

WPŁYW WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH NA TECHNOLOGIĘ EKSPLOATACJI POKŁADU WĘGLA W PRZYSĄGOWYCH PARTIACH ZŁOŻA PRZY ZASTOSOWANIU KOPARKI ŁAŃCUCHOWEJ

INFLUENCE OF GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE TECHNOLOGY OF EXPLOITATION OF COAL NEAR FLOOR PARTS OF THE DEPOSIT USING A BUCKET CHAIN EXCAVATOR

Andrzej Strempek - Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Zakład Górnictwa, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska

Tomasz Cichoń - „Poltegor - Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

W kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego ważnym elementem procesu wydobywczego jest eksploatacja węgla w przyspągowych partiach złoża. W niniejszym artykule przedstawiono analizę sposobów pracy koparki łańcuchowej zbliżonej budową do koparki typu ERs 710, podczas eksploatacji przyspągowych partii złoża węgla brunatnego w zróżnicowanych warunkach jego zalegania. Analizę przeprowadzono dla pokładu węgla brunatnego, charakteryzującego się nieregularnością granic, zmienną miąższością oraz znacznymi deniwelacjami spągu. Opisano i zilustrowano na schematach proponowany sposób urabiania węgla w deniwelacjach pokładu, którego miąższość przekracza możliwości wynikające z zasięgu pionowego omawianej koparki łańcuchowej. Przedstawiona na schematach technologia pracy maszyn zależna jest głównie od miąższości pokładu oraz od współpracy z koparką kołową (w tym z zastosowaniem przejeźdźnego przenośnika PGOT).

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, koparka łańcuchowa, deniwelacje spągu

In brown coal (lignite) opencast mines an exploitation of coal near floor parts of a deposit is a very important part of operations. In the article, an analysis of bucket chain excavator ways of work in varied conditions of floor parts of the deposit, has been presented. The analysis has been done for a coal seam characterized by irregular borders, variable thickness and significant floor denivelations. The ways of exploitation of coal in floor drops exceeding excavator vertical capabilities have been presented. Presented bucket chain excavator exploitation technology is dependent mainly on seam thickness and cooperation with bucket wheel excavator including use of PGOT mobile conveyor.

Keywords: brown coal (lignite), bucket chain excavator, floor denivelations

Wprowadzenie

Podstawowym warunkiem efektywnego i bezpiecznego przebiegu procesu eksploatacji w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego jest utrzymanie skoordynowanych postępów pięter zbocza eksploatacyjnego. Odpowiednie wyprzedzenia poszczególnych pięter, zarówno nadkładowych jak i węglowych, są zwykle ściśle powiązane z postęпами frontów roboczych pięter węglowych, które znajdują się w przyspągowych partiach złoża.

Koparka spągowa zatrudniona do eksploatacji pokładu węgla w deniwelacjach spągowych odgrywa bardzo istotną rolę w układzie technologicznym kopalni. Eksploatacja tego pokładu oraz odsłanianie spągu wyrobiska eksploatacyjnego odkrywki pod wewnętrzne zwałowanie nadkładu muszą być prowadzone w sposób umożliwiający utrzymanie wymaganych zapasów węgla gotowego.

Do eksploatacji węgla w partiach przyspągowych złoża stosowane są zazwyczaj koparki łańcuchowe. Wykorzystanie ich jako koparek spągowych, uwzględniając ich możliwości

urabiania podpoziomowego poniżej poziomu ułożenia przenośnika przesuwnego, daje koparkom łańcuchowym przewagę w stosunku do ewentualnego zastosowania koparek kołowych podczas urabiania przyspągowych warstw węgla. Ma to miejsce zwłaszcza w przypadku stromych nachyleń warstw spągu złoża.

Jeżeli pokład węgla charakteryzuje się znaczącym zróżnicowaniem rzędnych i np. promieniście rozłożonymi kierunkami upadu do centrum pola eksploatacji, to efektywne urabianie tak zalegającego pokładu można prowadzić na przykład dwiema koparkami (z poziomym rozdzieleniem frontów roboczych każdej koparki): jedną - łańcuchową operującą w przyspągowych partiach złoża oraz drugą - koparką kołową operującą zarówno w obrębie zasobów tego pokładu węgla, jak i ewentualnie w nadkładzie znajdującym się powyżej. Zastosowanie koparki łańcuchowej jako koparki spągowej spowoduje, że zarówno ciąg przenośników poziomych oraz sama koparka łańcuchowa w rejonie swojej pracy znajdować się będą najczęściej powyżej spągu złoża. W razie zagrożenia zalania dna wyrobiska wodą, przykład podczas wystąpienia opadów

nawalnych, poziom pracy koparki łańcuchowej i przenośnika poziomowego jest bezpieczny.

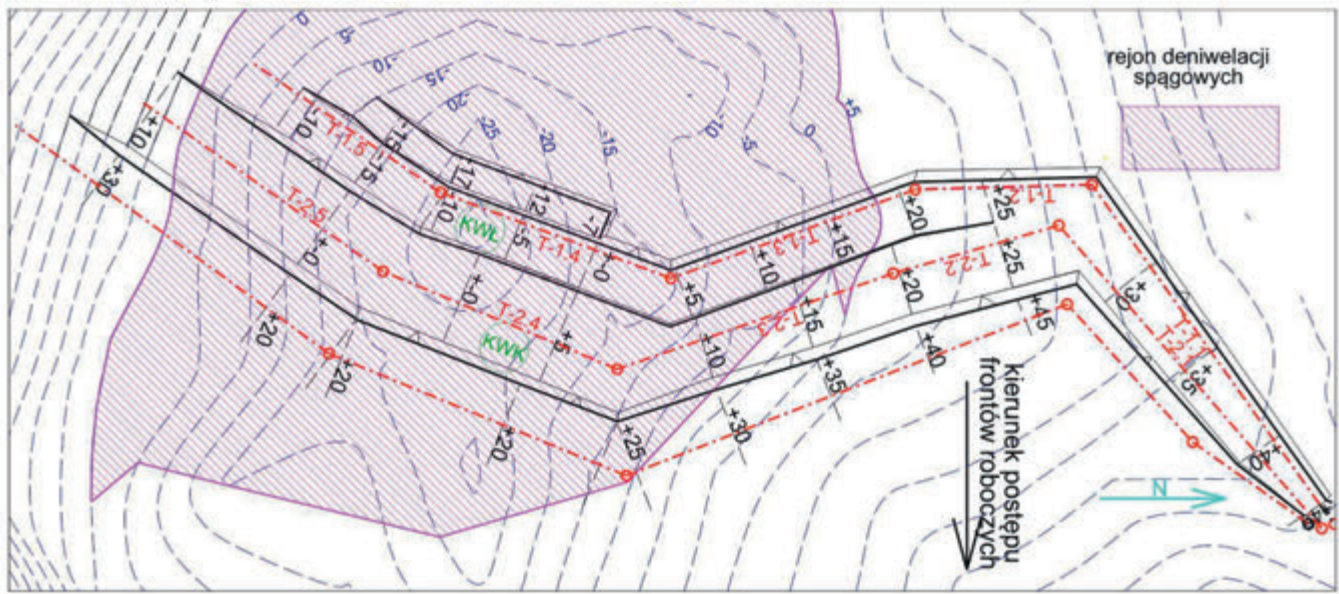
Zagadnienia takie, a dotyczące pracy koparek łańcuchowych w deniwelacjach spągowych występują m.in. w kopalni odkrywkowej Belchatów przy eksploatacji węgla w rowie II rzędu oraz w kopalni odkrywkowej Turów.

W niniejszym artykule przedstawiono wybrane rozwiązania technologiczne eksploatacji węgla przez (przykładową) koparkę łańcuchową KWL współpracującą z koparką kołową KWK, w zmiennych warunkach zalegania przyspągowych partii złoża.

uskoków i wypiętrzeń podłoża.

Przy przyjętych, powyższych założeniach możliwość eksploatacji zasobów przemysłowych pokładu węgla zależna jest od jego zróżnicowanego sposobu zalegania, projektowanego generalnego kierunku postępów eksploatacji złoża, ograniczeń podstawowego układu technologicznego. Dotyczy to między innymi dopuszczalnych nachyleń poziomów roboczych koparek (podłużnych i poprzecznych), a także dopuszczalnych nachyleń tras przenośników taśmowych.

Parametry geometryczne zabierki koparki łańcuchowej w zmiennych warunkach eksploatacji przyspągowych partii



Rys. 1. Przykład eksploatacji rejonu deniwelacji spągu złoża węgla dochodzących do 30 m [4]

Fig. 1. Example of exploitation of the area with coal floor drops up to 30 m [4]

Ogólna charakterystyka warunków geologiczno-górnictwowych w rejonach znacznego obniżenia warstwic spągu złoża węgla

Zwykle roboty eksploatacyjne i zwałowe prowadzone w rejonie znacznych deniwelacji spągu złoża odbywają się przy zachowanym, stosunkowo niewielkim, dystansie pomiędzy dolną krawędzią zbocza frontu wydobywczego, a stopą zbocza ruchomego zwałowiska wewnętrznego (minimalny dystans określany jest na podstawie obliczeń geotechnicznych).

Jeżeli spąg wyrobiska eksploatacyjnego odkrywki w rejonie deniwelacji będzie systematycznie zapadał, wówczas dolne piętra będą eksploatowane w kierunku zapadania pokładu do centrum niecki deniwelacji (rys. 1), a koordynacja postępów eksploatacji będzie związana z udostępnianiem kolejnych pięter eksploatacyjnych. Taka sytuacja powoduje zmniejszanie się odległości między dolną krawędzią zbocza nadkładowego i stopą zwałowiska wewnętrznego oraz wymaga szczególnej koordynacji nie tylko postępów pięter nadkładowych i węglowych ale także pięter zwałowych. W miarę wybierania najgłębszej, przyspągowej warstwy pokładu węgla następuje stopniowe wyklinowanie (likwidacja) najniższych pięter eksploatacyjnych.

W celu określenia przykładowych sposobów pracy koparki łańcuchowej w rejonach deniwelacji spągu węgla przyjęto również, że warunki geologiczno – górnictwowe na obszarze objętym eksploatacją pokładu węgla charakteryzują się brakiem

złoża analizowano więc przykładowo dla pokładu węgla brunatnego, który charakteryzuje się nieregularnością granic (także granic eksploatacji), zmienną miąższością oraz znacznymi deniwelacjami spągu (rys. 1).

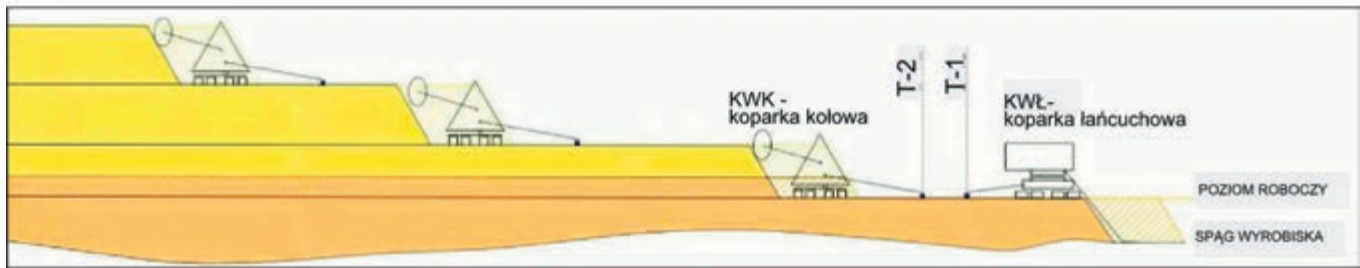
Przyjęto, że najniższe piętro eksploatacyjne koparki łańcuchowej będzie miało zmienną wysokość, zależną od zalegania spągu oraz od rzędnej poziomu roboczego koparki współpracującej (tu założono, że będzie to koparka kołowa pracująca w piętrze znajdującym się bezpośrednio nad nim).

Ostatnim, najniższym poziomem eksploatacyjnym będzie poziom obsługiwany przez ciąg przenośników poziomowych koparki łańcuchowej. Poziom ten w rozważanym rejonie pracy koparki łańcuchowej, w przeważającej części, poprowadzony jest głównie po rzędnych znajdujących się powyżej spągu złoża.

Typowy przekrój frontu roboczego podczas urabiania przyspągowych warstw węgla

Typowy przekrój frontu roboczego podczas eksploatacji węgla w deniwelacjach przy miąższościach węgla przekraczających możliwości zasięgu pionowego koparki łańcuchowej w pracy podziemnej składać się będzie z pięter:

- nadpoziomowego (jednego lub kilku - zwykle nadkładowo-węglowych) – urabianego, najczęściej selektywnie, koparką kołową,
- podziemnego - urabianego najczęściej koparką łańcuchową.



Rys. 2. Przekrój frontu roboczego koparek pracujących na najniższych poziomach (w deniwelacjach pokładu węgla) [4]
 Fig. 2. Cross-section of the working faces of excavators working at the lowest levels (in coal seam denivelations) [4]

Piętro nadpoziomowe urabiane jest zwykle koparką kołową pracującą według technologii dostosowanej także do okresowej eksploatacji wyniesionych fragmentów pokładu węgla, w wytypowanych rejonach wyrobiska odkrywkowego. Odstawa urobku pochodzącego z tego piętra prowadzona jest osobnym ciągiem przenośników (T-2).

Piętro podpoziomowe urabiane koparką łańcuchową od dołu ograniczone jest spągiem pokładu węgla. Najczęściej ma ono zmienną wysokość związaną z technologicznie możliwym zasięgiem urabiania koparki łańcuchowej.

Rzędne poziomu posadowienia ciągu przenośników umożliwiających odstawę urobku z piętra podpoziomowego wynikają z miąższości pokładu i pionowego zasięgu urabiania spągowej koparki łańcuchowej.

Odstawa urobku pochodzącego z tego piętra prowadzona jest również osobnym ciągiem przenośników (T-1).

Projektowany poziom pracy koparki łańcuchowej, a także lokalizacja trasy przenośników poziomych wynika między innymi z konieczności pracy tej koparki w przyspągowych partiach pokładu węgla.

Uwzględniając powyższe, do rozważań przedstawionych w niniejszym artykule przyjęto następujące, dodatkowe założenia:

- w piętrze, urabianym przez koparkę łańcuchową, nie będą występowały utwory nadkładowe. W miejscach, w których lokalnie spąg utworów nadkładowych będzie się znajdował poniżej rzędnej poziomu pracy koparki łańcuchowej należy obniżyć jej poziom roboczy,
- urabianie pokładu węgla będzie prowadzone co najmniej dwiema koparkami (z poziomym rozdzieleniem frontów roboczych każdej koparki) tj:
 - koparką łańcuchową urabiającą przyspągowe partie złoża,
 - koparką kołową (koparkami kołowymi) pracującą zarówno w obrębie zasobów tego pokładu węgla, jak i w nadkładzie znajdującym się powyżej,
- poziom roboczy koparki kołowej nadkładowo-węglowej, której piętro robocze będzie znajdować się bezpośrednio nad piętrzem roboczym koparki łańcuchowej spągowej, będą obsługiwać dwa ciągi przenośników poziomych: jeden (T-1) związany z koparką węglową łańcuchową - oraz drugi (T-2) - związany z koparką nadkładowo-węglową kołową (za wyjątkiem sytuacji opisanej poniżej),
- przyjęto, że koparka łańcuchowa spągowa będzie pracować na najniższym poziomie węglowym współpracując z własnym ciągiem przenośników (T-1), znajdującym się albo na tym samym poziomie co ciąg przenośników koparki kołowej (T-2) (rys. 4 i 5) lub w warunkach eksploatacji złoża do rzędnej poniżej rzędnej wynikającej z zasięgu koparki - na poziomie niższym (rys. 6 i rys. 7),
- koparka łańcuchowa spągowa posiada możliwość urabiania podpoziomowego dwoma podpiętrami poniżej rzędnej

ułożenia przenośnika poziomego.

Biorąc pod uwagę fakt, że koparki pracujące selektywnie osiągają znacząco niższe wskaźniki produkcyjne, ważnym warunkiem efektywnego wykorzystania łańcuchowej koparki spągowej jest skoncentrowanie jej pracy w dolnej części pokładu węgla i ograniczenie do niezbędnego minimum urabiania selektywnego.

Koparka przeznaczona do eksploatacji przyspągowych partii złoża powinna spełniać następujące warunki technologiczne:

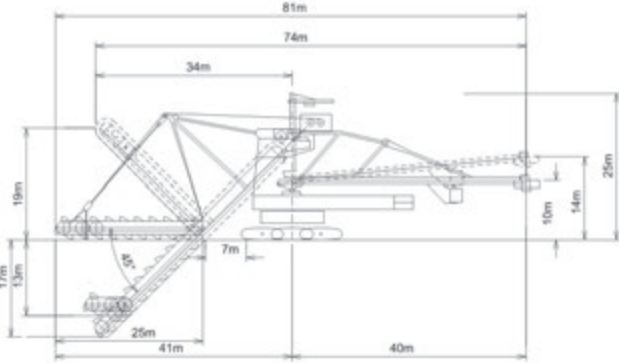
- posiadać zdolność wydobywczą gwarantującą systematyczne wybieranie przyspągowych partii pokładu węgla w miarę zarówno prowadzenia skoordynowanych postępów zbrocza eksploatacyjnego jak i realizacji zadań związanych z wydobyciem węgla określonych planem wieloletnim,
- posiadać zdolność efektywnej i bezpiecznej pracy w warunkach bardzo zróżnicowanych nachyleń pokładu węgla. Ze względu na pracę głównie w węglu, taka koparka łańcuchowa powinna współpracować z własnym ciągiem przenośników poziomych.

Technologia pracy koparki łańcuchowej w deniwelacjach spągowych

Wymagany pionowy zasięg koparki łańcuchowej w warunkach pracy w deniwelacjach spągowych można uzyskać między innymi poprzez:

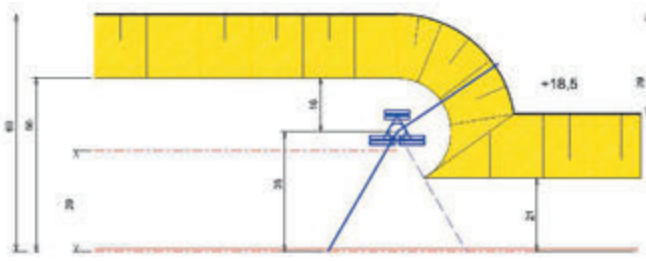
- zaprojektowanie pionowego zasięgu urabiania koparki (w pracy podpoziomowej poniżej poziomu ułożenia przenośnika) umożliwiającego wydobycie węgla nawet z największych deniwelacji spągowych (wiąże się to z powiększonymi gabarytami maszyny, a co za tym idzie z masą i ceną),
- zaprojektowanie odpowiedniego zasięgu urabiania koparki zarówno podpoziomowego, jak i nadpoziomowego między innymi poprzez możliwość podawania urobku na przenośnik poziomy posadowiony na innym poziomie niż poziom roboczy koparki (odpowiednia długość wysięgnika podającego oraz odpowiednia wysokość podnoszenia bębna),
- lokalne zmniejszanie niezbędnego zasięgu pionowego koparki łańcuchowej poprzez obniżenie (jeżeli jest to możliwe) poziomu roboczego koparek: łańcuchowej i kołowej, wykorzystując ewentualną rezerwę zasięgu pozostałych koparek w odkrywe,
- zastosowanie urabiania podpoziomowego koparką łańcuchową poniżej poziomu jazdy koparki, gdy maszyna pracuje (znajduje się) poniżej poziomu ułożenia ciągu przenośników poziomych,
- zastosowanie urabiania nadpoziomowego przez koparkę łańcuchową,

- zastosowanie urabiania nadpoziomowego przez koparkę kołową, gdy maszyna pracuje (znajduje się) poniżej poziomu ułożenia ciągu przenośników poziomych - w współpracy z przenośnikiem przejezdny (PGOT),
- obniżenie poziomu ułożenia ciągu przenośników taśmowych koparki kołowej oraz odpowiednio ciągów przenośników taśmowych znajdujących się na poziomach powyżej (zmiana wysokości pięter eksploatacyjnych z ewentualnym wykorzystaniem możliwości współpracy z przenośnikiem przejezdny np. typu PGOT).



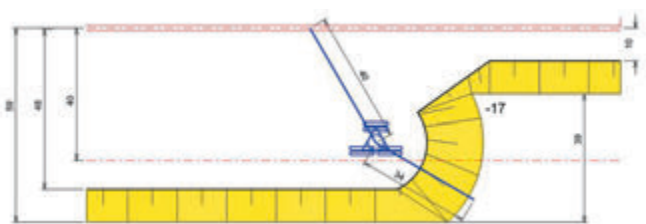
Rys. 3. Przykładowe parametry koparki łańcuchowej (KWL) przeznaczonej do pracy w deniwelacjach spągowych [4]

Fig. 3. Exemplary parameters of the bucket chain excavator designed to work in floor drops [4]



Rys. 3.1. Przykładowe parametry zabierki koparki łańcuchowej (KWL). Urabianie nadpoziomowe [4]

Fig. 3.1 Exemplary parameters of bucket chain excavator cut [4]



Rys. 3.2. Przykładowe parametry zabierki koparki łańcuchowej (KWL). Urabianie podpoziomowe [4]

Fig. 3.2 Exemplary parameters of bucket chain excavator low-cut [4]

Również w sytuacji, kiedy koparka łańcuchowa nie wykorzystuje swojej wydajności przy założonej geometrii piętra, wydaje się celowe z kolei podwyższenie (jeżeli jest to możliwe) rzędnej jej poziomu roboczego (poziomu ułożenia przenośników poziomych przesuwnych).

Zarówno obniżenie, jak i podwyższenie nominalnego poziomu roboczego koparki łańcuchowej należy stosować po dokładnej analizie możliwości wydobywczych koparek przeznaczonych do wydobycia węgla oraz zdejmowania nadkładu, tak aby nie naruszyć skoordynowanych postępów eksploatacji zbrocza ruchomego wyrobiska odkrywkowego.

Dotyczy to zarówno postępu frontu roboczego związanego z poziomem pracy koparki łańcuchowej, jak i poziomów znaj-

dujących się powyżej oraz postępów frontów zwałowych.

Podczas projektowania lub doboru typu koparki łańcuchowej niezbędne jest określenie prognozowanej ilości węgla przeznaczonego do wydobycia w partiach spągowych (szczególnie maksimum). Posłuży to do ustalenia niezbędnej wydajności teoretycznej koparki łańcuchowej spągowej. Pozostałe dane traktuje się jako wejściowe do określenia podstawowych parametrów technologicznych koparki.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe założenia opracowano podstawowe schematy ukazujące wybrane sposoby pracy koparki łańcuchowej w miejscach obniżenia spągu węgla.

W niniejszej publikacji przedstawiono wybrane, przykładowe sposoby urabiania piętra węglowego w zależności od jego miąższości, parametrów koparki łańcuchowej oraz w zależności od technologii pracy koparki kołowej - również przy ewentualnym zastosowaniu przenośnika przejezdnego PGOT (rys. 4, 5, 6, 7).

Podstawowym sposobem urabiania węgla przez koparkę łańcuchową (rys. 4) jest urabianie podpoziomowe piętra węglowego (gdy maszyna znajduje na poziomie ułożenia przenośnika poziomego) (piętro na rysunku ma miąższość od 13 m do 15 m). Poziom pracy koparki łańcuchowej jest wówczas również poziomem pracy koparki kołowej a także poziomem ułożenia przenośników współpracujących z obiema koparkami. Koparka łańcuchowa urabia piętro podpoziomowe natomiast koparka kołowa urabia piętro nadpoziomowe. Obydwa ciągi przenośników taśmowych (T-1 i T-2) znajdują się tym samym poziomie.

Innym sposobem pracy koparki łańcuchowej w rejonie deniwelacji spągowej jest (rys. 5) urabianie węgla podpiętrami:

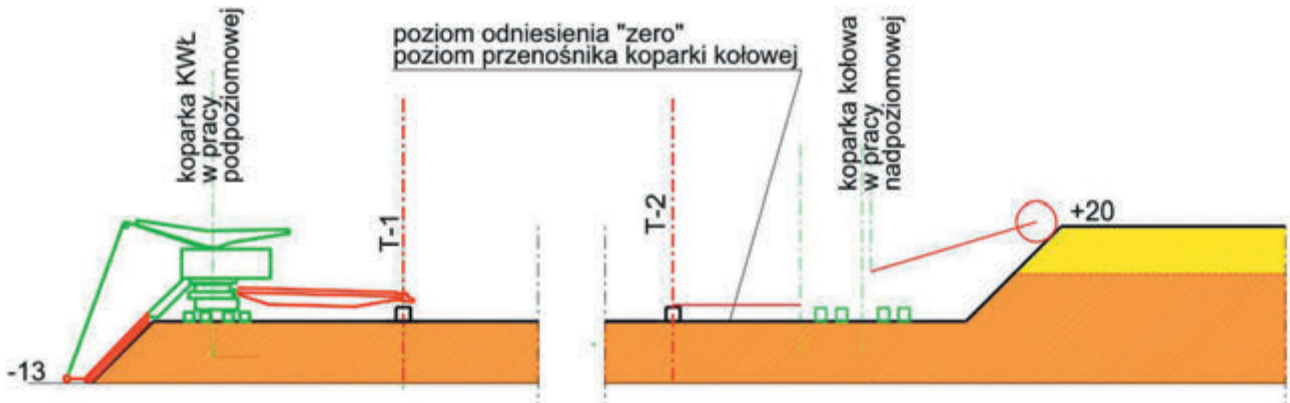
- podpoziomowo (gdy maszyna znajduje się poniżej poziomu ułożenia przenośnika poziomego) (w tym przypadku na rysunku w podpiętrze o wysokości do 13 m),
- oraz nadpoziomowo (również, gdy maszyna znajduje się poniżej poziomu ułożenia przenośnika poziomego) lub podpoziomowo (gdy maszyna znajduje się na poziomie ułożenia przenośnika poziomego) urabianie podpiętra (na rysunku do wysokości 7 m).

Całkowity, maksymalny zakres pracy koparki łańcuchowej w piętrze znajdującym się poniżej poziomu ułożenia przenośnika koparki łańcuchowej to suma wysokości obydwu podpięter (w tym przypadku 20 m). Obydwa ciągi przenośników taśmowych (T-1 i T-2) znajdują się na tym samym poziomie.

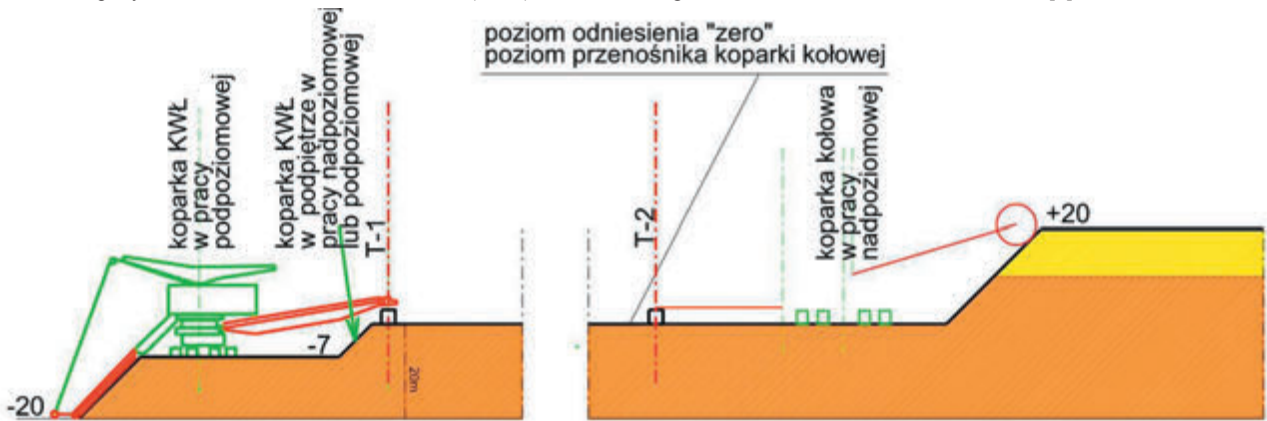
Następnym rozważanym sposobem pracy koparki łańcuchowej w rejonie deniwelacji spągowej (rys. 6) jest urabianie węgla podpiętrami:

- podpoziomowo (poniżej poziomu ułożenia przenośnika poziomego) (w tym przypadku na rysunku w podpiętrze o wysokości do 13 m – rzędna -35),
- oraz nadpoziomowo (również, gdy maszyna znajduje się poniżej poziomu ułożenia przenośnika) lub podpoziomowo (gdy maszyna znajduje na poziomie ułożenia przenośnika poziomego) podpiętra (do wysokości 7 m w tym przypadku na rysunku - rzędna -22).

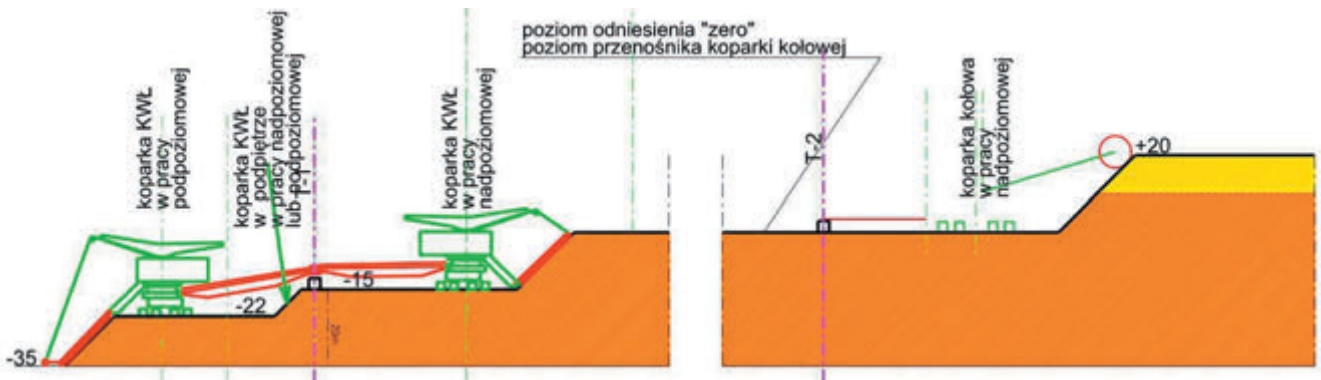
Całkowity maksymalny zakres pracy koparki łańcuchowej w piętrze znajdującym się poniżej poziomu ułożenia przenośnika to suma wysokości obydwu podpięter (w tym przypadku ok. 20 m). Poza tym koparka łańcuchowa w pracy nadpoziomowej (powyżej ułożenia przenośnika poziomego) urabia piętro do wysokości 15 m (t.j. do rzędnej 0). Zakres urabiania pod- i nadpoziomowego to suma wysokości obydwu pięter



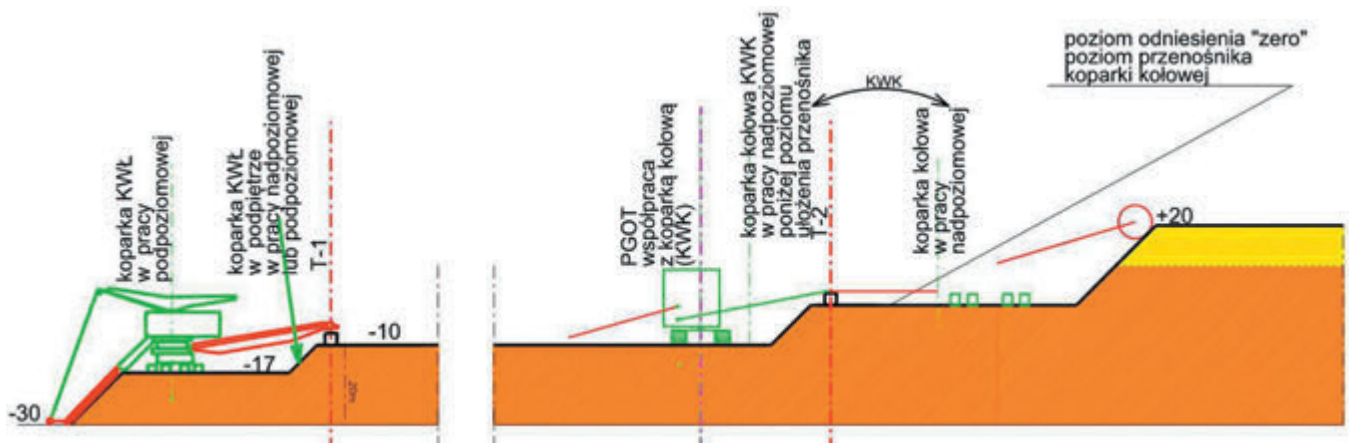
Rys. 4. Przykładowy sposób pracy koparki łańcuchowej (KWL) bez zastosowania obniżenia poziomu pracy koparki kołowej [4]
 Fig. 4. An exemplary method bucket chain excavator work (KWL) without lowering of the ordinate of bucket wheel excavator [4]



Rys. 5. Przykładowy sposób pracy koparki łańcuchowej w miejscach obniżenia spągu, eksploatacja podpoziomowa piętra o miąższości 20 m [4]
 Fig. 5. An exemplary method of the bucket chain excavator operations in coal floor drops, low-cut with depth of 20 m [4]



Rys. 6. Przykładowy sposób pracy koparki łańcuchowej w miejscach największego obniżenia spągu węgla [4]
 Fig. 6. An exemplary method of the bucket chain excavator operations in the areas of largest drops of coal seam [4]



Rys. 7. Przykładowy sposób pracy koparki łańcuchowej w miejscach największego obniżenia spągu węgla z wykorzystaniem przenośnika przejezdnego PGOT [4]
 Fig. 7. An exemplary method of the bucket chain excavator operations in the areas of largest drops of coal seam with use of PGOT mobile conveyor [4]

(w tym przypadku 35 m). Ciągi przenośników taśmowych (T-1 i T-2) nie znajdują się na tym samym poziomie. Alternatywą dla opisanego wcześniej i przedstawionego na rysunku 6 sposobu urabiania przez koparkę łańcuchową w rejonie deniwelacji spągowej pozwalającego na eksploatację węgla w głębokich deniwelacjach jest sposób jej pracy przedstawiony na rysunku 7. Jest to urabianie węgla w podpiętrach:

- podpoziomowo (poniżej poziomu ułożenia przenośnika) (na rysunku w podpiętrze o wysokości do 13 m - rzędna -30)
- oraz nadpoziomowo (również, gdy maszyna znajduje się poniżej poziomu ułożenia przenośnika) lub podpoziomowo (gdy maszyna znajduje się na poziomie ułożenia przenośnika poziomego) podpiętra (do wysokości 7 m w tym przypadku na rysunku 7 – rzędna -10).

Całkowity, maksymalny zakres pracy koparki łańcuchowej w piętrze znajdującym się poniżej poziomu ułożenia przenośnika poziomego to ok. 20 m.

W tym sposobie eksploatacji koparka kołowa współpracując z przenośnikiem przejezdny PGOT urabia nadpoziomowo

(stojąc poniżej poziomu ułożenia przenośnika) podpiętro (w tym przypadku na rysunku 7- do wysokości ok. 10 m) oraz nadpoziomowo (powyżej poziomu ułożenia przenośnika) podpiętro o wysokości nominalnej 20 m. Ciągi przenośników taśmowych (T-1 i T-2) nie znajdują się na tym samym poziomie.

Podsumowanie

Wykorzystanie koparki łańcuchowej jako koparki spągowej podczas urabiania węgla w przyspągowej części pokładu, zwłaszcza jej możliwości pracy poniżej poziomu ułożenia przenośnika poziomego, dają jej przewagę w stosunku do technologicznych możliwości wynikających z zastosowania koparki kołowej, zwłaszcza przy stromych nachyleniach warstw spągu złoża. Zastosowanie koparki łańcuchowej jako koparki spągowej powoduje, że zarówno ciąg przenośników poziomych, jak i sama koparka spągowa w rejonie swojej pracy może znajdować się zawsze powyżej spągu złoża, co wpływa na bezpieczeństwo jej pracy.

Literatura

- [1] Kasztelewicz Z.: *Koparki wielonaczyniowe i zwalowarki taśmowe. technologia pracy*, Kraków 2012
- [2] Wiśniewski S.: *Projektowanie kopalń. Część I – kopalnie odkrywkowe*, Wyd. PWr., Wrocław 1980
- [3] Wojciech Glapa, Jan Izidor Korzeniowski : *Mały leksykon górnictwa odkrywkowego*, Wydawnictwa i Szkolenia Górnictwa Burnat & Korzeniowski, Wrocław 2005
- [4] *Analiza zasadności budowy koparki łańcuchowej*, Poltegor Instytut ,Wrocław 2012



Z cyklu: Energia Ziemi

Fot. RS-K