

Franciszek PLEWA, Henryk KLETA
Politechnika Śląska, Gliwice

ZASTOSOWANIE ODPADÓW ENERGETYCZNYCH DO LIKWIDACJI WYROBISK GÓRNICZYCH W KOPALNIACH METANOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych odpadów energetycznych i spoiw górniczych w aspekcie ich zastosowania jako uszczelnienia likwidowanego szybu. Opracowany sposób uszczelnienia górnego odcinka likwidowanego szybu III KWK „Morcinek” szybu zapewnia bezpieczne warunki użytkowania powierzchni terenu.

APPLICATION OF POWER GENERATION WASTE FOR LIQUIDATION OF MINING WORKINGS IN MINES WITH HIGH METHANE HAZARD

Summary. The paper presents laboratory tests results of thermal power waste and mining binders aimed on their application as a sealing of a liquidated mineshaft. The designed method of sealing of shallow part of liquidated Shaft No. 3 in “Morcinek” coal mine ensures safe use of ground surface.

1. Wprowadzenie

Podstawowym zagadnieniem związanym z likwidacją wyrobisk jest prawidłowy dobór materiałów przeznaczonych do ich wypełnienia.

Użycie odpowiedniego materiału do wypełnienia likwidowanych wyrobisk, w tym szczególnie szybów, w znacznym stopniu ma wpływ na bezpieczeństwo w przyszłości.

Do podstawowych wymagań, jakie winny spełniać materiały wypełniające likwidowane szyby, można zaliczyć:

- odpowiednią granulację materiałów wypełniających,
- przepuszczalność i odporność na działanie wody,
- własności nietoksyczne.

Materiały stosowane do likwidacji szybów i wyrobisk towarzyszących winny charakteryzować się następującymi cechami:

- generalnie powinny to być materiały niepalne,
- nie powinny istotnie zmieniać się ich własności po zasypaniu szybu,
- nie powinny ulegać wtórnemu upłynnieniu w przypadku zawodnienia słupa zasypowego,
- własności filtracyjne zastosowanego materiału nie powinny się istotnie zmieniać w czasie, jak również w trakcie nawodnienia słupa zasypowego,
- w warunkach kontaktu ze środowiskiem wodnym z zastosowanych materiałów nie powinny się łączyć substancje toksyczne szkodzące środowisku naturalnemu,
- granulacje i własności wytrzymałościowe materiału zasypowego winny zapewnić stabilność słupa zasypowego,
- w warunkach zagrożenia gazowego materiał zasypowy winien ograniczyć migrację gazów oraz nie powinien być inicjatorem wybuchu w czasie zasypywania szybu.

2. Ocena przydatności materiałów odpadowych do likwidacji szybów w świetle wyników badań

Przydatność materiałów odpadowych do likwidacji szybów może być określona na podstawie badań obejmujących między innymi:

- określenie minimalnych proporcji masowych materiału odpadowego do wody dla jej całkowitego związania,
- ocenę stopnia zestalenia materiału odpadowego w czasie,
- określenie nośności i wytrzymałości podsadzki wykonanej z odpadów,
- określenie czasu wiązania mieszanin materiałów odpadowych z dodatkiem spoiw górnictwowych.

W związku z występowaniem w likwidowanym szybie III nad zasypywanym materiałem słupa wody o wysokości 70 m zaistniała konieczność oceny możliwości związania wody nadmiarowej. Do badań wytypowano spoiwa, które po związaniu z wodą powinny tworzyć materiał scalony, nie ulegający upłynnieniu i posiadający określone parametry wytrzymałościowe.

Badania możliwości związania wody nadmiarowej przez spoiwa górnice i popioły lotne bez możliwości mieszania wykazały, że:

- masowy udział części stałych do wody wynosił od 1,28:1 dla popiołu z Elektrociepłowni „Czechowice” do 2,41:1 dla spoiwa Utex 5;
- po czasie 24 godzin od zasypania wody próbki wykonane ze spoiwa Utex-5 i z popiołu z Elektrowni „Rybnik” można było scharakteryzować jako mokre i plastyczne, próbki wykonane z popiołów lotnych z Elektrociepłowni „Żerań” i z Elektrociepłowni „Czechowice” wykazywały cechy materiału suchego i plastycznego, pozostałe próbki były zestalone i suche;
- nośność niezestалonych próbek po 24 godzinach mieściła się między 0,001 MPa dla popiołu z Elektrowni „Rybnik” a 0,14 MPa dla popiołu z Elektrociepłowni „Żerań”. Dla próbek sporządzonych na bazie spoiwa górnicego Utex-5 nośność wynosiła 0,02, natomiast na bazie popiołu z Elektrociepłowni „Czechowice” 0,06 MPa. Próbki wykonane ze spoiwa Utex-15, Utex-50, Geoset oraz Tekblend wykazywały nośność powyżej 0,5 MPa;
- wszystkie próbki charakteryzujące się nośnością powyżej 0,5 MPa po 24 godzinach sezonowania wykazywały wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie, która wynosiła od 0,55 MPa w przypadku spoiwa Utex 15 do 4,11 MPa dla spoiwa Tekblend. Dla próbki sporządzonej ze spoiwa górnicego Utex-50 wartość wytrzymałości wynosiła 1,02 MPa, a dla próbki sporządzonej ze spoiwa górnicego Geoset 2,03 MPa.

Minimalne proporcje masowe badanych materiałów do wody dla całkowitego związania wody bez mieszania składników przedstawia tab. 1.

Tabela 1

Minimalne proporcje masowe spoiw górnicego i popiołów do wody dla całkowitego związania wody bez mieszania składników, wyrażone stosunkiem masowym cząstek stałych do wody (c:w)

Lp.	Rodzaj materiału	c:w
1	Utex - 5	2,41
2	Utex - 15	2,29
3	Utex - 50	2,21
4	Geoset	1,61
5	Tekblend	1,76
6	Popiół „Rybnik”	1,72
7	Popiół „Żerań”	2,04
8	Popiół „Czechowice”	1,28

Przeprowadzone badania możliwości związania wody nadmiarowej przez spoiwa górnice z możliwością mieszania wykazały, że największa ilość wody możliwa jest do związania przy użyciu spoiwa górnicego Tekblend (stosunek części stałych do wody $c:w = 0,29$). Pozostałe spoiwa użyte do badań potrafią związać kilkakrotnie mniej wody i tak dla spoiwa górnicego Geoset $c:w=1,52$, dla spoiwa Utex-50 $c:w=2,1$, natomiast dla spoiwa górnicego Utex-15 $c:w=2,17$.

Mieszanina sporządzona na bazie spoiwa górnicego Utex-5 jest w stanie związać najmniej wody ze wszystkich użytych do badań materiałów, a uzyskany stosunek masowy części stałych do wody $c:w$ wynosi 2,27.

Prowadzone badania mieszanin popiołu z Elektrowni „Rybnik” z dodatkiem spoiw górnicznych Utex-5, Utex-15, Utex-50, Geoset oraz Tekblend w ilości 5 i 8 % wykazują podobną wartość rozlewności poszczególnych mieszanin przy takich samych stosunkach masowych części stałych do wody.

Mieszaniny popiołowo-wodne wykonane na bazie popiołu z El. „Rybnik” z dodatkiem spoiwa górnicego Geoset w ilości 5 i 8% uzyskały najszybciej ze wszystkich badanych mieszanin wymaganą wartość nośności 0,5 MPa w czasie od 1,5 do 3 dni. Dla mieszanin sporządzonych z dodatkiem spoiw Utex-5, Utex-15 oraz Tekblend w ilości 5 i 8% proces wzrostu nośności w czasie przebiegał podobnie, a wymaganą wartość nośności uzyskiwały one w przedziale od 8 do 16 dni. Mieszaniny popiołowo-wodne z dodatkiem spoiwa górnicego Utex-50 wymaganą wartość nośności 0,5 MPa uzyskały w przedziale 3,5 do 6 dni.

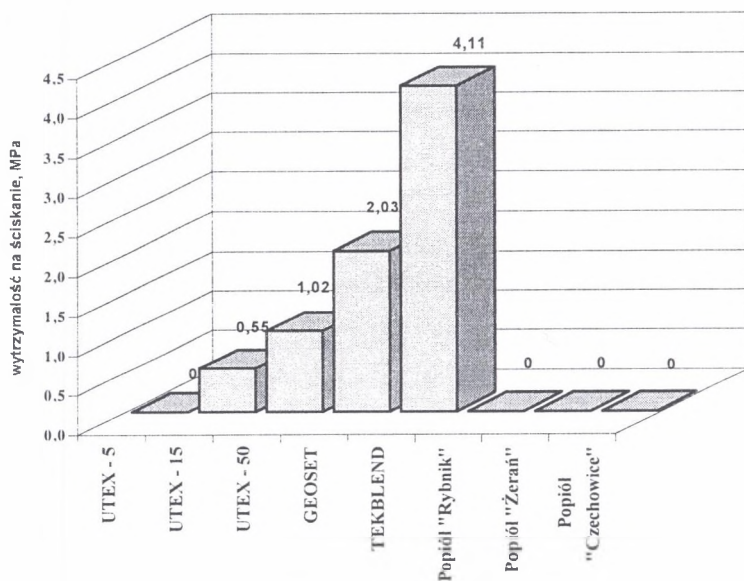
Przeprowadzone wyniki badań czasu wiązania wykazały, że dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu z Elektrowni „Rybnik” z dodatkiem spoiwa górnicego Geoset proces wiązania był najkrótszy ze wszystkich przebadanych mieszanin i zawierał się w przedziale od 3 do 10 dni, w zależności od masowego udziału spoiwa w mieszaninie oraz rozlewności. Dodać należy, że zwiększenie udziału spoiwa Geoset w mieszaninie z 5 do 8% w znaczący sposób przyspieszało proces wiązania.

Przeprowadzone badania rozmakalności wykazały, że w przypadku badanych spoiw zachowany został pierwotny kształt próbki, a spadek wytrzymałości wynosi od kilku do kilkunastu procent. Świadczy to o dobrej odporności badanych spoiw na działanie wody dodatkowej.

Tabela 2

Nośność badanych materiałów po 24 godzinach

Lp.	Rodzaj materiału	Nośność [MPa]
1.	Utex – 5	0,20
2.	Utex – 15	>0,50
3.	Utex – 50	>0,50
4.	Geoset	>0,50
5.	Tekblend	>0,50
6.	Popiół Rybnik	0,10
7.	Popiół Żerań	0,14
8.	Popiół Czechowice	0,08



Rys. 1. Wytrzymałość na ściskanie mieszanin na bazie popiołów
 Fig. 1. Compressive strength of fly ash-water

3. Metoda i technologia likwidacji górnego odcinka szybu w warunkach zagrożenia metanowego

Zagadnienie zastosowania odpadów energetycznych do likwidacji wyrobisk w warunkach zagrożenia metanowego przedstawiono na przykładzie likwidacji szybu III Kopalni Węgla Kamiennego „Morcinek” w Kaczycach.

W likwidowanej kopalni „Morcinek” w szybie wentylacyjnym III, w trakcie przygotowań do zasypywania, nastąpiło zapalenie, a następnie wybuch metanu. W wyniku tego zdarzenia nastąpiło uszkodzenie budynku i urządzeń nadszybia, komplikując w istotny sposób proces fizycznej likwidacji szybu.

Szyb III posiadał przekrój kołowy o średnicy 8 m w świetle obudowy, a na głębokości 34.5 - 27 m w szybie znajdował się kanał wentylacyjny, który połączony był z szybikiem wentylacyjnym (rys. 2). Kanał wentylacyjny o długości ok. 60 m posiadał przekrój kołowy o średnicy 6.5 m i obudowę betonową o grubości 0.3 m.

W odległości ok. 3.5 m od wlotu kanału wentylacyjnego do szybu zlokalizowany został otwór wielkośrednicowy Φ 1016 x 12.5 mm o długości ok. 30 m, odwiercony po wybuchu metanu. Otwór ten służył do podawania zasypu do szybu ze względu na brak możliwości jego podawania po uszkodzeniu budynku nadszybia. Na powierzchni otwór zakończony był zbiornikiem zasypu, a w kanale wentylacyjnym ustawiona została konstrukcja zsypani.

Mając na uwadze dotychczasowy przebieg likwidacji szybu III do głębokości 34.2 m, a w szczególności zaistniałe obsunięcia się zasypu w trakcie likwidacji szybu i brak możliwości prowadzenia systematycznego odmetanowania złoża, konieczne było przyjęcie założenia, że może występować migracja metanu przez zasyp kamienny w szybie.

Ze względu na połączenie szybu z pozostałymi wyrobiskami górnymi i możliwą okresową migracją metanu przez zasyp należało przyjąć, że w obrębie szybu i wyrobisk towarzyszących występować będą warunki odpowiadające IV kategorii zagrożenia metanowego.

Mając na uwadze uwarunkowania techniczne i konieczność zapewnienia warunków bezpieczeństwa, przyjęto metodę likwidacji górnego odcinka szybu przez wykonanie zasypu kamiennego, co umożliwi efektywne uzupełnianie zasypu w trakcie jego osiadania wraz z możliwością odprowadzania metanu z zasypu kamiennego.

Natomiast likwidacja lunety wentylacyjnej i szybika została wykonana przez ich szczelne podsadzenie podsadzką samozestalającą.

Metoda likwidacji końcowego odcinka szybu III i wyrobisk towarzyszących przewidywała (rys. 2):

- zasypianie szybu III od poziomu lunety wentylacyjnej do zrębu kamieniem popłuczkowym z wykonaniem warstwy izolacyjnej z iłów pomiędzy 16 i 4 m szybu,
- wypełnienie lunety wentylacyjnej, szybika wentylacyjnego oraz otworu wielkośrednicowego podsadzką samoutwardzalną.

Wyloty szybu i szybika wentylacyjnego planowano przykryć żelbetowymi płytami zrębowymi, a otwór wielkośrednicowy przewidywano szczelnie zlikwidować przez podsadzenie.

Charakterystyka robót związanych z likwidacją górnego odcinka szybu i wyrobisk towarzyszących przedstawiała się następująco:

- 1 etap – zasypianie szybu do poziomu lunety wentylacyjnej przez otwór ϕ 1000 mm kamieniem popłuczkowym i wypompowanie wody gromadzącej się nad słupem zasypowym,
- 2 etap – roboty likwidacyjne budynku nadszybia,
- 3 etap – zasypianie szybu do głębokości 16 m licząc od zrębu szybu kamieniem popłuczkowym,
- 4 etap – wykonanie warstwy izolacyjnej z iłów na odcinku szybu pomiędzy głębokością 16 i 4 m w szybie,
- 5 etap – wykonanie korka technologiczno – uszczelniającego ze spoiwa tekblend na odcinku głębokości od 3.2 m do 1.2 m,
- 6 etap – rozebranie wieży szybowej i belek podtrzonowych,
- 7 etap – wykonanie uszczelnienia otworu wielkośrednicowego, obejmującego:
 - dosypanie kamienia przez otwór wielkośrednicowy do poziomu jego wylotu w kanale wentylacyjnym,
 - po stwierdzeniu zasypiania wylotu otworu wykonanie zasypu żwirem w otworze na odcinku ok. 2 m długości,
 - podsadzenie pozostałej części otworu wielkośrednicowego spoiwem tekblend,
- 8 etap – podsadzenie kanału wentylacyjnego podsadzką samoutwardzalną,
- 9 etap – wykonanie zasypu w szybiku wentylacyjnym z gruzu betonowego pochodzącego z robót rozbiórkowych części powierzchniowej kanału wentylacyjnego znajdującego się pomiędzy szybikiem wentylacyjnym a dyfuzorami budynku wentylatorów głównych z dodatkiem podsadzki samoutwardzalnej,
- 10 etap – wykonanie zasypu na pozostałym odcinku szybika do jego zrębu z kamienia popłuczkowego z dodatkiem podsadzki samoutwardzalnej,

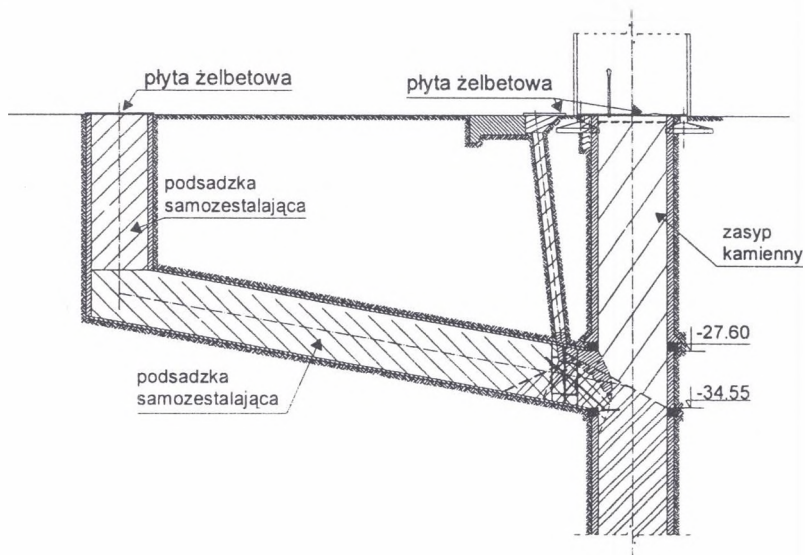
11 etap – podsadzenie zbiornika zasypowego otworu wielkośrednicowego betonem B15,

12 etap – wykonanie żelbetowych płyt zrębowych szybu III i szybika wentylacyjnego.

Wykonanie korka technologiczno – uszczelniającego ze spoiwa Tekblend w szybie na odcinku głębokości pomiędzy 3.2 m i 1.2 m polegało na podaniu spoiwa Tekblend agregatem pompowym przy założeniu stosunku $w/s = 2/1$ (w – woda, s – suche spoiwo), przy takim stosunku w/s wytrzymałość uzyskanego materiału wynosi ok. 7 MPa.

Korek technologiczno-uszczelniający z tekblendu o wysokości 2 m został wykonany na warstwie wyrównawczej z piasku o wysokości ok. 1 m.

Wykonanie korka technologiczno – uszczelniającego ze spoiwa tekblend stanowiło uszczelnienie zasypu i umożliwiło wykonanie robót związanych z demontażem wieży szybowej.



Rys. 2. Sposób uszczelnienia górnego odcinka likwidowanego szybu III KWK „Morcinek” zapewniający bezpieczne warunki użytkowania powierzchni terenu

Fig. 2. The designed method of sealing of shallow part of liquidated Shaft No. 3 in “Morcinek” coal mine ensures safe use of ground surface

Podanie mieszaniny podsadzki samozestalającej do podsadzenia kanału wentylacyjnego odbywało się przez szybik wentylacyjny przy zastosowaniu stacji mieszalników zlokalizowanych w jego sąsiedztwie.

Do wytworzenia mieszaniny podsadzkowej zastosowano mieszaninę popiołów z Elektrowni „Rybnik” i wody z dodatkiem wiążącym – GEOSSET (w ilości 8% przy dopływie wody do podsadzanych wyrobisk w ilości 3 litry/min), przy założeniu, że zastosowana technologia przygotowania mieszaniny i jej podawanie do szybika winna zapewnić ciągły proces narastania podsadzki w lunecie wentylacyjnej.

Po wykonaniu podsadzenia lunety wentylacyjnej podsadzką samoutwardzalną przystąpiono do wykonania zasypu w szybiku wentylacyjnym z gruzu betonowego, pochodzącego z robót rozbiórkowych obiektów przyszybowych.

W zastosowanej technologii przyjęto, że stosunek objętości gruzu betonowego do objętości podsadzki samozestalającej powinien wynosić co najmniej 0.6/0.4.

W następnej kolejności w szybiku wykonano zasyp na pozostałym jego odcinku z kamienia popłuczkowego z dodatkiem podsadzki samoutwardzalnej, przy założeniu stosunku objętościowego 1/1.

Po wypełnieniu szybika wentylacyjnego wykonano podsadzenie leja zasypowego otworu wielkośrednicowego betonem B15, a następnie wykonano żelbetowe płyty zrębowe szybu III i szybika wentylacyjnego.

4. Podsumowanie

1. Prowadzone badania mieszanin popiołu z Elektrowni „Rybnik” z dodatkiem spoiw górniczych Utex-5, Utex-15, Utex-50, Geoset oraz Tekblend w ilości 5 i 8% wykazują podobną wartość rozlewności poszczególnych mieszanin przy takich samych stosunkach masowych części stałych do wody.
2. Uzyskane wyniki badań nośności mieszanin popiołowo-wodnych wykonanych na bazie popiołu z Elektrowni „Rybnik” z dodatkiem spoiwa górniczego Geoset w ilości 5 i 8% wykazują, że uzyskały one najszybciej ze wszystkich badanych mieszanin wymaganą wartość nośności 0,5 MPa w czasie od 1,5 do 3 dni. Dla mieszanin sporządzonych z dodatkiem spoiw Utex-5, Utex-15 oraz Tekblend w ilości 5 i 8% proces wzrostu nośności w czasie przebiegał podobnie, a wymaganą wartość nośności uzyskiwały one w

przedziale od 8 do 16 dni. Mieszanki popiołowo-wodne z dodatkiem spoiwa górniczego Utex-50 wymagana wartość nośności 0,5 MPa uzyskały w przedziale 3,5 do 6 dni.

3. Przeprowadzone wyniki badań czasu wiązania wykazały, że dla mieszanin sporządzonych na bazie popiołu z Elektrowni „Rybnik” z dodatkiem spoiwa górniczego Geoset proces wiązania był najkrótszy ze wszystkich przebadanych mieszanin i zawierał się w przedziale od 3 do 10 dni, w zależności od masowego udziału spoiwa w mieszaninie oraz rozlewności. Zwiększenie udziału spoiwa Geoset w mieszaninie z 5 do 8% w znaczący sposób przyspiesza proces wiązania.
4. Wytrzymałość na ściskanie badanych mieszanin po 28 dniach sezonowania zmieniała się od 0,62 do 2,42 MPa. Próbkę wykonaną z tych mieszanin posiadały następujące parametry wytrzymałościowe:
 - - dla rozlewności 175 mm i 8% Geosetu - 2,40 MPa,
 - - dla rozlewności 225 mm i 8% Geosetu - 2,06 MPa,
 - - dla rozlewności 175 mm i 5% Geosetu - 1,45 MPa,
 - - dla rozlewności 225 mm i 5% Geosetu - 1,27 MPa.Najniższe parametry wytrzymałościowe nie przekraczające 1 MPa wykazywała mieszanina z udziałem spoiwa Utex-5.
5. Przeprowadzone badania rozmakalności określane jako spadek wytrzymałości próbki moczonyj w wodzie wykazały, że dla wszystkich badanych spoiw spadek wytrzymałości jest mały i wynosi od kilku do kilkunastu procent. Świadczy to o ich dobrej odporności na działanie środowiska wodnego.
6. Z analizy uzyskanych wyników badań wynika, że najwyższe parametry fizyczno-mechaniczne posiadają mieszaniny wykonane na bazie popiołów z dodatkiem spoiwa Geoset. W praktyce przy likwidacji szybów w warunkach zagrożenia wodnego proponuje się zastosować mieszaninę z 8% dodatkiem spoiwa górniczego Geoset, ponieważ parametry wytrzymałościowe są prawie dwa razy wyższe w stosunku do mieszanin z 5% udziałem spoiwa Geoset.
7. Badane mieszaniny mogą ograniczyć migrację gazów przez zasyp i nie powinny być inicjatorem wybuchu metanu w czasie zasypywania szybu.

LITERATURA

1. Palarski J., Plewa F., Kleta H.: Praktyczne aspekty stosowania odpadów górnictwa do likwidacji szybów. Międzynarodowa konferencja: „Górnictwo 2000”, Gliwice - Szczyrk 1999.
2. Materiały z posiedzeń Zespołu Ekspertów przy JSW S.A KWK „Morcinek”, Kaczyce 1999.
3. Praca zbiorowa: Ocena sposobu likwidacji szybów i doboru materiałów do ich wypełnienia w KWK "Morcinek". Gliwice 1999.
4. Praca zbiorowa: Ocena własności wybranych materiałów pod kątem ich zastosowania do likwidacji lunety wentylacyjnej i szybika przy szybie III KWK „Morcinek”. Gliwice 1999.

Recenzent: Dr inż. T. Bromek

Abstract

The paper presents some aspects of use of waste materials for safe liquidation of mining workings in methane hazard conditions on the example of a coal mine "X". Conditions for stabilisation of fill slope have been formulated in a case of application of modified waste slurries which ensure low permeability of the fill.

Presented options of shaft liquidation take into account results of laboratory test of power generation waste and mining binders from the point of their use for isolation of upper part of a mine shaft in the presence of methane hazard. Presented method of isolating of upper part of the shaft ensures safe conditions for ground surface usage.