dốc.

#### **2.1.2. Địa chất cấu tạo**

Cấu tạo các lớp đất đá, mức độ phân lớp, phân nhội ảnh hưởng đến mức độ dịch chuyển biến dạng. Thứ tự các lớp đất đá ảnh hưởng lớn đến tính chất

dịch chuyển. Nếu lớp đá cứng (cát kết, đá vôi,...) nằm dưới những lớp đá yếu (bột kết, sét kết...) thì sự phá hủy và dịch chuyển mãnh liệt ở các lớp đá dưới được các lớp đá yếu nằm trên điều hòa, vì vậy dịch chuyển mặt đất sẽ xảy ra điều hòa hơn. Với trình tự cấu tạo ngược lại thì dịch chuyển mặt đất sẽ phức tạp và thường xuất hiện những kẽ nứt.

Chiều dày các lớp đất đá lớn, thời gian dịch chuyển sẽ kéo dài hơn, dễ xảy ra dịch chuyển trượt và tách lớp khi bị uốn. Khi vĩa dốc, các lớp đá có cấu tạo không đồng nhất, dễ xảy ra chuyển dịch trượt theo các mặt tiếp giáp yếu, trên mặt đất hình thành những kẽ nứt.

### **2.1.3. Địa chất thủy văn**

Các loại đá yếu khi ngậm nước có ảnh hưởng lớn đến quá trình dịch chuyển. Kết quả quan trắc dịch chuyển trên các mỏ đã khẳng định về mùa mưa tốc độ dịch chuyển tăng lên từ 10- 20 lần so với mùa khô hanh. Trong đất bồi và đá gốc yếu ngậm nước thì giá trị của các góc dịch chuyển sẽ giảm đi. Tháo khô đá ngậm nước có thể gây lún thậm chí đến 0,5m mặc dù không tiến hành khai thác.

### **2.1.4. Địa chất công trình**

Đối với đá yếu như: sét, phiến sét hoặc các loại đá khác thì dự báo dịch chuyển xảy ra điều hòa và nhanh hơn so với đất đá cứng. Trong những điều kiện giống nhau, độ lún cực đại khi khai thác ở vùng đá cứng nhỏ hơn ở vùng có đá yếu.

### **2.1.5. Địa chất kiến tạo (uốn nếp và đứt gãy)**

Dịch chuyển đất đá ở vùng có hoạt động kiến tạo mang tính chất đặc trưng riêng và phụ thuộc vào dạng kiến tạo địa chất.

Ở vùng uốn nếp lõm kích thước nửa bồn dịch chuyển phía dốc giảm đi, dẫn đến dịch chuyển tập trung trong một khu vực nhỏ hơn nên biến dạng mặt đất sẽ tăng lên. Phương pháp xác định vùng dịch chuyển nguy hiểm ở vùng uốn nếp lõm phụ thuộc vào góc dốc của các cánh vế nếp uốn.

Ở phía ngược dốc, ranh giới vùng nguy hiểm được xác định theo góc  $\gamma$  kẻ từ ranh giới khai thác trên và góc  $\varphi$  trong lớp đất bồi khi không có chuyển dịch

trượt ở đá vách và dịch chuyển đá trụ. Trong trường hợp này cần kiểm tra điều kiện dịch chuyển đất đá  $H_{TR}$  và  $H_{RGT}$  (độ sâu ranh giới trên và độ sâu giới hạn xảy ra dịch trượt ở phía ranh giới trên).

## **2.2. Các yếu tố liên quan đến tính chất cơ lý đất đá**

Quy luật dịch chuyển đất đá và sự phân bố không gian của chúng trên bề mặt trong lòng đất phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất đá trong khu vực. Đất đá có niên đại hình thành khác nhau nên sự phân bố, thể nằm, các thông số lớp và đặc tính cơ lý cũng khác nhau. Đất đá được chia làm ba loại: đất đá rắn, bờ rời và dẻo, các đặc tính của các loại đất đá này sẽ bị biến đổi do quá trình khai thác có ảnh hưởng tới các đại lượng dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt: độ cứng, tính phân lớp, tính lưu biến, trọng lượng riêng và tỷ trọng, độ rỗng, tính thấm thấu nước, khả năng tự chảy.

### **2.2.1. Độ kiên cố ( $f$ ) của đất đá**

Độ cứng của đất đá phụ thuộc vào thành phần thạch học, thành phần cấu trúc hạt. Độ cứng của đất đá được đặc trưng bằng các chỉ số dưới đây:

- Độ kháng nén,
- Độ kháng kéo,
- Độ dẻo của đất đá.

Trong quá trình khai thác, chúng ta thường gặp những biến dạng ở phần đá vách, đặc biệt trong các lò chợ có bề rộng hẹp, chiều dài lò chợ ngắn. Khi khai thác trong các khu vực đất đá có độ cứng lớn, quá trình xảy ra chậm, bồn dịch chuyển phân bố đều trên bề mặt; các đại lượng độ nghiêng, dịch chuyển ngang thường có giá trị không lớn. Khi khai thác ở khu vực đất đá có độ cứng nhỏ, quá trình biến dạng xảy ra nhanh, tốc độ biến dạng cũng lớn hơn. Trường hợp khoáng sản khai thác trong những vùng xen lẫn các lớp đất đá cứng và mềm, lúc đó biến dạng trên bề mặt phụ thuộc vào vị trí, hình dạng và thể nằm của các lớp đất đá.

### **2.2.2. Góc nội ma sát ( $\varphi$ )**

Là khả năng phân rã, chia lớp đất đá dưới tác dụng của lực cơ học hoặc nhiệt độ. Trong quá trình khai thác mỏ, dưới tác động của công nghệ, đất đá



được giải phóng năng lượng, các lớp đất đá giãn tách nhau. Độ ma sát của các lớp đất đá càng nhỏ thì quá trình dịch chuyển biến dạng càng xảy ra nhanh hơn với phạm vi và tốc độ lớn hơn.

### **2.2.3. Lực dính kết (C)**

Sự thay đổi ứng suất và dịch chuyển trong khối đất đá phụ thuộc vào thời gian. Tính liên kết còn phụ thuộc vào phương pháp điều khiển áp lực đá vách trong quá trình khai thác.

### **2.2.4. Tính phân lớp của đất đá**

Là khả năng phân rã, chia lớp của đất đá dưới tác dụng của lực cơ học hoặc nhiệt độ. Trong quá trình khai thác mỏ, dưới tác động của công nghệ, đất đá được giải phóng năng lượng, các lớp đất đá dần tách nhau. Tính phân lớp của đất đá càng lớn, quá trình dịch chuyển biến dạng càng xảy ra nhanh hơn với phạm vi và tốc độ lớn hơn.

### **2.2.5. Tính lưu biến**

Sự thay đổi ứng suất và dịch chuyển trong khối đất đá phụ thuộc vào thời gian. Tính lưu biến còn phụ thuộc vào phương pháp điều khiển áp lực đá vách trong quá trình khai thác. Sự thay đổi đặc tính khối đá theo thời gian được gọi là tính lưu biến, là yếu tố ảnh hưởng đến quá trình dịch chuyển và biến dạng.

### **2.2.6. Trọng lượng riêng và tỷ trọng đất đá**

*Trọng lượng riêng* là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất ở trạng thái tự nhiên với đơn vị kN/cm<sup>3</sup>.

*Tỷ trọng đất đá* là trọng lượng khô của đất đá trên một đơn vị thể tích phần rắn (không tính đến thể tích phần rỗng) với đơn vị là 2.6 tấn/m<sup>3</sup> hay 6g/cm<sup>3</sup>.

### **2.2.7. Độ rỗng đất đá**

Độ rỗng đất đá là tỷ số giữa thể tích lỗ hổng và thể tích khối đất đá. Dựa vào tỷ số này để phân loại đất đá theo độ rỗng như sau:

- đất đá nén chặt:  $\theta \leq 1\%$ ,
- đất đá độ rỗng nhỏ:  $1\% \leq \theta \leq 2,5\%$
- đất đá độ rỗng trung bình:  $2,5\% \leq \theta \leq 5,0\%$ ,

- đất đá độ rỗng lớn:  $10\% \leq \theta \leq 20\%$ ,
- đất đá độ rỗng rất lớn:  $\theta \geq 20\%$

### **2.2.8. Tính thấm thấu nước**

Là khả năng thấm nước của đất đá. Sự có mặt của nước trong khối đất đá có thể làm giảm độ cứng của đất đá. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng: đất đá rất cứng khi bị ngậm nước mạnh, độ cứng bị giảm đến 20-60%. Tính thấm thấu nước của đất đá không những ảnh hưởng lớn đến quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt, trong nhiều trường hợp còn là nguyên nhân gây rò rỉ nước trong đường lò và các hiểm họa bức nước hàm lò.

### **2.2.9. Tính tự cháy của khoáng sản**

Khi có các điều kiện thuận lợi gây cháy như luồng gió, nhiệt độ cao, độ ẩm thích hợp, có một số loại khoáng sản có thể tự cháy: ví dụ khi khai thác mỏ than, sự cháy sẽ phân hủy các cột than, hoặc một phần than nào đó là yếu tố gia tăng quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng.

Trên đây là các yếu tố liên quan đến tính chất cơ-lý đất đá mỏ và ý nghĩa của chúng đối với quá trình, quy luật, sự phân bố và các đại lượng dịch chuyển và biến dạng. Mỗi yếu tố có mức độ và phạm vi ảnh hưởng khác nhau, phức tạp. Trong số các yếu tố trên, độ cứng và tính phân lớp của đất đá được coi là yếu tố quan trọng nhất.

## **2.3. Các yếu tố liên quan đến điều kiện khai thác**

### **2.3.1. Góc dốc vỉa ( $\alpha$ )**

Góc dốc của các vỉa than Quảng Ninh dao động chủ yếu từ  $20^\circ - 45^\circ$ . Độ lún cực đại giảm tỉ lệ với  $\cos\alpha$ . Tính chất phân bố biến dạng trong bồn phụ thuộc vào góc dốc vỉa. Điểm lún cực đại sẽ lệch dần về phía xuôi dốc khi  $\alpha$  tăng. Các góc dịch chuyển có mối quan hệ phụ thuộc với góc dốc vỉa  $\alpha$ .

Đất đá trượt theo mặt phân lớp dự báo sẽ gây ra biến dạng nguy hiểm vượt ra ngoài ranh giới được xác định theo góc  $\gamma$ . Khi khẩu than ở vỉa đơn, chuyển dịch trượt xảy ra nếu  $\alpha > \rho'$  và độ sâu khai thác tại ranh giới trên lò chợ  $H_{RGT} < H_{TR}$ . Trong đó:

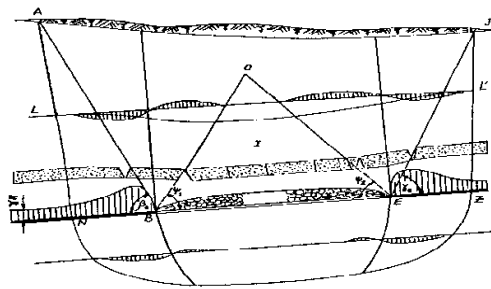
$\rho'$  - góc ma sát theo mặt phân lớp yếu

$H_{TR}$ - độ sâu cực đại sẽ xảy ra dịch chuyển trượt nguy hiểm ở phía ngược dốc theo mặt phân lớp khi khai thác ở lò chợ. Ở các mỏ chưa nghiên cứu, lấy  $\rho' = 13^0$ , độ sâu  $H_{TR}$  được xác định theo bảng 1.1 với sự phụ thuộc vào góc dốc vỉa  $\alpha$  và tổng chiều dày lớp đất phủ cùng với lớp đất phong hóa Mezozoi.

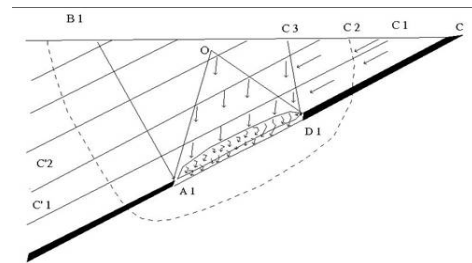
Bảng 1.1 Xác định các giá trị  $H_{TR}$

h + h <sub>M</sub> (m)	Góc dốc vỉa $\alpha$ (độ)					
	15	25	35	45	55	60
$\leq 5$	30	60	90	110	140	155
10	30	70	100	130	160	180
15	35	80	115	145	180	200
$\geq 20$	50	115	160	200	255	285

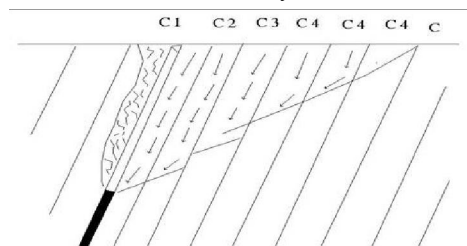
Khi khai thác tập vỉa với  $\alpha > \rho'$ , vùng ảnh hưởng nguy hiểm có thể vượt qua ranh giới xác định theo góc  $\gamma$ , lan đến lộ vỉa dưới cùng của tập vỉa nếu  $H_{RGT} < H_{TR} \sqrt[3]{n}$ . Trong đó n- số vỉa đang khai thác.



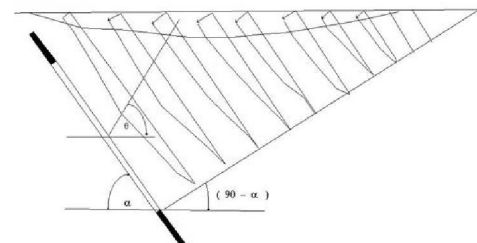
Sơ đồ dịch chuyển 1



Sơ đồ dịch chuyển 2



Sơ đồ dịch chuyển 3



Sơ đồ dịch chuyển 4

Hình 1.1: Ảnh hưởng góc dốc vỉa đến dạng đất đá dịch chuyển

Khi góc dốc vỉa thay đổi, kích thước vùng nguy hiểm ở hướng xuôi dốc được xác định theo góc dịch chuyển  $\beta$  tương ứng các lớp đá sỏi trong địa tầng với gia số  $\Delta\alpha=10^0$ . Về phía ngược dốc và theo phương của vỉa, vùng nguy hiểm được xác định theo góc  $\gamma$  và  $\delta$ .

Các tác giả A.G.Akimov, A.N.Mediansev, I.A.Petukhov và V.N.Zemisev đã đưa ra 4 sơ đồ dịch chuyển (hình 1.1):

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 1 với điều kiện  $\alpha < \rho'$ ; trong đó  $\rho'$  - là góc ma sát theo mặt phân lớp yếu. Đất đá vách dịch chuyển theo hướng vuông góc với bề mặt vách vỉa.

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 2 khi  $45^0 + \frac{\rho}{2} > \alpha \geq \rho'$ .

Đất đá dịch chuyển tương tự như sơ đồ 1, đồng thời có sự dịch chuyển trượt theo các mặt phân lớp đá vách ở phía ranh giới trên.

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 3 khi vỉa dốc, với  $\alpha \geq 45^0 + \frac{\rho}{2}$ .

Theo sơ đồ này thì dịch chuyển đá vách xảy ra tương tự như sơ đồ 2, đồng thời đá nền chuyển dịch dưới dạng uốn cong các lớp về phía khoảng trống khai thác và trượt theo mặt phân lớp ở các mức phía trên.

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 4 khi khai thác vỉa dốc đứng. Chuyển dịch các lớp đất đá vách dưới dạng uốn võng công xon ở đầu các lớp đá xuất lộ dưới lớp đất phủ. Do các lớp đất đá gốc bị uốn cong và bị giữ chặt đầu còn lại ở vùng ranh giới dưới lò chợ nên sẽ xuất hiện sự trượt theo mặt phân lớp; trên vùng lộ của các lớp đá hình thành các bậc ngược, chiều cao bậc ngược được tính theo công thức:

$$h_y = 10.c.i.l. \left( \frac{\alpha}{57^0} - 0.6 \right)^2 \quad (2.1)$$

Trong đó  $i$  - độ nghiêng, lấy theo kết quả quan trắc.

$l$  - khoảng cách giữa các bậc (m).

$\alpha$  - góc dốc của các lớp đất đá.

$c$  - hệ số phụ thuộc tính chất cơ lí đất đá.

### 2.3.2. Chiều dày vỉa (m)

Tất cả các thông số dịch chuyển đều phụ thuộc vào chiều dày khai thác của vỉa. Chiều dày khai thác ảnh hưởng đến phạm vi phát triển dịch chuyển: chiều cao vùng đồ võ, vùng có kẽ nứt,... Các đại lượng lún và biến dạng cực đại tỉ lệ thuận với chiều dày khai thác.

Các vỉa than ở Quảng Ninh thường có chiều dày không ổn định, nên khi khai thác sẽ gây biến dạng không đều trên mặt đất, các giá trị biến dạng cực đại sẽ phân bố tương ứng với điểm có chiều dày biến động lớn.

### **2.3.3. Chiều dày lớp đất phủ ( $h$ )**

Những lớp đất phủ dày từ 5m đến 10m sẽ điều hòa dịch chuyển và biến dạng không đều, giảm bớt những kẽ nứt xuất hiện trên mặt đất. Góc dịch chuyển trong lớp đất bồi mỏng (nhỏ hơn 5m) thường lấy  $\varphi=55^0$ ; lớp đất bồi không ngậm nước, dày hơn 5m lấy  $\varphi=50^0$ ; lớp đất đá bồi ngậm nước lấy  $\varphi=45^0$ . Véc tơ dịch chuyển ở lớp đất bồi hướng vào giữa đáy bồn. Lớp đất bồi thường tách khỏi đá gốc tại mặt phân lớp và dịch chuyển hoàn toàn độc lập với dịch chuyển của đá gốc.

### **2.3.4. Độ sâu khai thác ( $H$ )**

Độ sâu khai thác ảnh hưởng tới mức độ dịch chuyển biến dạng, tới khoảng thời gian và tốc độ dịch chuyển mặt đất. Lấy ví dụ khi độ sâu khai thác dưới 50m thì quá trình dịch chuyển mặt đất kéo dài từ 2 đến 3 tháng còn khi độ sâu khai thác đạt tới 500- 600m thì kéo dài từ 2-3 năm, tốc độ lún cực đại của mặt đất tỉ lệ nghịch với độ sâu khai thác.

Độ sâu khai thác tương đối  $K < 30$ , vỉa bằng hoặc dốc thì mặt đất bị dịch chuyển mạnh, xuất hiện những kẽ nứt. Dịch chuyển mặt đất xuất hiện ở dạng tụt dần từng khối có kích thước tương ứng với bước đánh sập vách khi phá hỏa. Nơi tiếp giáp với các khối sẽ xuất hiện những kẽ nứt và tầng bậc. Tính chất dịch chuyển và biến dạng rất đặc biệt, không tuân theo quy luật chung.

Khi vỉa dốc đứng và chiều sâu khai thác tương đối  $K \leq 50$ , tại vết lộ vỉa dễ xuất hiện các phễu sụt lở. Độ sâu khai thác tương đối  $K > 50$  thì thời gian dịch chuyển kéo dài, kích thước bồn tăng đáng kể. Đại lượng biến dạng mặt đất tỉ lệ nghịch với độ sâu khai thác, do vậy thường lấy các đại lượng biến dạng giới hạn

của các dạng công trình để tính độ sâu khai thác an toàn. Độ sâu khai thác an toàn được tính như sau:

- Công trình có dạng kéo dài, tính theo biến dạng giới hạn  $[\varepsilon_D]$ :

$$H_a = K\varepsilon \cdot \frac{m}{[\varepsilon_D]} \quad (2.2)$$

- Công trình có chiều cao lớn, tính theo biến dạng nghiêng giới hạn  $[i_D]$ :

$$H_a = K_i \cdot \frac{m}{[i_D]} \quad (2.3)$$

Đại lượng biến dạng mặt đất phụ thuộc vào độ sâu khai thác, biến dạng giảm khi độ sâu khai thác tăng. Nhìn chung, các đại lượng dịch chuyển biến dạng phụ thuộc nhiều vào độ sâu khai thác, còn góc dịch chuyển ít ảnh hưởng bởi độ sâu khai thác. Mối phụ thuộc giữa góc dịch chuyển, góc biên với độ sâu khai thác đang cần được tiếp tục nghiên cứu. Độ lún cực đại sau thời điểm khai thác hoàn toàn có sự biến đổi không đáng kể và được tính:

$$q_0 = \frac{\eta_0}{m} \quad (2.4)$$

Độ sâu khai thác tăng thì thời gian dịch chuyển kéo dài, tốc độ dịch chuyển mặt đất chậm hơn. Tốc độ lún cực đại tỉ lệ nghịch với độ sâu khai thác.

Cần xác định điều kiện an toàn và độ sâu ảnh hưởng (độ sâu tính từ đáy sông, suối, ao hồ... đến mức khai thác) khi khai thác dưới các ao hồ, sông, suối... để dự báo các khả năng ảnh hưởng có thể xảy ra như: bụi nước, lượng nước ngầm vào lò quá mức cho phép, trượt lở đất... để tìm nguyên nhân và biện pháp xử lý.

### ***2.3.5. Khai thác lần đầu, khai thác lặp lại hoặc khai thác một tập vỉa***

Tính chất của quá trình dịch chuyển, giá trị các thông số và sự phân bố quy luật dịch chuyển và biến dạng trong vùng bồn thay đổi trong những điều kiện khai thác tập vỉa hay có nhiều lò chợ trên một vỉa so với trường hợp khai thác một lò chợ riêng biệt. Những sự thay đổi đó được gọi là sự tăng cường dịch chuyển.

Trong trường hợp khai thác một tập vỉa, các giá trị thông số dịch chuyển nhận được khi khai thác các vỉa dưới và vỉa trên (vỉa khai thác đầu tiên) không giống nhau. Nguyên nhân của sự khác nhau là do tính chất cơ học của khối đá nguyên ban đầu bị quá trình khai thác làm thay đổi. Tính chất đất đá thay đổi nhiều nhất ở phía trên nóc vỉa, trong vùng đổ vỡ lộn xộn và vùng có những kẽ nứt, hoặc ở khối đá nguyên có tính cơ học yếu và bị dẫn nén. Do vậy khi khai thác các vỉa dưới sẽ bị biến dạng nhiều hơn so với khối đá nguyên không bị tác động của quá trình khai thác.

Khi khai thác các vỉa dưới, kích thước vùng áp lực tựa tăng lên rất lớn do đó kích thước của bồn dịch chuyển cũng tăng lên còn góc biên và góc dịch chuyển cũng trở lên thoải hơn, biến dạng cực đại của mặt đất tăng lên. Mức độ tăng cường dịch chuyển càng lớn nếu khoảng cách giữa các vỉa càng nhỏ. Mức độ tăng cường dịch chuyển không phụ thuộc vào khoảng thời gian giữa những lần khai thác các vỉa. Yếu tố để xác định giá trị các thông số dịch chuyển khi khai thác lặp lại là khoảng cách giữa các vỉa, chiều dày vỉa và kích thước khối đất đá đã bị khai thác từ trước, tính chất cơ học đá (độ cứng). Độ cứng đất đá càng lớn càng xuất hiện mạnh sự tăng cường dịch chuyển.

Khi có các hiện tượng “treo hoặc cầu đá” trong bề dày các lớp đá rắn thì hiệu độ lún giữa lần khai thác đầu và lần khai thác sau sẽ tăng lên. Trong trường hợp này, giá trị độ lún tương đối cực đại được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$q_{cm} = q_0 + K \left( \frac{H_1}{H} \right)^2 \quad (2.5)$$

Trong đó :  $q_0$  - độ lún tương đối cực đại khi khai thác lần đầu

$K$  - hệ số tỷ lệ mà giá trị của nó vào khoảng 1 -  $q_0$

$H_1$  - chiều dày của lớp đất đá bị khai thác lần 2

Khi khai thác nhiều lò chợ trong một vỉa, dịch chuyển mặt đất sẽ bao gồm dịch chuyển của từng lò chợ một, nhưng có bổ sung thêm dịch chuyển ở vùng giáp ranh giữa hai lò chợ. Do giữa những lò chợ kế cận nhau thường để lại những trụ bảo vệ nên tại đó sẽ xuất hiện áp lực tựa gây ra biến dạng các trụ than,

dẫn đến sự dịch chuyển toàn bộ lớp đất đá nằm trên trụ và mặt đất. Đại lượng áp lực tựa và mức độ biến dạng của các trụ bảo vệ cũng như đại lượng dịch chuyển mặt đất phụ thuộc vào kích thước của trụ bảo vệ giữa các lò chợ.

Tính bồn dịch chuyển tăng cường trong điều kiện vỉa bằng và dốc thoải hoặc trên mặt cắt chính theo phương của các vỉa có góc dốc bất kỳ được tiến hành như sau:

Từ ranh giới của các trụ bảo vệ giữa các lò chợ dựng những đường dưới các góc biên về phía ngoài vùng trống đã khai thác để xác định biên giới vùng bồn dịch chuyển tăng cường. Độ lún cực đại trong vùng bồn dịch chuyển tăng cường xác định theo công thức thực nghiệm:

$$\eta_{am} = \eta_m(0.52 - 0.7\frac{l}{H}) \quad (2.6)$$

Trong đó:  $\eta_m$ - độ lún cực đại mặt đất của lò chợ đang xét đến

$\frac{l}{H}$  - tỷ lệ giữa bề rộng trụ bảo vệ của các lò chợ với chiều sâu khai thác

Để xác vị trí điểm lún cực đại của bồn dịch chuyển tăng cường, từ tâm trụ bảo vệ vạch một đường về hướng dốc với một góc  $\theta$ . Sự phân bố dịch chuyển trong bồn dịch chuyển tăng cường được coi như ở trong bồn chính.

## **2.4. Các yếu tố liên quan đến điều kiện kỹ thuật công nghệ**

### **2.4.1. Hệ thống khai thác, phương pháp khâu than**

Khai thác chia buồng gây dịch chuyển mặt đất không đáng kể, dịch chuyển xảy ra chậm và kéo dài về thời gian. Nhiều nơi mặc dù đã kết thúc khai thác nhưng mãi 4 năm sau sự ảnh hưởng mới thực sự lan truyền đến mặt đất, gây rạn nứt các công trình. Điều này cũng rất phù hợp với các kết quả quan trắc ở các nước như Nga, Ucraina.

Khai thác chia cột dài, phá hỏa đá nóc toàn phần gây dịch chuyển biến dạng bề mặt lớn nhất.

### **2.4.2. Kích thước vùng trống khai thác, hình dạng lò chợ**

Phân bố biến dạng trong bồn dịch chuyển phụ thuộc vào hệ số bị khai thác dưới  $n_1$  và  $n_2$ , được tính theo các công thức:



$$n_1 = K \frac{D_1}{H} \quad n_1 = K \frac{D_2}{H} \quad (2.7)$$

Trong đó: K- Hệ số đặc trưng cho điều kiện địa chất- kĩ thuật của vùng mỏ,  $K = \tan \varphi$ ; H- Độ sâu khai thác.

Khi  $n_1 = n_2 = 1$  thì độ lún bằng giá trị cực đại, nếu tiếp tục mở rộng khai thác thì đáy bồn dịch chuyển sẽ có dạng phẳng.

Khi  $n_1 < 1$  hoặc  $n_2 < 1$  thì tâm đáy bồn có độ lún  $\eta_{\max} < \eta_0$ , bồn dịch chuyển sẽ có dạng đường cong parabol.

#### **2.4.3. Phương pháp phá hỏa (hoàn toàn, lấp từng phần, lấp toàn phần)**

Ứng dụng các biện pháp điều khiển áp lực mỏ để giám sát và điều hòa cường độ dịch chuyển biến dạng đất đá. Hiện nay thường ứng dụng các phương pháp phá hỏa toàn bộ, lấp từng phần lò chợ bằng vật liệu lấy từ ngoài, hạ vách xuống điều hòa bằng cách lấp toàn phần khoảng trống khai thác để điều khiển áp lực mỏ...

Với độ sâu khai thác nhỏ hơn 100m, độ lún mặt đất khi phá hỏa hoàn toàn lớn hơn 10- 30% so với phương án lấp từng phần lò chợ. Lấp toàn phần làm giảm 50% các đại lượng dịch chuyển và biến dạng mặt đất. Chiều dày quy đổi do chèn lấp toàn phần khoảng trống được tính như sau:

$$m_g = m(1 - A + AB) \quad (2.8)$$

Trong đó: m – Chiều dày khai thác của vỉa;

A – Hệ số lấp vùng trống khai thác, bằng tỉ lệ khối vật liệu lấp trên thể tích của vùng trống khai thác mS (S – diện tích vùng khai thác).

$$A = \frac{V}{ms} \quad (\text{khi } V \text{ không biết có thể lấy } A \approx 0,9);$$

B – Hệ số tự nén.

#### **2.4.4. Hướng và tiến độ khai thác**

Khai thác ở độ sâu nhỏ hoặc trung bình thì tốc độ dịch chuyển tỉ lệ thuận với tiến độ lò chợ. Tiến độ lò chợ chậm và không đều ở mỏ than Nam Mẫu đã làm tăng biến dạng bề mặt mỏ. Những vùng có tiến độ lò chợ đều thì dịch chuyển mặt đất xảy ra điều hòa. Nếu khâu than đồng thời theo hai hướng ngược

nhau từ lò cắt nằm dưới trục công trình sẽ làm giảm mức độ biến dạng cho công trình. Khai thác ở độ sâu lớn thì tiến độ đi lò chợ ít ảnh hưởng đến mức độ dịch chuyển và biến dạng mặt đất.

### **3. CÁC DẠNG LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH CÁC THÔNG SỐ DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ MỎ**

#### **3.1. Phân loại các dạng lý thuyết ước tính**

##### ***3.1.1 Dạng lý thuyết hình học***

Các biểu hiện của dịch động bề mặt mỏ được mô tả dựa vào các đặc trưng hình học thông qua các công thức tích phân. Những người tiên phong trong hướng nghiên cứu này là hai nhà khoa học Đức Keihorst và Bals (1928 - 1934). Trong nhóm các công thức biểu diễn dịch động của bề mặt đất dưới tác động khai thác có dạng tích phân, được tính dựa vào hình chiếu của trường khai thác ở vĩa lên mặt phẳng ngang. Dưới dấu tích phân là tích của hàm xác định độ lún vách vĩa ở trên vùng trống khai thác  $W(s)$  và hàm ảnh hưởng  $\varphi(x, s)$ . Trong không gian 2 chiều công thức biểu diễn độ lún bề mặt có dạng:

$$W(x) = \int W(s)\varphi(x, s) ds \quad (3.1)$$

Các lý thuyết được biết đến nhiều nhất và ứng dụng rộng rãi nhất là của Keihorst, Bals (Đức), của Aversin và Kolbenkov (Nga), và của Knothe, Kowalczyk (Ba Lan);

##### ***3.1.2. Dạng lý thuyết dựa trên môi trường cơ học liên tục***

Với giả thuyết địa tầng đất đá được xem là môi trường liên tục và đàn hồi. Các biểu hiện dịch động đất đá và bề mặt được mô tả dựa trên các nguyên lý của môi trường liên tục. Trạng thái ứng suất và chuyển dịch được mô tả bằng hệ các phương trình vi phân. Người ta tìm các lời giải cho hệ này dựa trên những điều kiện biên ban đầu khác nhau, các điều kiện biên xác định sự phân bố ứng suất hoặc biến dạng tồn tại trong các lò khai thác và trên bề mặt đất. Các điều kiện ban đầu mô tả giá trị của các đại lượng ấy trước lúc bắt đầu khai thác. Định luật Hook được sử dụng để xác định trạng thái biến dạng ở trạng thái ứng suất.

Những lý thuyết nổi tiếng nhất có thể kể ra là Salustowicz, H. Gil và Billinski-Borecki.

### **3.1.3. *Dạng lý thuyết ngẫu nhiên***

Trong phương pháp này, hiện tượng dịch chuyển đất đá và mặt đất được biểu diễn dựa vào các tính chất của cơ học môi trường ngẫu nhiên. Xuất phát từ kết quả nghiên cứu của nhiều nhà khoa học về sự không đáp ứng đầy đủ của các khái niệm môi trường liên tục trong việc giải thích các hiện tượng dịch động đất đá do quá trình chuyển dịch các phần tử đất đá chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố mang tính ngẫu nhiên. Việc quan trắc những chuyển động này tạo cơ sở để xây dựng một mô hình mới cho hiện tượng này. Những nghiên cứu của Litwiniszyn và Knothe có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong nhóm này. Trên cơ sở quan trắc họ đã khẳng định, trong hàng loạt trường hợp, hàm ảnh hưởng  $\varphi(x, s)$  có thể thay thế xấp xỉ bằng hàm Gause. Do vậy, hiện tượng dịch động đất đá liên quan đến các quá trình ngẫu nhiên và có thể biểu diễn bằng các mô hình toán học dựa vào các khái niệm về lý thuyết ngẫu nhiên. Các tác giả tiêu biểu là Litwiniszyn, Knothe-Budryk và Batkiewicz.

### **3.1.4. *Dạng các đường cong mẫu chuẩn***

Đây là những hàm phân phối không có đơn vị, dùng để biểu thị các đại lượng dịch chuyển và biến dạng có giá trị trung bình xác suất nhất. Do hàm số được xác lập từ việc phân tích, xử lý một tập hợp lớn số liệu quan trắc thực địa nên các giá trị của hàm đã tính đến các yếu tố địa cơ, khai thác có ảnh hưởng đến quá trình dịch chuyển.

Các giá trị dịch chuyển và biến dạng ước tính được xác định bằng cách nhân các giá trị xác suất nhất của các hàm số với hệ số dự phòng.

Các thông số đầu vào phục vụ tính toán dự báo là: góc biên, góc lún cực đại hoặc góc dịch chuyển hoàn toàn, các đại lượng lún, dịch chuyển ngang cực đại tương đối.

## **3.2. Các phương pháp ước tính dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất**

### **3.2.1 *Phương pháp Knothe***

#### **3.2.1.1. *Hàm ảnh hưởng và xác định các thông số của nó***

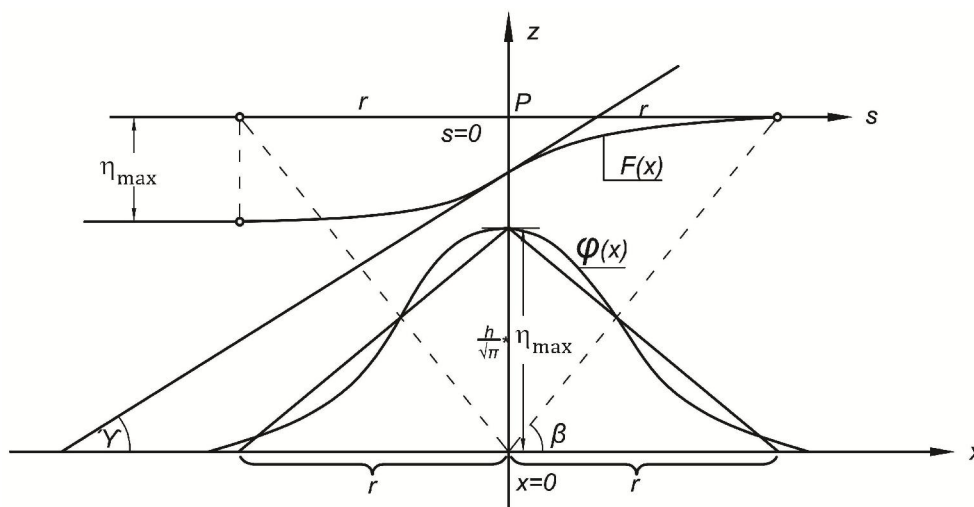
Trong lý thuyết Knothe hàm ảnh hưởng được mô tả bằng đường cong hàm phân phối Gauss chứa các tham số (hình 3.1).

$$\varphi(x) = \eta_{\max} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \quad (3.2)$$

Hàm này thỏa mãn các giả thiết của Litwiniszyns, ngoài ra Knothe còn đưa thêm điều kiện về tính đồng nhất của đất đá và sự bất biến của thể tích bồn trong quá trình biến dạng đất đá.

Thay thế đường cong ảnh hưởng bằng tam giác ảnh hưởng với các điều kiện mà tam giác ảnh hưởng phải thỏa mãn so với đường cong là:

- $\varphi(x)$  bằng với  $\frac{h}{\sqrt{\pi}} \eta_{\max}$
- Diện tích của tam giác ảnh hưởng bằng diện tích giới hạn bởi đường cong ảnh hưởng với trục  $x$ .



Hình 3.1. Hàm ảnh hưởng và tam giác ảnh hưởng

Giá trị tham số  $h$  có thể biểu diễn thông qua tham số  $r$ :

$$h = \frac{\sqrt{\pi}}{r} \quad (3.3)$$

Thay (3.3) vào (3.2) thì hàm ảnh hưởng có dạng:

$$\varphi(x) = \eta_{\max} \frac{1}{r} e^{-\pi \frac{x^2}{r^2}} \quad (3.4)$$

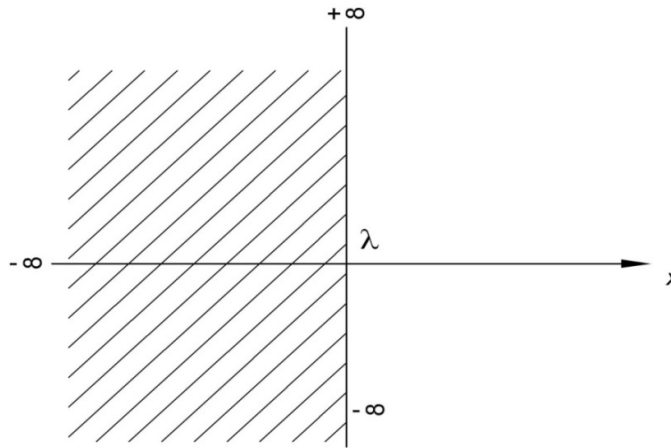
Tham số  $r$  ban đầu được gọi là vùng ảnh hưởng chính thì nay được Knothe gọi là tham số lan tỏa ảnh hưởng, tham số này liên quan đến góc ảnh hưởng chính, là tham số đặc trưng cho tính chất biến dạng của đất đá.

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{H}{r} \quad (3.5)$$

Như vậy, việc thay thế đường cong Gauss bằng tam giác không ảnh hưởng tới hình dạng hàm chuyển đổi mà chỉ thay đổi các thông số của nó, sự thay đổi này cho phép giới hạn vùng ảnh hưởng mà về lý thuyết thì nó lan tỏa đến vô cùng.

### 3.2.1.2. Tính các đại lượng dịch chuyển, biến dạng

Giả thiết xem trường khai thác có dạng nửa mặt phẳng vô hạn. Khi đó trường khai thác chạy dài dọc theo trục  $x$  từ  $-\infty$  tới  $\lambda$  hoặc từ  $\lambda$  tới  $+\infty$ , còn dọc theo trục  $y$  từ  $-\infty$  tới  $+\infty$  được gọi là nửa mặt phẳng vô hạn (hình 3.2)



Hình 3.2. Trường khai thác dạng nửa mặt phẳng vô hạn

Ký hiệu biến số tích phân là  $\lambda$  thì ta sẽ nhận được phương trình bốn lún có dạng sau:

$$\eta_{(x)} = \eta_{\max} \int_x^{+\infty} f(\lambda) d\lambda \quad (3.6)$$

Khi ta mô tả đường cong ảnh hưởng theo dạng (3.4) thì ta sẽ nhận được phương trình bốn lún như sau:

$$\eta_{(x)} = \frac{\eta_{\max}}{r} \int_x^{+\infty} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} d\lambda \quad (3.7)$$

Đối với chuyển dịch trên mặt phẳng thì giá trị dịch chuyển, biến dạng trong bồn lún được tính theo các công thức sau:

- *Độ nghiêng địa hình:*

$$i_{(x)} = \frac{\eta_{\max}}{r} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.8)$$

- *Độ cong bồn lún:*

$$k_{(x)} = \eta_{\max} 2\pi \frac{x}{r^3} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.9)$$

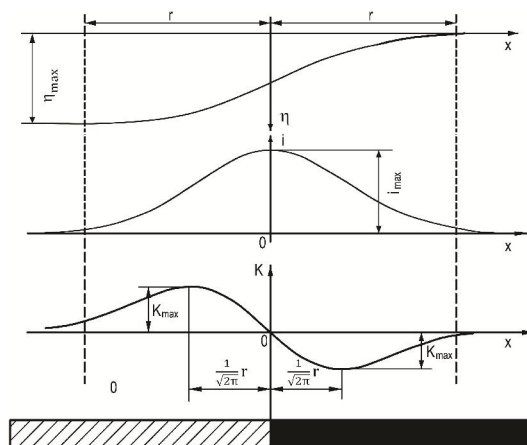
- *Dịch chuyển ngang:*

$$\xi_{(x)} = \eta_{\max} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.10)$$

- *Biến dạng ngang:*

$$\varepsilon_{(x)} = \pm \eta_{\max} \sqrt{2\pi} \frac{x}{r} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.11)$$

3.2.1.3 Xác định các chỉ số dịch chuyển và biến dạng cực đại:



Hình 3.3: Phân bố các đại lượng dịch chuyển, biến dạng cực đại

Khi đánh giá sơ bộ tác động của khai thác lên các đối tượng nằm trong vùng ảnh hưởng khai thác thì cần tính các giá trị cực đại của các đại lượng biến dạng. Bằng cách cho các đạo hàm bậc một bằng 0 sẽ cho phép xác định được giá

trị cực đại và vị trí xuất hiện của nó. Các giá trị cực đại trong trường hợp trường khai thác nửa mặt phẳng vô hạn được tính theo các công thức sau:

- Tính độ lún cực đại:

$$\eta_{\max} = a \cdot m \quad (3.12)$$

- Tính độ nghiêng cực đại:

$$i_{\max} = \frac{\eta_{\max}}{r} \quad (3.13)$$

- Tính độ cong cực đại:

$$k_{\max} = \pm 1.52 \frac{\eta_{\max}}{r^2} \quad (3.14)$$

- Tính dịch chuyển ngang cực đại:

$$\xi_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \eta_{\max} = 0.4 \eta_{\max} \quad (3.15)$$

- Tính biến dịch ngang cực đại:

$$\varepsilon_{\max} = \pm \frac{\eta_{\max}}{r} e^{-\frac{1}{2}} = 0,6 \cdot i_{\max} \quad (3.16)$$

Phân bố các đại lượng cơ bản cùng với giá trị cực đại được thể hiện trên (hình 3.3).

### 3.2.2 Phương pháp Aversin

#### 3.2.2.1 Đối với vỉa bằng hoặc dốc thoải

Trên cơ sở phân tích một số lượng số liệu quan trắc phong phú, Aversin đã thiết lập phương trình đường cong bồn lún đối với ruộng khai thác lớn (hình 3.4):

$$\eta_x = \eta_{\max} \left(1 - \frac{x}{2,13 \cdot l}\right)^{4,54} \cdot e^{2,13 \frac{x}{l}} \quad (3.17)$$

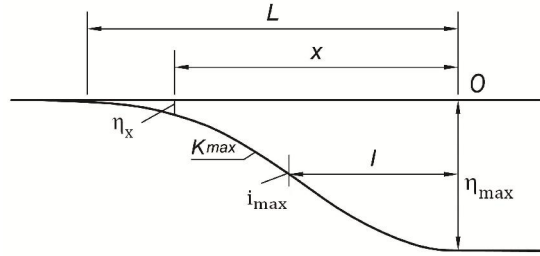
Trong đó:

l - khoảng cách nằm ngang từ điểm uốn đường cong lún tới tâm bồn dịch chuyển (tham số của lý thuyết);

x - hoành độ của điểm bất kỳ tính từ tâm bồn lún.

Trên cơ sở công thức 3.17 cho phép xác định giá trị cực đại của độ nghiêng, là đạo hàm bậc nhất của phương trình hàm lún, giá trị này xuất hiện ở điểm uốn mặt cắt bồn dịch chuyển.

$$i_{\max} = 0,9 \frac{\eta_{\max}}{l} \quad (3.18)$$



Hình 3.4: Mặt cắt bôn lún đối với vĩa nằm ngang

Giá trị độ cong cực đại là đạo hàm bậc 2 của hàm lún, giá trị này xuất hiện ở khoảng cách  $1,5.l$  tính từ tâm của bôn lún và nằm phía trên vĩa.

$$K_{\max} = 1,39 \frac{\eta_{\max}}{l^2} \quad (3.19)$$

Chuyển dịch ngang của điểm bất kỳ trên mặt cắt bôn dịch chuyển liên quan tới đại lượng lún và độ nghiêng, đối với vĩa nghiêng giá trị của nó được tính theo công thức:

$$\xi = k. i \quad (3.20)$$

Giá trị của biến dạng ngang cực đại được xác định theo công thức:

$$\varepsilon_{\max} = k. 1,39 \frac{\eta_{\max}}{l^2} \quad (3.21)$$

Trong đó hệ số  $k$  được tính theo công thức:

$$k = \frac{\frac{d\xi}{dt}}{\frac{d^2\eta}{dx \cdot dt}} \quad (3.22)$$

Trong đó:

$\frac{d\xi}{dt}$  - tốc độ thay đổi chuyển dịch ngang;

$\frac{d^2\eta}{dt}$  - tốc độ thay đổi độ nghiêng trên mặt cắt bôn lún.

Trong tất cả các công thức trên đều xuất hiện tham số  $l$ , Aversin đã đưa ra mối quan hệ giữa tham số này và hoành độ  $L$  của điểm biên bôn dịch chuyển (hình 3.4);



$$L = 2,13.l \quad (3.23)$$

Công thức (2.23) được sử dụng để tính tham số  $l$  từ các số liệu quan trắc. Theo Aversin tham số  $l$  cũng có thể xác định theo công thức khác dưới đây (cho trường hợp vỉa nằm ngang hoặc dốc thoải)

$$l = \frac{\eta_{\max}}{g} \cdot s \quad (3.24)$$

Trong đó:

$s$  - hoành độ của ranh giới khai thác trong hệ tọa độ đã chọn.

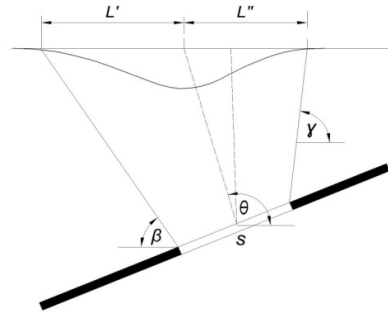
### 3.2.2.2 Đối với vỉa dốc

Điểm có độ lún cực đại được xác định trên biểu đồ bằng cách từ tâm của lò chợ, vẽ một tia nghiêng hợp với đường nằm ngang một góc  $\theta$  (góc lún cực đại) (hình 3.5):

$$\theta = 90^\circ + \frac{\beta - \gamma}{2} \quad (3.25)$$

Trong đó:

$\beta$  và  $\gamma$  là góc góc dịch chuyển ở hai phía xuôi dốc và ngược dốc của vỉa.



Hình 3.5: Mặt cắt bờn dịch chuyển đối với vỉa dốc

Độ nghiêng cực đại trên mặt cắt bờn dịch chuyển ở hai phía của vỉa được xác định:

$$i'_{\max} = \frac{\eta_{\max}}{L'} \cdot a' \quad (3.26)$$

$$i''_{\max} = 2 \frac{\eta_{\max}}{L''} \quad (3.27)$$

Trong đó:

$L'$  và  $L''$  - hoành độ tính từ trung tâm bồn dịch chuyển tới ranh giới ở phía xuôi dốc và ngược dốc;

$a'$  - Hệ số hiệu chỉnh được xác định theo (bảng 3.1).

*Bảng 3.1: Giá trị của hệ số điều chỉnh  $a'$  theo Aversin*

Góc dốc vĩa	$0^0$	$10^0$	$20^0$	$30^0$	$40^0$	$50^0$	$60^0$	$70^0$
Hệ số $a'$	3,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0

Độ cong cực đại tại phía xuôi dốc của bồn được xác định theo công thức:

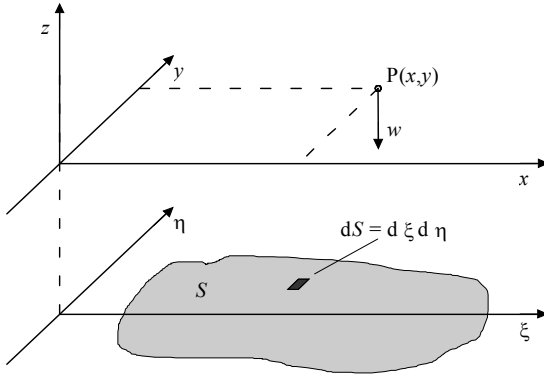
$$K_{\max} = 4 \frac{i_{\max}}{L'} \quad (3.28)$$

### 3.2.3 Phương pháp Knothe-Budryk

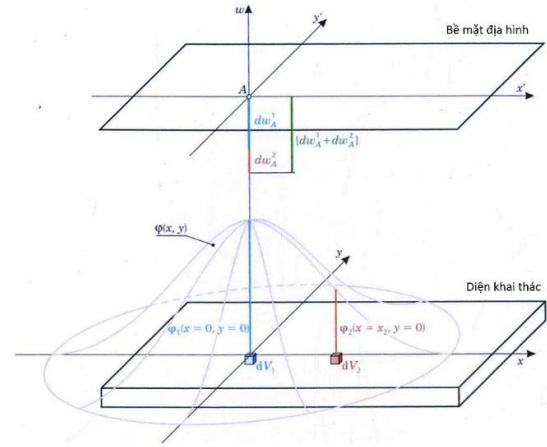
Phương pháp tính toán dự báo dịch chuyển, biến dạng bề mặt mỏ của Knothe-Budryk dựa trên phương pháp tích phân-hình học, trong đó các công thức tính toán được xây dựng trên cơ sở hàng loạt các công trình quan trắc thực nghiệm trong các điều kiện khác nhau đối với các khoáng sàng dạng vĩa.

Các đại lượng mô tả biến dạng liên lục bao gồm: độ lún ( $w$ ), dịch chuyển ngang ( $u$ ), độ nghiêng ( $T$ ), độ cong ( $K$ ) và biến dạng ngang ( $\varepsilon$ ). Trên cơ sở số đo trắc địa, giá trị tính toán của độ nghiêng và biến dạng ngang là các giá trị trung bình cho 1 đoạn. Trong trường hợp độ cong, đó là các giá trị trung bình cho hai đoạn nối tiếp nhau. Khi lựa chọn hợp lý chiều dài các đoạn đo cơ sở và số lượng của chúng thì các chỉ số biến dạng đo được sẽ gần giống với các giá trị tính toán lý thuyết.

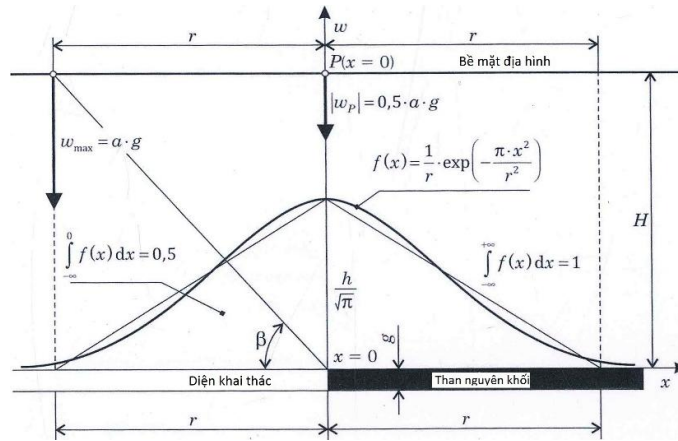
Trong phương pháp tích phân- hình học, giả định rằng có sự tồn tại của một hàm số- gọi là hàm số ảnh hưởng. Độ lún tại một điểm được tính bằng cách tính toán tích phân ảnh hưởng tùy thuộc vào khoảng cách ngang tới diện tích của phần tử khai thác ds như giới thiệu trên hình 3.6. Trong phương pháp Knothe-Budryk, hàm số ảnh hưởng là hàm Gauss. Trên hình 3.7 và hình 3.6 giới thiệu hàm ảnh hưởng trong hệ không gian 3 chiều và trong hệ 2 chiều.



Hình 3.6: Hệ tọa độ dùng để tính toán biến dạng bề mặt địa hình



Hình 3.7: Hàm số ảnh hưởng trong hệ tọa độ 3 chiều (Ostrowski 2015)



Hình 3.8: Hàm số ảnh hưởng trong hệ tọa độ 2 chiều (Ostrowski 2015)

Để mô tả dịch động, lấy hệ tọa độ vuông góc với chiều quay sang phải và hệ tọa độ ngang theo chiều quay sang phải:

Hệ tọa độ  $\xi \eta$  dành cho vỉa than khai thác.

Hệ tọa độ  $x y$  dành cho điểm tính toán dịch động  $P(x, y)$ .

Độ lún  $w_a$  của điểm  $(x, y)$  trên bề mặt được tính theo công thức:

$$w_a(x, y) = \frac{w_{\max}}{r^2} \iint_S \exp \left[ -\frac{\pi}{r^2} [(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2] \right] d\xi d\eta$$

$$w_a(x, y) = \frac{w_{\max}}{r^2} \iint_S \exp \left[ -\frac{\pi}{r^2} [(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2] \right] d\xi d\eta$$

(3.29)

Trong đó:

$w_{\max} = a \cdot m$  - độ lún cực đại,

$r$  - Bán kính ảnh hưởng trên bề mặt địa hình đặc trưng cho độ bền của đất đá mở, được xác định bằng công thức  $r = H / \operatorname{tg} \beta$

$S$  - Diện khai thác của vỉa,

$ds = d\xi d\eta$  - Diện của một phần tử khai thác,

$a$  - Hệ số khai thác, còn gọi là hệ số điều khiển đá vách. Giá trị của hệ số này phụ thuộc vào cách lấp đầy khoảng không gian sau khi khai thác,

$m$  - Chiều dày của lớp than khai thác,

$H$  - Chiều sâu khai thác,

$\operatorname{tg} \beta$  - Thông số của phương pháp tính biến dạng, còn gọi là thông số đá mở.

Công thức (3.29) thể hiện bản chất của phương pháp Knothe-Budryk phục vụ tính độ sụt lún.

Dịch chuyển ngang trong phương pháp Knothe-Budryk được theo phương pháp của Aversin:

$$\begin{aligned} U_x &= B \frac{dw}{dx} \\ U_y &= B \frac{dw}{dy} \end{aligned} \quad (3.30)$$

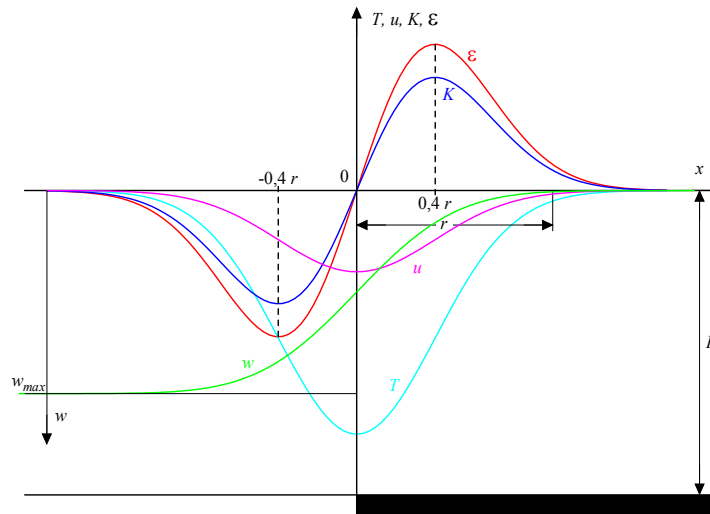
Trong đó  $B$  được Budryk gọi là hệ số biến dạng ngang. Ở Ba Lan, hệ số này được lấy với giá trị trung bình là:

$$B = 0,32 \cdot r \quad (3.31)$$

Độ nghiêng ( $T$ ) và độ cong ( $K$ ) có được bằng cách tính đạo hàm của hàm sụt lún (3.29). Tensor của biến dạng ngang tỷ lệ thuận với tensor độ cong đứng tương ứng.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= B \cdot K_{xx} \\ \varepsilon_{xy} &= B \cdot K_{xy} \\ \varepsilon_{yy} &= B \cdot K_{yy} \end{aligned} \quad (3.32)$$

Hình 3.9 minh họa các chỉ số biến dạng gây ra trong trường hợp khai thác 1 diện lớn hoặc theo đường phương của vỉa.



Hình 3.9: Đồ thị các chỉ số biến dạng bề mặt theo phương pháp Knothe-Budryk

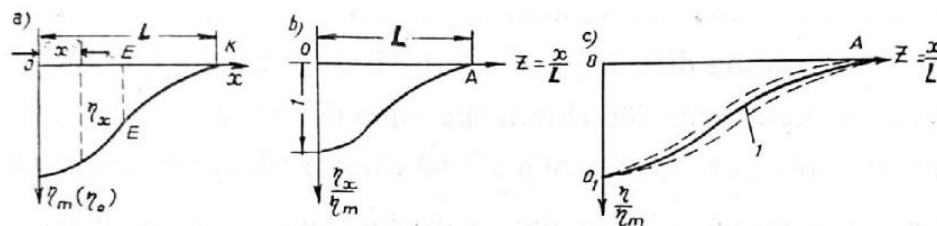
Trong đó:  $w$  - Độ lún,  $u$  - dịch chuyển ngang,  $T$  - độ nghiêng,  $\varepsilon$  - biến dạng ngang,  $K$  - Độ cong đứng,  $H$  - chiều sâu khai thác,  $r$  - bán kính ảnh hưởng.

Khái niệm diện khai thác lớn được hiểu là diện khai thác gần như hình vuông, có chiều dài cạnh là  $l=2,0r$  và chính xác hơn khi chiều dài cạnh hình vuông là  $l=3,0r$ .

### 3.2.4 Dự báo theo các phương pháp đường cong mẫu chuẩn

#### 3.2.4.1 Các dạng đường cong lún trong ước tính dịch chuyển biến dạng

Để biểu thị sự phân bố dịch chuyển và biến dạng trong bồn dịch chuyển đã xây dựng các đồ thị, bao gồm các loại đường cong tự nhiên, không tỷ lệ và mẫu không tỷ lệ (hình 3.10). Các dạng đường cong trên được biểu thị trong hệ toạ độ vuông góc có gốc tọa độ trùng với điểm lún cực đại  $\eta_m$  (tâm đáy bồn dịch chuyển) và được phân làm 2 nhánh, từ tâm o về hai phía biên giới của bồn.



Hình 3.10: Đường cong lún

a. Đường cong tự nhiên; b. Đường cong không tỷ lệ; c. Đường cong mẫu không tỷ lệ

Trên hình 3.10-a là đường cong tự nhiên được xây dựng từ số liệu quan trắc thực địa, có gốc toạ độ trùng với điểm 0 lún cực đại  $\eta_m$ , còn những điểm lún khác ( $\eta_x$ ) trên mặt cắt chính được biểu thị bằng các đoạn ( $x, \eta_x$ ).

Ở những độ sâu khai thác khác nhau sẽ có kích thước bán bồn L khác nhau nên đường cong lún tự nhiên sẽ đoạn OK khác nhau. Do vậy những biểu đồ đường cong tự nhiên nhận được khó so sánh với nhau. Để khắc phục người ta xây dựng đường cong không tỷ lệ thay cho đường cong tự nhiên (hình 3.10-b) bằng cách dựng biểu đồ hàm số không tỷ lệ.

$$\frac{\eta_x}{\eta_m} = \varphi\left(\frac{x}{L}\right) = S(z) \quad (3.33)$$

$$Z = \frac{x}{L}$$

Trong đó:  $\eta_x$  - độ lún tại điểm có hoành độ x

$\eta_m$  - độ lún cực đại

L - chiều dài bồn dịch chuyển

Từ biểu thức (3.33) ta có:

$$\eta_x = \eta_m \cdot S(z) \quad (3.34)$$

Nếu biết đại lượng  $\eta_m$  và hàm số không tỷ lệ thì dễ dàng xác định đại lượng lún  $\eta_x$  tại bất cứ điểm nào của bồn với hoành độ x.

Xây dựng và so sánh nhau những đường cong không tỷ lệ theo các tuyến quan trắc ở các chu kỳ đo khác nhau hoặc ở nhiều trạm quan trắc để nhận được một đường cong lún trung bình (đường cong 1, hình 3.10-c), được gọi là đường cong lún mẫu không tỷ lệ.

Phân tích số liệu quan trắc cho thấy hàm số đường cong không thứ nguyên trong điều kiện vĩa bằng và thoải sẽ đối xứng qua điểm uốn E. Do vậy có thể chấp nhận cho hàm số không tỷ lệ được biểu thị theo mẫu:

$z = \frac{x}{L}$	0	0,1	0,2	0,3.....1,0
$s(z)$	1,00	0,99	0,95	0,85.....0

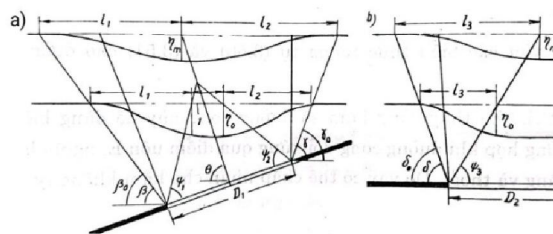
Như vậy, bằng cách lập bảng theo số liệu quan trắc thực địa hoặc từ những mối quan hệ phụ thuộc nhận được trên cơ sở quan trắc có thể xác định được đại lượng  $\eta_x$  theo giá trị  $\eta_m$  đã biết.

Khi tính dịch chuyển và biến dạng cần dựng các đường cong sau: độ lún  $\eta$  (dịch chuyển đứng), biến dạng nghiêng  $i$ , biến dạng cong  $k$ , dịch chuyển ngang  $\xi$  và biến dạng ngang (nén và kéo)  $\epsilon$ .

Độ nghiêng và độ cong là đạo hàm bậc nhất và bậc hai của độ lún còn biến dạng ngang là đạo hàm bậc nhất của dịch chuyển ngang.

Các thông số đầu vào dùng để tính toán dự báo được lấy từ kết quả quan trắc thực địa hoặc xác định theo phương pháp vùng tương tự là góc biên  $\beta_0, \delta_0, \gamma_0$  (hoặc góc dịch chuyển); góc lún cực đại  $\theta$ ; góc khai thác hoàn toàn  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3$ ; chiều dài bán bôn dịch chuyển  $L_1$  (xuôi dốc),  $L_2$  (xuôi dốc),  $L_3$  (phương của vỉa); kích thước lò chợ theo dốc  $D_1$  và theo phương của vỉa  $D_2$ ; độ sâu khai thác  $H$  (hình 3.11).

Nhiệm vụ tính toán dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất có thể là các giá trị cực đại hoặc tất cả các đường cong thể hiện sự phân bố dịch chuyển và biến dạng trên mặt cắt chính của bôn dịch chuyển.



Hình 3.11. Các thông số đầu vào để ước tính dịch chuyển biến dạng

Dưới góc nhìn kỹ thuật khai thác có thể phân biệt các trường hợp ước tính sau:

- 1) Tính dịch chuyển và biến dạng do khai thác một lò chợ;
- 2) Tính dịch chuyển và biến dạng do khai thác tập vỉa;
- 3) Tính dịch chuyển và biến dạng khi không có thiết kế và lịch kế hoạch khai thác.

#### 3.2.4.2 Tính độ lún cực đại

Độ lún cực đại là một trong những thông số phụ thuộc bởi nhiều yếu tố như: chiều dày khai thác, góc dốc vỉa, độ cứng đất đá và thứ tự sắp xếp các lớp đất đá, hệ số tổn thất khoáng sản, mức độ khai thác (khai thác hoàn toàn, không hoàn toàn; khai thác lần đầu, lần thứ hai), hệ thống khai thác và phương pháp điều khiển đá vách. Hiện nay có hai phương pháp xác định độ lún cực đại.

### 1. Phương pháp của Kolbencov

Trong phương pháp này, các công thức ước tính nhận được trên cơ sở xử lý tổng hợp kết quả quan trắc thực địa. Độ lún cực đại được tính theo công thức sau:

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N \quad (3.35)$$

Trong đó:  $q_0$  - đại lượng cực đại dịch chuyển tương đối khi khai thác hoàn toàn;

$m$  - chiều dày khai thác của vỉa, mét;

$\alpha$  - góc dốc của vỉa, độ;

$N$  - hệ số mức độ khai thác;

$q_0 = \frac{\eta_0}{m}$  ( $\eta_0$  - đại lượng lún cực đại khi khai thác hoàn toàn).

Tích số  $q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha$  là thành phần đứng của vectơ dịch chuyển khi khai thác hoàn toàn. Trường hợp vỉa nằm ngang, do  $\cos \alpha = 1$  thì khi khai thác hoàn toàn sẽ có:

$$q_0 = \frac{\eta_0}{m}$$

trong đó:  $\eta_0$  - độ lún cực đại.

Đại lượng  $q_0$  phụ thuộc vào độ cứng của đất đá và mức độ phá hoại của nó trước khi khai thác lò chợ. Độ cứng đất đá tăng giá trị  $q_0$  sẽ giảm. Khi khai thác lặp lại giá trị  $q_0$  tăng từ 10-20% và cao hơn nhiều tại những vùng có đất đá cứng. Giá trị của  $q_0$  xác định theo số liệu quan trắc thực địa hoặc lấy theo phương pháp tương tự.

Hệ số mức độ khai thác  $N$  xác định theo công thức:

$$N = \sqrt{n_1 n_2}$$

Trong đó:  $n_1, n_2$  - hệ số mức độ khai thác tương ứng theo dốc và theo phương vỉa.



$$n_1 = k \frac{D_1}{H} ; \quad n_2 = k \frac{D_2}{H} \quad (3.36)$$

k- hệ số phụ thuộc bởi tính chất của đất đá (xác định theo số liệu quan trắc);

$D_1$  và  $D_2$  - chiều dài lò chợ theo dốc và theo phương của vỉa, mét.

H - độ sâu khai thác trung bình (tại điểm chính giữa của lò chợ), m.

Ở vùng Donbass của Ucraina hệ số  $k=0$ , với điều kiện khai thác lần đầu và góc dốc vỉa  $\alpha$  phải nằm trong khoảng từ  $0^\circ$ - $6^\circ$ .

$$\eta_m = 0,6m \cos \alpha \sqrt{n_1 n_2} \quad (3.37)$$

trong đó:  $n_1 = 0,9 \frac{D_1}{H} ; n_2 = 0,9 \frac{D_2}{H}$

## 2. Phương pháp Kazacovski

Phương pháp Kazacovski để xác định độ lún cực đại xuất phát từ giả thiết thể tích của bồn dịch chuyển không thay đổi (cố định) trong suốt quá trình uốn võng các lớp nham tầng nằm cách lò chợ những khoảng cách khác nhau. Giả thuyết này được coi là hợp lý khi không có hiện tượng “đá treo” lớn. Bản chất của phương pháp đó như sau:

Trên hình 3.12 các tam giác CAD và C'A'D' chỉ giới hạn vùng dịch chuyển hoàn toàn trong mặt cắt chính theo phương và dốc vỉa. Các hình tam giác đó được xây dựng dựa vào các góc dịch chuyển hoàn toàn.

Trong phạm vi vùng dịch chuyển hoàn toàn, khi càng xa lò chợ theo hướng thẳng đứng thì kích thước bồn dịch chuyển (theo phương và dốc vỉa) tăng lên còn kích thước vùng đáy bồn phẳng sẽ bị thu hẹp lại. Do đó đại lượng lún cực đại sẽ không giảm. Khi vượt ra khỏi phạm vi vùng dịch chuyển hoàn toàn, việc tăng kích thước bồn dịch chuyển sẽ giảm độ sâu của bồn một cách tương ứng, nghĩa là giảm  $\eta_m$ .

Trên mặt cắt theo dốc vỉa, kích thước bồn dịch chuyển tại biên giới tiếp giáp giữa hai vùng dịch chuyển hoàn toàn và không hoàn toàn (hình 3.12-b) là  $K'_0 N'_0 = L'_0$ , còn trên mặt đất là  $K'_i N'_i = L'_i$ . Lập tỷ lệ giữa các đại lượng:

$k_1 = \frac{L'_0}{L'_i}$  - thể hiện sự tắt dần của độ lún cực đại do khai thác không hoàn toàn.



### 3.2.4.3. Tính dịch chuyển và biến dạng cực đại mặt đất do ảnh hưởng khai thác tầng lò chợ

#### 1. Đại lượng lún cực đại

Đại lượng lún cực đại trong điều kiện khai thác lần đầu được xác định theo công thức (3.35), khi khai thác lặp lại thì tính theo các công thức sau:

Khi  $\alpha \leq 25^\circ$

$$\eta_m = q_0 m_v \cos \alpha \sqrt{n_1 n_2} (1 + 0,5 \frac{H_1}{H}) \quad (3.40)$$

Khi  $\alpha$  trong khoảng  $25^\circ$  đến  $65^\circ$

$$\eta_m = (q_0 m_v + 0,1 m_{v-1}) \cos \alpha \sqrt{n_1 n_2} \quad (3.41)$$

Trong đó:  $q_0$  - đại lượng vector dịch chuyển tương đối khi khai thác lần đầu và đạt mức khai thác hoàn toàn;

$m_v$  - chiều dày của vỉa dưới;

$m_{v-1}$  - chiều dày của vỉa trên (vỉa có đá vách đã bị khai thác dưới);

$\alpha$  - góc dốc của vỉa;

$n_1 n_2$  - hệ số mức độ khai thác theo dốc và theo phương của vỉa;

$H_1$  - chiều dày đứng của nham tầng đã bị khai thác ở giữa lò chợ.

#### 2. Đại lượng độ nghiêng cực đại

Khi  $\alpha \leq 45^\circ$

$$i_m = 1,5 \frac{m}{H} \quad (3.42)$$

Khi  $45^\circ \leq \alpha \leq 65^\circ$

$$i_m = \frac{m}{H} \quad (3.43)$$

Trong đó:  $m$  - chiều dày khai thác của vỉa;

$H$  - độ sâu khai thác trung bình (ở giữa lò chợ).

#### 3. Đại lượng độ cong cực đại:

Độ cong phần lồi  $K_m$  và phần lõm  $K'_m$  thuộc đường cong lún khi  $\alpha \leq 65^\circ$  xác định theo các công thức:

$$K_m = (5 + n_1^2) \frac{\eta_m}{L_2^2} \quad (3.44)$$

$$K'_m = \left(5 + \frac{1}{n_1}\right) \frac{\eta_m}{L_2^2} \quad (3.45)$$

Trong đó:  $L_2$  - khoảng cách từ điểm lún cực đại đến biên giới bồn dịch chuyển về phía ngược dốc của vỉa, m.

#### 4. Đại lượng dịch chuyển ngang cực đại

Đại lượng dịch chuyển ngang cực đại trên các mặt cắt chính khi góc dốc vỉa  $\alpha \leq 65^\circ$  được tính như sau:

- theo phương của vỉa

$$\xi_m = 0,3\eta_m \quad (3.46)$$

- theo dốc của vỉa:

$$\xi_m = (0,3 + 0,8P)\eta_m \quad (3.47)$$

Trong đó: P - hệ số ảnh hưởng của lớp đất bồi.

$$P = \operatorname{tg} \alpha - \frac{Ch}{\eta_m} \quad (3.48)$$

h - chiều dày của lớp đất bồi;

C = 0,01 khi  $\alpha \leq 25^\circ$  và C = 0,02 khi  $\alpha > 25^\circ$ ; nếu P nhận dấu âm thì lấy P = 0.

#### 5. Đại lượng các biến dạng ngang (nén và kéo)

Khi vỉa thoải và dốc với  $\alpha \leq 45^\circ$

$$\varepsilon_{m.p} = \varepsilon_{m.c} = 0,7 \frac{m}{H} \quad (3.49)$$

Khi  $45^\circ < \alpha < 65^\circ$

$$\varepsilon_{m.p} = \varepsilon_{m.c} = \frac{m}{H} \quad (3.50)$$

trong đó:  $\varepsilon_{m.p}$  - biến dạng kéo và  $\varepsilon_{m.c}$  - biến dạng nén.

#### 6. Xác định tốc độ lún cực đại khi lò chợ hoạt động $v_m$

Trên cơ sở kết quả quan trắc thực địa, tốc độ lún cực đại được xác định theo công thức thực nghiệm sau đây: (vùng Donbass của Ucraina).

$$v_m = t \frac{C\eta_m}{H} \quad (3.51)$$

Trong đó:  $\eta_m$  - độ lún cực đại, mét;

H - độ sâu khai thác trung bình;

C - tiến độ trung bình của lò chợ m/ngày;

t - hệ số tỷ lệ (phụ thuộc vào tính chất của đất đá).

Đại lượng  $\eta_m$  và  $v_m$  chịu ảnh hưởng lớn của góc dốc vĩa  $\alpha$ . Khi đạt mức khai thác hoàn toàn thì  $\eta_m = q_0 m \cos \alpha$ . Trên cơ sở đó công thức (3.51) có thể biến đổi:

$$v_m = t \frac{C m q_0 \cos \alpha N}{H} \quad (3.52)$$

Giáo sư Kazacovski đề xuất tính  $v_m$  theo công thức:

$$v_{m(2)} = v_{m(1)} \frac{H_1 C_2 \eta_{m(2)} \cos \alpha_2}{H_2 C_1 \eta_{m(1)} \cos \alpha_1} \quad (3.53)$$

Trong trường hợp khi  $\eta_m$  không xác định được thì tính theo công thức:

$$v_{m(2)} = v_{m(1)} \frac{H_1 C_2 m_2 \cos \alpha_2}{H_2 C_1 m_1 \cos \alpha_1} \quad (3.54)$$

Trong đó:  $v_{m(2)}$  - tốc độ lún cực đại cần tính trong điều kiện khai thác ở độ sâu  $H_2$ , chiều dày vĩa  $m_2$ , tiến độ lò chợ  $C_2$ , góc dốc của vĩa  $\alpha_2$  và độ lún cực đại  $\eta_{m(2)}$ .

$v_{m(1)}$  - tốc độ lún cực đại đã biết trong điều kiện  $H_1, m_1, C_1, \alpha_1, \eta_{m(1)}$  (xác định theo số liệu quan trắc thực địa hoặc theo phương pháp vùng tương tự).

Lưu ý, các đại lượng dịch chuyển và biến dạng cực đại khi khai thác lặp lại sẽ tăng lên. Khi các công trình bị khai thác dưới, điều đáng lưu ý nhất không phải là các giá trị cực đại mà là các đại lượng dịch chuyển và biến dạng tại các điểm khác nhau trong mặt cắt chính của bồn. Do vậy đường cong dịch chuyển và biến dạng sẽ là công cụ biểu đạt hữu hiệu nhất.

*3.2.4.4. Tính các đường cong dịch chuyển và biến dạng bề mặt do khai thác từng lò chợ*

*1. Tính độ lún tại những điểm khác nhau trên mặt cắt chính:*

$$\eta_x = \eta_m s(z) \quad (3.55)$$

$$z = \frac{x}{L}$$

trong đó:  $\eta_m$  - độ lún cực đại (tính theo công thức 3.35);

$$s(z) - \text{hàm số lún tỷ lệ} : s(z) = \frac{\eta_x}{\eta_m} = \varphi\left(\frac{x}{L}\right);$$

$x$  - hoành độ điểm trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển, m;

$L$  - chiều dài bán bồn dịch chuyển, m.

Trong bản quy phạm bảo vệ các công trình thì hàm lún tỷ lệ  $s(z)=\varphi(\frac{x}{L})$  được lập thành bảng tra cho các điều kiện khai thác hoàn toàn và không hoàn toàn.

Sau khi tính các giá trị lún  $\eta_x$  đối với  $x = 0,1; 0,2; 0,3; \dots 1$  ta dựng các đoạn  $\eta_x$  tính được tại những điểm tương ứng ở trên trục hoành của mặt cắt chính sẽ nhận được đường cong lún. Gốc toạ độ là điểm có độ lún cực đại. Việc tính toán được tiến hành riêng đối với từng phần nửa bồn dịch chuyển theo phía xuôi dốc, phía ngược dốc và phương của vĩa bởi vì giá trị  $L_i$  của từng phần nửa bồn khác nhau.

### 2. Tính các đường cong độ nghiêng:

$$i_x = \pm \frac{\eta_m}{L} s'(z) \quad (3.56)$$

trong đó:  $s'(z)$  – hàm tỷ lệ, là đạo hàm bậc nhất của  $\eta_x$  theo  $z$ . Giá trị của nó phụ thuộc vào mức độ khai thác đối với những giá trị khác nhau của  $z$  trong bảng tra. Các giá trị âm của độ nghiêng dựng dưới trục  $oz$ , còn các giá trị dương dựng phía trên trục  $oz$ .

Trong hình 3.13 biểu diễn các đường cong lún 1 và đường cong độ nghiêng 2 khi khai thác hoàn toàn và không hoàn toàn.

### 3. Tính biểu đồ độ cong:

$$K_x = \frac{\eta_m}{L^2} s''(z) \quad (3.57)$$

Trong đó :  $s''(z)$  – hàm tỷ lệ là đạo hàm bậc 2 của  $\eta_x$  hoặc đạo hàm bậc nhất của  $i_x$ ; các giá trị của hàm được tra trong các bảng của quy phạm bảo vệ các công trình.

Khi khai thác không hoàn toàn ( $n < 1$ ) độ cong tại những điểm lún cực đại được xác định với  $L_{tb} = \frac{L_1 + L_2}{2}$

Bán kính cong được xác định như một đại lượng tỷ lệ nghịch của độ cong

$$R = \frac{1}{K}$$

### 4. Tính đường cong dịch chuyển ngang:

a/ Trong mặt cắt chính theo phương của vĩa :

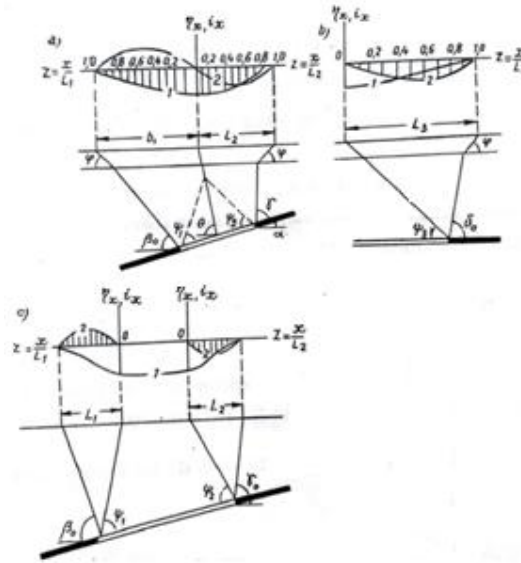
$$\xi_x = \pm 0.15 \eta_m s'(z) \quad (3.58)$$

b/ Trong mặt cắt chính theo dốc của vĩa:

$$\xi_x = \eta_m F(z) = \eta_m [Ps(z) \pm 0.15s'(z)] \quad (3.59)$$

trong đó:  $s'(z)$ ;  $F(z)$ ;  $s(z)$  – những hàm tỷ lệ mà giá trị bằng số được tra theo bảng.

$P$  – là hệ số tính đến ảnh hưởng của lớp đất bồi, xác định theo công thức (3.48).



Hình 3.13. Dựng đường cong lún và đường cong độ nghiêng

- Khi khai thác không hoàn toàn theo dốc vĩa
- Khi khai thác không hoàn toàn theo phương của vĩa
- Khi khai thác hoàn toàn theo dốc vĩa

Sử dụng giá trị bằng số của các hàm tỷ lệ  $F(z)$ ,  $s(z)$ , và  $s'(z)$ . Trong công thức (3.59) dấu cộng dùng đối với nửa bên phía ngược dốc vĩa, dấu trừ đối với nửa bên phía xuôi dốc vĩa.

#### 5. Tính biến dạng ngang (kéo và nén):

- Theo phương của vĩa:

$$\varepsilon_x = \pm 0.15 \frac{\eta_m}{L} s'(z) \quad (3.60)$$

- Theo dốc của vĩa:

$$\varepsilon_x = \frac{\eta_m}{L} F'(z) = \pm \frac{\eta_m}{L} [Ps'(z) \pm 0.15 s''(z)] \quad (3.61)$$

trong đó :  $F'(z)$  – hàm tỷ lệ là đạo hàm bậc nhất của  $F(z)$ , giá trị bằng số lấy theo bảng tính sẵn.

Hệ số  $P$  xác định theo công thức (3.48). Khi khai thác không hoàn toàn ( $n < 1$ ) biến dạng ngang tại điểm lún cực đại theo hướng xuôi dốc và được xác định khi

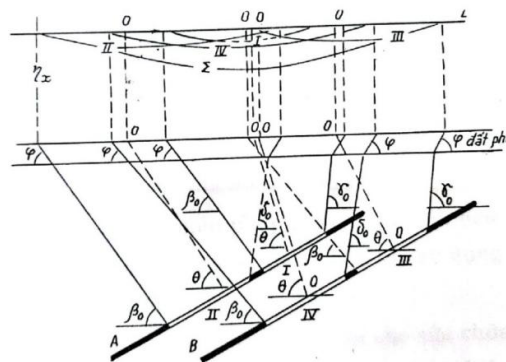
$$L_{tb} = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

Trong công thức (3.61) dấu cộng dùng cho nửa bồn theo phía xuôi dốc và dấu trừ cho nửa bồn theo phía ngược dốc của vỉa.

*3.2.4.5. Tính dịch chuyển và biến dạng do ảnh hưởng khai thác một số lò chợ nằm trong một vỉa hoặc tập vỉa*

Nhiệm vụ tính toán được thực hiện bằng cách cộng đại số các đường cong biến dạng và dịch chuyển của từng lò chợ một. Phương pháp này được xác lập dựa trên cơ sở nhiều lần quan trắc thực địa.

Trước tiên cần tính và dựng các đường cong dịch chuyển và biến dạng sau đó đem cộng chúng lại để được một đường cong tổng. Công việc tính toán cần được thực hiện theo một trình tự phù hợp với lịch kế hoạch khai thác các lò chợ đã được duyệt.



*Hình 3.14 : Đường cong lún tổng cho một số lò chợ*

*I, II, III, IV - đường cong lún ứng với các lò chợ I, II, III, IV; Σ - đường cong tổng.*

Khi tính đường cong của từng lò chợ, các giá trị góc biên, góc dịch chuyển hoàn toàn và  $\eta_0$  phải tính đến yếu tố khai thác lần đầu hay lặp lại.



Trên hình 3.14 giới thiệu cách dựng đường cong lún tổng của bề mặt đất trong điều kiện khai thác một số lò chợ I,II,III,IV ở vỉa A và B.

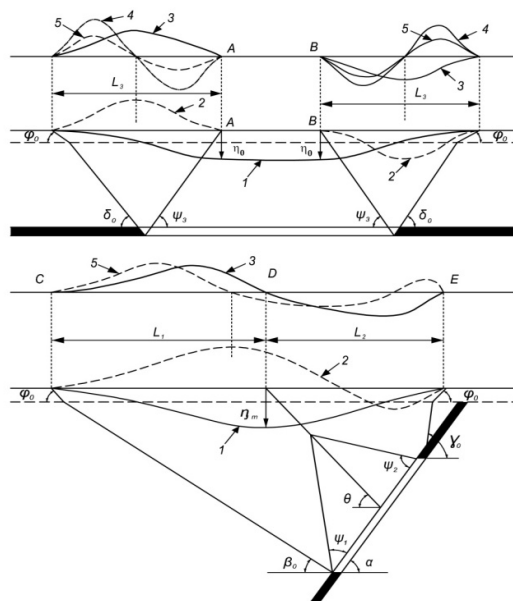
### 3.2.5 Tính toán dự báo theo quy phạm của Nga

Dịch chuyển và biến dạng trên các mặt cắt chính của bồn dịch chuyển (Hình 3.15) được xác định như sau:

#### 3.2.5.1 Độ lún trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển

Độ lún cực đại được tính theo công thức:

$$\eta_m = q_0 m \cos \alpha N_1 N_2 \quad (3.62)$$



Hình 3.15. Sơ đồ phân bố dịch chuyển và biến dạng trên mặt cắt chính

a - mặt cắt theo phương; b - mặt cắt theo dốc vỉa; 1 - độ lún; 2 - dịch chuyển ngang; 3 - độ nghiêng; 4 - độ cong; 5 - biến dạng ngang.

Trong đó:

- $q_0$  - độ lún cực đại tương đối;
- $m$  - chiều dày khai thác vỉa than, nếu chèn lò thì là chiều dày hiệu quả;
- $\alpha$  - góc dốc vỉa than;
- $N_1, N_2$  - hệ số.

Độ lún mặt đất trên các mặt cắt chính bồn dịch chuyển được tính theo công thức:

$$\eta_{xy} = \eta_m S(z) \quad (3.63)$$

Trong đó:

-  $S(z)$  - hàm số đường cong độ lún mẫu, xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số  $N_1$  - đối với những điểm trên mặt cắt chính theo dốc của vỉa và  $N_2$  - đối với các điểm trên mặt cắt chính theo đường phương vỉa;

*Bảng 3.2: Giá trị hàm số  $S(z)$ ,  $S'(z)$ ,  $S''(z)$  (vùng Kuzbass)*

	N=1			N=0,9			N=0,8			N≤0,7		
	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$
0	1,00	0,0	0,0	1,00	0,0	-4,5	1,00	0,0	-6,4	1,00	0,0	-8,3
0,1	0,99	0,2	-2,3	0,97	0,6	-5,5	0,96	0,7	-6,8	0,96	0,8	-8,0
0,2	0,95	0,5	-5,6	0,89	1,1	-6,5	0,85	1,4	-6,2	0,83	1,6	-5,9
0,3	0,86	1,6	-10,8	0,74	1,7	-6,0	0,68	1,8	-3,5	0,65	1,9	-1,0
0,4	0,66	2,6	-8,0	0,55	2,2	-2,5	0,49	2,0	-0,4	0,46	1,8	3,4
0,5	0,38	2,3	6,8	0,32	2,0	8,0	0,31	1,7	6,0	0,29	1,4	4,0
0,6	0,17	1,5	11,0	0,16	1,2	6,5	0,16	1,1	5,1	0,16	1,0	3,6
0,7	0,08	0,6	6,0	0,08	0,7	4,5	0,08	0,7	3,7	0,08	0,7	2,9
0,8	0,03	0,3	2,0	0,03	0,3	2,5	0,03	0,3	2,2	0,03	0,3	2,0
0,9	0,01	0,1	1,0	0,01	0,2	1,0	0,01	0,2	1,1	0,01	0,2	1,2
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0

### 3.2.5.2 Độ nghiêng trên các mặt cắt chính:

a. Hướng theo đường phương

$$i_x = \left( \frac{\eta_m}{L_3} \right) S'(z_x); \quad (3.64)$$

b. Hướng ngược với đường phương

$$i_x = - \left( \frac{\eta_m}{L_3} \right) S'(z_x); \quad (3.65)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển hướng xuôi dốc

$$i_{y1} = \left( \frac{\eta_m}{L_1} \right) S'(z_{y1}); \quad (3.66)$$

d. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$i_{y2} = - \left( \frac{\eta_m}{L_2} \right) S'(z_{y2}); \quad (3.67)$$

Trong đó:

$S'(z)$  – hàm số đồ thị chuẩn độ nghiêng, xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số  $N_1$  và  $N_2$ .

### 3.2.5.3 Độ cong trên mặt cắt chính bồn dịch chuyển

a. Hướng theo đường phương

$$K_x = \left( \frac{\eta_m}{L_3^2} \right) S''(z_x); \quad (3.68)$$

b. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc

$$K_{y1} = \left( \frac{\eta_m}{L_1^2} \right) S''(z_{y1}); \quad (3.69)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$K_{y2} = \left( \frac{\eta_m}{L_2^2} \right) S''(z_{y2}); \quad (3.70)$$

Trong đó:

$S''(z)$  - hàm số đồ thị chuẩn độ cong, xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số  $N_1$  và  $N_2$ . Khi khai thác không hoàn toàn ( $N_{1,2} < 1$ ), độ cong tại các điểm lún cực đại được xác định theo chiều dài trung bình của bán bồn dịch chuyển  $L_{tb} = 0,5 (L_1 + L_2)$ .

### 3.2.5.4 Dịch chuyển ngang trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển:

a. Hướng theo đường phương

$$\xi_x = 0,5a_0\eta_m S'(z_x) \quad (3.71)$$

b. Hướng ngược với đường phương

$$\xi_x = -0,5a_0\eta_m S'(z_x) \quad (3.72)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc

$$\xi_{y1} = 0,5a_0\eta_m [S'(z_{y1}) + 2BS(z_{y1})] \quad (3.73)$$

d. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$\xi_{y2} = -0,5a_0\eta_m [S'(z_{y2}) - 2BS(z_{y2})] \quad (3.74)$$

Giá trị  $B$  xác định theo công thức:

$$B = \frac{1}{a_0} \left( \operatorname{tg} \alpha - \frac{h + h_M}{H_{cp}} \right) \geq 0 \quad (3.75)$$

Trong đó:

$a_0$  - dịch chuyển ngang cực đại tương đối;

$\alpha$  - góc dốc vỉa than;

$H_{tb}$  - độ sâu khai thác trung bình;

$h$  - chiều dày lớp đất phủ;

$h_M$  - chiều dày lớp trầm tích mêzôzôi ( $\alpha \leq 45^\circ$ ), m.

### 3.2.5.5 Biến dạng ngang tại các điểm mặt cắt chính bồn dịch chuyển:

a. Hướng theo đường phương

$$\varepsilon_x = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L_3} S''(z_x); \quad (3.76)$$

b. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc

$$\varepsilon_{y1} = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L_1} [S''(z_{y1}) + 2BS'(z_{y1})] \quad (3.77)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$\varepsilon_{y2} = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L_2} [S''(z_{y2}) - 2BS'(z_{y2})] \quad (3.78)$$

Các giá trị  $S''(z_x)$  và  $S'(z_x)$  xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số  $N_2$ ; Giá trị hàm số  $S''(z_y)$  và  $S'(z_y)$  xác định phụ thuộc vào hệ số  $N_1$ . Khi khai thác dưới không hoàn toàn ( $N_1 < 1$ ) thì biến dạng ngang tại điểm lún cực đại xác định theo chiều dài trung bình của bán bồn dịch chuyển  $L_{tb} = 0,5(L_1 + L_2)$ .

### 3.2.6 Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mở

Quá trình tính toán theo phương pháp này được thực hiện như sau:

#### 3.2.6.1 Xác định hệ số kiên cố địa tầng

Xác định hệ số kiên cố  $f$  của đất đá mở theo trình tự:

+ Tính hệ số kiên cố trung bình của các lớp đá cát kết, sạn kết và các loại tương đương (đá cứng):

$$f_c = \frac{\sum m_{ci} f_{ci}}{\sum m_{ci}} \cdot 10^{-2} \quad (3.79)$$

+ Tính hệ số kiên cố trung bình của các lớp đá bột kết, sét kết, á sét, than và các loại tương đương (đá mềm):

$$f_m = \frac{\sum m_{mi} f_{mi}}{\sum m_{mi}} \cdot 10^{-2} \quad (3.80)$$

+ Tính hệ số kiên cố của cả địa tầng chứa than:

$$f = \frac{30f_c + 70f_m}{100} \quad (3.81)$$

+ Xác định hệ số A:

$$A = \frac{f_m}{f_c} \quad (3.82)$$

+ Xác định hệ số C:

$$C = 100 \frac{\sum m_c}{\sum m_c + \sum m_m} (\%) \quad (3.83)$$

+ Xác định hệ số D:

$$D = 100 \frac{\sum m_m}{\sum m_c + \sum m_m} (\%) \quad (3.84)$$

Trong đó : 30, 70 - tỷ lệ thành phần (theo %) các loại đá cứng “c”, và đá mềm “m” có trong địa tầng.

$m_{ci}$  - là chiều dày các lớp đá cứng;

$m_{mi}$  - là chiều dày các lớp đá mềm;

$f_{ci}$  - hệ số kiên cố của các lớp đá cứng,  $f_{ci} = \delta_{nén}/(100)$ ;

$f_{mi}$  - hệ số kiên cố của các lớp đá mềm,  $f_{mi} = \delta_{nén}/(100)$ ;

$f$  hệ số kiên cố của địa tầng;

A là hệ số xác định tỷ lệ giữa độ cứng đất đá mềm và đất đá cứng;

C là hệ số (%) của tổng đất đá cứng trên tổng chiều dày địa tầng;

D là hệ số (%) của tổng đất đá mềm trên tổng chiều dày địa tầng;

$M_c$  là tổng chiều dày đá cứng trong địa tầng;

$M_m$  là tổng chiều dày đá mềm trong địa tầng.

### 3.2.6.2 Lựa chọn nhóm mỏ theo hệ số kiên cố địa tầng $f$ .

Nếu  $A = \frac{f_m}{f_c} \geq 0,5$  thì nhóm mỏ được chọn theo bảng 3.3. Nếu  $A < 0,5$  thì

phải tính đến tỷ lệ thành phần các loại đá cát kết (C) có trong địa tầng: nếu  $C \leq$

30% thì nhóm mỏ chọn theo  $f$ ; nếu  $C > 30\%$  thì nhóm mỏ chọn tăng lên 1 nhóm.

*Bảng 3.3: Phân loại nhóm mỏ theo độ cứng đất đá*

Hệ số kiên cố đất đá $f$		$\delta_{TB}$ (độ)	Nhóm mỏ
Trung bình	Khoảng dao động		
0,1	Đến 0,3	45	I
0,5	0,3 - 0,7	55	II
1,0	0,8 - 1,2	60	III
1,5	1,3 - 2,0	65	IV
2,5	2,1 - 3,5	70	V
4,0	3,6 - 4,5	75	VI
5,0	4,6 - 6,0	80	VII
8,0	6,1 - 12,0	85	VIII

Căn cứ vào nhóm mỏ và góc dốc vỉa ( $\alpha$ ) để xác định góc  $\beta$  theo bảng 3.4 hoặc  $\beta_1$  theo bảng 3.5. Ở các mỏ thuộc nhóm VII và VIII có tổng chiều dày các lớp cát kết và đá vôi lớn hơn 50% ( $C > 50\%$ ) với độ sâu khai thác trung bình và chiều dày các lớp đá cát kết, đá vôi  $\geq 30m$  thì góc dịch chuyển  $\beta$  xác định theo bảng 3.6.

Phụ thuộc vào nhóm mỏ, góc  $\delta$  xác định theo bảng 3.3; Góc  $\gamma = \delta$ . Phụ thuộc vào nhóm mỏ, chiều dày và góc dốc của vỉa để xác định góc  $\beta_1$  theo bảng 3.4.

*Bảng 3.4: Xác định góc dịch chuyển  $\beta$  theo nhóm mỏ*

Nhóm mỏ	Góc dốc vỉa $\alpha$ (độ)																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
II	55	51	47	44	42	40	39	38	37	37	35	34	33	32	32	30	30
III	60	56	52	49	46	44	42	40	38	37	36	35	34	33	32	30	30
IV	65	60	56	53	50	48	46	42	40	38	36	34	33	33	32	30	30
V	70	65	61	58	54	51	48	46	43	40	38	36	33	31	30	30	30

VI	75	70	66	62	58	54	50	48	46	42	38	34	31	30	30	30	35
VII	80	75	70	66	62	58	53	49	46	42	38	34	30	30	30	30	35
VIII	85	80	75	70	65	61	57	52	47	42	38	34	30	30	30	30	35

Bảng 3.5: Xác định góc dịch chuyển  $\beta_l$  theo nhóm mỏ,  $m$ ,  $\alpha$

Nhóm mỏ	Chiều dày vỉa (m)	Góc dốc vỉa $\alpha$ (độ)								
		50	55	60	65	70	75	80	85	90
II-V	< 4	-	45	45	45	40	40	40	40	30
	$\geq 4$	45	35	35	35	35	35	35	35	30
VI	< 4	-	-	55	55	55	55	50	40	35
	$\geq 4$	-	50	50	47	47	45	40	35	35
VII	< 4	-	-	55	55	50	45	45	40	35
	$\geq 4$	-	-	50	45	45	40	40	35	35
VIII	< 4	-	-	-	60	55	50	45	40	35
	$\geq 4$	-	-	-	55	50	45	35	35	35

Bảng 3.6: Xác định góc dịch chuyển  $\beta$ ,  $C > 50\%$  theo nhóm mỏ

Nhóm mỏ	Góc dốc vỉa $\alpha$ (độ)																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
VII	80	75	71	67	63	60	57	54	52	49	47	44	40	37	35	35	40
VIII	85	80	76	72	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40	40	40	40

Góc dịch chuyển trong lớp đất phủ ( $\varphi$ ) xác định theo bảng 3.7 cho các mỏ thuộc nhóm III - VIII. Các nhóm mỏ I, II góc  $\varphi$  lấy bằng góc dịch chuyển trong các lớp đá gốc.

Bảng 3.7: Xác định góc dịch chuyển  $\varphi$  trong lớp đất phủ

Chiều dày lớp đất phủ h (mét)	Tình trạng lớp đất phủ	
	Khô ráo	Ngập nước

< 40	50	45
40-60	55	50
> 60	60	55

- Góc giới hạn  $\delta_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\beta_0$  đối với vùng chưa khai thác được xác định ở bảng 3.8; 3.9.

*Bảng 3.8: Xác định góc giới hạn  $\delta_0$ ,  $\gamma_0$  (độ)*

Nhóm mỏ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
$\delta_0$ , $\gamma_0$	40	45	50	55	60	65	70	75

*Bảng 3.9: Xác định góc giới hạn  $\beta_0$  (độ)*

$\delta_0$	Góc gốc vĩa $\alpha$ ( Độ )									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
45	45	41	38	36	34	32	32	31	31	30
50	50	45	43	40	38	36	35	33	32	31
55	55	50	47	44	42	40	39	35	34	32
60	60	55	52	49	46	43	41	39	37	34

- Góc lún cực đại  $\theta$  xác định theo công thức:  $\theta = 90 - K_1\alpha$  (3.85)

- Giá trị  $K_1$  xác định theo bảng 3.10 tùy thuộc vào nhóm mỏ và tỷ số tổng chiều dày đất phủ  $h$  và lớp mêzodoi  $h_m$  với chiều sâu khai thác trung bình  $H$ .

*Bảng 3.10: Xác định hệ số  $K_1$*

Nhóm mỏ	$(h + h_m)/ H$									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	$\geq 0.9$
I – II	0.68	0.61	0.54	0.47	0.40	0.34	0.27	0.20	0.14	0
III– IV	0.72	0.65	0.58	0.50	0.43	0.36	0.29	0.22	0.14	0
V	0.78	0.71	0.63	0.55	0.47	0.39	0.31	0.24	0.16	0

- Góc dịch chuyển hoàn toàn xác định như sau:



Góc dịch chuyển hoàn toàn theo phương xác định theo bảng 3.11 phụ thuộc nhóm mỏ và chiều sâu khai thác trung bình của lò chợ.

*Bảng 3.11: Xác định góc  $\psi_3$  (độ)*

Nhóm mỏ	Độ sâu khai thác H (mét )						
	$\leq 100$	101 - 200	201 - 400	401 - 600	601 - 800	801 - 900	>900
I – II	64	64	65	65	65	65	65
III – IV	62	63	63	64	64	65	65
V	60	61	62	63	64	64	65

- Xác định độ lún cực đại tương đối  $q_0$  ở bảng 3.12 phụ thuộc vào nhóm

mỏ, độ sâu khai thác trung bình và tỷ số  $\frac{h + 0.5h_m}{H}$

*Bảng 3.12: Độ lún cực đại tương đối  $q_0$*

Nhóm mỏ	H (mét)	$\frac{h + 0.5h_m}{H}$					
		0,2<	0,20 - 0,40	0,41 - 0,60	0,61 - 0,70	0,71 - 0,80	>0,80
I	Tất cả các độ sâu	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
II		0.85	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
III		0.85	0.85	0.90	0.90	0.95	0.95
IV–V		0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.95
VI–VIII	Đến 200	0.75	0.75	0.80	0.90	0.90	0.95
	>200	0.75	0.80	0.85	0.95	0.95	0.95

- Xác định dịch chuyển ngang cực đại tương đối  $a_0$  theo bảng 3.13 phụ

thuộc vào nhóm khoáng sàng và tỷ số  $\frac{h + 0.5h_m}{H}$

*Bảng 3.13: Dịch chuyển ngang cực đại tương đối  $a_0$* 

Nhóm mỏ	$\frac{h + 0.5h_m}{H}$				
	0,10<	0,11 - 0,20	0,21 - 0,30	0,31 - 0,40	>0,40
I	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
II	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45
III	0.35	0.35	0.40	0.45	0.45
IV-V	0.30	0.35	0.40	0.45	0.45
VI - VII	0.30	0.30	0.35	40	0.45
VIII	0.30	0.30	0.30	35	40

Hệ số  $N_1$ ,  $N_2$  xác định tùy thuộc vào tỷ số kích thước lò chợ ( $D$ ) và chiều sâu khai thác trung bình  $H$  theo bảng 3.14.

*Bảng 3.14: Hệ số  $N_1$ ,  $N_2$* 

Nhóm mỏ	$\frac{D}{H}$												
	$\geq 2$	1,6	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	$0.15 \leq$
I-II	1	1	1	0.95	0.85	0.75	0.70	0.60	0.45	0.35	0.25	0.20	0.10
III-IV	1	1	1	0.95	0.80	0.75	0.65	0.55	0.45	0.30	0.25	0.15	0.10
V-VI	1	1	0.95	0.85	0.70	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20	0.15	0.10
VII-VIII	1	1	0.95	0.80	0.65	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.10

### 3.3. Phương pháp ước tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn của các công trình dân dụng và công nghiệp

#### 3.3.1 Tính các chỉ tiêu biến dạng ước tính với nhà dân dụng $\Delta l$

*Khi khai thác vỉa bằng các lò chợ riêng rẽ*

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thềm bậc

$$\Delta l = l \sqrt{m_e^2 \varepsilon_1^2 + m_k^2 \frac{H^2}{R_1^2}}; \quad (3.86)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi cùng với xuất hiện các kẽ nứt và thềm bậc

$$\Delta l = m_{\varepsilon} \varepsilon_1 l + h_{t1} \quad (3.87)$$

Trong đó:  $l$  – chiều dài nhà;  $H$  – chiều cao tính từ đáy móng nhà đến mái nhà, mét;  $\varepsilon_1$  – đại lượng ước tính biến dạng ngang (không thứ nguyên);  $k$  – biến dạng cong;  $R = 1/k$  – bán kính cong, m;  $h_i$  – chiều cao thêm bậc, mm do ảnh hưởng từ một lò chợ.

*Khi khai thác một vỉa hay tập vỉa bằng nhiều lò chợ*

- Nếu trong quá trình dịch chuyển có gián đoạn về thời gian giữa các đợt khai thác ít hơn hay bằng tổng thời gian dịch chuyển thì tính như sau:

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thêm bậc ngược

$$\Delta l = l \sqrt{m_{\varepsilon}^2 \left( \sum_1^n \varepsilon_i \right)^2 + m_K^2 H^2 \left( \sum_1^n K_i \right)^2}; \quad (3.88)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi cùng với xuất hiện các kẽ nứt và thêm bậc ngược

$$\Delta l = l m_{\varepsilon} \sum_1^n \varepsilon_i + \sum_1^n h_{ti}; \quad (3.89)$$

- Nếu trong quá trình dịch chuyển có gián đoạn về thời gian lớn hơn tổng thời gian dịch chuyển thì tính như sau:

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_1^2 + \Delta l_2^2 + \dots + \Delta l_n^2}, \quad (3.90)$$

Trong đó:  $\varepsilon_i$ ,  $k_i$ ,  $h_i$  – đại lượng tính toán biến dạng ngang, độ cong mặt đất và thêm bậc của lò khai thác riêng thứ  $i$ ;  $n$  – số lượng lò khai thác;  $\Delta l_1$ ,  $\Delta l_2$ ,  $\Delta l_n$  – chỉ tiêu biến dạng do khai thác lò chợ thứ nhất, thứ hai, ... thứ  $n$ ; xác định theo công thức (3.86 - 3.90);  $m_{\varepsilon}$ ,  $m_K$  – hệ số điều kiện làm việc khi có tính đến biến dạng ngang  $\varepsilon$  và độ cong  $K$ ; giá trị hệ số điều kiện làm việc lấy theo bảng 3.15.

*Bảng 3.15. Hệ số điều kiện làm việc đối với tòa nhà, công trình và mạng truyền tải*

Biến dạng mặt đất	Kí hiệu	Chiều dài đối tượng $l$ , m		
		Đến 15	15 - 30	Trên 30
Biến dạng ngang tương đối	$m_{\varepsilon}$	1,0	0,8	0,7
Độ cong, độ lồi hay lõm	$m_K$	1,0	0,7	0,5
Độ nghiêng	$m_i$	1,0	0,8	0,7

Các chỉ tiêu biến dạng tính toán đối với nhà công nghiệp, công trình kỹ thuật và tuyến truyền tải  $\varepsilon$ ,  $R$ ,  $i$ ,  $h$  (phụ thuộc vào thông số xác định biến dạng cho phép) được xác định theo các công thức sau:

*Khi khai thác vỉa than bằng lò riêng rẽ:*

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thềm bậc ngược

$$\varepsilon = m_1 \varepsilon_1; \quad (3.91)$$

$$R = \frac{1}{m_K K_1}; \quad (3.92)$$

$$i = m_1 i_1; \quad (3.93)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi cùng với xuất hiện các kẽ nứt và thềm bậc ngược

$$h = h_{t1} \quad (3.94)$$

*Khi khai thác ở nhiều lò chợ trong một vỉa hoặc khai thác tập vỉa than:*

Trong quá trình dịch chuyển có gián đoạn về thời gian giữa các đợt khai thác ít hơn, bằng hay nhiều hơn tổng thời gian quan trắc dịch chuyển.

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thềm bậc

$$\varepsilon = m_\varepsilon \sum_1^n \varepsilon_i; \quad (3.95)$$

$$R = \frac{1}{m_K \sum_1^n K_i}; \quad (3.96)$$

$$i = m_1 \sum_1^n i_i; \quad (3.97)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi kèm với xuất hiện các kẽ nứt và thềm bậc

$$h_t = \sum_1^n h_{ti}; \quad (3.98)$$

Trong đó:  $\varepsilon$  - xác định theo (3.95);  $K_i$ ,  $i_1$  - đại lượng tính toán của độ cong,  $(1/m)$  và độ nghiêng mặt đất do ảnh hưởng của một lò chợ;  $m_1$  - hệ số điều kiện làm việc có tính đến sự tác dụng của tòa nhà hay công trình do độ nghiêng

mặt đất;  $i$  lấy theo bảng 3.1;  $i_i$  - đại lượng tính toán của độ nghiêng mặt đất do lò khai thác thứ  $i$ .

Các chỉ tiêu biến dạng ước tính đối với lò chợ đang thiết kế trong khu vực có các đợt khai thác trước mà thiếu các số liệu cơ sở thì cần phải tăng lên một lượng tương ứng.

### 3.3.2 Ước tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn

Các chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn mặt đất đối với các toà nhà dân dụng (nhà ở và công cộng) xác định theo công thức sau:

$$[\Delta l_c] = [\Delta l_c]_n n_1 n_2 n_3 n_4 n_5; \quad (3.99)$$

$$[\Delta l_g] = [\Delta l_g]_n n_1 n_2 n_3 n_4 n_5; \quad (3.100)$$

Trong đó:  $[\Delta l_c]$  và  $[\Delta l_g]$  – chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn định mức, xác định phụ thuộc vào mục đích sử dụng và số lượng tầng trong toà nhà;

$n_1$  – hệ số phụ thuộc điều kiện nền móng;

$n_2$  – hệ số phụ thuộc vật liệu xây dựng và chiều dày tường nhà;

$n_3$  – hệ số phụ thuộc độ hao mòn tường nhà;

$n_4$  – hệ số phụ thuộc độ cứng của mặt tầng.

Đối với nhà lắp ghép bê tông cốt thép  $n_4 = 1,2$ , đối với nhà gỗ thì  $n_4 = 1,0$ .

$n_5$  – hệ số phụ thuộc hình dạng nhà trên bản đồ.

## 4. ĐÁNH GIÁ ƯU NHƯỢC ĐIỂM CÁC PHƯƠNG PHÁP VÀ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

### 4.1 Đánh giá ưu nhược điểm của các phương pháp ước tính

#### 4.1.1 Ưu nhược điểm của phương pháp ước tính Keinhorst, Bals

Ưu điểm của các phương pháp dự báo Keinhorst là khả năng tạo ra một giải đồ hình tròn đơn giản cho phép xác định đại lượng dịch chuyển đứng cho các điểm ở các vị trí khác nhau một cách nhanh chóng. Tuy nhiên, những phương pháp này chỉ phù hợp để dự báo khi sử dụng những bản đồ kế hoạch khai thác bằng giấy. Ngày nay, với sự phổ biến của công nghệ máy tính, bản đồ số gần như đã thay thế các bản đồ truyền thống, các bản vẽ thiết kế khai thác được thực hiện và lưu trữ ở dạng các mô hình số. Việc phân tích theo các hàm đa tiêu chí (multi-criteria analysis), phân tích xu hướng và ngoại suy (Trend

analysis and Extrapolation) hoặc phân tích các thành phần chính PCA (Principle Components Analysis), phân tích mạng nhân tạo (Neural Network), lo-gic mờ (Fuzzy logic) v.v... trong các bài toán dự báo dịch chuyển đất đá mở và biến dạng bề mặt trên các dữ liệu và mô hình số sẽ chính xác hơn, khả năng hiển thị đa dạng hơn, giảm nhiều thời và công sức.

Phương pháp dự báo Keinhorst được dùng để ước tính dịch chuyển biến dạng đứng trên bề mặt khi khai thác các vỉa than có độ dốc nhỏ. Ở Việt Nam, đặc biệt là bể than Quảng Ninh, các tập vỉa khoáng sản đều có độ dốc lớn trong khoảng  $25^0$  tới  $65^0$ . Sự áp dụng cơ học các mô hình và phương pháp của Keinhorst và Bals không được coi là phù hợp. Hơn thế nữa, mô hình và giả thuyết của Keinhorst và Bals dựa trên kết quả xử lý số liệu quan trắc thủy chuẩn qua nhiều năm. Với quan tâm chính là diễn biến các đại lượng dịch chuyển đứng theo không gian. Trong thực tế, các đại lượng chuyển dịch ngang, biến dạng ngang... tác động không nhỏ đến các công trình có hình dạng kéo dài như đường ray, đường ống dẫn nước ... thường tồn tại rất nhiều kể cả trên mặt đất và dưới hầm lò.

#### ***4.1.2 Ưu nhược điểm của phương pháp ước tính Knothe-Budryk***

Trong phương pháp tính toán dự báo dịch chuyển, biến dạng bề mặt địa hình của Knothe-Budryk thì các thông số của phương pháp  $a$  và  $tg\beta$  cần được xác định trên cơ sở kết quả đo quan trắc dịch động trong khu vực mỏ hoặc trong khu vực có điều kiện mỏ-địa chất tương tự. Trên cơ sở định nghĩa của các thông số này, cách tốt nhất để xác định chúng là theo các chỉ số biến dạng của tuyến quan trắc nằm trên diện khai thác lớn. Hiện nay, phần lớn các bồn dịch chuyển đều chưa đạt giá trị cực đại. Cho nên các thông số trên được xác định bằng phương pháp gần đúng - phương pháp bình phương nhỏ nhất. Để chọn các thông số tốt nhất, cần hướng theo sai số nhỏ nhất so với các giá trị đo được.

Kinh nghiệm ở các nước trên thế giới cho thấy các kết quả ước tính dịch chuyển biến dạng mặt đất khi sử dụng các phương pháp lý thuyết, hoặc phương pháp mô hình hóa thường cho độ chính xác không cao, kết quả phản ánh chủ yếu về mặt định tính, vì thường bỏ qua nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quy luật

dịch chuyển từ tập hợp các điều kiện: địa chất mỏ, tính chất cơ lý đất đá, kỹ thuật, công nghệ khai thác. Tuy nhiên các phương này có ưu điểm là cho kết quả nghiên cứu nhanh, rất linh động và dễ dàng thay đổi số liệu đầu vào nên cho phép khảo sát, dự báo sự ảnh hưởng của từng yếu tố hoặc một nhóm yếu tố đến quy luật dịch chuyển. Do vậy khi cần kết quả về mặt định tính là chủ yếu thì nên áp dụng các phương pháp này, sau đó sẽ hiệu chỉnh lại để có kết quả chính xác hơn. Số hiệu chỉnh sẽ lấy từ các phương pháp xử lý số liệu quan trắc hiện trường.

#### ***4.1.3 Ưu nhược điểm của phương pháp Kolbencov và các phương pháp khác***

Phương pháp Kolbencov dùng để tính độ lún cực đại hiện nay vẫn được sử dụng rộng rãi trên thế giới, áp dụng tính cho các vỉa có độ dốc  $\alpha$  nằm trong khoảng từ  $0^0$  đến  $60^0$ , rất phù hợp tính cho điều kiện các mỏ than của Việt Nam.

Phương pháp dự báo theo quy phạm của Nga hiện cũng được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước, tuy nhiên các hệ số  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $B$ ,  $a_0$  cần phải được nghiên cứu kỹ lưỡng, rút ra từ kết quả quan trắc thực địa của từng vùng, nếu các vùng mỏ của Việt Nam xây dựng được nhiều trạm quan trắc để có số liệu đo trong nhiều năm thì sẽ cho phép rút ra được các hệ số trên chính xác, lúc đó áp dụng các công thức trong quy phạm của Nga vào tính cho các vùng mỏ của Việt Nam sẽ đảm bảo độ chính xác.

#### **4.2. Lựa chọn phương pháp ước tính DCBD do khai thác hầm lò**

##### ***4.2.1 Các tiêu chuẩn để lựa chọn phương pháp ước tính dịch chuyển biến dạng***

Để lựa chọn phương pháp tính toán dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt địa hình gây ra bởi hoạt động khai thác hầm lò tại khu vực bể than Quảng Ninh cần dựa trên các cơ sở sau:

- a. Phương pháp có thể áp dụng khi không có hoặc có ít các số đo trắc địa mang tính đại diện phục vụ mô tả quá trình biến dạng bề mặt địa hình do khai thác mỏ gây ra
- b. Phương pháp ước tính cho khoáng sàng khai thác của mỏ có dạng vỉa.

c. Có sự tương đồng về điều kiện thể nằm của các vỉa (chiều dày, độ sâu, góc cắm và cấu tạo địa chất) ở các mỏ than Quảng Ninh với một số mỏ than đã được nghiên cứu kỹ về dịch chuyển biến dạng đất đá ở các nước khác.

d. Những kinh nghiệm của các nước có được trong lĩnh vực ước tính biến dạng khi sử dụng phương pháp tính toán.

h. Kinh nghiệm và thực tế đã tích lũy trong nghiên cứu dịch chuyển ở Việt nam

#### **4.2.2 Lựa chọn phương pháp ước tính DCBD cho các mỏ Quảng Ninh**

Căn cứ vào các tiêu chuẩn để lựa chọn phương pháp tính toán dự báo dịch chuyển biến dạng, cũng như dựa vào sự phân tích về ưu nhược điểm của các phương pháp đã khảo sát ở trên; đồng thời xét đến sự phức tạp và biến động lớn về điều kiện địa chất mỏ, cơ lý đất đá của bể than Quảng Ninh nên đề xuất lựa chọn phương pháp tính toán dự báo theo Quy phạm dịch chuyển biến dạng đất đá của Nga.

Phương pháp tính toán dự báo theo Quy phạm dịch chuyển biến dạng đất đá của Nga được xây dựng trên cơ sở xử lý tập hợp lớn các kết quả quan trắc thực địa, là phương pháp cho độ tin cậy cao nhất vì nó tính đến ảnh hưởng tổng hợp của tất cả yếu tố địa chất mỏ, tính chất cơ lý đất đá và công nghệ khai thác mỏ, trong đó có tính đến cả trường hợp hình thành hiện tượng “cầu đá” khi đất đá sụp đổ. Do vùng mỏ Quảng Ninh có điều kiện địa chất rất phức tạp, có nhiều đứt gãy, uốn nếp nên trong quá trình đất đá dịch chuyển thì thể tích của bồn dịch chuyển có sự thay đổi giảm dần theo sự giảm độ sâu địa tầng, dẫn đến việc sử dụng các phương pháp giải tích để dự báo sẽ cho sai số lớn. Ngoài ra mức độ nghiên cứu dịch chuyển biến dạng ở các mỏ còn ít, có thể xem như chưa được nghiên cứu kỹ nên việc tính toán xác định các yếu tố đầu vào cho công tác tính toán dự báo sẽ là một trong những trở ngại lớn. Với việc áp dụng phương pháp vùng tương tự với các vùng mỏ của Nga, nơi các mỏ đã được nghiên cứu kỹ về dịch chuyển biến dạng sẽ giúp khắc phục được thiếu hụt này.

Ngoài ra kinh nghiệm thực tiễn nghiên cứu dịch chuyển biến dạng ở vùng mỏ Quảng Ninh cũng đã khẳng định phương pháp tính toán dự báo theo Quy



phạm dịch chuyển biến dạng đất đá của Nga là tin cậy, đã được đưa vào Quy phạm bảo vệ các công trình do ảnh hưởng khai thác ở Việt nam.

## KẾT LUẬN

Thông qua kết quả nghiên cứu cho phép tác giả rút ra các kết luận sau:

- Ước tính dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt mỏ đã trở thành hướng nghiên cứu khoa học quan trọng, giúp dự báo chính xác các quy luật, đặc điểm, tính chất chuyển dịch nhằm ngăn ngừa các ảnh hưởng có hại của quá trình khai thác mỏ đến các công trình, giảm chi phí sản xuất, bảo vệ bề mặt mỏ an toàn, hướng tới sự phát triển bền vững trong hoạt động khoáng sản.
- Khi ước tính dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt mỏ cần tính đến đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình dịch chuyển
- Trên cơ sở các khảo sát khoa học các phương pháp ước tính DCBD và căn cứ vào các tiêu chí để lựa chọn phương pháp ước tính, tác giả đã đồng thời xét đến sự phức tạp và biến động lớn về điều kiện địa chất mỏ, cơ lý đất đá của bể than Quang Ninh đã đề xuất lựa chọn phương pháp tính toán dự báo theo Quy phạm dịch chuyển biến dạng đất đá của Nga.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha (2000), *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*, NXB Giao thông vận tải, Hà nội.
- 2- Vương Trọng Kha (2003), *Nghiên cứu tính chất quá trình dịch chuyển, biến dạng đất đá do khai thác hầm lò trong các điều kiện địa chất phức tạp của bể than Quảng Ninh*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.
- 3- Võ Chí Mỹ (2016), *Trắc địa mỏ*, NXB Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội.
- 4- Phùng Mạnh Đắc, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước "*Nghiên cứu lựa chọn các giải pháp kỹ thuật và công nghệ hợp lý để khai thác than ở các khu di tích lịch sử văn hoá, công trình công nghiệp và dân dụng*", Hà Nội, 2011.
- 5- Kiều Kim Trúc và nnk, Báo cáo tổng kết đề tài "*Nghiên cứu và biên soạn hướng dẫn bảo vệ công trình và đối tượng thiên nhiên do ảnh hưởng của khai thác than hầm lò Việt Nam*", Hà Nội, 2012.
- 6- Kiều Kim Trúc (1996), *Nghiên cứu sự biến dạng bờ mỏ và các biện pháp điều khiển hợp lý*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.
- 7- Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030 tại Quyết định số 403/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ.
- 8- TCVN: 10673:2015 - Trắc địa mỏ.
- 9- Bộ Công nghiệp, 1998, *Quy phạm kỹ thuật Trắc địa mỏ*, 18 TCN-97. Hà Nội.
- 10- ВНИМИ (1981), Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях, Москва.
- 11- В.Н. Гусев, Е.М. Волохов, (2008), Сдвигение и деформаций горных пород, Санкт-петербург.
- 12- Г. В. Орлов, (2010), Сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки, издательство "Горная книга", Москва.
13. Edward Popiolek, K.G., *Wplyw eksploatacji gorniczej na powierzchnie I gorotwor*. 1990, Krakow, Poland: Wydawnictwo AGH.