

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246849 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433292**

(22) Data zgłoszenia: **2020.03.19**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.09.21 BUP 20/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.03.17 WUP 11/2025**

(51) MKP:

E21C 35/24 (2006.01)

E21C 27/02 (2006.01)

E21C 35/08 (2006.01)

G05D 1/02 (2020.01)

G06T 7/00 (2017.01)

(30) Pierwszeństwo:

16/359,051 2019.03.20 US

(73) Uprawniony z patentu:

**Joy Global Underground Mining LLC,
Warrendale, US**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**LEE DAVIS, Cranberry Township, GB
MATTHEW BEILSTEIN, Mercer, US**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Dariusz Świerczyński, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Ścianowy system wydobywczy

PL 246849 B1

Opis wynalazku

Niniejszy wynalazek dotyczy ścianowego systemu wydobywczego. A dokładniej niniejszy wynalazek dotyczy ścianowego systemu wydobywczego opierającego się na perspektywnym profilu kopalni.

Wydobywanie ścianowe rozpoczyna się od rozpoznania złoża materiału przeznaczonego do wydobycia, a następnie przeprowadza się „blokowanie” złoża z utworzeniem pól wybierania węgla przez drażnienie chodników wokół obwodu każdego pola wybierania. Podczas eksploatacji złoża (na przykład, wydobycia węgla) między sąsiednimi polami wybierania węgla można pozostawić wybrane słupy materiału nienaruszone jako pomoc we wsparciu leżących powyżej warstw geologicznych. Pola wybierania materiału są wydobywane przez ścianowy system wydobywczy, który zawiera elementy składowe, takie jak zautomatyzowane elektro-hydrauliczne obudowy ścianowe, maszyna do wybierania materiału (to jest wrębiarka ścianowa) oraz przenośnik ścianowy (AFC, ang.: „armored face conveyor”), równoległy do czoła przodka materiału. Gdy wrębiarka przemieszcza się wzdłuż szerokości czoła przodka materiału, aby usuwać warstwę lub zabiór materiału, obudowy ścianowe automatycznie przemieszczają się do przodu w celu podparcia stropu dopiero co odsłoniętego odcinka złoża. Przenośnik ścianowy AFC jest następnie przemieszczany do przodu przez obudowy ścianowe w kierunku czoła przodka materiału na odległość równą grubości warstwy materiału, usuniętej wcześniej przez wrębiarkę. Przemieszczanie AFC w kierunku czoła przodka materiału w taki sposób pozwala wrębiarce na oddziaływanie na czoło przodka materiału oraz na kontynuowanie wybierania materiału z czoła przodka.

Wrębiarka może być monitorowana w celu zagwarantowania, że ścianowy system wydobywczy nie doświadczy „utrąty horyzontu” (to jest, system wydobywczy ma pewne zrozumienie o tym, co znajduje się przed wrębiarką). Utrzymywanie horyzontu w ścianowym systemie wydobywczym umożliwia bardziej wydajne wydobywanie materiału przez zwiększenie do maksimum wydobycia materiału bez osłabienia podparcia dla leżących powyżej warstw geologicznych. Na przykład utrata horyzontu w ścianowym systemie wydobywczym może spowodować pogorszenie jakości materiału (na przykład gdy wraz z węglem jest wydobywany materiał niebędący węglem), pogorszenie stopnia wyrównania przodka lub powstawanie jam przez niekorzystny wpływ na leżące wyżej warstwy złoża. W pewnych okolicznościach utrata horyzontu może powodować uszkodzenie samego ścianowego systemu wydobywczego (na przykład w wyniku kolizji stropnicy obudowy ścianowej z wrębiarką).

Standardowo utrzymywanie horyzontu w ścianowym systemie wydobywczym wiąże się z wykorzystaniem danych obudów ścianowych, danych przenośnika ścianowego („AFC”), danych położenia wrębiarki, a także innych danych ścianowego systemu wydobywczego do tworzenia historycznego profilu kopalni. Profil kopalni jest historyczny w tym sensie, że opiera się na uzyskanych wcześniej danych z czujników w celu ustalenia warunków kopalni, jakie miały miejsce wcześniej (czyli w trakcie wcześniejszego cyklu wrębiarki wzdłuż czoła przodka materiału). Na przykład historyczny profil kopalni może scharakteryzować rynnociąg (ang.: „pan-line”) systemu wydobywczego przy zastosowaniu pomiarów położenia kątownego wrębiarki (na przykład kątów nachylenia poprzecznego i wzdłużnego) i pomiarów położenia poprzecznego wrębiarki (na przykład położenia wzdłuż czoła przodka materiału ustalonego przy użyciu czujników odstawy). Efektem historycznego profilu kopalni jest możliwość ostrzeżenia operatora lub ścianowego systemu wydobywczego o przeszłych warunkach czoła przodka materiału lub przeszłych niesprawnościach w procesie wydobycia.

Z drugiej strony perspektywny profil kopalni umożliwia wyprzedzające sterowanie ścianowym systemem wydobywczym w ramach przygotowania na warunki kopalni lub czoła przodka materiału, z jakimi ma się zetknąć wrębiarka. Na przykład ścianowy system wydobywczy może zawierać jedną lub więcej kamer do przechwytywania obrazów lub materiału wideo w obrębie kopalni. Kamery mogą być zamontowane na wrębiarce, obudowie ścianowej lub innej konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego. Kamery są stosowane do przechwytywania obrazów lub materiału wideo obszaru z przodu wrębiarki w kierunku ruchu wrębiarki. Sterownik odbiera sygnały z kamer i przetwarza je, na przykład przy użyciu technik wykrywania krawędzi i przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny (ang.: „optical flow image processing”). Po tym, jak sterownik przetworzy sygnały, sterownik może zidentyfikować i ocenić konstrukcje przed wrębiarką wzdłuż ścieżki z przodu wrębiarki. Na przykład sterownik może zidentyfikować rynnociąg i ustalić kształt rynnociągu, do którego zbliża się wrębiarka. Ustalony kształt rynnociągu może zostać uwzględniony w perspektywnym profilu kopalni, a następnie może być użyty do sterowania ścianowym systemem wydobywczym. Ustalony kształt rynnociągu może być również

porównany z wcześniejszą odwzorowaną wersją rynnociągu lub wcześniejszymi danymi czujnika powiązany z rynnociągiem, tak że sterownik może określić zmiany rynnociągu na podstawie uprzednich cykli wrębiarki.

Niniejszy wynalazek dotyczy ścianowego systemu wydobywczego zawierającego przenośnik ścianowy, wrębiarkę skonfigurowaną do przemieszczania wzdłuż przenośnika ścianowego w pierwszym kierunku albo w drugim kierunku, przy czym wrębiarka zawiera obudowę wrębiarki, pierwszą głowicę urabiającą biegnącą w pierwszym kierunku z dala od obudowy wrębiarki oraz drugą głowicę urabiającą biegnącą w drugim kierunku z dala od obudowy wrębiarki. Ścianowy system wydobywczy według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera pierwszą kamerę skonfigurowaną do generowania pierwszego sygnału powiązanego z pierwszym kierunkiem przemieszczania wrębiarki, drugą kamerę skonfigurowaną do generowania drugiego sygnału powiązanego z drugim kierunkiem przemieszczania wrębiarki, oraz sterownik zawierający trwały nośnik odczytywany przez komputer i procesor, przy czym sterownik zawiera instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku odczytywanym przez komputer do sterowania działaniem ścianowego systemu wydobywczego w celu odbierania pierwszego sygnału z pierwszej kamery, odbierania drugiego sygnału z drugiej kamery, analizowania co najmniej jednego spośród pierwszego sygnału i drugiego sygnału w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego przed wrębiarką w pierwszym kierunku albo w drugim kierunku, generowania perspektywicznego profilu kopalni w oparciu o jedną lub więcej krawędzi, oraz sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni.

Korzystnie pierwsza kamera i druga kamera są zamontowane na obudowie wrębiarki.

Korzystnie konstrukcję ścianowego systemu wydobywczego przed wrębiarką stanowi przenośnik ścianowy.

Korzystnie jedna lub więcej krawędzi przedstawiają rynnociąg wrębiarki.

Korzystnie instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku odczytywanym przez komputer do sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni obejmują instrukcje wykonywalne przez komputer do sterowania jedną spośród pierwszej głowicy urabiającej i drugiej głowicy urabiającej.

Korzystnie instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku odczytywanym przez komputer do sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni obejmują instrukcje wykonywalne przez komputer do sterowania przenośnikiem ścianowym.

Korzystnie sterownik zawiera ponadto instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane w nośniku odczytywanym przez komputer do sterowania działaniem ścianowego systemu wydobywczego, aby wykonywać algorytm jednoczesnej lokalizacji i odwzorowywania („SLAM”) w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego.

Korzystnie pierwsza kamera jest skonfigurowana do wykrywania zarówno światła widzialnego, jak i światła podczerwonego; oraz druga kamera jest skonfigurowana do wykrywania zarówno światła widzialnego, jak i światła podczerwonego.

Korzystnie pierwsza kamera jest zamontowana na obudowie ścianowej, przy czym obudowa ścianowa jest skonfigurowana do osłaniania wrębiarki przed położoną powyżej warstwą geologiczną.

Opisane tutaj postaci wykonania zapewniają ścianowy system wydobywczy, który zawiera przenośnik ścianowy, wrębiarkę, pierwszą kamerę, drugą kamerę oraz sterownik. Wrębiarka jest skonfigurowana do przemieszczania wzdłuż przenośnika ścianowego w pierwszym kierunku albo w drugim kierunku. Wrębiarka zawiera obudowę wrębiarki, pierwszą głowicę urabiającą biegnącą w pierwszym kierunku z dala od obudowy wrębiarki, a także drugą głowicę urabiającą biegnącą w drugim kierunku z dala od obudowy wrębiarki. Pierwsza kamera jest skonfigurowana do generowania pierwszego sygnału powiązanego z pierwszym kierunkiem przemieszczania wrębiarki. Druga kamera jest skonfigurowana do generowania drugiego sygnału powiązanego z drugim kierunkiem przemieszczania wrębiarki. Sterownik zawiera trwały nośnik odczytywany przez komputer i procesor. Sterownik zawiera również instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku odczytywanym przez komputer do sterowania działaniem maszyny przemysłowej w celu odbierania pierwszego sygnału z pierwszej kamery, odbierania drugiego sygnału z drugiej kamery, analizowania co najmniej jednego spośród pierwszego sygnału i drugiego sygnału w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego przed wrębiarką w pierwszym kierunku lub w drugim kierunku, generowania perspektywicznego profilu kopalni w oparciu o jedną lub więcej krawędzi oraz sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni.

Niniejsze ujawnienie przedstawia również sposób realizowany komputerowo do sterowania ścianowym systemem wydobywczym. Ścianowy system wydobywczy zawiera przenośnik ścianowy, wrębiarkę skonfigurowaną do przemieszczania wzdłuż przenośnika ścianowego w pierwszym kierunku albo w drugim kierunku, pierwszą kamerę, drugą kamerę oraz sterownik. Sposób obejmuje odbieranie pierwszego sygnału z pierwszej kamery, odbieranie drugiego sygnału z drugiej kamery, analizowanie co najmniej jednego spośród pierwszego sygnału i drugiego sygnału w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego przed wrębiarką w pierwszym kierunku przemieszczania wrębiarki albo w drugim kierunku przemieszczania wrębiarki, generowanie perspektywicznego profilu kopalni w oparciu o jedną lub więcej krawędzi oraz sterowanie ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni.

Niniejsze ujawnienie przedstawia ponadto sterownik do sterowania ścianowym systemem wydobywczym. Sterownik zawiera trwały nośnik odczytywany przez komputer i procesor. Sterownik zawiera również instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku odczytywanym przez komputer do sterowania działaniem maszyny przemysłowej w celu odbierania pierwszego sygnału z pierwszej kamery, odbierania drugiego sygnału z drugiej kamery, analizowania co najmniej jednego spośród pierwszego sygnału i drugiego sygnału w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego przed wrębiarką w pierwszym kierunku przemieszczania wrębiarki albo w drugim kierunku przemieszczania wrębiarki, generowania perspektywicznego profilu kopalni w oparciu o jedną lub więcej krawędzi oraz sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni.

Zanim jakiegokolwiek postaci wykonania zostaną objaśnione szczegółowo, należy zauważyć, że postaci wykonania nie ograniczają się w swoim zastosowaniu do szczegółów konfiguracji oraz rozmieszczenia elementów składowych przedstawionych w poniższym opisie lub zilustrowanych na załączonych rysunkach. Postaci wykonania można wykonać w praktyce lub zrealizować na różne sposoby. Należy również rozumieć, że stosowana tu frazeologia i terminologia służą jedynie opisowi i nie należy ich traktować jako ograniczające zakres wynalazku. Zastosowanie określeń „obejmujący”, „zawierający” lub „mający” i ich odmian ma na celu uwzględnić elementy wymienione dalej oraz ich odpowiedniki, jak również elementy dodatkowe. O ile nie określono inaczej lub ograniczono w inny sposób, określenia „zamontowany”, „połączony”, „podparty” i „sprężony” oraz ich odmiany stosuje się w szerokim znaczeniu i obejmują zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio mocowania, połączenia, podparcia i sprzężenia.

Ponadto należy rozumieć, że postaci wykonania mogą obejmować sprzęt, oprogramowanie i elementy składowe lub moduły elektroniczne, które, dla celów omówienia, mogą być przedstawione i opisane, jak gdyby większość elementów składowych została zrealizowana jedynie sprzętowo. Jednakże znawca w dziedzinie, na podstawie lektury niniejszego szczegółowego opisu, zorientuje się, że w co najmniej jednej postaci wykonania elektroniczne elementy składowe wynalazku można zrealizować w postaci oprogramowania (na przykład, przechowywane na trwałym nośniku odczytywanym przez komputer), wykonywalnego przez jedną albo większą liczbę jednostek przetwarzających, takich jak mikroprocesor i/albo wyspecjalizowane układy scalone ASIC (ang.: „Application Specific Integrated Circuit”). Należy zauważyć, że wiele urządzeń sprzętowych i programowych, jak również wiele różnych konstrukcyjnych elementów składowych jako takich, może być stosowanych do realizacji postaci wykonania. Na przykład, „serwery” i „urządzenia liczące” przedstawione w niniejszym opisie mogą obejmować jedną lub więcej jednostek przetwarzających, jeden lub więcej modułów nośników odczytywanych przez komputer, jeden lub więcej interfejsów wejścia/wyjścia i różne połączenia (na przykład magistralę systemową), łączące elementy składowe.

Inne aspekty postaci wykonania staną się zrozumiałe po zapoznaniu się z poniższym szczegółowym opisem i załączonymi figurami rysunku, na którym

fig. 1 przedstawia system wydobywczy, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania,

fig. 2 i 3 przedstawiają ścianowy system wydobywczy odnoszący się do systemu wydobywczego z fig. 1, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania,

fig. 4A, 4B i 4C przedstawiają wrębiarkę ścianową ścianowego systemu wydobywczego z fig. 2 i 3, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania,

fig. 5 przedstawia zmechanizowaną obudowę ścianową ścianowego systemu wydobywczego z fig. 2 i 3, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania,

fig. 6 przedstawia kamerę do stosowania w ścianowym systemie wydobywczym z fig. 2 i 3, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania,

fig. 7 przedstawia system monitorowania kopalni, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania,

fig. 8 przedstawia sterownik do systemu monitorowania kopalni z fig. 7, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania opisanymi,

fig. 9 przedstawia sposób sterowania ścianowym systemem wydobywczym z fig. 2 i 3, zgodnie z opisanymi tutaj postaciami wykonania.

Opisane tutaj postaci wykonania dotyczą sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni. Ścianowy system wydobywczy zawiera wiele obudów ścianowych, wrębiarkę oraz przenośnik ścianowy („AFC”). Jedna lub więcej kamer jest zamontowanych na wrębiarce, obudowach ścianowych albo zarówno na wrębiarce, jak i na obudowach ścianowych w taki sposób, że jedna lub więcej kamer generują sygnały powiązane z obszarem z przodu wrębiarki (to jest, obszarem z przodu wrębiarki w kierunku przemieszczania wrębiarki). Zamiast polegać wyłącznie na uzyskanych wcześniej danych z czujników powiązanych z ruchem wrębiarki i sterować ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o historyczny profil kopalni, sterownik stosuje sygnały z jednej lub więcej kamer do wygenerowania perspektywicznego profilu kopalni. Perspektywiczny profil kopalni zawiera jedną lub więcej wykrytych krawędzi konstrukcji powiązanych ze ścianowym systemem wydobywczym. Jedna lub więcej wykrytych krawędzi są wykrywane w obrazie lub sygnałach wideo przy użyciu technik wykrywania krawędzi i przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny. Bazując na przykład na kształcie wykrytych krawędzi i znanych kształtach konstrukcji powiązanych ze ścianowym systemem wydobywczym, sterownik może identyfikować konstrukcje znajdujące się przed wrębiarką. Na podstawie wykrytych krawędzi i konstrukcji sterownik może następnie zidentyfikować między innymi kształt rynnociągu lub drogi, jaką ma podążać wrębiarka, gdy pokonuje AFC. Ustalony kształt rynnociągu może zostać uwzględniony w perspektywicznym profilu kopalni i może być użyty do sterowania ścianowym systemem wydobywczym.

Fig. 1 przedstawia system 100 wydobywczy. System 100 wydobywczy zawiera ścianowy system 105 wydobywczy i system 110 monitorowania kopalni. System 100 wydobywczy jest skonfigurowany w taki sposób, że wydobywa materiał lub produkt (na przykład węgiel) z kopalni w wydajny sposób. Ścianowy system 105 wydobywczy fizycznie wydobywa materiał z kopalni podziemnej. System 110 monitorowania kopalni monitoruje działanie ścianowego systemu 105 wydobywczego w celu zagwarantowania wydajnego wydobycia materiału.

Fig. 2 przedstawia ścianowy system 105 wydobywczy, zawierający obudowy ścianowe 115 i wrębiarkę 120. Obudowy ścianowe 115 są połączone ze sobą, równolegle do czoła przodka materiału (patrz fig. 5), z użyciem połączeń elektrycznych i hydraulicznych. Obudowy ścianowe 115 osłaniają wrębiarkę 120 przed leżącymi powyżej warstwami geologicznymi. Liczba obudów ścianowych 115 stosowanych w ścianowym systemie 105 wydobywczym zależy od szerokości czoła przodka materiału poddawanego wydobywaniu, ponieważ obudowy ścianowe 115 mają za zadanie ochraniać całą szerokość czoła przodka materiału przed warstwami. Wrębiarka 120 jest przemieszana wzdłuż linii czoła przodka materiału przy użyciu przenośnika ścianowego AFC 125, który ma wyspecjalizowaną prowadnicę dla wrębiarki 120, biegnącą równolegle do czoła przodka materiału między samym czołem a obudowami ścianowymi 115. AFC 125 zawiera również przenośnik równoległy do prowadnicy wrębiarki, przez co wydobyty materiał spada na przenośnik w celu jego odprowadzenia od czoła przodka. Przenośnik i prowadnica przenośnika AFC 125 są napędzane za pomocą napędów 130 AFC znajdujących się w chodniku podścianowym 135 i chodniku nadścianowym 140, które są położone na oddalonych od siebie zakończeniach przenośnika AFC 125. Napędy 130 AFC umożliwiają przenośnikowi AFC 125 ciągłe transportowanie materiału w kierunku chodnika podścianowego 135 (po lewej stronie fig. 2). Napędy 130 AFC pozwalają również na przeciąganie wrębiarki 120 wzdłuż prowadnicy przenośnika AFC 125 dwukierunkowo i wzdłuż całego czoła przodka materiału. W niektórych postaciach wykonania, w zależności od określonego rozkładu kopalni, układ ścianowego systemu 105 wydobywczego może być inny niż opisany powyżej. Na przykład chodnik podścianowy 135 może znajdować się na prawym dalszym zakończeniu AFC 125, a chodnik nadścianowy 140 może znajdować się na lewym dalszym zakończeniu AFC 125. Ścianowy system 105 wydobywczy zawiera również przenośnik zgrzeblowy podścianowy (BSL, ang.: „beam stage loader”) 145, umieszczony prostopadle na zakończeniu od strony chodnika podścianowego 135 przenośnika ścianowego AFC 125.

Fig. 3 przedstawia widok perspektywiczny ścianowego systemu 105 wydobywczego oraz powiększony widok przenośnika zgrzeblowego podścianowego BSL 145. Gdy pozyskany materiał transportowany przez przenośnik ścianowy AFC 125 dotrze do chodnika podścianowego 135, jest on prowadzony

wzdłuż zakrętu 90° na przerośnik zgrzeblowy podścianowy BSL 145. W niektórych przypadkach przerośnik zgrzeblowy podścianowy BSL 145 łączy się z przerośnikiem ścianowym AFC 125 ukośnie (na przykład, pod kątem innym niż 90°). Przerośnik zgrzeblowy podścianowy BSL 145 przygotowuje następnie i ładuje materiał na przerośnik w chodniku podścianowym (nie przedstawiono), który transportuje materiał na powierzchnię. Materiał jest przygotowany do załadowania przez kruszarkę lub sortownik 150, który rozbija materiał w celu usprawnienia załadunku na przerośnik w chodniku podścianowym. Podobnie jak przerośnik ścianowy AFC 125, przerośnik zgrzeblowy podścianowy BSL 145 jest napędzany przez napęd 155 BSL.

Fig. 4A, 4B i 4C przedstawiają wrębiarkę 120. Wrębiarka 120 zawiera podłużną obudowę centralną 200, która mieści urządzenia sterujące wrębiarką 120. Poniżej obudowy 200 biegną stopy ślizgowe 205 i podchwyty 210 (fig. 4B). Stopy ślizgowe 205 podpierają wrębiarkę 120 po stronie czołowej przerośnika AFC 125 (na przykład, po stronie najbliższej czoła przodka materiału), a podchwyty 210 podpierają wrębiarkę 120 na przerośniku AFC 125 od strony zawaliska. W szczególności podchwyty 210 i zęby koła łańcuchowego sprzęgają się z prowadnicą AFC 125, pozwalając na napędzanie wrębiarki 120 wzdłuż przerośnika AFC 125 i czoła przodka materiału. W bok od obudowy 200 biegnie odpowiednio prawe i lewe ramię 215 i 220, przy czym są one unoszone i opuszczane za pomocą siłowników hydraulicznych, przymocowanych do ramion 215, 220 i obudowy 200. Na dalszym zakończeniu prawego ramienia 215 (w stosunku do obudowy 200) znajduje się prawa głowica urabiająca 225, a na dalszym zakończeniu lewego ramienia 220 znajduje się lewa głowica urabiająca 230. Każda głowica urabiająca 225, 230 jest napędzana przez silnik elektryczny 235, 240 za pośrednictwem przekładni w obrębie ramienia 215, 220. Każda z głowic urabiających 225, 230 ma wiele noży 245 (na przykład elementów urabiających), które urabiają czoło przodka materiału, gdy głowice urabiające 225, 230 się obracają, przez co materiał jest wybierany. Nożom 245 towarzyszą również dysze rozpylające, które rozpylają płyn w trakcie procesu wydobywania w celu rozpraszania szkodliwych i/albo palnych gazów, które gromadzą się w miejscu wydobywania, tłumienia pyłu i wspomaganie chłodzenia. Fig. 4B przedstawia widok z boku wrębiarki 120, zawierającej głowice urabiające 225, 230; ramiona 215, 220; podchwyty 210 i obudowę 200. Fig. 4B przedstawia również szczegół silnika 250 lewej odstawy oraz silnika 255 prawej odstawy.

Wrębiarka 120 zawiera również różne czujniki, na przykład, aby umożliwić automatyczne sterowanie wrębiarką 120. Na przykład, wrębiarka 120 zawiera pochyłomierz 260 lewego ramienia, pochyłomierz 265 prawego ramienia, czujniki 270 lewej przekładni odstawy, czujniki 275 prawej przekładni odstawy oraz czujnik 280 kąta nachylenia wzdłużnego i kąta nachylenia poprzecznego. Fig. 4C przedstawia przybliżone rozmieszczenie poszczególnych czujników. Należy zauważyć, że czujniki mogą być umieszczone w innych miejscach na wrębiarce 120. Pochyłomierze 260, 265 dostarczają informacji dotyczących kąta nachylenia ramion 215, 220. Położenie ramion można również mierzyć z użyciem przetworników liniowych, zamontowanych między każdym ramieniem 215, 220 a obudową 200. Czujniki 270, 275 przekładni odstawy dostarczają informacji na temat położenia wrębiarki 120 wzdłuż przerośnika AFC 125, a także prędkości i kierunku ruchu wrębiarki 120. Czujnik 280 kąta nachylenia wzdłużnego i poprzecznego dostarcza informacji dotyczących wyrównania kąтового obudowy 200. Jak przedstawiono na fig. 4C, nachylenie wzdłużne wrębiarki 120 odnosi się do odchylenia kąтового w kierunku do i od czoła przodka materiału, podczas gdy nachylenie poprzeczne wrębiarki 120 odnosi się do różnicy kątowej między prawą stroną wrębiarki 120 a lewą stroną wrębiarki 120, co bardziej wyraźnie przedstawiono z użyciem osi na fig. 4C. Zarówno nachylenie wzdłużne, jak i nachylenie poprzeczne wrębiarki 120 mierzy się w stopniach. Nachylenie dodatnie odnosi się do wrębiarki 120 odchylającej się od czoła przodka materiału (to jest, gdy strona przednia wrębiarki 120 znajduje się wyżej niż część wrębiarki 120 od strony zawaliska), podczas gdy nachylenie ujemne odnosi się do wrębiarki 120 nachylającej się w kierunku czoła przodka materiału (to jest, gdy strona przednia wrębiarki 120 znajduje się niżej niż część wrębiarki 120 od strony zawaliska). Dodatkowo nachylenie poprzeczne odnosi się do wrębiarki 120, nachylonej tak, że prawa strona wrębiarki 120 znajduje się wyżej niż lewa strona wrębiarki 120, podczas gdy ujemne nachylenie poprzeczne odnosi się do wrębiarki 120, nachylonej tak, że prawa strona znajduje się niżej niż lewa strona wrębiarki 120. Czujniki dostarczają informacji do określenia względnego położenia wrębiarki 120, prawej głowicy urabiającej 225 oraz lewej głowicy urabiającej 230.

Fig. 5 przedstawia ścianowy system 105 wydobywczy w widoku wzdłuż linii czoła przodka 300 materiału. Przedstawiono obudowę ścianową 115, która osłania wrębiarkę 120 przed położoną powyżej warstwą za pomocą wysuniętej stropnicy 305 obudowy ścianowej 115. Stropnica 305 jest przemiesz-

czana w pionie (to znaczy, przemieszczana w kierunku do i od warstwy) za pomocą stojaków hydraulicznych 310, 315. Lewy i prawy stojak hydrauliczny 310, 315 zawierają płyn pod ciśnieniem w celu podpierania stropnicy 305. Stropnica 305 wywiera wiele sił skierowanych do góry na warstwę geologiczną przez przyłożenie do stojaków hydraulicznych 310, 315 ciśnienia o różnych wartościach. Po stronie przedniej stropnicy 305 zamocowano deflektor lub osłonę 320, którą przedstawiono w położeniu odparcia o czoło na fig. 5. Osłona 320 może być także w pełni wysunięta za pomocą tłoka nurnikowego 325 osłony. Ramię postępowe 330 przymocowane do podstawy 335 umożliwia ciągnięcie obudowy ścianowej 115 w kierunku czoła przodka 300 materiału, w miarę wybierania warstw materiału, w celu podparcia dopiero co odsłoniętych warstw. Ramię postępowe 330 umożliwia również popychanie przez obudowę ścianową 115 przenośnika AFC 125 w kierunku czoła przodka 300 materiału.

Jak przedstawiono na fig. 4B, 4C i 5, ścianowy system 105 wydobywcy może również zawierać jedną lub więcej kamer do wizualnego monitorowania ścianowego systemu 105 wydobywczego. Na przykład na fig. 4B i 4C wrębiarka 120 zawiera pierwszą kamerę 400 oraz drugą kamerę 405. Pierwsza kamera 400 jest skierowana w kierunku lewej strony wrębiarki 120 i w kierunku lewej głowicy urabiającej 230. Pierwsza kamera 400 jest skierowana w dół czoła przodka 300 materiału powiązanego ze ścianowym systemem 105 wydobywczym po lewej stronie wrębiarki 120. Druga kamera 405 jest skierowana w kierunku prawej strony wrębiarki 120 i w kierunku prawej głowicy urabiającej 225. Druga kamera 405 jest skierowana w dół czoła przodka 300 materiału powiązanego ze ścianowym systemem 105 wydobywczym po prawej stronie wrębiarki 120. W odróżnieniu od innych czujników powiązanych ze ścianowym systemem 105 wydobywczym (na przykład pochyłomierzami 260, 265, czujnikami 270, 275 przekładni odstawy, czujnikiem 280 kąta nachylenia wzdłużnego i poprzecznego i tym podobnymi), które dostarczają informacji powiązanych z bieżącym i/albo wcześniejszym stanem wrębiarki 120, kamery 400, 405 są perspektywiczne. W niektórych postaciach wykonania kamery 400, 405 są stosowane w połączeniu z pochyłomierzem 260 lewego ramienia, pochyłomierzem 265 prawego ramienia, czujnikami 270 lewej przekładni odstawy, czujnikami 275 prawej przekładni odstawy oraz czujnikiem 280 kąta nachylenia wzdłużnego i poprzecznego w celu analizowania zarówno uzyskanych wcześniej danych powiązanych z wrębiarką 120 i czołem przodka 300, jak i danych perspektywicznych.

Kamery 400, 405 dostarczają informacji powiązanych z horyzontem wrębiarki 120 i rynnociągiem AFC 125. Rynnociąg oznacza płaszczyznę podłoża przenośnika AFC 125 i odpowiada ścieżce, którą podąża wrębiarka 120 podczas przemieszczania się na przenośniku AFC 125. W związku z tym, zamiast reagować na stan lub kształt rynnociągu, kamery 400, 405 umożliwiają wyprzedzające podejście do kompensacji stanu lub kształtu rynnociągu.

Dodatkowo albo alternatywnie, jedna lub więcej kamer mogą znajdować się na obudowie ścianowej, takiej jak obudowa ścianowa 115 z fig. 5. Na fig. 5 obudowę ścianową 115 przedstawiono jako zawierającą kamerę 410 i kamerę 415. Każda kamera 410, 415 może być ustawiona w taki sposób, że kamera jest skierowana do czoła przodka 300 materiału i/albo w dół rynnociągu. Kamery 410, 415 przedstawiono zarówno za pomocą kropki, jak i krzyżyka, celem wskazania, że w odniesieniu do płaszczyzny z fig. 5, kamery 410, 415 mogą być skierowane na fig. 5 (czyli w dół z prawej strony wrębiarki 120 i rynnociągu) lub skierowane poza fig. 5 (czyli w dół z lewej strony wrębiarki 120 i rynnociągu). W postaciach wykonania, które obejmują kamery 410, 415, które są montowane na obudowie ścianowej 115, na dodatkowych obudowach ścianowych zamontowane mogą być dodatkowe kamery (na przykład w równych odstępach) w taki sposób, że cały rynnociąg może być monitorowany niezależnie od położenia wrębiarki 120. Kamery 400, 405 na wrębiarce 120 i kamery 410, 415 na obudowie ścianowej 115 mogą być stosowane przez ścianowy system 105 wydobywcy oddzielnie lub w połączeniu ze sobą. W rezultacie ścianowy system 105 wydobywcy może wyprzedzająco sterować wrębiarką 120 i/albo obudowami ścianowymi 115 w oparciu o stan lub kształt rynnociągu przed wrębiarką 120, gdy wrębiarka 120 przemieszcza się w dół czoła przodka 300 materiału.

Fig. 6 przedstawia bardziej szczegółowo jedną z kamer 400, 405, 410, 415. Jak przedstawiono na fig. 6, każda z kamer 400, 405, 410, 415 może zawierać obudowę 420 kamery, przesłonę lub obiektyw 425 oraz sensor 430 kamery. Obudowa 420 kamery może chronić sensor 430 kamery przed brudem, zanieczyszczeniami i uszkodzeniami w środowisku górniczym. W niektórych postaciach wykonania obudowa 420 kamery jest skonstruowana w taki sposób, że jest przeciwybuchowa („XP”) i/albo samoistnie bezpieczna („IS”). Obiektyw 425 zapewnia również ochronę sensora 430 kamery. Jednak, ponieważ obiektyw 425 jest przezroczysty, to obiektyw 425 może zostać pokryty brudem lub zanieczyszczeniami, które mogą ograniczać widoczność sensora 430 kamery. W niektórych postaciach wykonania układ przewodów, na przykład na wrębiarce 120, może być użyty do kierowania strumienia

powietrza na obiektyw 425 jednej lub więcej kamer 400, 405, 410, 415. Strumień powietrza skierowany na obiektyw 425 może oderwać i usunąć brud lub zanieczyszczenia, które gromadzą się na obiektywie 425. Dodatkowo albo alternatywnie, w celu usunięcia brudu i zanieczyszczeń z obiektywu 425 można stosować pompę wodną lub strumień wody do rozpylenia wody na obiektywie 425.

Sensor 430 kamery kamer 400, 405, 410 i 415 może stanowić czujnik światła widzialnego, czujnik światła podczerwonego lub tym podobny. W niektórych postaciach wykonania sensor 430 kamery może wykrywać zarówno światło widzialne, jak i podczerwone, lub sensor 430 kamery zawiera wiele czujników tego rodzaju, że jeden czujnik może wykrywać światło widzialne, a drugi czujnik może wykrywać światło podczerwone. W niektórych postaciach wykonania jedna lub więcej spośród kamer 400, 405, 410, 415 zawiera czujnik światła do wykrywania pewnej ilości światła w pobliżu jednej lub więcej kamer 400, 405, 410, 415. Jeżeli czujnik światła wykryje odpowiednią ilość światła (na przykład równą albo większą niż progowa moc promieniowania) w pobliżu jednej lub więcej kamer 400, 405, 410, 415, to jedna lub więcej kamer 400, 405, 410, 415 realizuje wykrywanie przy użyciu czujnika światła widzialnego. Jeżeli czujnik światła wykryje nieodpowiednią ilość światła (na przykład poniżej progowej mocy promieniowania) w pobliżu jednej lub więcej kamer 400, 405, 410, 415, to jedna lub więcej kamer 400, 405, 410, 415 realizuje wykrywanie przy użyciu czujnika światła podczerwonego lub czujnika światła widzialnego w połączeniu z czujnikiem światła podczerwonego. W niektórych postaciach wykonania obraz światła podczerwonego można nałożyć na obraz światła widzialnego w celu utworzenia poprawionego obrazu.

Fig. 7 przedstawia system 500 monitorowania kopalni, który może być użyty do wykrywania i reagowania na problemy pojawiające się w podziemnym ścianowym systemie sterowania lub sterowniku 505. Sterownik 505 umieszczony jest na przykład w miejscu wydobywania i zawiera różne elementy składowe i elementy sterujące wrębiarki 120. W niektórych postaciach wykonania sterownik 505 zawiera też różne elementy składowe i elementy sterujące obudów ścianowych 115, AFC 115 i tym podobnych. Sterownik 505 komunikuje się z komputerem pod ziemią lub interfejsem 510 użytkownika i komputerem na powierzchni lub serwerem 520 za pośrednictwem przełącznika sieciowego 515, przy czym obydwa te elementy mogą być umieszczone w miejscu wydobywania. Komputer 520 na powierzchni komunikuje się ponadto ze zdalnym komputerem monitorującym 530 za pośrednictwem sieci 525. Zdalny komputer monitorujący 530 może być skonfigurowany do przetwarzania danych odbieranych z komputera 520 na powierzchni i/albo przez przełącznik sieciowy 515 ze sterownika 505.

Każdy z elementów składowych w systemie 500 monitorowania kopalni może być połączony komunikacyjnie dla potrzeb komunikacji dwukierunkowej. Ścieżki komunikacyjne między dowolnymi dwoma elementami składowymi systemu 500 monitorowania kopalni mogą stanowić ścieżki przewodowe (na przykład stosujące kable ethernetowe lub inne), bezprzewodowe (na przykład stosujące protokoły WiFi®, komórkowe, Bluetooth®) albo połączenie powyższych. Chociaż na fig. 7 przedstawiono jedynie podziemny ścianowy system wydobywczy oraz jeden przełącznik sieciowy, to z komputerem 520 na powierzchni mogą być połączone za pośrednictwem przełącznika sieciowego 515 dodatkowe maszyny górnicze, zarówno podziemne, jak i działające na powierzchni (a także alternatywne w stosunku do wydobywania ścianowego). Podobnie celem zapewnienia alternatywnych ścieżek komunikacyjnych między sterownikiem 505 a komputerem 520 na powierzchni uwzględnione mogą być dodatkowe przełączniki sieciowe lub połączenia.

System 500 monitorowania kopalni i sterownik 505 przedstawiono bardziej szczegółowo na fig. 8. Sterownik 505 jest połączony elektrycznie i/albo komunikacyjnie z różnymi modułami lub elementami składowymi ścianowego systemu 105 wydobywczego. Na przykład sterownik 505 jest połączony z komputerem pod ziemią lub interfejsem 510 użytkownika, przełącznikiem sieciowym 515, komputerem na powierzchni lub serwerem 520 (za pośrednictwem przełącznika sieciowego 515), siecią 525 (za pośrednictwem przełącznika sieciowego 515), modułem 535 źródła zasilania (na przykład modułem źródła zasilania AC pobierającym napięcie zasilające AC), jednym lub więcej czujnikami 540 powiązanych ze ścianowym systemem 105 wydobywczym, bazą danych 545 (na przykład do przechowywania obrazów lub wideo powiązanych ze ścianowym systemem 105 wydobywczym, profili elementów składowych i tym podobnych), pierwszą kamerą 550 i drugą kamerą 555. Chociaż w odniesieniu do systemu 500 monitorowania kopalni przedstawiono tylko pierwszą kamerę 550 i drugą kamerę 555, to możliwe jest zastosowanie dodatkowych kamer. Na przykład system monitorowania może zawierać każdą z kamer 400, 405, 410 i 415. W niektórych postaciach wykonania w systemie 500 monitorowania kopalni stosuje się więcej niż cztery kamery, a liczba kamer zastosowanych w systemie 500 monitorowania kopalni zmienia się w zależności od wielkości czoła przodka 300 materiału.

Sterownik 505 zawiera kombinacje sprzętu i oprogramowania, które mogą, między innymi, sterować działaniem ścianowego systemu 105 wydobywczego, komunikować się z komputerem 520 na powierzchni lub za pośrednictwem sieci 525, wykrywać rynnociąg ścianowego systemu 105 wydobywczego, generować perspektywiczny profil kopalni i tak dalej. W niektórych postaciach wykonania sterownik 505 zawiera wiele elektrycznych i elektronicznych elementów składowych, które zapewniają zasilanie, sterowanie działaniem oraz ochronę elementów składowych i modułów w obrębie sterownika 505 i/albo ścianowego systemu 105 wydobywczego. Na przykład sterownik 505 zawiera między innymi jednostkę przetwarzającą 560 (na przykład mikroprocesor, mikrosterownik lub inne odpowiednie urządzenie programowalne), pamięć 565, jednostki wejściowe 570 i jednostki wyjściowe 575. Jednostka przetwarzająca 560 zawiera, między innymi, jednostkę sterującą 580, jednostkę arytmetyczno-logiczną (ALU) 585 i wiele rejestrów 590 (przedstawionych jako grupa rejestrów na fig. 8), przy czym jest ona realizowana z wykorzystaniem znanej architektury komputerowej (na przykład zmodyfikowanej architektury harwardzkiej, architektury von Neumanna i tym podobnej). Jednostka przetwarzająca 560, pamięć 565, jednostki wejściowe 570 i jednostki wyjściowe 575, jak również rozmaite moduły, podłączone do sterownika 505, są połączone za pomocą jednej lub więcej magistrali sterującej i/albo magistrali danych (na przykład wspólnej magistrali 595). Magistrale sterujące i/albo magistrale danych przedstawiono ogólnie na fig. 8 w celach ilustracyjnych. Zastosowanie jednej lub więcej magistrali sterujących i/albo magistrali danych dla potrzeb wzajemnego połączenia i komunikacji między różnymi modułami i elementami składowymi będzie wiadome znawcom w dziedzinie w świetle niniejszego wynalazku.

Pamięć 565 stanowi trwały nośnik odczytywany przez komputer i zawiera na przykład obszar pamięci programu i obszar pamięci danych. Obszar pamięci programu i obszar pamięci danych mogą zawierać kombinacje różnych typów pamięci, takich jak ROM, RAM (na przykład DRAM, SDRAM i tym podobne), EEPROM, pamięć typu flash, dysk twardy, karta SD lub inne odpowiednie magnetyczne, optyczne, fizyczne lub elektroniczne urządzenia pamięciowe. Jednostka przetwarzająca 560 jest połączona z pamięcią 565 i wykonuje instrukcje oprogramowania, które mogą być przechowywane w pamięci RAM pamięci 565 (na przykład podczas wykonywania), pamięci ROM pamięci 565 (na przykład zasadniczo w sposób trwały) lub innym trwałym nośniku danych, takim jak inna pamięć lub dysk. Oprogramowanie dołączone do ścianowego systemu 105 wydobywczego może być przechowywane w pamięci 565 sterownika 505. Oprogramowanie zawiera, na przykład, oprogramowanie układowe, jedną lub więcej aplikacji, dane programu, filtry, procedury, jeden lub więcej modułów programowych, oprogramowanie do przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny, algorytm wykrywania krawędzi (na przykład algorytm jednoczesnej lokalizacji i odwzorowywania SLAM (ang.: „simultaneous localization and mapping”), a także inne instrukcje wykonywalne. Sterownik 505 jest skonfigurowany tak, że pobiera z pamięci 565 i wykonuje między innymi instrukcje związane z procesami i sposobami sterowania tutaj opisanymi. W innych konstrukcjach sterownik 505 zawiera dodatkowe, zawiera mniej lub zawiera inne elementy składowe. W niektórych postaciach wykonania oprogramowanie dołączone do ścianowego systemu 105 wydobywczego może być przechowywane w pamięci komputera 520 na powierzchni lub zdalnego komputera monitorującego 530. W takich postaciach wykonania komputer 520 na powierzchni lub zdalny komputer monitorujący 530 jest skonfigurowany do pobierania z pamięci i wykonywania instrukcji związanych z procesami i sposobami sterowania tutaj opisanymi (na przykład oprogramowania do przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny, algorytmu wykrywania krawędzi i tym podobnych).

Czujniki 540 zawierają pochyłomierz 260 lewego ramienia, pochyłomierz 265 prawego ramienia, czujniki 270 lewej przekładni odstawy, czujniki 275 prawej przekładni odstawy oraz czujnik 280 kąta nachylenia wzdłużnego i poprzecznego, jak opisano powyżej w odniesieniu do fig. 4C. Te czujniki 540 mogą być stosowane przez sterownik 505 w sposób historyczny celem scharakteryzowania bieżącego i/albo wcześniejszego stanu wrębiarki 120 lub rynnociągu powiązanych ze ścianowym systemem 105 wydobywczym. Taki historyczny ścianowy system wydobywczy opisano w amerykańskim dokumencie patentowym o nr US 9,726,017, udzielonym 8 sierpnia 2017 i zatytułowanym „HORIZON MONITORING FOR LONGWALL SYSTEM”, którego zawartość włącza się tutaj w całości na zasadzie odniesienia. Jednak sterownik 505 może również stosować kamery 550 i 555 w sposób perspektywiczny celem scharakteryzowania przyszłego stanu rynnociągu powiązanego ze ścianowym systemem 105 wydobywczym, z jakim zetknie się wrębiarka 120.

Kamery 550, 555 przechwytyją obrazy lub materiał wideo z obszarów w pobliżu wrębiarki 120 lub obudów ścianowych 115. W postaciach wykonania, w których kamery 550, 555 są zamontowane na wrębiarce 120, sterownik 505 ustala kierunek ruchu wrębiarki 120. W oparciu o kierunek ruchu wrębiarki

120 sterownik 505 analizuje obrazy lub materiał wideo przechwytywane z jednej z kamer 550, 555. W niektórych postaciach wykonania, w oparciu o kierunek ruchu wrębiarki 120, sterownik 505 selektywnie WŁĄCZA jedną z kamer 550, 555 i WYŁĄCZA drugą w taki sposób, że sterownik 505 odbiera wyłącznie obrazy lub materiał wideo z jednej z kamer 550, 555. W innych postaciach wykonania sterownik 505 odbiera sygnały obrazu lub wideo z każdej z kamer 550, 555 i może ignorować sygnały odbierane z jednej z kamer 550, 555 zwróconej w kierunku przeciwnym od aktualnego kierunku ruchu wrębiarki 120. Ignorowanie sygnałów z jednej z kamer 550, 555 obejmuje na przykład odrzucenie sygnałów, nieprzetwarzanie sygnałów, niewykonywanie wykrywania krawędzi lub przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny z użyciem sygnałów lub niesterowanie ścianowym systemem 105 wydobywczym w oparciu o te sygnały. Ponieważ wrębiarka 120 przemieszcza się wyłącznie w jednym kierunku w danym momencie, to potrzebna jest wyłącznie jedna skierowana do przodu lub perspektywiczna kamera 550, 555 do oszacowania zbliżającego się rynnociągu, z jakim ma się zetknąć wrębiarka 120, i wygenerowania perspektywnego profilu kopalni.

W postaciach wykonania, w których kamery 550, 555 są zamontowane na obudowie ścianowej 115, sterownik 505 może ustalić położenie i kierunek ruchu wrębiarki 120 w oparciu o obrazy lub materiał wideo odbierane z wielu kamer. W innych postaciach wykonania sterownik 505 ustala położenie i kierunek ruchu wrębiarki 120 w oparciu o inne czujniki powiązane z wrębiarką 120. Na przykład, w postaciach wykonania, w których kamery 550, 555 są zamontowane na obudowie ścianowej 115, stosuje się wiele kamer 550, 555 w ścianowym systemie 105 wydobywczym w celu zagwarantowania uchwycenia całej długości AFC 125. Obrazy lub materiał wideo z każdej kamery w ścianowym systemie 105 wydobywczym mogą być oszacowane celem ustalenia położenia i kierunku ruchu wrębiarki 120 wzdłuż AFC 125. W niektórych postaciach wykonania algorytm przetwarzania obrazu może być użyty do wykrywania położenia wrębiarki 120 na podstawie jednego lub więcej obrazów lub jednego lub więcej strumieni wideo z kamer 550, 555. Na przykład sterownik 505 zawiera instrukcje wykonywalne przez komputer do przeprowadzania wykrywania krawędzi i przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny w obrębie jednego lub więcej obrazów lub strumieni wideo. W niektórych postaciach wykonania sterownik 505 jest skonfigurowany do realizowania techniki wykrywania SLAM (na przykład w celu wykrywania różnic między oczekiwanym kształtem wrębiarki a wykrytym kształtem wrębiarki). W innych postaciach wykonania sterownik 505 może realizować inne techniki wykrywania krawędzi, na przykład wykrywanie krawędzi metodą Canny'ego lub inny sposób wykrywania pierwszego rzędu, sposób wykrywania drugiego rzędu (na przykład techniki różnicowe), zgodności faz, algorytmem PST (ang.: „phase stretch transform”) i tym podobne. Sterownik 505 stosuje przetwarzanie obrazu stosujący przepływ optyczny na przykład do obliczania ruchu pikseli z jednego obrazu lub ramki obrazu do następnego obrazu lub ramki obrazu. Zmiany pikseli z obrazu lub ramki obrazu umożliwiają sterownikowi śledzenie ruchu elementów składowych ścianowego systemu 105 wydobywczego. Sterownik 505 może być skonfigurowany do realizacji jednej lub więcej technik przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny, takich jak metoda korelacji faz, metoda blokowa, metoda różnicowa (na przykład metoda Horna-Schuncka, metoda Buxtona-Buxtona, metoda Blacka-Jepsona i tym podobne) lub dyskretne metody optymalizacji.

Technika analizy obrazu lub wideo realizowana przez sterownik 505 jest dostosowana do ścianowego systemu wydobywczego, takiego jak ścianowy system 105 wydobywczy. W rezultacie sterownik 505 jest w stanie realizować technikę analizy obrazu lub wideo w celu zidentyfikowania określonych cech ścianowego systemu 105 wydobywczego. Jak opisano powyżej, w niektórych postaciach wykonania oprócz wykrywania rynnociągu sterownik 505 jest skonfigurowany do wykrywania wrębiarki 120. Na przykład obudowa 200 ma spójny kształt, nawet gdy ramiona 215, 220 są połączone przegubowo. Sterownik 50 odbiera sygnały obrazu lub wideo z kamer 550, 555, wykrywa krawędzie w obrębie przechwyconych sygnałów obrazu lub wideo i porównuje wykryte kształty krawędzi ze znaną geometrią lub konstrukcją obudowy 200. W niektórych postaciach wykonania pamięć 565 lub baza danych 545 przechowuje jeden lub więcej modeli dotyczących wyglądu obudowy 200 (lub dowolnego innego elementu składowego ścianowego systemu 105 wydobywczego) dla potrzeb porównania z wykrytymi krawędziami. W rezultacie sterownik 105 jest skonfigurowany do wykrywania jednego lub więcej obiektów w obrębie ścianowego systemu 105 wydobywczego dla potrzeb identyfikacji położenia obiektów lub wykrywania kształtu rynnociągu. Sterownik 505 może również wykrywać, w jaki sposób jeden lub więcej obiektów zmieniają się na poszczególnych obrazach przy użyciu przetwarzania obrazu stosującego przepływ optyczny.

W postaciach wykonania, w których kamery 550, 555 są skierowane w dół czoła przodka 300 materiału, kamery 550, 555 skierowane w kierunku ruchu wrębiarki 120 (czyli kamera perspektywiczna)

generują sygnały, które są odbierane przez sterownik 505. Sterownik przetwarza i analizuje sygnały z kamer 550, 555 w opisany powyżej sposób przez realizowanie wykrywania krawędzi w celu zidentyfikowania elementów składowych lub cech ścianowego systemu 105 wydobywczego. Na przykład sterownik 505 może być skonfigurowany do identyfikowania poszczególnych segmentów (na przykład połączonych wypukłych segmentów) AFC 125 lub krawędzi górnej rynny przesypowej. AFC 125 podąża za rynnociągiem kopalni, gdy rynnociąg unosi się i opada (czyli w kierunku pionowym Z [patrz fig. 5]) lub biegnie w kierunku do lub od obudów ścianowych 115 (czyli w kierunku poziomym Y [patrz fig. 5]).

Sterownik 505 jest skonfigurowany do ustalania kształtu rynnociągu, przy którym wkrótce się znajdzie wrębiarka 120, na podstawie połączenia kilku segmentów AFC 125. Dodatkowo albo alternatywnie sterownik 505 jest skonfigurowany do identyfikowania stropnicy 305 każdej obudowy ścianowej 115. Podobnie do segmentów AFC 125 obudowy ścianowe mogą podążać za rynnociągiem czoła przodka 300 materiału. Dzięki identyfikacji granic stropnicy 305 i połączeniu ze sobą kilku stropnic sterownik 505 jest skonfigurowany do ustalania kształtu rynnociągu, przy którym wkrótce znajdzie się wrębiarka 120. Segmenty AFC 125 i stropnicę 305 obudowy ścianowej 115 zapewniono jako przykłady ilustrujące cechy, jakie sterownik 505 może stosować do identyfikacji rynnociągu czoła przodka 300 materiału przed wrębiarką 120. W niektórych postaciach wykonania w celu wykrywania rynnociągu stosować można samodzielnie lub w połączeniu dodatkowo lub inne cechy ścianowego systemu 105 wydobywczego, gdy cechy te są zgodne z rynnociągiem i mogą być na przykład spójnie identyfikowane wzdłuż długości czoła przodka 300 materiału. W niektórych postaciach wykonania ustalony kształt rynnociągu można również porównać z odwzorowaną wcześniejszą wersją rynnociągu, przez co sterownik 505 może określić zmiany w rynnociągu na podstawie wcześniejszych cykli wrębiarki.

Gdy wrębiarka 120 dotrze do końca AFC 125, to wrębiarka 120 jest sterowana w taki sposób, że przemieszcza się w kierunku przeciwnym wzdłuż AFC 125. W rezultacie w postaciach wykonania, w których kamery 550, 555 są zamontowane na wrębiarce 120, sterownik 505 może przełączać się między kamerami 550, 555, aby ponownie przetwarzać i analizować sygnały obrazu lub wideo z jednej z kamer 550, 555, która jest zwrócona w kierunku ruchu wrębiarki 120.

Fig. 9 przedstawia sposób 600 sterowania ścianowym systemem 105 wydobywczym. Sposób 600 rozpoczyna się od działania ścianowego systemu 105 wydobywczego, a sterownik 505 generuje jeden lub więcej sygnałów sterujących dla wrębiarki 120 ścianowego systemu 105 wydobywczego (ETAP 605). Sygnały sterujące obejmują na przykład sygnały powiązane z wrębiarką 120 przemieszczającą się wzdłuż AFC 125. Gdy sterownik 505 steruje wrębiarką 120, sterownik 505 odbiera sygnały od wielu czujników (ETAP 610). Sygnały z czujników obejmują między innymi sygnały z pochłomiernia 260 lewego ramienia, pochłomiernia 265 prawego ramienia, czujników 270 lewej przekładni odstawy, czujników 275 prawej przekładni odstawy oraz czujnika 280 kąta nachylenia wzdłużnego i poprzecznego. Sterownik 505 jest skonfigurowany do stosowania tych odebranych sygnałów do sterowania działaniem wrębiarki 120 i/albo generowania profilu kopalni powiązanego ze ścianowym systemem 105 wydobywczym. Profil kopalni generowany przez sterownik 105 może obejmować profil rynnociągu, profil wrębu przystropowego, profil wrębu przyspągowego, profil nachylenia wzdłużnego, profil podniesienia i tym podobne. Takie profile generowane przez sterownik 505 odpowiadają uzyskanym wcześniej danym czujników, które zostały odebrane przez sterownik 505 i skompilowane z uzyskaniem pożądanego profilu (profilu). Jednak te profile stanowią profile historyczne, ponieważ dotyczą sytuacji, których wrębiarka 120 już doświadczyła (na przykład profil dla wcześniejszego cyklu wrębiarki 120 przemieszczającej się wzdłuż AFC 125).

Sterownik 505 jest również skonfigurowany do sterowania działaniem ścianowego systemu 105 wydobywczego w sposób perspektywiczny. Sterownik 505 odbiera jeden lub więcej sygnałów obrazu lub wideo z kamer 550, 555 (ETAP 615). Sterownik analizuje sygnały obrazu i wideo z kamer 550, 555 w sposób opisany powyżej do wykrywania na przykład krawędzi jednego lub więcej elementów składowych ścianowego systemu 105 wydobywczego (na przykład obudów ścianowych 115, wrębiarki 120, AFC 125, i tym podobnych) (ETAP 620). Na podstawie przeanalizowanych sygnałów obrazu lub wideo z kamer 550, 555 sterownik 505 generuje perspektywiczny profil kopalni (ETAP 625). Perspektywiczny profil kopalni obejmuje na przykład wizualną reprezentację rynnociągu. Wizualna reprezentacja może być odtworzona na wyświetlaczu (na przykład na komputerze 510 pod ziemią lub zdalnym komputerze monitorującym 530) lub może pozostawać w postaci danych dla potrzeb przetwarzania i sterowania przez sterownik 505. W niektórych postaciach wykonania perspektywiczny profil kopalni może również obejmować perspektywiczny profil wrębu przystropowego, perspektywiczny profil wrębu przyspągo-

wego, perspektywiczny profil nachylenia wzdłużnego, perspektywiczny profil podniesienia i tym podobne. Różne rodzaje profili perspektywicznych, które mogą być zawarte w wygenerowanym perspektywicznym profilu kopalni, mogą być wygenerowane w sposób opisany powyżej przez wykrywanie krawędzi różnych elementów składowych ścianowego systemu 105 wydobywczego. Na przykład profil wrębu przystropowego może być wygenerowany w oparciu o wykryte krawędzie obudów ścianowych 115, a profil rynnościagu może być wygenerowany w oparciu o wykryte krawędzie AFC 125. Perspektywiczny profil kopalni wygenerowany przez sterownik 505 może również obejmować obliczone lub oszacowane parametry ścianowego systemu 105 wydobywczego. Na przykład parametry ścianowego systemu wydobywania, które mogą być określone na podstawie profilu perspektywicznego, obejmują parametr stopni spagowych, parametr wydobywania, parametr nachylenia wzdłużnego, parametr szybkości zmiany kąta nachylenia poprzecznego i tym podobne dla części czoła przodka 300 materiału, w której ma znaleźć się wrębiarka 120. Te i inne parametry powiązane ze ścianowym systemem wydobywczym opisano w amerykańskim dokumencie patentowym o nr US 9,726,017, którego zawartość włączono w całości za zasadzie odniesienia.

W odróżnieniu od historycznych ścianowych systemów wydobywczych, perspektywiczny ścianowy system wydobywczy stosujący kamery 550, 555 może wyprzedzająco sterować ścianowym systemem 105 wydobywczym w oparciu o to, gdzie ma znaleźć się wrębiarka 120 (to jest, nie wyłącznie w oparciu o to, gdzie już wrębiarka była). Na przykład perspektywiczny profil kopalni może obejmować parametr stopni spagowych powiązany z przyszłymi zmianami podniesienia w rynnościagu. Historyczne ścianowe systemy wydobywcze mogły reagować wyłącznie na te zmiany, ostrzegając operatora, że wystąpiła wcześniej zmiana podniesienia, na przykład wydobyto mniej materiału niż było pożądane. Profil perspektywiczny może być użyty do generowania jednego lub więcej sygnałów sterujących (ETAP 630) w celu sterowania działaniem ścianowego systemu 105 wydobywczego (ETAP 635).

Sygnały sterujące obejmują sygnały sterujące dla obudów ścianowych 115, wrębiarki 120, AFC 125 i tym podobnych. Na przykład perspektywiczny profil kopalni jest stosowany przez sterownik 505 do sterowania wysokością lub przemieszczaniem do przodu obudów ścianowych 115 przed wrębiarką 120. Perspektywiczny profil kopalni może być stosowany do sterowania prawym ramieniem 215, prawą głowicą urabiającą 225, lewym ramieniem 220 oraz lewą głowicą urabiającą 230, aby bardziej wydajnie wybierać materiał z czoła przodka 300 materiału. Perspektywiczny profil kopalni może być również stosowany do sterowania AFC 125 (na przykład prędkością obrotową napędów 130 AFC), aby bardziej wydajnie wydobywać materiał z kopalni (na przykład w oparciu o ilość materiału, jaka ma zostać wydobyta). Sterowanie obudowami ścianowymi 115, wrębiarką 120 i AFC 125 w oparciu o perspektywiczny profil kopalni to przykładowe sposoby sterowania dla ścianowego systemu 105 wydobywczego. Jednak inne elementy składowe ścianowego systemu 105 wydobywczego mogą być również kontrolowane w oparciu o perspektywiczny profil kopalni (na przykład BSL 145, kruszarka lub sortownik 150 i tym podobne). Ponadto etapy sposobu 600 zostały przedstawione w przykładowej kolejności. Jednak różne etapy przedstawionego sposobu 600 mogą być usunięte ze sposobu 600 lub realizowane w innej kolejności niż określona kolejność przedstawiona na fig. 9. Na przykład sposób 600 może być zmodyfikowany w taki sposób, że sygnały z czujników 540 i sygnały z kamer 550, 555 są odbierane i przetwarzane przez sterownik 505, zanim wrębiarka 120 w wyniku sterowania przemieści się wzdłuż AFC 125.

Zatem postaci wykonania tutaj opisane zapewniają między innymi systemy i sposoby sterowania ścianowym systemem wydobywczym w oparciu o perspektywiczny profil kopalni. Różne cechy i korzyści niniejszego wynalazku przedstawiono w poniższych zastrzeżeniach.

Zastrzeżenia patentowe

1. Ścianowy system wydobywczy (100) zawierający:
 - przenośnik ścianowy (125),
 - wrębiarkę (120) skonfigurowaną do przemieszczania wzdłuż przenośnika ścianowego (125) w pierwszym kierunku albo w drugim kierunku, przy czym wrębiarka (120) zawiera obudowę (200) wrębiarki, pierwszą głowicę urabiającą (225) biegnącą w pierwszym kierunku z dala od obudowy (200) wrębiarki oraz drugą głowicę urabiającą (230) biegnącą w drugim kierunku z dala od obudowy (200) wrębiarki,**znamienny tym, że**
 - zawiera

pierwszą kamerę (400) skonfigurowaną do generowania pierwszego sygnału powiązanego z pierwszym kierunkiem przemieszczania wrębiarki (120),
drugą kamerę (405) skonfigurowaną do generowania drugiego sygnału powiązanego z drugim kierunkiem przemieszczania wrębiarki (120), oraz
sterownik (505) zawierający trwały nośnik (565) odczytywany przez komputer i procesor (560), przy czym sterownik (505) zawiera instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku (565) odczytywanym przez komputer do sterowania działaniem ścianowego systemu wydobywczego (100) w celu:

odbierania pierwszego sygnału z pierwszej kamery (400),
odbierania drugiego sygnału z drugiej kamery (405),
analizowania co najmniej jednego spośród pierwszego sygnału i drugiego sygnału w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego (100) przed wrębiarką (120) w pierwszym kierunku albo w drugim kierunku,
generowania perspektywicznego profilu kopalni w oparciu o jedną lub więcej krawędzi, oraz
sterowania ścianowym systemem wydobywczym (100) w oparciu o perspektywiczny profil kopalni.

2. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwsza kamera (400) i druga kamera (405) są zamontowane na obudowie (200) wrębiarki (120).
3. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 1, **znamienny tym**, że konstrukcję ścianowego systemu wydobywczego (100) przed wrębiarką (120) stanowi przenośnik ścianowy (125).
4. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 3, **znamienny tym**, że jedna lub więcej krawędzi przedstawiają rynnociąg wrębiarki (120).
5. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 4, **znamienny tym**, że instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku (565) odczytywanym przez komputer do sterowania ścianowym systemem wydobywczym (100) w oparciu o perspektywiczny profil kopalni obejmują instrukcje wykonywalne przez komputer do sterowania jedną spośród pierwszej głowicy urabiającej (225) i drugiej głowicy urabiającej (230).
6. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 4, **znamienny tym**, że instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane na nośniku (565) odczytywanym przez komputer do sterowania ścianowym systemem wydobywczym (100) w oparciu o perspektywiczny profil kopalni obejmują instrukcje wykonywalne przez komputer do sterowania przenośnikiem ścianowym (125).
7. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sterownik (505) zawiera ponadto instrukcje wykonywalne przez komputer przechowywane w nośniku (565) odczytywanym przez komputer do sterowania działaniem ścianowego systemu wydobywczego (100), aby wykonywać algorytm jednoczesnej lokalizacji i odwzorowywania („SLAM”) w celu identyfikacji jednej lub więcej krawędzi konstrukcji ścianowego systemu wydobywczego (100).
8. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwsza kamera (400) jest skonfigurowana do wykrywania zarówno światła widzialnego, jak i światła podczerwonego; oraz druga kamera (405) jest skonfigurowana do wykrywania zarówno światła widzialnego, jak i światła podczerwonego.
9. Ścianowy system wydobywczy (100) według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierwsza kamera (400) jest zamontowana na obudowie ścianowej (115), przy czym obudowa ścianowa (115) jest skonfigurowana do osłaniania wrębiarki (120) przed położoną powyżej warstwą geologiczną.

Rysunki

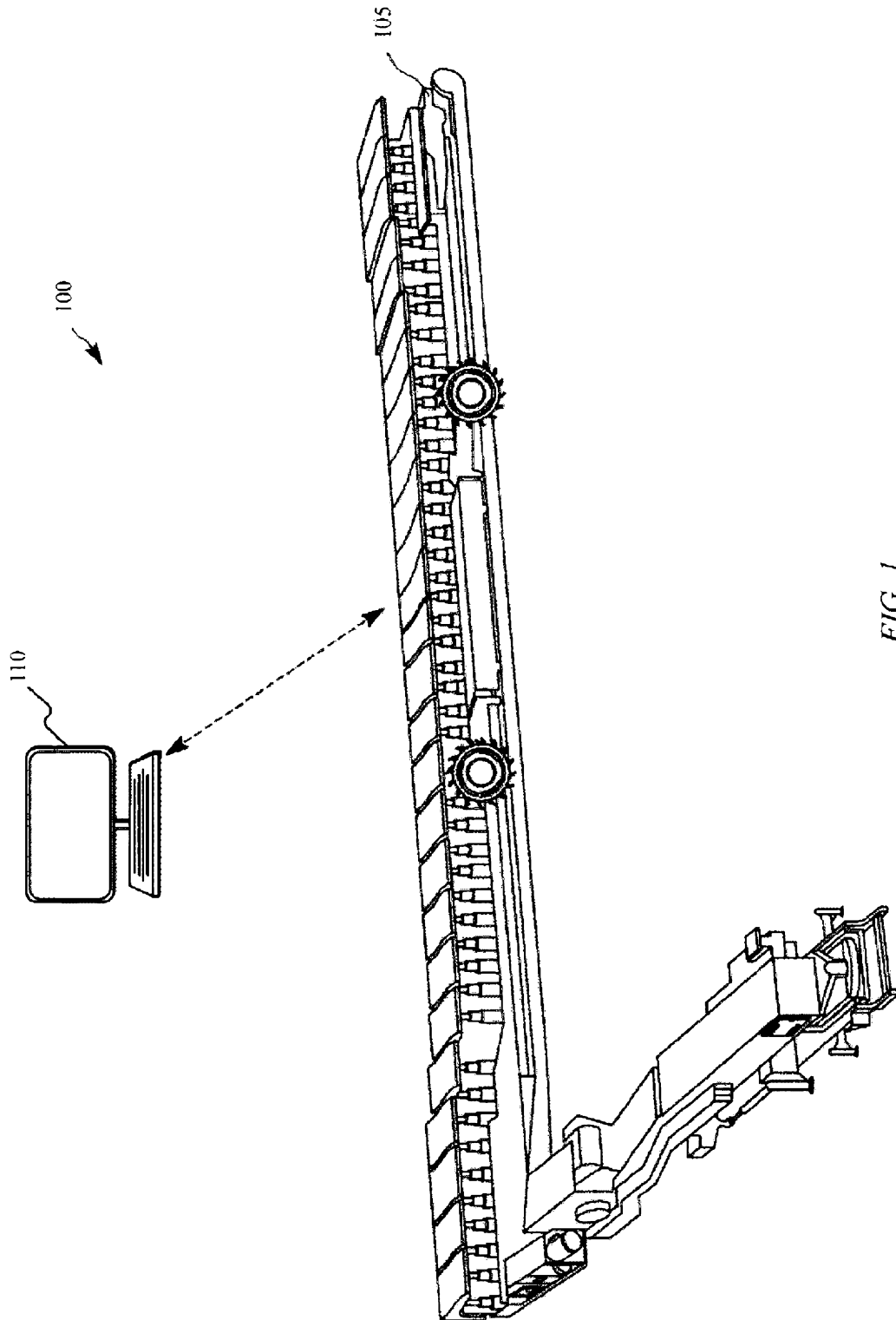


FIG. 1

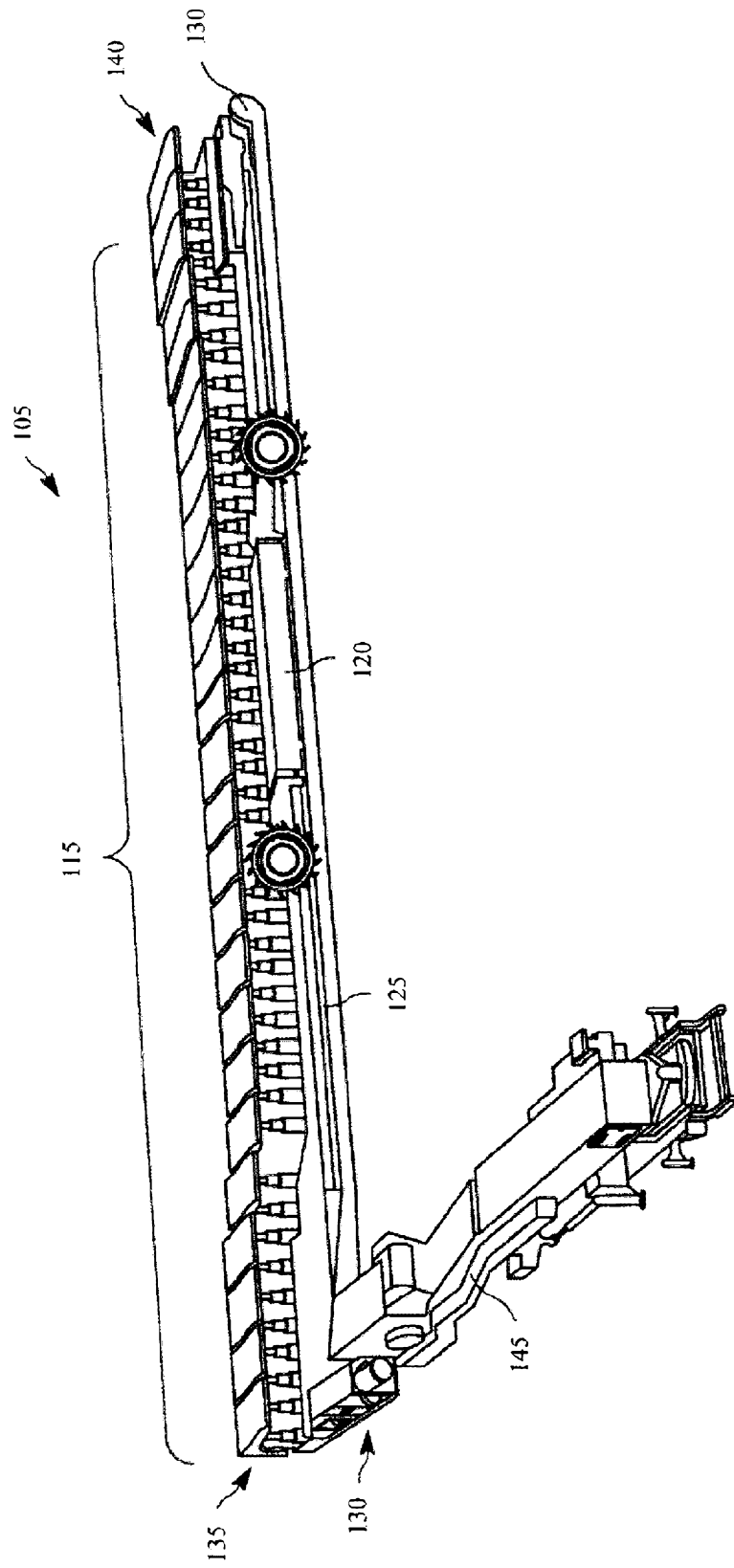


FIG. 2

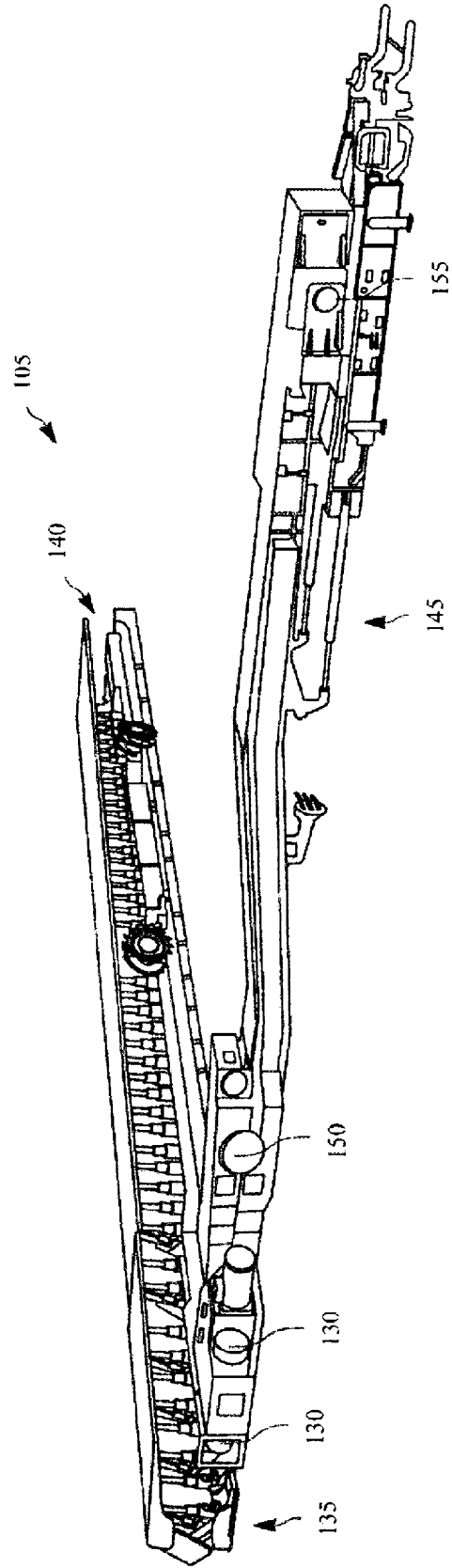


FIG. 3

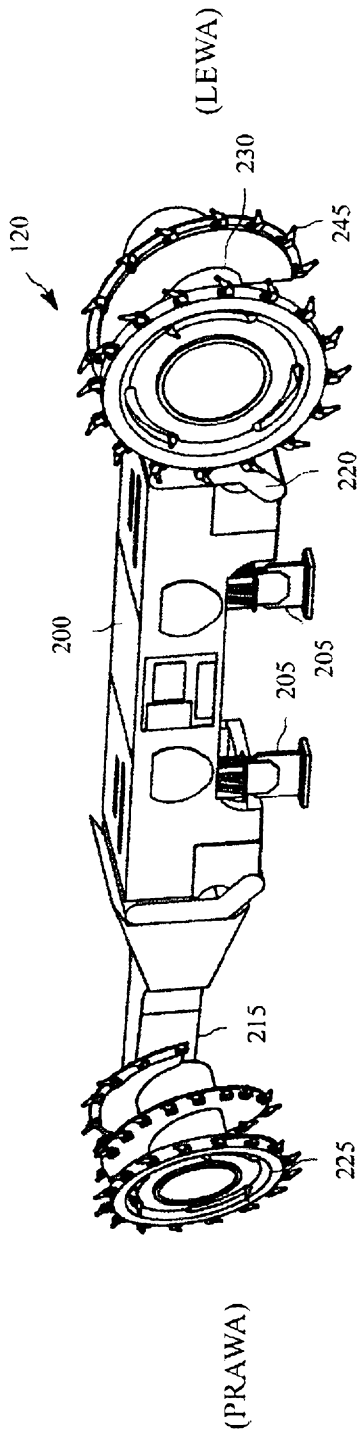


FIG. 4A

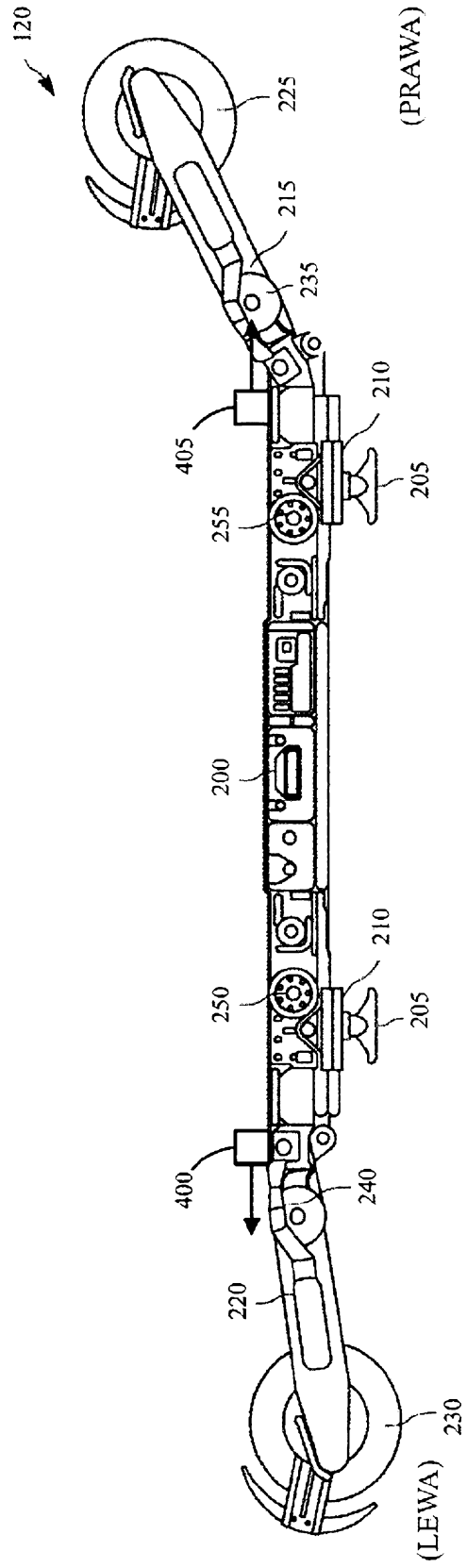


FIG. 4B

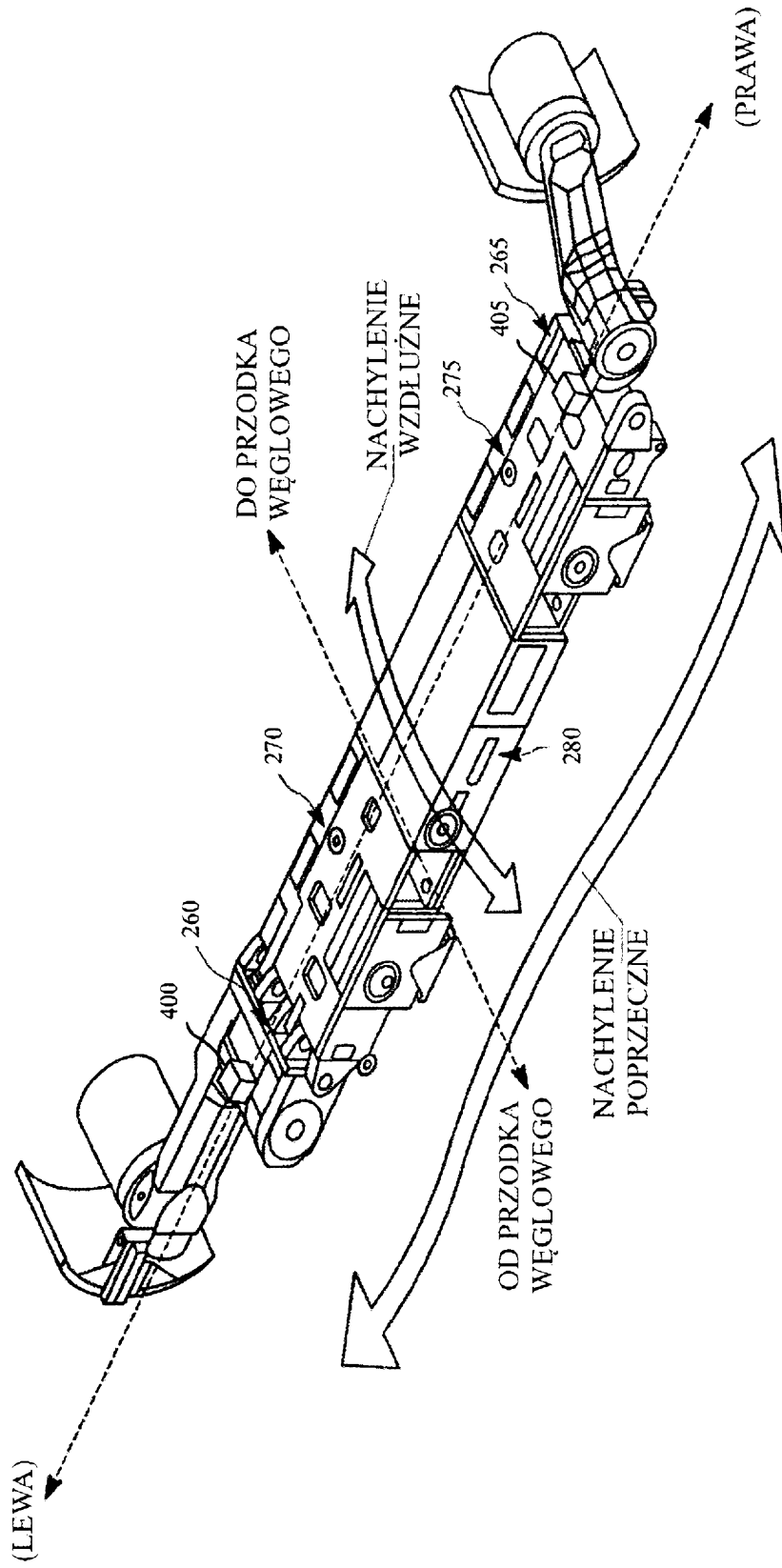


FIG. 4C

FIG. 5

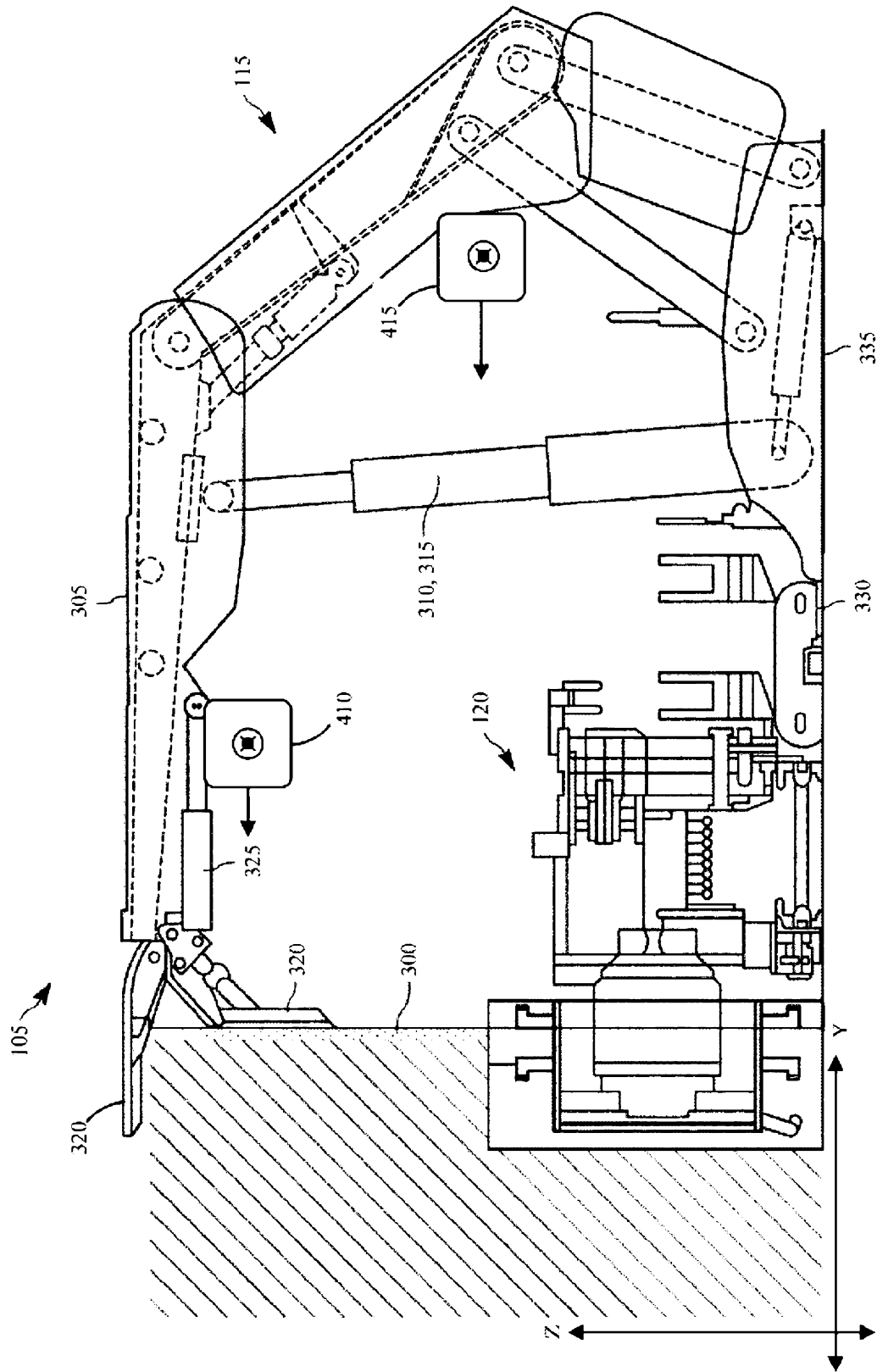


FIG. 6

400, 405, 410, 415

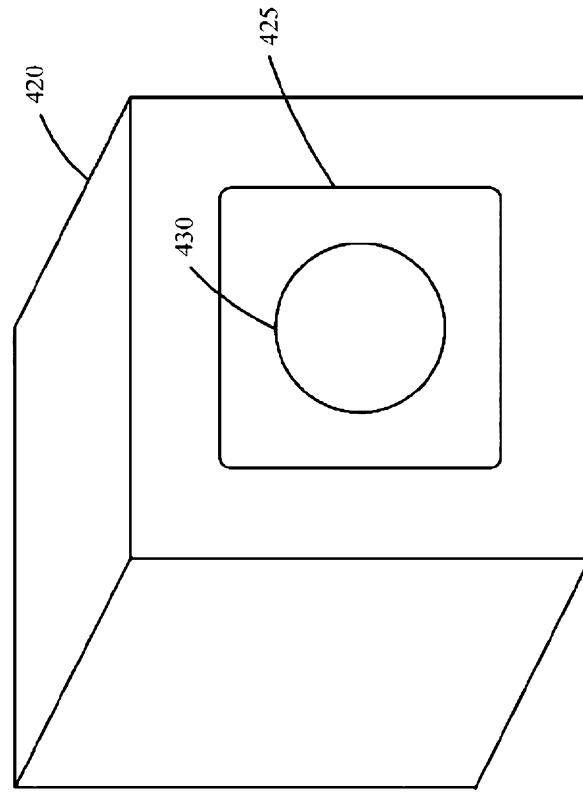


FIG. 7

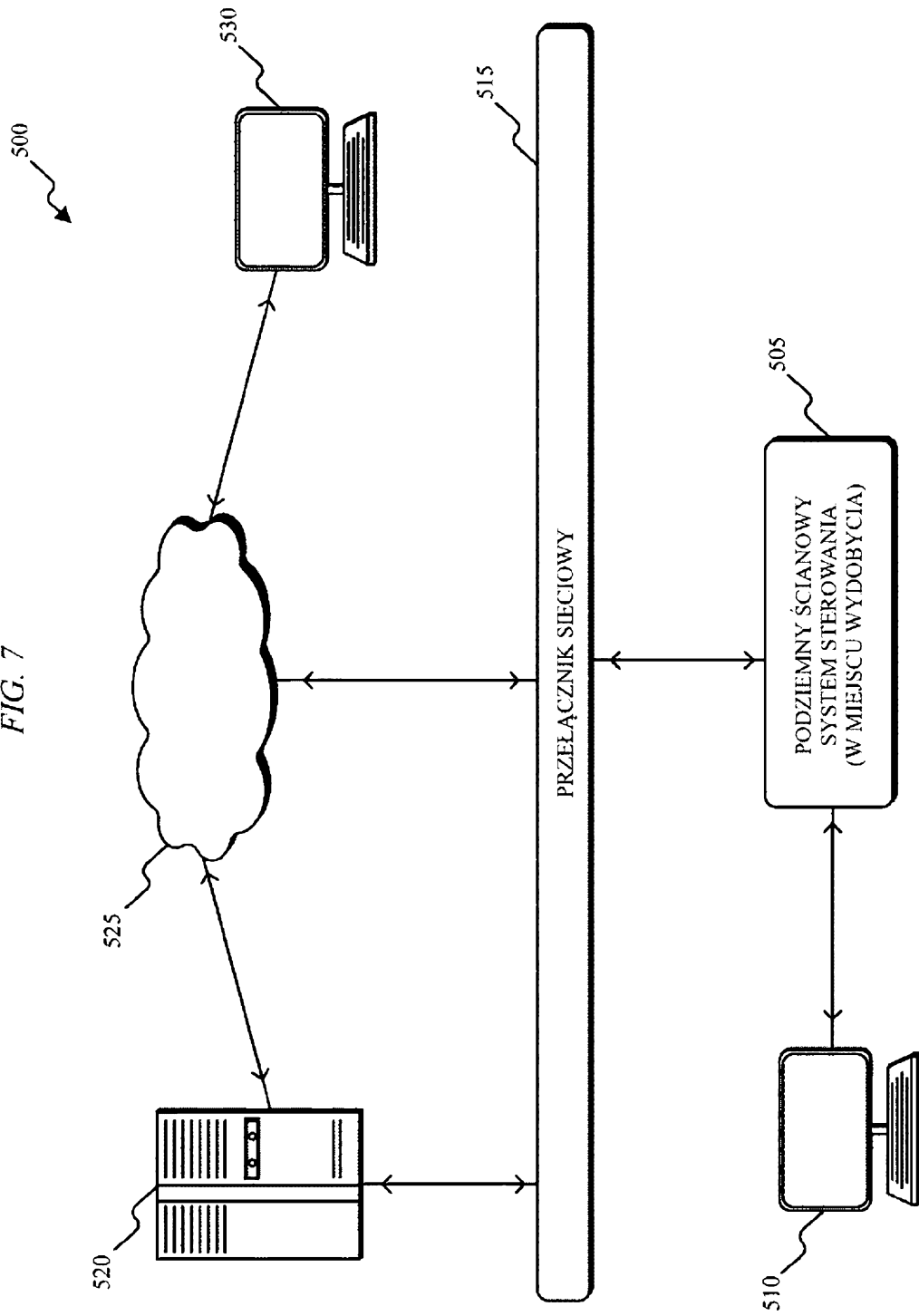


FIG. 8

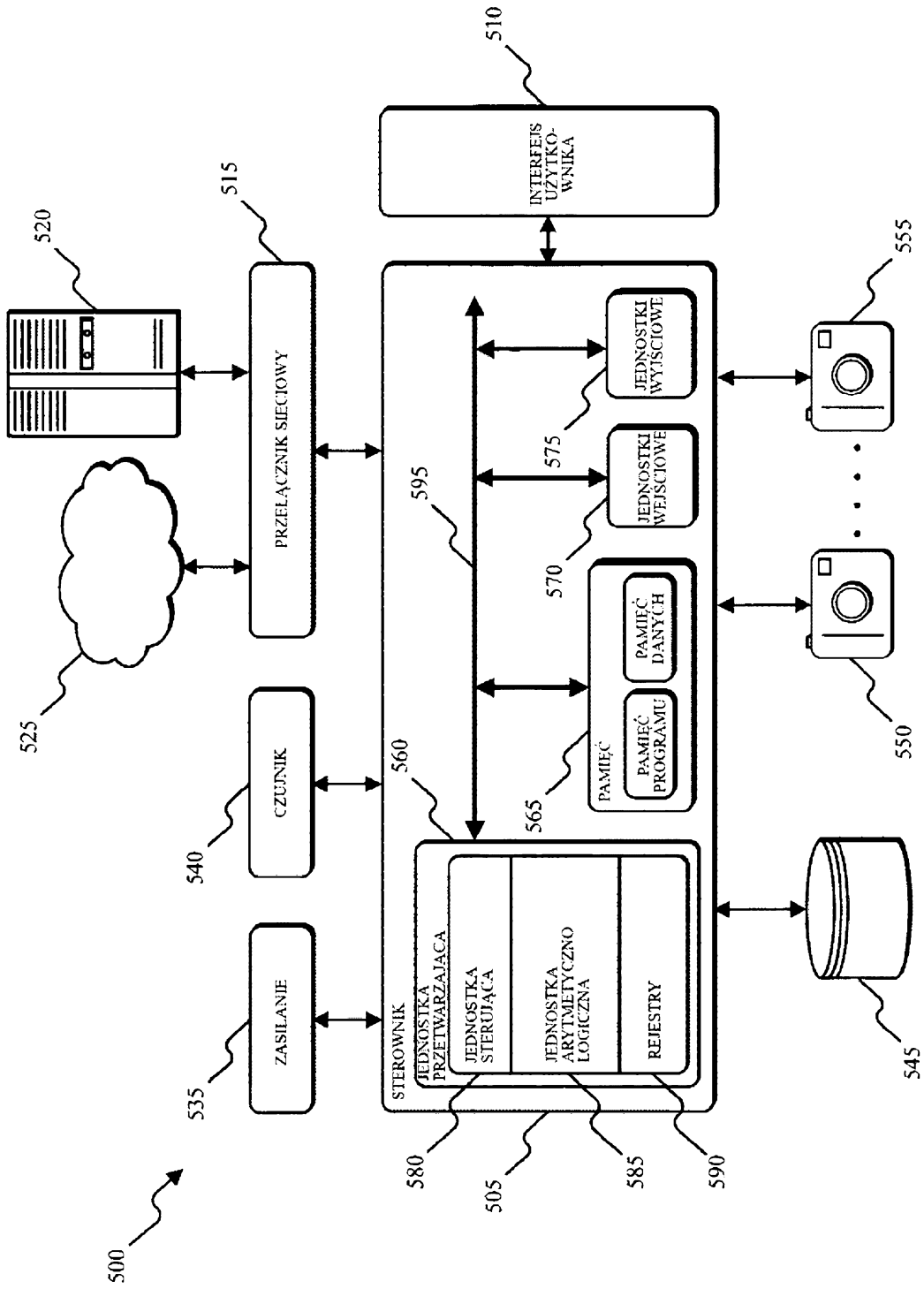


FIG. 9

