

TEODOR WINKLER\*

## COMPUTER MODELLING AND VISUALIZATION OF HAZARDS IN THE UNDERGROUND SYSTEM OF COAL MINING

### KOMPUTEROWE MODELOWANIE I WIZUALIZACJA ZAGROŻEŃ W SYSTEMACH PODZIEMNEJ EKSPLOATACJI WĘGLA

The following hazards occur in the anthropotechnical systems used in the mining industry:

- natural hazards caused by the natural factors like: bumps, spontaneous fire,
- technical hazards caused by an improper action of technical means on men,
- personal hazards, which appear in the form of not controlled effects of an action of muscular and gravity forces.

Methods of computer modelling of hazards for the following case were given:

- in the area of high concentration of machines and people,
- for the equipment of uncertain geometric form,
- for emergency conditions.

In the conclusions it was stated that it is not possible to eliminate fully the risk factors and that emergency conditions can be caused by men behavior.

**Key words:** anthropotechnical systems, designing, mining machines, computer aided designing (CAD), computer modelling and visualization, occupational safety, hazards

W stosowanych w górnictwie układach antropotechnicznych występują następujące zagrożenia (Studenski 1997):

- zagrożenia naturalne wywołane takimi czynnikami naturalnymi, jak: tąpnięcia, pożary endogeniczne,
- zagrożenia techniczne spowodowane niewłaściwym oddziaływaniem środków technicznych na człowieka,
- zagrożenia osobowe, które objawiają się w formie niekontrolowanych skutków działania siły mięśni oraz siły ciężenia.

Dotychczasowe metody projektowania technicznego, w tym również w górnictwie, były „technocentryczne”. Dobór cech konstrukcyjnych projektowanych środków technicznych oceniany był przede

---

\* KATEDRA PODSTAW SYSTEMÓW TECHNICZNYCH, POLITECHNIKA ŚLĄSKA, UL. ROOSEVELTA 26–28, 41-800 ZABRZE, POLAND; CENTRUM MECHANIZACJI GÓRNICTWA KOMAG, UL. PSZCZYŃSKA 37, 44-101 GLIWICE, POLAND.

wszystkim według kryteriów technicznych. Wyrazem „antropocentrycznego” ujmowania układów antropotechnicznych jest ich ocena w świetle kryteriów ergonomii i bezpieczeństwa.

Stany układu antropotechnicznego mogą być rozpatrywane jako zbiory *stanów podstawowych*, które są utworzone z uporządkowanych zbiorów cech podstawowych.

Stany podstawowe (elem) układów antropotechnicznych wyrażone są przez:

- geometryczne cechy konstrukcyjne  $s_k^{elem}$
- cechy antropometryczne  $s_a^{elem}$
- cechy kinematyczne opisujące tory obiektów materialnych i segmentów ciała ludzkiego  $s_{kin}^{elem}$
- cechy statyczne  $s_{stat}^{elem}$
- cechy dynamiczne  $s_{dyn}^{elem}$
- cechy związane z oddziaływaniami otoczenia  $s_{ot}^{elem}$
- realizowane operacje technologiczne  $s_{techn}^{elem}$

Stany podstawowe  $s^{elem}$  traktowane jako rozłączne i różne elementy, tworzą zbiór wszystkich możliwych stanów podstawowych układu antropotechnicznego  $s_{antrop}^{elem}$  i opisane są równaniami od (1) do (10).

W pracy przedstawiono sposoby komputerowego modelowania zagrożeń dla następujących przypadków:

- w strefach koncentracji ludzi i maszyn,
- dla zespołów maszyn o nieustalonej postaci geometrycznej,
- dla stanów awaryjnych.

Stany podstawowe układu antropotechnicznego na skrzyżowaniu ściana-chodnik przedstawionego na rysunku 1 umieszczono w tablicy 1. Analizowane stany kryterialne układu opisane są na rysunkach 2–7.

Przypadek nieustalonej postaci geometrycznej omówiony został na przykładzie pętli układaka kabla zasilających kombajn ścianowy. Konstrukcja ogniwa układaka pokazana została na rysunku 8. Chwilowe postacie geometryczne pętli zidentyfikowano poprzez pomiary i przedstawiono na rysunku 9. Poprzeczne i wzdłużne nachylenie spągu powodują wychylenie pętli poza obrys zastawki przenośnika (rys. 10). Powstają w ten sposób zagrożenia wywołane:

- zsuwaniem się pętli po podłożu nachylonym wzdłużnie,
- przechylaniem się pętli na podłożu nachylonym poprzecznie.

W tablicy 2 przedstawiono podstawowe stany takiego układu antropotechnicznego.

Poruszające się pętle zawężają lokalnie przejścia i mogą pochwycić operatora (rys. 11). Zwiększenie wysokości zastawki może zmniejszyć wychylenie poprzeczne układaka, ale nie eliminuje całkowicie ryzyka pochwylenia dla operatora pracującego w ścianie wysokiej i poruszającego się w pozycji wyprostowanej (rys. 12). Ponieważ istnieją granice zwiększania wysokości zastawek, nie można środkami konstrukcyjnymi całkowicie wyeliminować ryzyka pochwylenia. Jest to przykład ryzyka resztkowego, o którym należy poinformować użytkowników systemu ścianowego.

Stany awaryjne układu antropotechnicznego przedstawiono na przykładzie stacji zwrotnej przenośnika zgrzeblowego. W tablicy 3 umieszczone są stany podstawowe opisywanego stanu awaryjnego. Jako pierwszy wymieniony został stan, w jakim znajduje się stacja nie rozparta siłownikami o strop i spąg, a na rysunku 13 pokazany jest model bryłowy nie rozpartej stacji zwrotnej przenośnika zgrzeblowego. W wyniku zaburzeń w strudze transportowanego węgla następuje wyłamanie zgrzebeł. Zmienia się kąt nachodzenia cięgna na koło łańcuchowe stacji, przez co powstaje ramię działania względem chwilowego punktu obrotu rynny przylegającej do stacji. Następuje obrót rynny aż do wykasowania luzu w przegubie. Zmniejsza się wielkość ramienia, gdyż cięgno nadal jest prowadzone w następnej rynnie. Ustala się chwilowy stan równowagi. Wyłamanie się większej liczby cięgien powoduje, że więcej rynien ma możliwość względnego obrotu. Powstaje łańcuch kinematyczny, którego postać geometryczną pokazano na rysunku 14, zaś uniesiona stacja zwrotna widoczna jest na rysunku 15. Stopień ciężkości urazów jakie może wywołać opadająca stacja pozwala oszacować rysunek 16.

We wnioskach zwrócono uwagę, że nie można całkowicie wyeliminować czynników ryzyka i że stany awaryjne wywołane mogą być zachowaniami człowieka. O istnieniu tzw. ryzyka resztkowego

powinni być poinformowani użytkownicy środków technicznych, w tym przypadku kombajnów wyposażonych w układaki kabli. W psychologii pracy badane są skłonności człowieka do tzw. zachowań ryzykownych. Badania w dziedzinie psychologii pracy pokazują, że zdarzenia, które są uświadomione i łatwe do wyobrażenia sobie — jeśli chodzi o ich przebieg i możliwe skutki — uważa się za bardziej ryzykowne niż zdarzenia, których scenariusze nie są łatwe do wyobrażenia (Tyszka 1999). Udokumentowana ocena ryzyka zmniejsza możliwości błędnej jego oceny (Siuciu 1994). Wizualizacja stanu awaryjnego wpływa na uświadomienie skutków zaniechania rozpierania stacji zwrotnej przenośnika.

**Słowa kluczowe:** układ antropotechniczny, projektowanie, maszyny górnicze, wspomaganie komputerowe projektowania (CAD), modelowanie i wizualizacja zagrożeń, bezpieczeństwo pracy, stany awaryjne

## 1. Introduction

The following hazards occur in the anthropotechnical systems used in the mining industry (Studenski 1997):

- natural hazards caused by the natural factors like: bumps, spontaneous fire,
- technical hazards caused by an improper action of technical means on men,
- personal hazards, which appear in a form of not controlled effects of an action of muscular and gravity forces.

Present methods of technical designing, including mining industry have been “technocentric”. Selection of the design features of the technical means, being under designing process, was made according to the technical criteria. The assessment of anthropotechnical systems in the light of ergonomics and safety criteria is an expression of their “anthropocentric” form.

The anthropotechnical conditions can be discussed as sets of *basic conditions* that are created from the ordered sets of basic features.

Basic conditions (elem) of the anthropotechnical systems are expressed by:

- geometric design features  $s_k^{elem}$ ,
- anthropometric features  $s_a^{elem}$ ,
- kinematics features that describe trajectories of the material objects and human body segments  $s_{kin}^{elem}$ ,
- static features  $s_{stat}^{elem}$ ,
- dynamics features  $s_{dyn}^{elem}$ ,
- features connected with the surroundings action  $s_{ot}^{elem}$ ,
- realized technical operations  $s_{techn}^{elem}$ .

Basic conditions  $s^{elem}$  treated as separable as well as different elements make a set of all possible basic conditions of the antropotechnical system  $S_{antrop}^{elem}$ :

$$S_{antrop}^{elem} = \{s^{elem}\} \quad (1)$$

Criterial conditions  $S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}}$  as some class of conditions of the anthropotechnical system are the subset in this set, defined in relation to the selected criterial system:

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} \subset \{S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} : \text{kryt}\} \quad (2)$$

Basic conditions are the elements of the following set:

$$S = \{(s_k^{\text{elem}}, s_a^{\text{elem}}, s_{\text{stat}}^{\text{elem}}, s_{\text{kin}}^{\text{elem}}, s_{\text{dyn}}^{\text{elem}}, s_{\text{ot}}^{\text{elem}}, s_{\text{techn}}^{\text{elem}}) : \text{kryt}\} \quad (3)$$

that at the same time belong to the following class of conditions:

$$S_k^{\text{elem}} = \{s_k^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_k^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (4)$$

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} = \{s_a^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_a^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (5)$$

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} = \{s_{\text{stat}}^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_{\text{stat}}^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (6)$$

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} = \{s_{\text{kin}}^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_{\text{kin}}^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (7)$$

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} = \{s_{\text{dyn}}^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_{\text{dyn}}^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (8)$$

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} = \{s_{\text{ot}}^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_{\text{ot}}^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (9)$$

$$S_{\text{antrop}}^{\text{kryt}} = \{s_{\text{techn}}^{\text{elem}}\} \quad \text{when} \quad S_{\text{techn}}^{\text{elem}} \subset S_{\text{antrop}}^{\text{elem}} \quad (10)$$

The discussed anthropotechnical system can be at the same time in the several basic conditions that belong to the same class and is described by formulas from (4) to (10).

Anthropotechnical systems are assessed in the light of ergonomics and safety criteria. Anthropotechnical systems being in the certain conditions are the subject of the assessment. These conditions are qualified as the criterial conditions. In the designing process we use models of anthropotechnical systems that also include computer models. Models of the systems being in these conditions are called the criterial models.

## 2. Modelling and visualization of the technical hazards

### 2.1. Technical hazards in the area of high concentration of people and machines

The anthropotechnical system in the area of crossing of the roadway with the wall was tested. This is the place of high concentration of machines and people. The model of

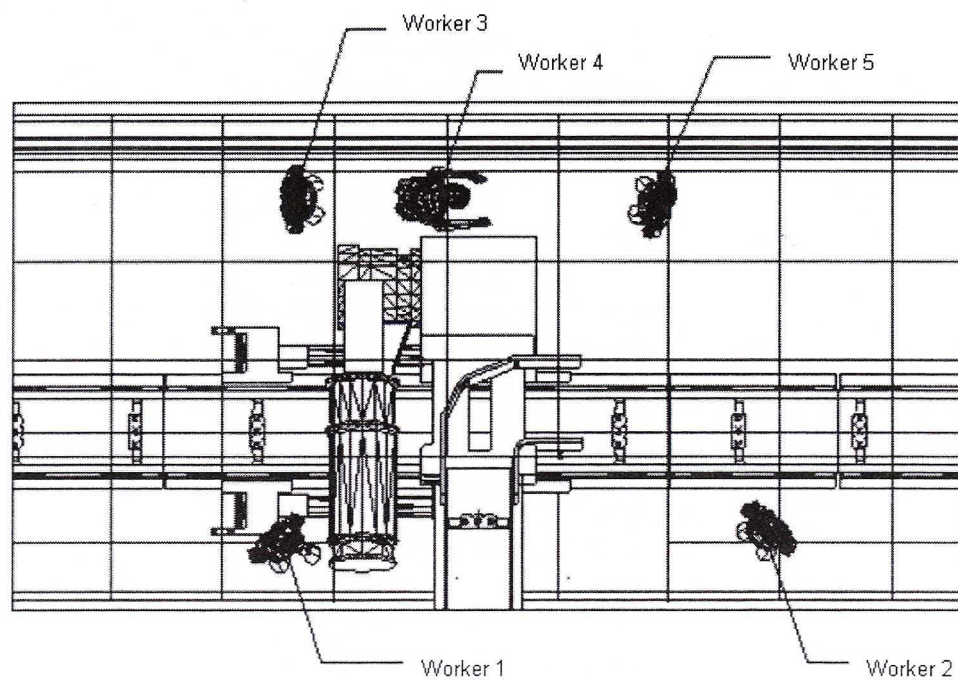
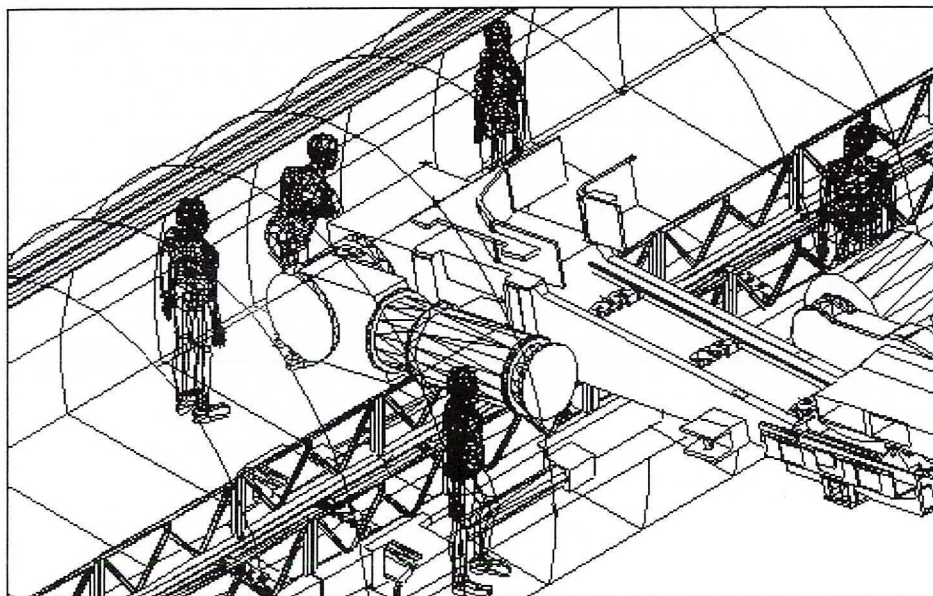


Fig. 1. Model of a wall-roadway crossing  
Rys. 1. Model skrzyżowania ściana-chodnik

the crossing has been shown in Fig. 1. The criterial condition of the system is determined by the basic conditions given in Table 1. By putting some conditions (activities) to the certain persons the description of criterial condition assumes the form of the scenario of events. The worker 1 making the inspection or maintenance activities at the face conveyor is moving from time to time from the headentry to the entry and backwards (Fig. 2a). He is exposed to hit by coal blocks rolling along the face conveyor and under power supports. In the position presented in the drawing the visibility is good, so any hazard can be seen in time (Fig. 2b).

The worker in a position 2 can assemble and disassemble the head arches and also remove coal-jams on the stage loader (Fig. 3a).

In that place shearer's drum meets the roadway. The coal layer that separates wall from the roadway is broken then. The hazard coming from hitting by coal blocks or shearer's elements occurs. The hazard is more dangerous as the worker's attention is focused on observation of the outbye end station of the conveyor that can also be a source of rolling coal blocks (Fig. 3b).

TABLE I

Criterial conditions for the crossing longwall-roadway

TABLICA I

Stan kryterialny skrzyżowania ściana-chodnik

Basic conditions	i	Description of conditions
$S_{a,i}^{elem}$	1	WORKER 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• control and maintenance activities at the face conveyor</li> <li>• movement from a headentry to a tailgate forward and backwards</li> </ul>
	2	WORKER 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• assembling and disassembling of head arches</li> <li>• removing the blockages on a stage loader</li> </ul>
	3	WORKER 3 <ul style="list-style-type: none"> <li>• control and maintenance activities at the stage loader</li> </ul>
	4	WORKER 4 <ul style="list-style-type: none"> <li>• movement along the headentry</li> </ul>
	5	WORKER 5 <ul style="list-style-type: none"> <li>• control and maintenance activities at the outbye end</li> </ul>
$S_{kin,i}^{elem}$	1	Transverse displacement of the face conveyor
	2	Non-controlled slippage of the face conveyor
$S_{techn,i}^{elem}$	1	Cutting
	2	Coal transportation

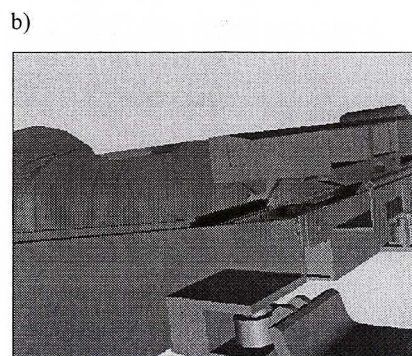
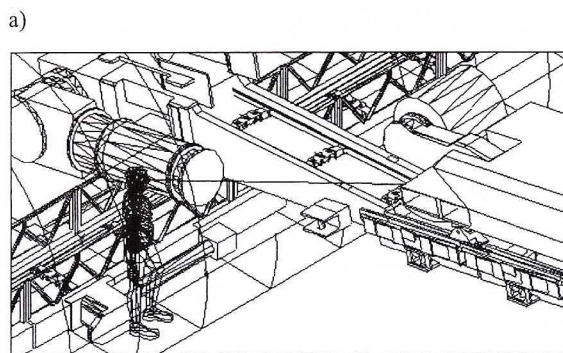


Fig. 2. Worker 1 at the face conveyor (a) and his field of vision (b)

Rys. 2. Pracownik 1 przy przenośniku ścianowym (a) i jego pole widzenia (b)

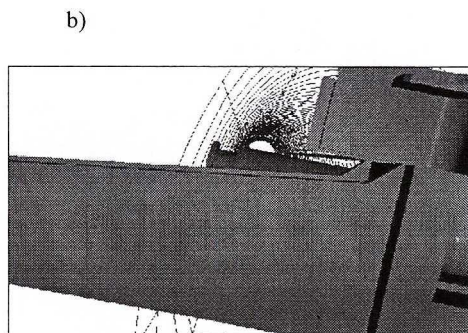
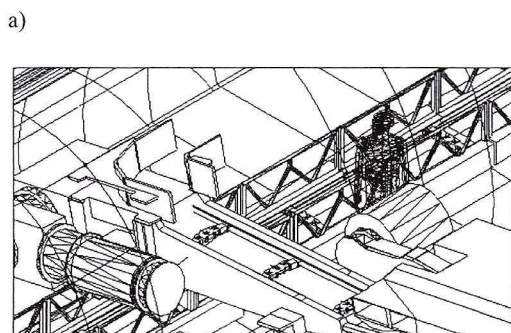


Fig. 3. Worker 2 at the outbye end station (a) and his field of vision (b)

Rys. 3. Pracownik 2 przy stacji przesypowej (a) i jego pole widzenia (b)

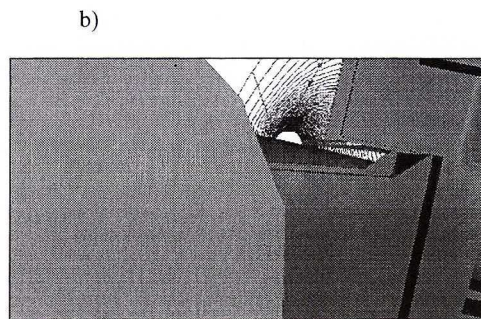
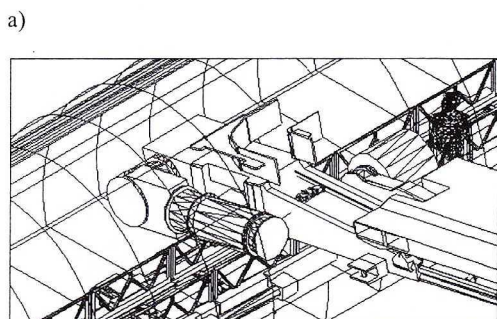


Fig. 4. Worker 2 at the drum breaking through point in the roadway area (a) and his field of vision (b)

Rys. 4. Pracownik 2 w miejscu przebicia organu w obręb chodnika (a) i jego pole widzenia (b)

Assuming the posture like in Fig. 4a, the worker 2 is exposed to hit by the cutting drum that had already moved to the roadway area. This is the evident failure of the worker. The cutting drum (Fig. 4b), covers for the moment a field of vision.

The worker 3 making the inspection activities at the stageloader (Fig. 5a) has a good field of vision (Fig. 5b).

The worker 4 passing by the drive end station at the same moment (Fig. 6a) has a confined passage. The size of this passage can be temporarily reduced in the result of non-controlled slippage of the face conveyor in the direction to the headentry, Fig. 6b.

The worker 5 controls the operation of the drive end station (Fig. 7a). He is exposed to hit by falling coal blocks, but he has a good field of vision (Fig. 7b).

The discussed images of the basic conditions allow for identification of technical hazards that occur in the crossing of the wall with the roadway.

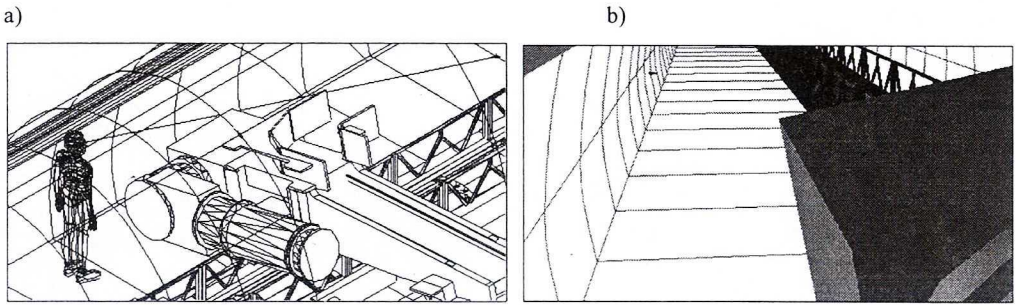


Fig. 5. Worker 3 during inspection of the stage loader (a) and his field of vision (b)

Rys. 5. Pracownik 3 podczas czynności kontrolnych przenośnika podścianowego (a) i jego pole widzenia (b)

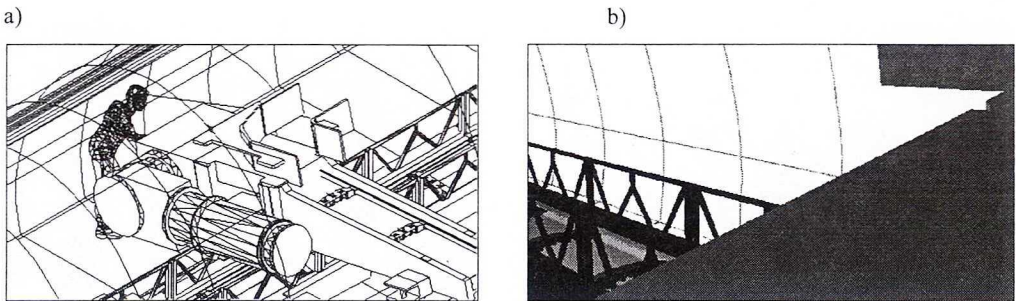


Fig. 6. Worker 4 passing by the outbye end station (a) and his field of vision (b)

Rys. 6. Pracownik 4 przechodzący obok stacji przesykowej (a) i jego pole widzenia (b)



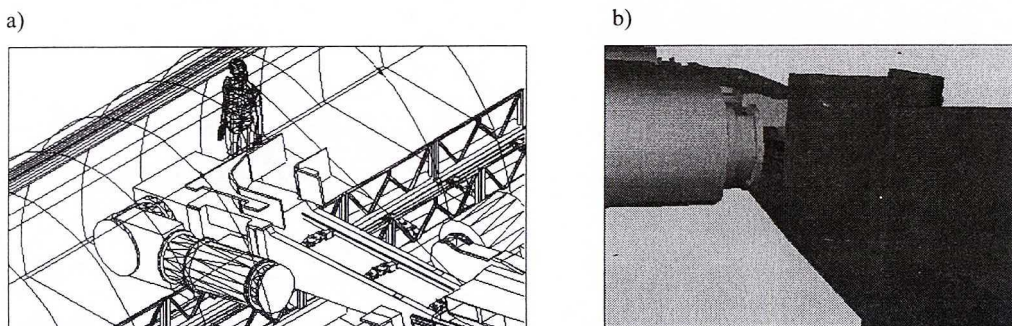


Fig. 7. Worker 5 during inspection of the operation of outbye end station (a) and his field of vision (b)

Rys. 7. Pracownik 5 podczas kontroli działania stacji przesykowej (a) i jego pole widzenia (b)

## 2.2. Technical hazards for the equipment with a transient form of construction

Cables that supply shearers are placed in cable-layers installed in spill-plates. Cable-layer element has double-T, asymmetric cross-section, and cables lay on its both sides (Fig. 8a). Cable-layers form the resin links connected together (Fig. 8b).

Factors of stochastic character influence the geometric form of the loop, thus it is not stable. Momentary geometric forms of the loop were identified by the measurements. Solid geometric models of the loop — single and double, were created on the base of the measurement results (Fig. 9a and b).

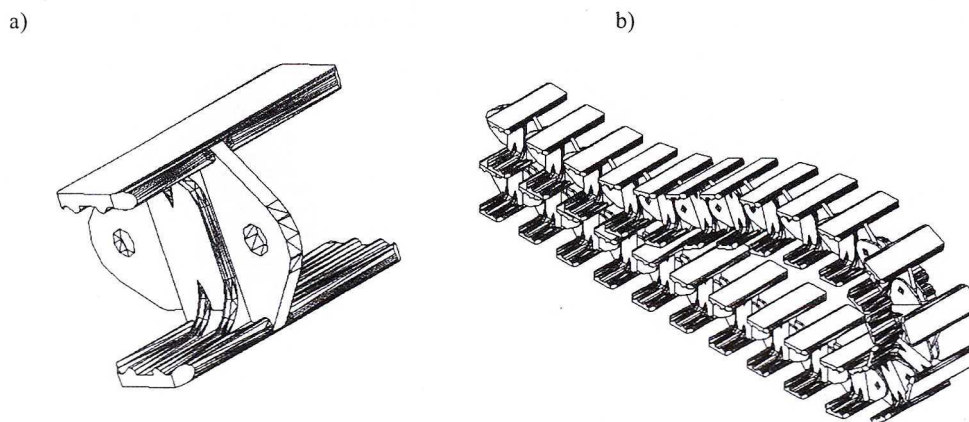
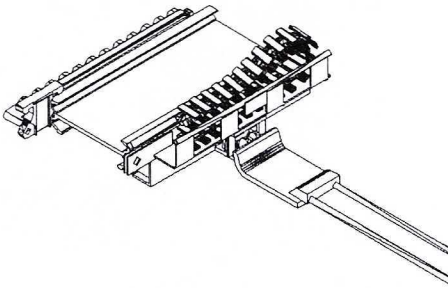


Fig. 8. Geometric form of the cable-layer link (a) and mutual position of links that form a single loop (b)

Rys. 8. Postać geometryczna ogniwa układaka kabla (a) i wzajemne usytuowanie ogniw tworzących pętlę pojedynczą (b)

a)



b)

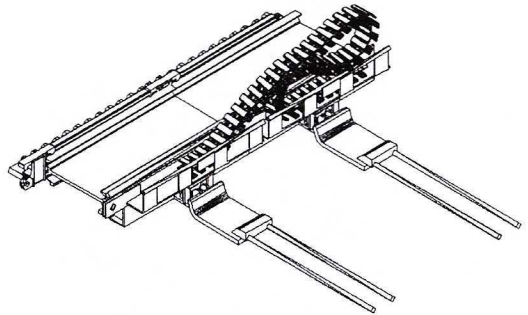


Fig. 9. Geometric models of the cable-layer loop: single (a) double (b), on the background of the flight-bar conveyor spill-plates

Rys. 9. Modele geometryczne pętli układaka kabla: pojedynczej (a) i podwójnej (b), na tle zastawek przenośnika zgrzeblowego

Ground, on which the cable-layer lays, can be inclined in longitudinal or transverse directions. Asymmetric loads of the cable-layer links placed on a transverse inclined foundation lead to the elimination of transverse clearances in seats of pins that connect elements. It causes a momentary rotation of the element in the plane perpendicular to the ground. Momentary rotations that are being added up cause a deflection of the loop out of the spill-plate outline (Fig. 10). Thus the hazards occur due to the following accidents:

- loop slippage along the ground inclined longitudinally,
- loop deflection on the ground inclined transversely.

Moving loops confine the pass and they can catch the operator.

In Table 2 basic conditions of such anthropotechnical system are given.

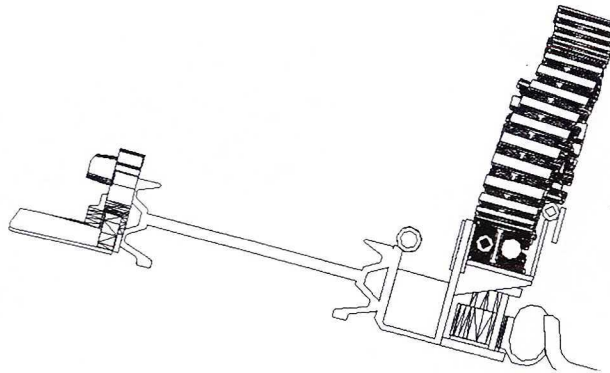


Fig. 10. Momentary geometric form of the single loop of the cable-layer on the ground inclined transversely

Rys. 10. Chwilowa postać geometryczna pojedynczej pętli układaka kabla na podłożu nachylonym poprzecznie

Basic conditions of the anthropotechnical system in the case of a cable layer

Stany podstawowe układu antropotechnicznego dla przykładu układu

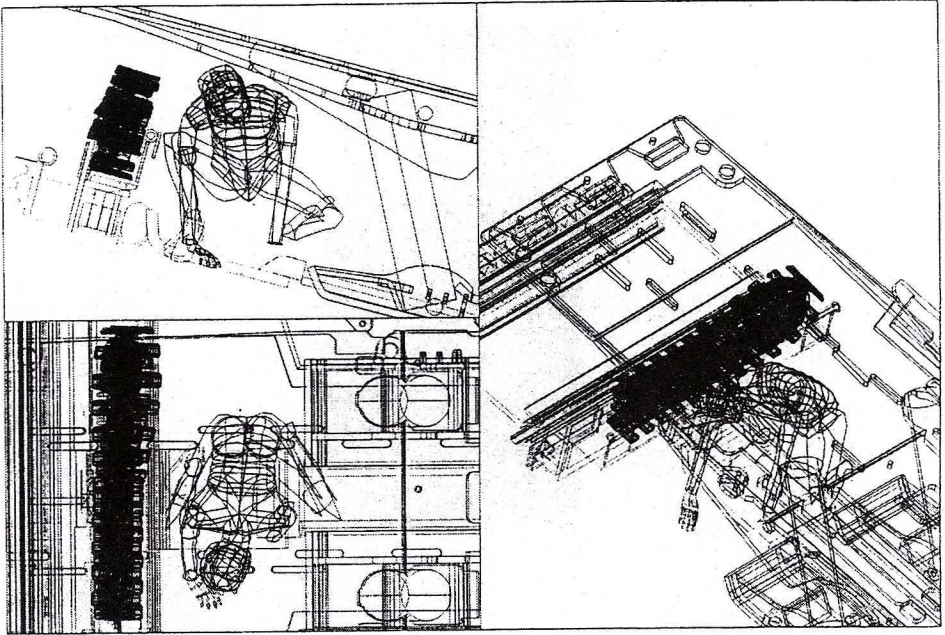
Basic conditions	i	Description of the conditions
$S_{k,i}^{elem}$	1	Formation of single loop
	2	Formation of double loop
	3	Existing spill-plate height
	4	Changed height of the spill-plate
	5	Arrangement of roadheader, roof support and operator
$S_{a,i}^{elem}$	1	Operator in a straight posture
	2	Operator in a bend posture
	3	Operator stands facing the loop
	4	Operator stands with his back to the loop
$S_{kin,i}^{elem}$	1	Elimination of radial clearances in flexible joints
	2	Elimination of longitudinal clearances in flexible joints
$S_{stat,i}^{elem}$	1	Loosing the transverse stability by the cable layer
	2	Loose of the friction coupling by the cable layer
$S_{ot,i}^{elem}$	1	Horizontal floor
	2	Longitudinal, positive floor inclination
	3	Longitudinal, negative floor inclination
	4	Transverse floor inclination
	5	High seam
	6	Low seam

Anthropotechnical system is tested in the light of the safety criterion regarding — the danger of catching the operator. Two criterial conditions are discussed:

- catching of the operator by a single loop,
- catching of the operator by a double loop.

Confining of the passage by a single loop of the cable-layer with transverse inclination of the floor equal to 15 deg and by the support of height 900 mm can be seen in Fig. 11a. Conditions for double loop formation occur only in case of cutting the higher seams. In Fig. 11b the passage at the place of appearance of the cable-layer double loop under the support of height 1000 mm can be seen.

a)



b)

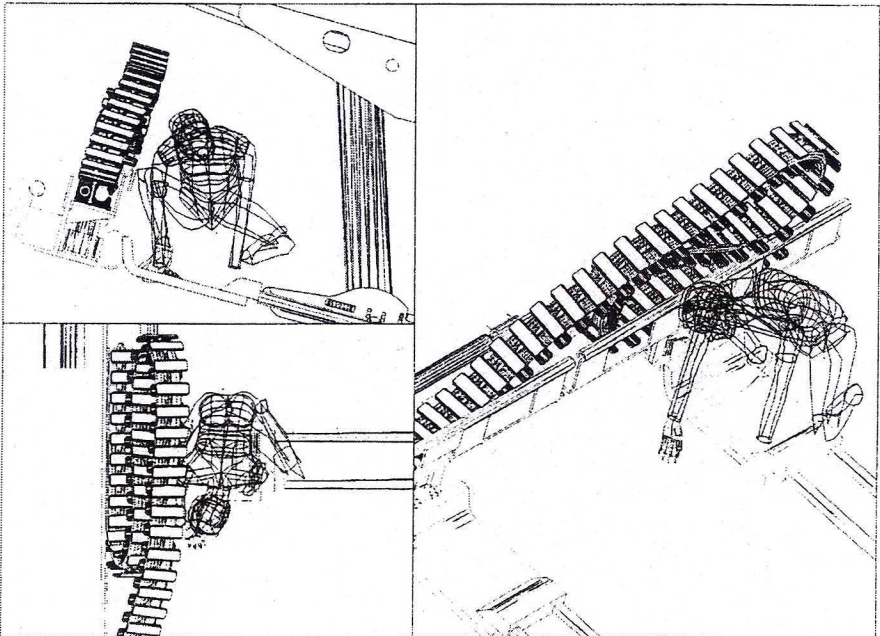
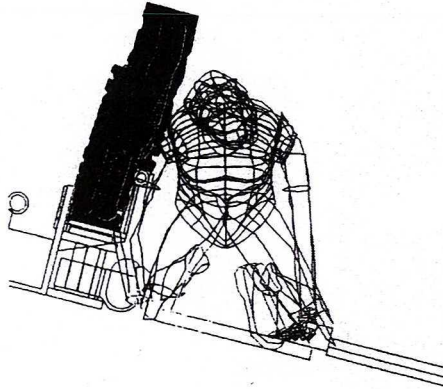


Fig. 11. Momentary size of passes for single (a) and double (b) loop of the cable-layer

Rys. 11. Chwilowe wielkości przejść dla pojedynczej (a) i podwójnej (b) pętli układaka

From the analysis of a model it results that for the single loop there is no risk of the cable-layer collision with an operator. But in case of double loop there is a risk of hooking the operator by a moving loop. Increase of the spill-plate height can reduce transverse deflection. That allows to reduce a risk of catching in the case of low seams (Fig. 12a). But still there is a risk of catching the operator working at a high wall in a straight posture (Fig. 12b). As there is a limit for increasing the spill-plates height, it is not possible to eliminate a risk of catching by the designing action. This is an example of residual risk, about which the users of the longwall system should be informed.

a)



b)

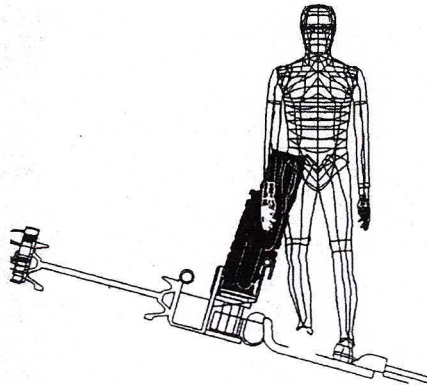


Fig. 12. Model of the cable-layer loop in a heighten spill-plate for the low wall (a) and high wall (b)

Rys. 12. Model pętli układaka w podwyższonej zastawce dla ściany niskiej (a) i wysokiej (b)

### 2.3. Technical hazards for the emergency case of the anthropotechnical system

The emergency case of the face conveyor's drive end station is discussed.

In Table 3 basic conditions of the discussed emergency condition are included. The condition in which the drive end station is not set to load by cylinders between floor and roof is mentioned as the first one.

In Fig. 13 a solid model of drive end station of the face conveyor, not set to load, is given.

TABLE 3

Basic conditions of emergency state of the conveyor drive end

TABLICA 3

Stany podstawowe stanu awaryjnego stacji napędowej przenośnika zwrotnej

Basic conditions	i	Description of the conditions
$S_{k,i}^{elem}$	1	Drive end not set to load
	2	Flight bars breaking
	3	Change of angle of string touching the chain wheel of the station
$S_{a,i}^{elem}$	1	Operator in a squat posture
	2	Abandoning the setting to load of the drive end station
$S_{kin,i}^{elem}$	1	Transition of static system of pans line into kinematics chain.
	2	Deterioration of pan flexible joints mobility.
	3	Elimination of radial clearances in flexible joints of pans in the result of uneven weight distribution of the station subassembly.
$S_{stat,i}^{elem}$	1	Increase of resistance to motion and consequently increase of force in the string.
	2	Uneven weight distribution of the station subassembly.
	3	Decrease of the normal component of reaction to the floor and consequently reduction of friction force between the station and floor.
$S_{dyn,i}^{elem}$	1	Non-controlled move of the drive end station after its pulling-of
$S_{tech,i}^{elem}$	1	Coal transportation
	2	Disturbances in the continuity of the transported coal stream on a conveyor; flight-bar break-off
$S_{ot,i}^{elem}$	1	Low seam
	2	Longitudinal floor inclination

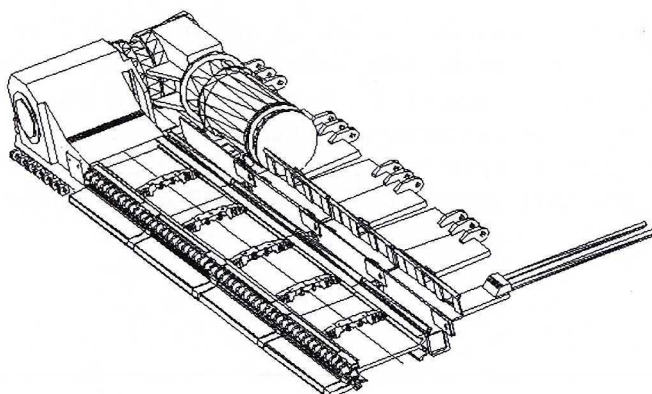


Fig. 13. Model of the drive end station of the flight-bar conveyor

Rys. 13. Model stacji zwrotnej przenośnika zgrzeblowego

Joints connect units of pans. It was assumed that conveyor pan units can turn in relation to the station by 3 degrees (Fig. 14a). Pans can turn in relation to each other by the same angle (Fig. 14b). Besides the floor has longitudinal inclination of the angle of 15 degree.

Flight bars' break off occurs in the result of disturbances in a stream of transported coal. The angle at which the string touches the chain wheel of the station changes, so the arm of action in relation to the momentary rotational point of a pan adjoining the station is forming. Pan rotation occurs till the elimination of clearance in a joint. The length of arm is reducing as the string is still running in the next pan. Momentary balance condition is forming. In case of breaking off more flight-bars more pans can have a possibility of the relative rotation. Kinematics chain is formed, which form is determined by the geometric relationships. The condition necessary to raise the station in these conditions is that the value of pulling up moment should be enough to overcome moments coming from the weight of the station together with the conveyor unit.

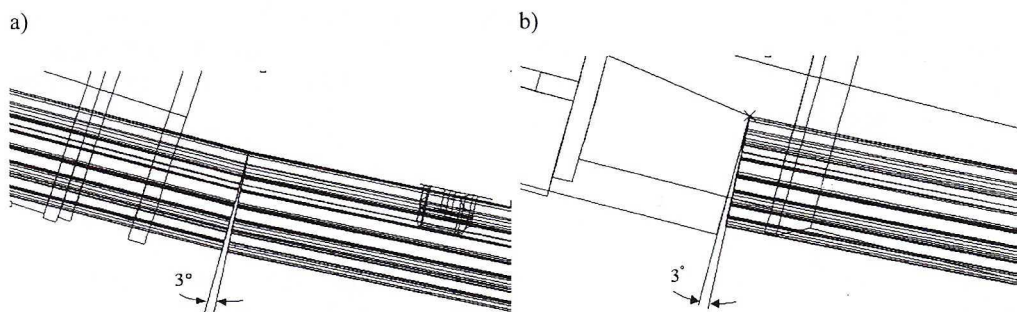


Fig. 14. Conveyor pan rotation angles in relation to the station (a) in relation to the neighboring pan (b)

Rys. 14. Kąty obrotu rynny przenośnika względem stacji (a) i względem sąsiedniej rynny (b)

In Fig. 15a the geometric form for the station with three broken flight bars was given. The height of station elevation above the floor is 460 mm. Due to uneven distribution of the subassembly weight, twisting of the unit in relation to the longitudinal axis of the conveyor takes place, till the moment of elimination of longitudinal clearances in flexible joints. One of the possible momentary forms of the station and the conveyor unit is shown in Fig. 15b. As the string can not transfer a torque, non-controlled fall down of the station occurs.

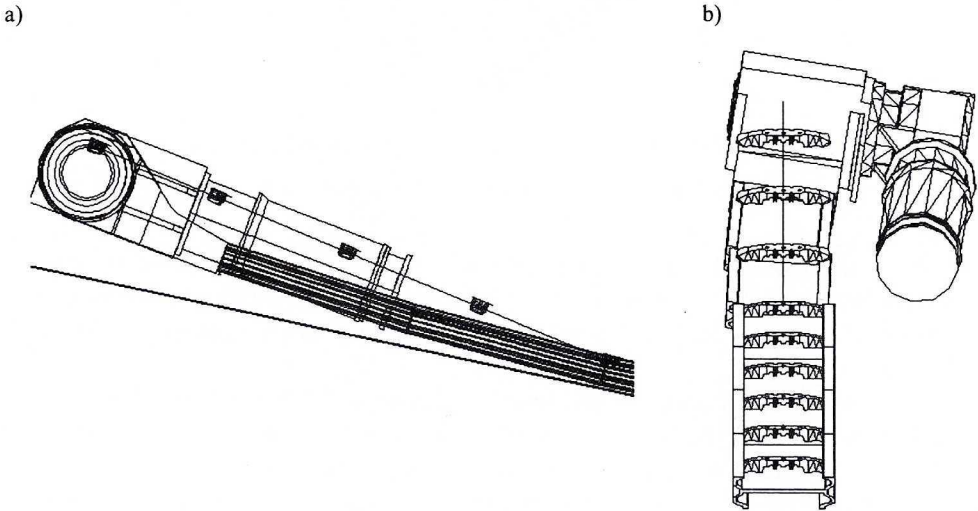


Fig. 15. Momentary design form of the drive end station in a side view (a) in a top view (b)

Rys. 15. Chwilowa postać konstrukcyjna stacji zwrotnej w widoku z boku (a) i w widoku z góry (b)

On the base of Fig. 16 we can assess the degree of injuries seriousness that can result from the falling station. Taking into account the spatial relationships between the operator and raised station these injuries can include feet crush (Fig. 16a) and even trunk crush (Fig. 16b). Besides from the figures it results that we observe a rapid reduce of operator's field of vision. Thus temporary reduce in ability of observing the other dangers takes place.

### 3. Conclusions

We can not eliminate the whole risk only by the designing action. We should inform the technical mean users about so called residual risk e.g. shearer equipped with a cable layer.

Also a man behavior can be the source of the emergency conditions. In the theory of decision such behavior has been explained by the fact that the man assesses a probability



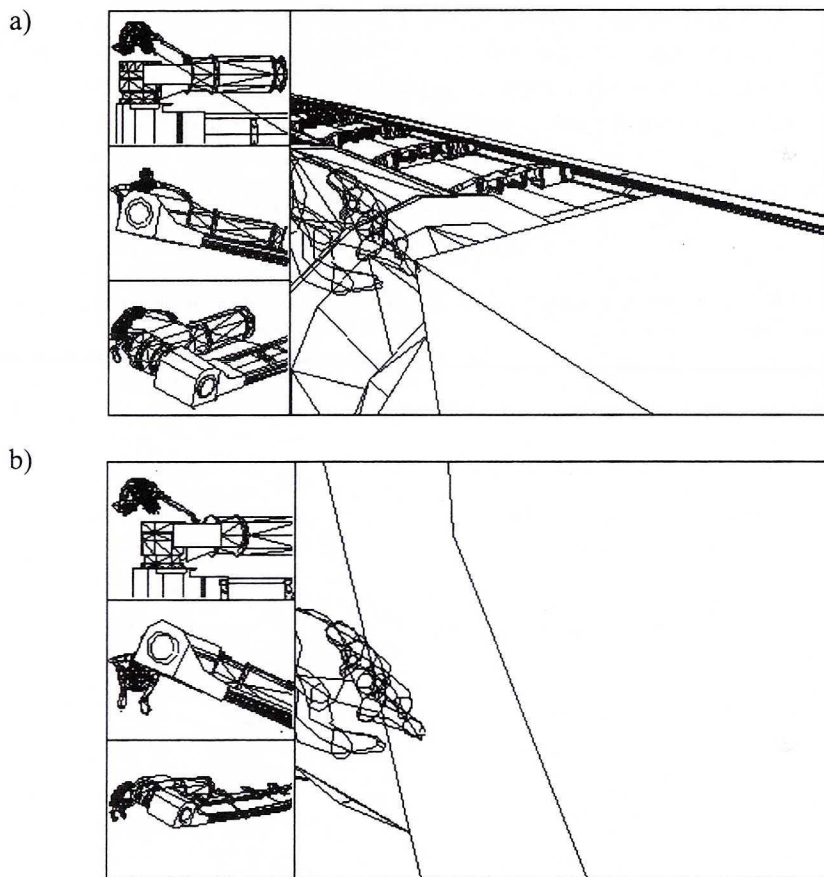


Fig. 16. Hazards resulting from the spatial relationships between anthropometric features of the operator and pulled-up conveyor station  
a) feet crash, b) trunk crush

Rys. 16. Zagrożenia wynikające z relacji przestrzennych pomiędzy cechami antropometrycznymi operatora a uniesioną stacją przenośnika  
a) zmiżdżenie stóp, b) zgniecenie tułowia

of a danger and injuries resulting from that as very low, or he expects that such a behavior will give him some advantages e.g. in reducing the work expenditure by abandoning activities connected with setting to load of the station (Tyszka 1990). In work psychology such attitudes are described as inclination to the risky behavior (Studenski 1999a). They result from the safety standards that have been fixed among people (Milczarek 2000; Studenski 1999a, b). The work psychology indicates that incidents that are realized and are easy to imagine — as concerns their progress and possible effects — seem to be more risky than those incidents, which scenarios are not easy to imagine (Tyszka 1999). Documented risk assessment allows reducing a pos-

sibility of its wrong assessment (Siuciu 1994). Visualization of the emergency conditions increases the awareness of effects that result from abandoning the setting to load of the station. Inclinations to risky behavior occur in communities of low safety education. Modelling and visualization of risk factors promotes this education.

## REFERENCES

- Milczarek M., 2000: Kultura bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie — nowe spojrzenie na zagadnienie bezpieczeństwa pracy. *Bezpieczeństwo Pracy* 10.
- Siuciu M., 1994: Beitrag zur verbesserten Dokumentation und Information in der Arbeitssicherheit im Steinkohlenbergbau. ABRW Band 1. Herausgeber: P.N.Martens. Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen.
- Studzinski R., 1997: Wypadki przy pracy. [W:] *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia* (red. D. Koradecka), Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa.
- Studzinski R., 1999a: Podmiotowe determinanty zachowań człowieka. Materiały Krajowej Konferencji Bezpieczeństwa i Niezawodności, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa.
- Studzinski R., 1999b: Zarządzanie skoncentrowane na kształtowaniu kultury bezpieczeństwa. Materiały Krajowej Konferencji Bezpieczeństwa i Niezawodności, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa.
- Tyszcza T., 1990: Psychologia i bezpieczeństwo pracy. Instytut Psychologii PAN, Warszawa.
- Tyszcza T., 1999: Percepcja i akceptacja ryzyka. [W:] *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia* (red. D. Koradecka), Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa.

REVIEW BY: PROF. DR HAB. INŻ. ADAM KLICH, KRAKÓW

*Received: 28 February 2002*