



## **PERSPECTIVES AND TASKS OF HOISTING BY HIGH ANGLE CONVEYORS WITH PRESSING BELT IN DEEP OPEN PITS**

## **PERSPEKTÍVY A PROBLÉMY ŤAŽBY STRMOUKLONENÝMI DOPRAVNÍKMI S PRÍTLAČNÝM PÁSOM V HLBOKÝCH LOMOCH**

Evguenia E. SHESHKO

*Faculty of mining electromechanics, Moscow  
Moscow, Leninsky prospect 6, Russia*

### **1. INTRODUCTION**

Now in Russia significant quantity of the constructive schemes of high angle conveyors is developed. The most part of designs is well developed. It has the area of application both on properties of material conveyed, on productivity and rational corners of rise.

For rise from deep open pits (and mines) high angle conveyors with pressing belt are perspective. Conveyors with pressing belt have received the large distribution in world practice. Despite of some constructive complexity such conveyors have conclusive advantages in conditions of open pits especially at large production and large angle of an inclination.

The large importance has the fact that the design with pressing belt in the large degree is unified with standard type conveyors well recommending itself in conditions of open cast works. Two type contours with two traditional drives that enable to create installations with high capacities, and opportunity of realization of significant speeds of movement - with high efficiencies. At width of a belt (3 meters) and high speeds of movement (to 6m/s) the productivity of rise of one line can exceed 10000 t/ph.

Thus the continuous clearing of belts is well as in standard type conveyors, the belts easily give in to repair and survey, during work. The material practically is closed between carrying and pressing belts and this fact has the positively effect for an ecological situation.

### **1. ÚVOD**

V súčasnosti sa v Rusku vyvíja veľa konštrukcií strmouklonených dopravníkov. Väčšina konštrukcií je dobre navrhnutá z hľadiska vlastností dopravovaného materiálu, dopravnej výkonnosti a uhla stúpania. Dopravné pásy určené pre veľký uhol sklonu pásového dopravníka a sendvičové dopravné pásy sú vhodné pre hlboké lomy a vo svetovej praxi našli svoje uplatnenie.

Napriek zložitej konštrukcii majú mnohé výhody v podmienkach povrchových baní, špeciálne pri veľkej dopravnej kapacite a veľkom uhle sklonu. Dôležitým faktorom je konštrukcia prítlačného pásu, ktorá je podobná v porovnaní so štandardnými typmi dopravných pasov, ktoré sa používajú v podmienkach lomov. Dva typy dopravníkov s dvoma tradičnými pohonmi umožňujú vytvorenie inštalácií s vysokými dopravnými kapacitami a možnosťou vysokej rýchlosti pohybu dopravného pásu s vysokou účinnosťou. Pri šírke dopravného pásu 3m a vysokej rýchlosti pohybu do 6 m.s<sup>-1</sup>, dopravná kapacita jedného pásu môže byť viac ako 10 000 t.hod<sup>-1</sup>.

Kontinuálne čistenie dopravných pasov je na dobrej úrovni podobne ako pri štandardnom type dopravníkov. Počas prevádzky sú dopravné pásy kontrolované a v prípade poruchy sa ľahko opravujú. Materiál je prakticky uzavretý medzi nosným a prítlačným dopravným pásom, čo pozitívne vplyva na ekologickú situáciu.

## 2. Parameters and schemes of high angle conveyor with pressing belt

Analysis of material-, metal and power consumption of the conveyor with pressing belt in comparison with the standard type conveyor in Moscow State Mining University was spent for material of various bulk density ( $\gamma=1-2,7 \text{ t/m}^3$ ), productivity (2000 - 10000 *t/ph*), corners of rise (up to  $65^\circ$ ) and height of rise (100-400 *m*).

So the height of lifting is limited only by total durability not of one but of two belts it can achieve 300-400 *m*, depending on productivity.

However conveyor rise on large height by one unit of the conveyor is not always rational. A tension of belts on top and bottom (drive and tension) stations can be so large that the creation powerful and metal consuming conveyor unit and engineering structures is required. The pressure of pressing devices (especially at large productivity and corners of rise) can be commensurable with contact durability of rubber cover of conveyor belts.

The accounts have also shown, that belts width of high angle conveyor is greater at 25-20 % and total stability of both belts is less at 15-20% than standard belt conveyor has, their total length only with angle of rise  $\approx 35^\circ$  is greater at 8 %, and with angle of elevation of conveyor  $45 - 65^\circ$  is less at 15 - 40 % correspondingly.

Taking into account that stability of each belt of high angle conveyor is more than 1,5 less it should be expected that total speeding on both belts also must be lower. Nearly analogous picture is noticed when rope belts are used.

Thus spending on belts of high angle conveyor are supposed to be at 20 - 60 % less than speeding of standard belt one. At the same time speeding on high angle conveyor are reduced when angle of hoisting is increased.

Drive of conveyor with cover belt takes the greater share of total load from 25 to 50 % on itself with augmentation of angle of elevation.

The mass per unit of high angle conveyor is considerably higher than the mass per unit of standard one, but on the whole at elevating height the mass of metal construction is not more than in 1.5 times greater than the mass of standard belt conveyor.

The basic difference of a design with pressing belt offered in the different countries and different firms, basically consists in a design of pressing modules, in many respects determining serviceability and

## 2. Technické parametre a konštrukcie pásového dopravníka s prítlačným pásom

V Moskovskej baníckej univerzite boli porovnané: spotreba materiálu potrebného na skonštruovanie sendvičového pásového dopravníka a pevnosť dopravného pásu so štandardným typom dopravného pásu pre materiál s rôznou objemovou ( $\gamma=1-2,7 \text{ t/m}^3$ ), produktivitou 2000 - 10 000 *t.hod*<sup>-1</sup>, uhlami stúpania až do  $65^\circ$  a dopravnou výškou 100 - 400*m*.

Pričom dopravná výška je limitovaná celkovou životnosťou nie jedného ale oboch pásov a môže dosiahnuť 300-400 *m* v závislosti od dopravnej kapacity.

Nie vždy je výhodná dopravná trať pre veľký uhol sklonu tvorená jedným dopravníkom. Napínanie pásov na vrhnej a na spodnej stanici (pohonnej a vratnej) musí byť tak veľké, aby zodpovedalo výkonu a konštrukcii pásového dopravníka. Tlak prítlačných zariadení (špeciálne pri veľkej dopravnej výkonnosti a uhloch stúpania) musí zohľadňovať kvalitu gumových krycích vrstiev dopravných pásov.

Výpočty tiež ukázali, že šírka dopravných pásov s vysokým uhlom stúpania je väčšia o 25-20 % a celková stabilita oboch dopravných pásov je nižšia o 15 - 20 % v porovnaní so štandardným dopravným pásom. Ich celková dĺžka pri uhle stúpania  $35^\circ$  je väčšia pri 8% a pri uhle sklonu dopravného pásu  $45^\circ - 65^\circ$  je nižšia o 15 - 40%.

Vzhľadom na fakt, že stabilita každého dopravného pásu s vysokým uhlom stúpania je 1,5 krát nižšia predpokladá sa, že celková rýchlosť oboch dopravných pásov musí byť nižšia. Takmer podobná situácia je pri používaní oceľokordových dopravných pásov. U dopravných pásov s vysokým uhlom stúpania je rýchlosť nižšia o 20 - 60%, než je rýchlosť štandardného dopravného pásu. S vysokým uhlom stúpania je rýchlosť znižovaná pri zvyšovaní uhla stúpania.

Pohon dopravného pásu s izolovaným remeňom má väčší podiel v rámci celkového zaťaženia od 25 do 50% pri zväčšovaní výškového uhlu.

Hmotnosť dopravného pásu s vysokým uhlom stúpania je značne vyššia než hmotnosť štandardného dopravného pásu, ale v celku pri dopravnej výške hmotnosť kovovej konštrukcie nie je viac než 1,5 krát väčšia než pri hmotnosti štandardného dopravného pásu.

Zásadný rozdiel konštrukcie prítlačného pásu ponúkaný v rôznych krajinách rôznymi firmami sa skladá z konštrukcií prítlačných modulov v mnohých ohľadoch určujúcich prevádzkyschopnosť a



reliability of the conveyor, deterioration of belts, the complexity of manufacturing etc. It is necessary to recognize effective the pressing modules capable to adapt to a configuration of cross section material conveyed and causing as though "distributed" pressing on conveyed material. And in connection with an opportunity of some change of an angle of rise, and also productivity during exploitation modules should provide an opportunity of regulation of pressing effort including on length of the conveyor.

At the Moscow State Mining University the basic constructive decisions of the offered conveyor are patented.

The special attention is required a substantiation of necessary size of pressing of these modules, as its determine not only contact pressure in the cover of pressing belt, but also in the certain degree loading on all system.

It is known that accepting model design with a pressing belt as a long vessel from condition of balance of elementary volume of a material having the area of cross section of a material on the conveyor  $F$ , and thickness  $dx$  we receive the meaning of lateral pressure

$$\sigma_0 = \gamma g h k_1 (\sin\beta - f \cos\beta) k_2 / f \quad (1)$$

where:

$f$  - factor of friction a material about a belt,

$k_1$  - factor dependent on parameters of cross section of a material (in basic on the relation of average height of a layer of a material  $h$  to length of an average part of roller  $b_p$ ) and for modern conveyors makes - 0,81-0,95,

$k_2$  - factor dependent on width of a belt and the size of a conveyed material, if width of a belt change within the limits of 1200 - 2000 mm and sizes of the maximal piece of 350 mm make - 1.1 - 1.4.

It follows from the formula (1) that the lateral pressure sharply grows with increase of an angle of rise, average height of a layer of a material and density of a material. Other parameters influence insignificantly.

It is known, that the projection of a vector of longitudinal pressure to a longitudinal axis changes from size

$$\sigma_n = \sigma_0 (1 + 2f^2 + 2\sqrt{1 + f^2})$$

(near to belts) up to

$$\sigma_n = \sigma_0 \left( 1 + 2f^2 + 2\sqrt{(1 + f^2)(f^2 - f_1^2)} \right)$$

(in an average part of section)

spol'ahlivost' dopravného pásu, opotrebenie pásov, zložitosť výroby, atď. Je potrebné rozlišovať efektivnosť prítlačných modulov schopných prispôbiť sa konfigurácii priečného prierezu dopravovaného materiálu a zapríčiňujúcich ako keby "rozptýlené" stláčanie dopravovaného materiálu. V súvislosti s možnými zmenami v uhle stúpania a taktiež produktivity počas ťažby by mali moduly poskytovať možnosť regulácie prítlačnej sily vrátane dĺžky dopravného pásu.

Základné konštrukčné návrhy dopravníka sú patentované v Moskovskej Štátnej Baníckej Univerzite.

Špeciálnu pozornosť si vyžaduje zdôvodnenie potrebnej veľkosti prítlaku týchto modulov v krycích vrstvách pásu, ale taktiež aj pri určitom stupni zaťaženia celého systému.

Ak prijmeme tvrdenie, že dopravník s prítlačným pásom je dlhou nádobou, potom z podmienky rovnováhy počiatového objemu materiálu, ktorý má priečnu plochu prierezu dopravného pásu  $F$  a hrúbku  $dx$ , dostaneme výpočet laterálneho (bočného) napätia:

$$\sigma_0 = \gamma g h k_1 (\sin\beta - f \cos\beta) k_2 / f \quad (1)$$

kde:

$f$  - súčiniteľ trenia materiálu o dopravný pás,

$k_1$  - súčiniteľ závislý od parametrov priečného prierezu materiálu (na základe vzťahu priemernej výšky vrstvy materiálu  $h$  k dĺžke priemernej časti valčeka  $b_p$ ), čo pre moderné dopravné pásy predstavuje hodnotu súčiniteľa - 0,81 - 0,95,

$k_2$  - súčiniteľ závislý od šírky dopravného pásu a fragmentácie dopravovaného materiálu, ak sa šírka dopravného pásu mení v rozsahu od 1200 - 2000mm a veľkosťou maximálneho kusa je 350mm, potom súčiniteľ má hodnotu - 1,1 - 1,4.

Zo vzorca (1) vyplýva, že bočné napätie prudko vzrastie zo zvýšením uhla stúpania, s priemernou výškou vrstvy materiálu a s hmotnosťou materiálu. Iné parametre ho ovplyvňujú zanedbateľne.

Je známe že navrhovanie vektora pozdĺžneho tlaku  $k$  pozdĺžnej osi sa mení z hodnoty

$$\sigma_n = \sigma_0 (1 + 2f^2 + 2\sqrt{1 + f^2})$$

(u dopravných pásov) až na hodnotu

$$\sigma_n = \sigma_0 \left( 1 + 2f^2 + 2\sqrt{(1 + f^2)(f^2 - f_1^2)} \right)$$

(v priemernej časti rezu)

and depends insignificantly on the height of cross section of material

$$(\sigma_n^{max} / \sigma_n^{min} \cong 1,3 - 1,5)$$

here  $f_1$  - factor of internal friction of a material.

Tangential pressure of friction inside a file on height  $h_i$

$$\tau_{h_i} = \gamma g \sin \beta (1 - h_i / h_0) F / U, \quad (2)$$

here  $U$  - perimeter of cross section of conveyor.

Thus, in cross section of material there is a point in which  $\tau_h = 0$  (minimum).

Under certain conditions the layers of a material in vicinities around this point can lose stability and will render pressure on lower layers with additional longitudinal force equal

$$\sigma_o = \sigma_{nh_i} F_{h_i} - \tau_{h_i} U_{h_i} \quad (3)$$

where

$\tau_{h_i}, \sigma_{h_i}, F_{h_i}, U_{h_i}$  - accordingly pressure of friction, longitudinal pressure, the area of the crosssection and area limiting examined volume at the height of a layer  $h_i$ , where  $\sigma_{nh_i} F_{h_i} \geq \tau_{h_i} U_{h_i}$

The pressure of pressing units must compensate both lateral pressure and additional longitudinal force.

The accounts have shown that at angle of rise the unstable zone occurs at conveying rates exceeding 5000 t /ph, and the lateral pressure in this case is increased at 30 - 35 %. At the angles 35 - 65° and conveying rates more than 5000 - 10000 t /ph the additional lateral pressure can exceed basic one in 1,5 - 4 times [3].

The estimate is considered on unit of length of the conveyor. Irregularity of current of material and even the insignificant changes of pressure on large conveyor cause necessity of significant excess of settlement pressure of pressing devices. The settlement pressure depends on many factors: of internal friction of a material, factor of friction of material about a belt, bulk density, degree of filling of a cross section of conveyor etc.). The insignificant change of these sizes can break steady movement of material. Therefore it is considered to be more rational to represent rise by the separate conveyor modules of small size (for example on 100m of hoisting) It frequently is rational and from the organizational point of view.

a zanedbateľne závisí od výšky priečného prierezu materiálu

$$\sigma_n^{max} / \sigma_n^{min} \cong 1,3 - 1,5$$

kde:  $f_1$  - súčiniteľ vnútorného trenia materiálu.

Tangenciálne (kontaktné) napätie z trenia vo vnútri dopravného pásu v závislosti od výšky  $h_i$  bude:

$$\tau_{h_i} = \gamma g \sin \beta (1 - h_i / h_0) F / U, \quad (2)$$

kde:  $U$  - dĺžka uzavretej krivky priečného prierezu dopravného pásu.

V priečnom priereze materiálu je bod, v ktorom  $\tau_h = 0$  (minimum). Za určitých podmienok vrstvy materiálu v okolí tohto bodu môžu stratiť stabilitu a prenesú napätie na nižšie vrstvy s prídavným pozdĺžnym napätím, ktoré sa rovná:

$$\sigma_o = \sigma_{nh_i} F_{h_i} - \tau_{h_i} U_{h_i} \quad (3)$$

kde:

$\tau_{h_i}, \sigma_{h_i}, F_{h_i}, U_{h_i}$  - adekvátne napätie v dôsledku trenia, pozdĺžne napätie, plocha priečného prierezu a vymedzená plocha skúmaného objemu podľa výšky vrstvy  $h_i$ , kde:  $\sigma_{nh_i} F_{h_i} \geq \tau_{h_i} U_{h_i}$ .

Napätie stláčaných jednotiek sa musí vyrovnávať obom bočným tlakom aj prídavnej pozdĺžnej sile.

Výsledky ukazujú, že sa vyskytuje nestabilná zóna pri uhle stúpania s dopravnou výkonnosťou väčšou ako 5000 t/hod. Bočné napätie sa v tomto prípade zvyšuje o 30-35%. Pri uhloch 35-65° a dopravných výkonnostiach vyšších než 5000-10000 t/hod. môže prídavné bočné napätie prevýšiť hlavné napätie 1,5 - 4 krát [3].

Odhad je stanovený na jednotku dĺžky dopravného pásu. Nepravidelnosť toku materiálu a taktiež aj zanedbateľné zmeny napätia na dopravný pás vyvolávajú potrebu výrazného prírastku vyrovnávajúceho napätia prítlačných zariadení. Toto napätie závisí od mnohých faktov: vnútorného trenia materiálu, súčiniteľa trenia materiálu o dopravný pás, objemovej hmotnosti, stupňa plnenia priečného prierezu dopravného pásu, atď. Aj zanedbateľná zmena týchto parametrov môže narušiť plynulý pohyb materiálu. Z toho hľadiska sa považuje za logickejšie zobrazovať stúpanie pre oddelené dopravníky (moduly) o malej veľkosti (napríklad na 100m stúpania). Taktiež aj z organizačného hľadiska je to oveľa logickejšie.



### 3. The radius of transitive curve

One of the most complex (difficult) units of such scheme is the loading complex. Basic parameter of loading unit is radius of a transitive curve determining the most parts of its sizes.

As the review of the references has shown, there are some methods of definition of minimum allowable radius of a transitive curve on conveyors. The common requirements to radius of transitive curve - absence of rise of a belt above rollers, preservation fluted form and number of others - for high angle conveyor with pressing belt are not determining, as the pressing belt either interferes the occurrence or reduces to its minimum. At the same time there is a new requirement - absence of overexertion in both belts on curve. If we examine the system « belt -material-belt» as an elastic beam, it is necessary consider that the vertical curve should t be projected so that does not cause a deflection or excessive pressure in any parts of cross section of belts. Thus the elastic body is exposed to tension and bend simultaneously, it tests a total pressure from these two quantities.

Radius of a transitive curve can be limited as excessive pressure of carried belt and cover belt. Some layers of both belts work on a stretching, others on compression.

For example radius of a transitive curve of high angle conveyor by productivity  $Q = 5000 \text{ t/ph}$ ; corner of rise  $\beta = 45^\circ$ ; bulk density  $\gamma = 2,7 \text{ t/m}^3$ ; and height of rise  $H = 100 \text{ m}$  is limited by pressure arised on an internal surface of carrier belt. The accounts have shown, that its size if the dynamic module of elasticity of a layer of belt  $-3000 \text{ N/mm}$  makes  $55 \text{ m}$ . Varying size of a preliminary tension of carrier belt and type of a belt, it is possible to reduce the received size considerably (up to 15-30 m).

The features of a design of conveyors with pressing belt allow to simplify the scheme of conveyor rise from open pits with a complex configuration of a board. The application of belts with low meanings of the module of elasticity ( $E \sim 10^5 - 2 \cdot 10^{6 \text{ N/m}^2}$ ) causes meanings of vertical radiuses of a curve of a belt not more than 15-50 m. This allows to create compact units of an overloading from the standard type of conveyor to high angle conveyor and on the contrary.

### 3. Polomer prechodovej krivky

Jednou z najzložitejších jednotiek takejto schémy je komplex plnenia dopravného pásu. Základným parametrom plniacej jednotky je polomer prechodovej krivky.

Prehľad literatúry uvádza metódy definujúce minimálny povolený polomer prechodovej krivky dopravných pásov. Všeobecne požiadavky na polomer prechodovej krivky - absencia stúpania dopravného pásu nad valčeky, zachovanie korýtkového tvaru a veľa ďalších nie sú určujúce pre strmouklonový dopravný pás s prítlačným pásom, keď prítlačný pás buď má minimálnu hodnotu alebo sa redukuje na minimálnu hodnotu polomeru prechodovej krivky. Súčasne je tu nová požiadavka - absencia namáhania dopravných pásov v oblúkoch. Ak budeme skúmať systém "dopravný pás -materiál- dopravný pás" ako pružný nosník, je potrebné zohľadniť, že vertikálny oblúk by mal byť navrhovaný tak, aby nezapríčinił odchýlku alebo nadmerný tlak v akýchkoľvek častiach prierezu dopravných pásov. Takto je pružné teleso vystavené napätiu a súčasne je namáhané na ohyb a vykazuje celkový tlak pozostávajúci z týchto dvoch veličín.

Polomer prechodovej krivky môže byť limitovaný nadmerným tlakom nosného dopravného pásu a prítlačného dopravného pásu. Niektoré vrstvy oboch dopravných pásov sú namáhané na ťah iné na tlak.

Například polomer prechodovej krivky strmouklonového dopravného pásu s prítlačným pásom s produktivitou  $Q = 5000 \text{ t/hod}$ , uhlom stúpania  $\beta = 45^\circ$ , objemovou hmotnosťou  $\gamma = 2,7 \text{ t/hod}$ . a výškou stúpania  $H = 100 \text{ m}$  je limitovaný vzniknutým tlakom na vnútornom povrchu nosného dopravného pásu. Výsledky ukazujú, že pri veľkosti dynamického modulu pružnosti vrstvy pásu -  $3000 \text{ N/mm}$  je výška stúpania  $55 \text{ m}$ . Je možné zredukovať veľmi veľkú hodnotu (do 15-30 m) vzhľadom na rôznu veľkosť očiatočného napätia nosného dopravného pásu a typu dopravného pásu.

Charakteristické znaky konštrukcie strmouklonového dopravníka s prítlačným pásom dovoľujú zjednodušiť schému stúpania dopravného pásu z lomov pri komplexe konfigurácie terénu. Aplikácia dopravných pásov s nízkym modulom pružnosti ( $E \sim 10^5 - 2 \cdot 10^{6 \text{ N/m}^2}$ ) spôsobuje, že vertikálne polomery oblúka dopravného pásu nemôžu byť väčšie ako 15 - 50 m. Tento fakt dovoľuje vytvorenie strmouklonového dopravného pásu z preťažených kompaktných jednotiek štandardného typu dopravného pásu a naopak.

#### 4. The example of conveyor rise in deep open pit

For example, in the project of conveyor rise of one open pit the installation of 4 elevating conveyors, 3 from which-high angle conveyors (accordingly  $\beta=45^\circ$ ,  $\beta=65^\circ$ ,  $\beta=45^\circ$ ) and 1-standard type conveyor (fig. 1) is supposed.

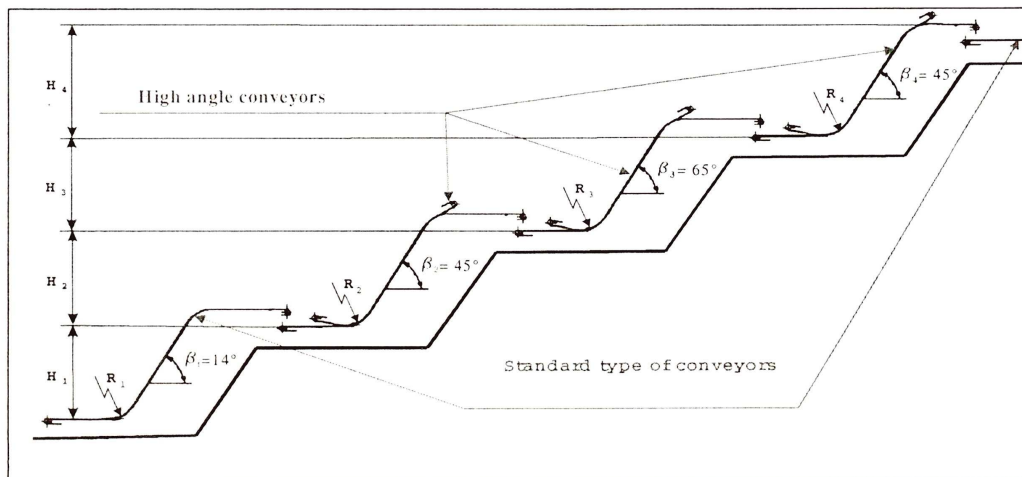


Fig.1 Scheme of conveyor lifting with 4 conveyors.

Obr. 1: Schéma stúpania dopravného pásu so 4 dopravnými pásmi

Accepting probability of non-failure operation of the conveyor  $P(t) = 0,98$  we have probability of system of rise  $P(t) = 0,98^4$ .

#### 5.CONCLUSION.

Practically unlimited angle of rise, application of a plenty of the unified units of standard type of conveyors, sharp decrease of expenses of labour, improvement of economic parameters, reduction of volume of mining capital works, improvement of an ecological situation at open pits and many other advantages considered high angle conveyor is represented extremely perspective for angles of rise exceeding  $30^\circ$ .

Our researches allow and have the purpose to determine exact parameters of this conveyor for introduction high angle conveyor with pressing belt in practice of deep open pits.

#### 4. Príklad stúpania dopravného pásu v lome

Napríklad v projekte stúpania dopravného pásu v lome je navrhovaná inštalácia 4 elevátorov, z ktorých tri sú strmouklonené dopravníky s vysokým uhlom stúpania (približne  $\beta=45^\circ$ ,  $\beta=65^\circ$ ,  $\beta=45^\circ$ ) a jeden štandardný dopravný pás.

Prijatím pravdepodobnosti bezporuchového chodu dopravného pásu  $P(t) = 0,98$ , máme pravdepodobnosť stúpania systému  $P(t) = 0,98^4$ .

#### 5. ZÁVER

Strmouklonенý dopravník je veľmi perspektívny pre uhly stúpania prekračujúce  $30^\circ$  a vzhľadom na jeho prakticky neobmedzený uhol stúpania, aplikáciu veľkého počtu jednotných celkov štandardného typu dopravných pásov, výrazné zníženie prevádzkových nákladov, zlepšenie ekonomických parametrov, zníženie objemu banských prác, zlepšenie ekologickej situácie v lomoch a pre mnohé iné výhody.

Cieľom našich odborníkov je určenie presných parametrov tohto dopravníka pre uvedenie strmouklonенého dopravníka s prítlačným pásom do praxe v lomoch.

#### REFERENCES / LITERATÚRA

- [1] Diakov V., et al.1982. "THE BELT CONVEYORS IN A MINING INDUSTRY". Under edit. A.O.Spivakovsky , p336-345. (Nedra, Russia).
- [2] Sheshko E. Kartaviy A. 1998. "EFFECTIVE TRANSPORT FOR DEEP OPEN CAST MINES." Mining journal № 1, p53-57. (Russia).
- [3] Sheshko. E. et al.1975." Experimental definition of pressure conveyed material on pressing belt of high angle conveyor." Collection." Mine and open cast mine transport,"p85-91. (Nedra, Russia).