

INFORMATYCZNY SYSTEM ZARZĄDZANIA PROCESEM EKSPLOATACJI GÓRNICZYCH PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEM USED FOR MANAGEMENT OF MINING BELT CONVEYORS OPERATION

W obecnych realiach funkcjonowania gospodarki w celu minimalizacji kosztów obserwuje się tendencję do maksymalizacji wykorzystania potencjału eksploatacyjnego urządzeń, z jednoczesnym ograniczeniem ryzyka powstawania kosztownych awarii. Takie podejście związane jest z koniecznością opisu procesu eksploatacji modelami matematycznymi, które z kolei wymagają zbierania materiału informacyjnego z procesu eksploatacji. Artykuł dotyczy opisu systemu BCE (Belt Conveyor Editor), którego zadaniem jest realizowanie zarówno zbierania danych, a także ich wykorzystania do wspomagania zarządzania systemem transportowym. Autorzy opisują, budowę, funkcjonowanie oraz informacje jakie mogą zostać uzyskane w wyniku działania systemu BCE, przedstawiają również plany związane z jego dalszym rozwojem.

Słowa kluczowe: złącze, taśma przenośnikowa, przenośnik taśmowy, monitoring, eksploatacja systemów maszynowych.

In current cost reduction-based economical conditions, a tendency of the most economical machine exploitation, including limitation of cost-consuming machine break downs risk, is observed. Such attitude is related with necessity of exploitation process description based on mathematical models, which in turn call for collection of exploitation process data. System BCE (Belt Conveyor Editor), which both collects the data and uses them for transport system management, has been described in the present study. The authors described the system structure and operation, including information, which can be obtained in result of the BCE system operation. Future plans related with the system development have also been described.

Keywords: belt splice, conveyor belt, belt conveyor, monitoring, exploitation of machine systems, conveyor maintenance.

1. Wstęp

Przenośniki taśmowe zyskują coraz większe znaczenie w dziedzinie transportu materiałów sypkich. Poszerza się ich zakres zastosowań, często wypierają inne środki transportu, a tam gdzie już są stosowane trwale ugruntowały swoją pozycję. Proces ten związany jest z wieloma zaletami tych urządzeń, z których najważniejsze to: ciągły system odstawy, łatwość automatyzacji, możliwość pokonywania dużych odległości i nachyleń, osiąganie znacznych wydajności, wysoka niezawodność, bezpieczeństwo pracy oraz łatwy załadunek i rozładunek. Najbardziej rozwinięty transport taśmowy występuje w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego oraz podziemnych węgla kamiennego i rud miedzi. Przenośniki taśmowe tworzą tam bardzo rozbudowane systemy liczące dziesiątki kilometrów długości, przykładowo przenośnikowy system transportowy kopalni KGHM tworzy ok 180 przenośników o sumarycznej długości ok. 136 km [1,2,7].

Systemy przenośnikowe w miarę postępu eksploatacji złóż kopaliny użytecznej muszą się rozwijać, poprzez zwiększanie ilości i długości dróg transportowych. W miarę rozbudowywania układów transportowych rośnie również liczba będących w użytkowaniu podzespołów przenośników, która przy dużych systemach może wynosić kilkanaście tysięcy elementów.

Efektywne zarządzanie informacją, dotyczącą tak dużej liczby elementów wiąże się z ogromną pracochłonnością,

1. Introduction

Belt conveyors are more and more often used in transport of bulk materials. They often replace other transport facilities, and once applied, are permanently operated. This process is related with their numerous advantages, such as: continuous delivery system, automation, possibility of installation along great distances and dip slopes, high efficiency, high reliability, good work safety and easy loading and unloading. Well-developed belt conveyor-based transport is used in brown coal open pits and underground hard coal, as well as copper ore mines. Belt conveyors form well developed systems tens kilometers long, for example, belt-conveyor-based transport systems in KGHM mines comprises about 180 belt conveyors of total length reaching about 136 km [1,2,7].

Belt conveyors-based transport systems are installed with exploitation advance, including both number and length of transport distances. As the transport systems are continuously developed, number of used belt conveyor subassemblies is grown, which in big transport systems amounts for several thousand elements.

Effective information management of such big number of elements is related with great labor consumption, particularly if the process is realized with use of traditional document circulation system. Such procedure also excludes possibility of fast data analysis referring to system documents. Their exploitation

szczególnie, jeżeli realizowane jest przy użyciu tradycyjnego obiegu dokumentów. Takie postępowanie wyklucza również możliwość szybkiej analizy danych dotyczących elementów znajdujących w systemie, utrudniona jest kontrola przebiegu ich eksploatacji, a w szczególności automatyczne monitorowanie o konieczności interwencji w przypadku osiągnięcia przez nie granicznych czasów pracy.

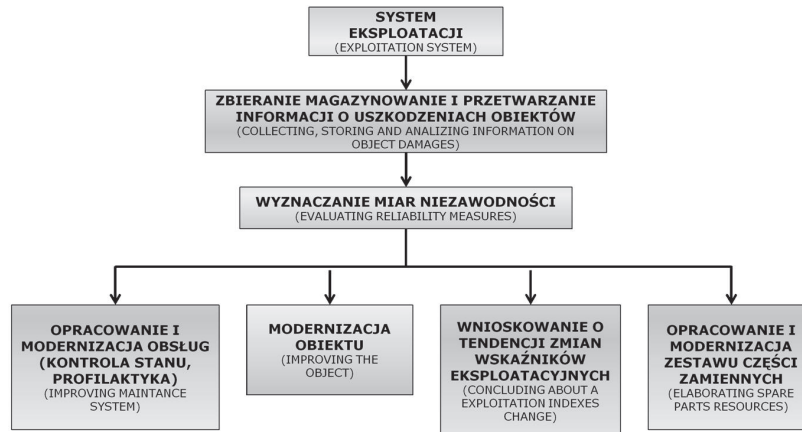
Mimo wieloletnich doświadczeń w użytkowaniu przenośników taśmowych w przemyśle nadal wiele problemów związanych z ich eksploatacją nie zostało rozwiązanych. Mimo wielu prac na ten temat brak jest jasnych wytycznych dotyczących szacowania ich niezawodności, a uzyskane wyniki nie dają jednoznacznej odpowiedzi. Nie do końca poznane są również procesy rządzące zużyciem się taśm i złączy, co następcza wielu problemów w procesie eksploatacji, szczególnie w organizacji odnow i wymian tych podzespołów. Wiąże się to również z trudnością oszacowania zapotrzebowania na części zamienne, oraz kosztów związanych z eksploatacją, szczególnie w przypadku nowych systemów transportowych. Nie pozwala także jakościowo oceniać różnych rozwiązań konstrukcyjnych: krążników, bębnow, napędów i urządzeń napinających pod względem trwałości i ich wpływu na żywotność taśmy.

Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest brak odpowiedniej informacji o uszkodzeniach obiektów, na podstawie której można budować ilościowe miary niezawodności. Może to być spowodowane z jednej strony ograniczonym zainteresowaniem ze strony użytkowników przenośników taśmowych, a z drugiej wynikać z wysokiej niezawodności tych urządzeń w porównaniu z innymi środkami transportu, niemniej wskaźniki niezawodnościowe są niezbędne do obiektywnej oceny systemu eksploatacji i jego efektywnego zarządzania.

routine is difficult, particularly automatic monitoring of intervention needs when operation times limits are exceeded.

Despite many years experience in belt conveyors operation, many problems related with their exploitation is still not solved. Moreover, number of studies done, clear procedures related with assessment of their reliability are not completed, and obtained results are not unique. Processes related with wear of belts and splices are not fully recognized what results in many exploitation problems, particularly organization of renovation and replacements of these subassemblies. It is also related with difficulties of spare part demand assessment, as well as exploitations costs, particularly in case of new transport systems. The quality assessment of various system solutions, such as: idlers, pulleys, drives, and belt take-up systems, with respect to their durability and influence on the belt wear, is difficult.

One of the reasons of such situation is related with lack of suitable information of object damages, helpful in development of quantitative reliability measures. It can result from limited interest of the belt conveyor users. It can result from high reliability of these machines and devices as compared with other transport facilities. However, reliability factors are needed for estimation of the system exploitation and its effective management.



Rys. 1. Wykorzystanie informacji z systemu eksploatacji [10]

Fig. 1. Use of information from exploitation system [10]

2. Podstawowe elementy przenośnika taśmowego

Przenośniki taśmowe to urządzenia o stosunkowo mało skomplikowanej budowie w ich skład wchodzi (rys. 2):

- taśma tworząca pętlę, składająca się z odcinków i złączy różnego typu (mechaniczne, wulkanizowane, klejone),
- trasa, czyli elementy modułowe zbudowane z profili, na których oparte są zestawy krążnikowe nośne i powrotne podtrzymujące taśmę,
- zwrotnia, część konstrukcji trasy w której znajduje się tzw. bęben zwrotny,

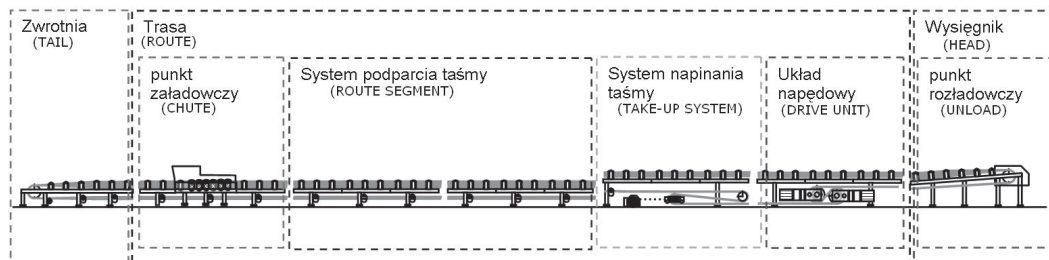
2. Major elements of belt conveyor

Belt conveyors are machines of relatively simple structure. The belt conveyors are composed of (fig. 2):

- Endless belt loop, composed of sections and splices of various types (mechanical, vulcanized, glued),
- Frame, i.e. module elements made of profiles, on which upper and lower idlers support the belt,
- Tail station, where tail pulley is installed,
- Power transmission system comprising electric motor, which via elastic clutch is connected with slipping co-

- układ napędowy składający się przeważnie z silnika elektrycznego, który za pomocą sprzęgła elastycznego połączony jest z sprzęgłem poślizgowym (hydrokinetycznym lub elektromagnetycznym), hamulcem a następnie reduktorem, który z kolei napędza bęben przekazujący dalej siły przez sprzężenie cierne na taśmę,
- system napinania taśmy, zapewniający właściwą pracę napędu ciernego przenośnika oraz utrzymujący poprawną geometrię taśmy na trasie przenośnika
- urządzenia czyszczące taśmę i bębny, ich zadaniem jest usuwanie resztek materiału, które nie zostały zrzuczone z taśmy w punkcie rozładowniczym,
- punkt rozładowniczy, fragment trasy przenośnika (najczęściej wysięgnik), w którym następuje jego rozładunek, urządzenia dodatkowe, np. wagi, osłony, urządzenia ppoż., sygnalizacja itp. [2].

- upling (hydro-kinetic or electro-magnetic), brake and gearbox, which in turn drives a pulley transferring forces via frictional onto the belt,
- Belt tensioning system allowing proper operation of friction drive and proper geometry of the belt along the conveyor,
- Belt and pulley cleaning devices, which remove material residues, which were not removed from the belt in unloading point,
- Unloading point, belt segment (usually extension arm) where unloading takes place, auxiliary devices, for example safety shields, fire-protection devices, signalization, etc. [2].



Rys.2. Schemat przenośnika taśmowego

Fig.2. Scheme of the belt conveyor

Z punktu widzenia eksploatacji przenośnika bardzo istotnym elementem jest taśma, zarówno ze względów konstrukcyjnych, bezpieczeństwa pracy jak i poniesionych wydatków, nierzadko przekraczających 50% całkowitych kosztów inwestycyjnych przenośnika.

Taśma przenośnikowa składa się z rdzenia, którego zadaniem jest przenoszenie obciążeń od materiału transportowanego i sił wzdłużnych od układu napędowego przenośnika. Rdzeń osłonięty jest od dołu okładką bieżną, od góry okładką nośną, a po bokach obrzeżami. Zadaniem okładek i obrzeży jest ochrona rdzenia taśmy przed uszkodzeniami, wpływami środowiska i chemicznymi w przypadku transportowania niektórych typów materiałów. Taśmy przede wszystkim różnią się rodzajem materiałów zastosowanych na rdzeń, wyróżniamy: taśmy z rdzeniami stalowymi i tekstylnymi, gdzie pośród rdzeni stalowych i tekstylnych rozróżnia się dodatkowo rodzaje konstrukcji rdzeni. W przypadku stalowych rdzeni są to rdzenie z linek stalowych z kordu stalowego lub taśmy stalowej. W przypadku taśm z rdzeniami tekstylnymi rozróżnia się taśmy jedno przekładkowe, dwuprzekładkowe i wieloprzekładkowe. Przy czym do wykonania rdzeni mogą być zastosowane różnego rodzaju materiały jak: bawełna, włókna celulozowe, poliamid, poliaramid aromatyczny, poliester, jedwab wiskozowo itp. Rdzenie mogą być też w różnoraki sposób tkane [3].

Rodzaj wykorzystywanych na danym przenośniku taśm zależy od parametrów technicznych przenośnika, wymagań bezpieczeństwa (szczególnie w kopalniach podziemnych), wymagań związanych z warunkami pracy, może również zależeć od doświadczeń eksploatacyjnych.

Od rodzaju zastosowanych taśm zależą rozwiązania konstrukcyjne złącz jakie mogą zostać użyte, wyróżnia się następujące typy: połączenia mechaniczne, klejone i wulkanizowane.

From the point of view of the conveyor operation, belt is an important element, both in respect of the conveyor construction and safety and economical aspects, which often exceed 50% of total capital cost of the conveyor.

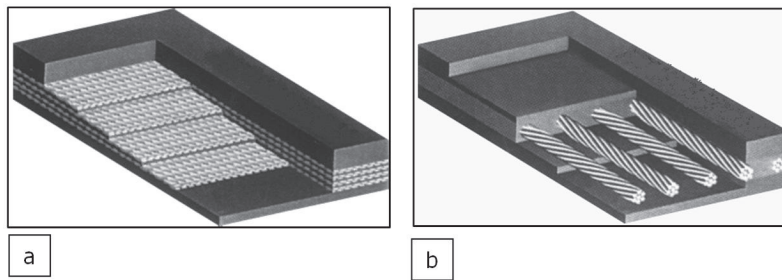
Conveyor belt is composed of belt core, which transmits loadings from transported material and longitudinal forces from drive motor. The core is shielded from the bottom with running shield and with carrying shield at the top. The shields and rims protect the belt against damages, influence of the environment and sometimes against chemical damages. The belts differ with type of core materials. The belts with steel and textile cores are distinguished, which can additionally differ in core construction. In case of belts with steel cores, the cores are built of steel ropes, steel cord or steel tape. In case of belts with textile cores, single-separator, double separator or multi-separator belts are distinguished. Whereas, various materials can be used for core forming, such as cotton, cellulose fibers, polyamide, aromatic polyamide, polyester, viscose rayon, etc. The cores can be weaved in different manner [3].

Type of the belt operated on given conveyor depends on the conveyor technical parameters, safety requirements (particularly in underground mines), operational conditions and exploitation manner.

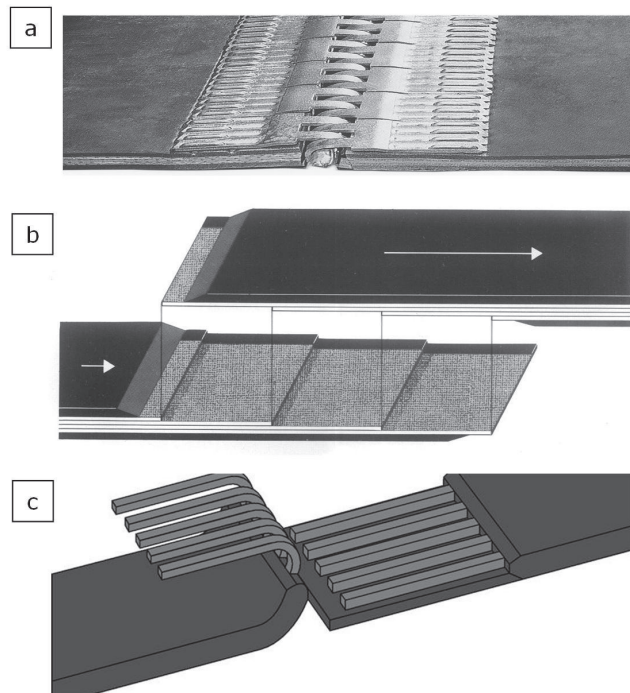
Constructional solutions of used belt splices depend on applied belt type. The following types are distinguished: mechanical splices, glued splices and vulcanized splices.

The belt is composed of several sections connected with suitable splices. This system is rather complicated because it can consist of sections produced by different manufacturers and the sections can differ in length, structure, strength and exploitation history. In mining industry we can observe conveyors, which are composed of even 40 belt segments, i.e. 40 splices,

Taśma składa się z kilku odcinków łączonych za pomocą złączy. Jest to układ o tyle skomplikowany, że w jego skład mogą wchodzić odcinki różnych producentów, długości, konstrukcji i wytrzymałości oraz o różnym przebiegu historii eksploatacyjnej. W przemyśle można spotkać przenośniki na których pracuje taśma składająca się z nawet 40 odcinków (a tym samym 40 złączy) o historii eksploatacyjnej odcinków od kilku miesięcy do kilku lat, a złączy od kilku tygodni do 3 lat (w zależności od typu złącza). Tworzy to układ o strukturze szeregowej składającej się z ponad 80 elementów, z których każdy może mieć inną historię pracy. Eksploatacja tak skomplikowanego układu nie należy do prostych zadań, dlatego niezbędne jest zaopatrzenie się w przypadku zakładów posiadających rozbudowane układy przenośnikowe w systemy informatyczne wspomagające proces zarządzania użytkowaniem i obsługiwaniem. Jest to również zgodne z tendencją do maksymalizowania efektywności ekonomicznej eksploatacji maszyn.



Rys. 3. Budowa taśmy przenośnikowej: a. tkaninowa, b. z linkami stalowymi
Fig.3. Structure of the conveyor belt: a. with cloth, b. with steel ropes



Rys. 4. Złącza taśm przenośnikowych: a. mechaniczne, b. klejone, c. wulkanizowane
Fig. 4. Splices of conveyor belts: a. mechanical, b. glued, c. vulcanized

3. Cykl życia taśmy w procesie eksploatacji przenośnika

Podczas eksploatacji przenośników taśmowych pracujących w systemach transportowych taśma znajdująca się w tym systemie podlega pewnemu cyklowi życia. Ogólna postać cyklu życia dla tego elementu została zaprezentowana na rys. 5. Cykl życia taśmy przenośnikowej w systemie transportowym składa się z kilku etapów. Po dotarciu taśmy przenośnikowej do odbiorcy jest ona często przez pewien okres czasu magazynowana, następnie trafia do eksploatacji, gdzie podlega użytkowaniu i obsługiwaniu, a po zużyciu jest likwidowana. Jest to najprostszy możliwy przypadek, ale może zdarzyć się, że odcinek taśmy jest wycofywany na pewien czas z eksploatacji i magazynowany. Schemat na rys. 5 przedstawia stany i operacje występujące podczas cyklu życia odcinka taśmy przenośnikowej w rozbudowanym systemie transportowym.

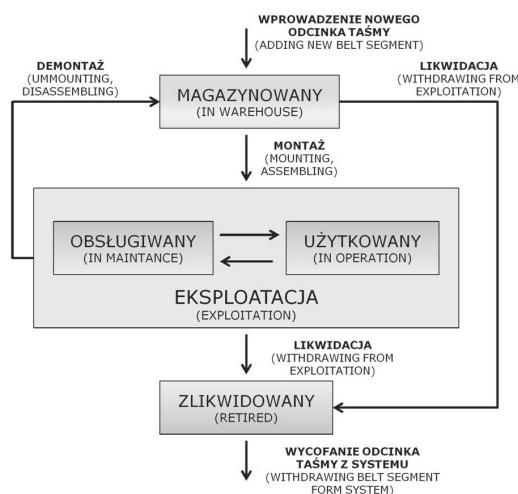
having exploitation history aged from several months to several years, including splices, which are aged from several weeks to 3 years (depending on the splice type). Thus a series system consisting of over 80 elements is formed, whereas each section can have different operational history. Exploitation of such complicated system is not simple and in case of mines having developed conveying system should be equipped with computerized information systems, which are very helpful in management of the system operation and service. It is also consistent with a tendency of economical efficiency maximization and the machine exploitation.

3. Belt life cycle in the conveyor exploitation process

In case of exploitation of belt conveyors, which are operated in transport systems, conveyor belt is exposed to definite life cycle. General scheme of life cycle of such element is presented in fig. 5. Life cycle of conveyor belt operated within transport system comprises several stages. When the conveyor belt is delivered to the user, the belt is usually stored and then sent to exploitation, and when worn, liquidated. It is the simplest case, but it may happen that certain belt section is for some time period withdrawn from the exploitation and stored. Conditions and operations occurring during conveyor belt section life in a complex transport system, is shown in fig. 5. Individual stages of the life cycle are related with realization of various operations of the element in question. In case of

Poszczególne etapy cyklu życia związane są z realizowaniem różnych operacji na elemencie, którego ten cykl życia dotyczy. W przypadku odcinka taśmy przenośnikowej są to: montaż, demontaż, naprawa, likwidacja, podział, wprowadzenie nowego odcinka do magazynu. Przy użyciu informacji dotyczących tych operacji możliwe jest wydzielenie wszystkich etapów w cyklu życia dla elementu oraz określenie czasu, jaki dany element spędził w każdym z nich. Jest to o tyle ważne, że umożliwia analizę procesu eksploatacji pod względem efektywności jego prowadzenia poprzez wyznaczenie wskaźników niezbędnych przy takiej ocenie.

Przy tworzeniu systemu nadzorującego proces eksploatacji podzespołów przenośników taśmowych, niezbędne jest odzwierciedlenie w systemie wszystkich istotnych procesów, którym opisywane elementy podlegają. Najważniejszym podejściem jest odzwierciedlenie ich rzeczywistego cyklu życia.



Rys.5. Cykl życia (istnienia) odcinka taśmy przenośnikowej w systemie transportowym

Fig.5. Life cycle of the belt conveyor section in transport system

belt conveyor section we can distinguish following stages: assembling, disassembling, repair, liquidation and storage of new section in warehouse. Using information related with these operations we are able to distinguish all stages of the element life and determine time period, in which given element spent within each stage. It is important because it allows analysis of exploitation process with respect to effectiveness via calculation of factors needed to such analysis.

Reflection of all important processes to which described elements are exposed are needed in case of construction of system, which controls exploitation process of belt conveyor sub-assemblages. Reflection of their real life is the optimal attitude.

4. System BCE (Belt Conveyor Editor)

System do wspomagania zarządzania podzespołami przenośnika taśmowego umożliwia opis struktury przenośnika wraz z jego parametrami technicznymi i zapisanie tych informacji w bazie danych. Dane te w trakcie eksploatacji ulegają modyfikacji np. w wyniku wymiany odcinka taśmy, silnika itd., co jest odzwierciedlane w bazie danych. Podczas zapisu informacji o operacjach związanych z modyfikacjami dotyczącymi przenośnika i jego podzespołów tworzy się zbiór danych, który analizowany w odpowiedni sposób pozwala wygenerować raporty wspomagające procesy decyzyjne dotyczące eksploatacji analizowanych urządzeń.

4.1. Język opisu struktury i parametrów przenośnika taśmowego ConvML

Pierwszym etapem pracy nad aplikacją było opracowanie modelu obejmującego strukturę i opis danych przenośnika taśmowego. Taki model musiał umożliwiać zdefiniowanie przenośnika o dowolnej konfiguracji i jednocześnie porządkować dane o przenośniku oraz umożliwić ich walidację. Opracowano model o drzewiastej strukturze danych, która intuicyjnie opisuje zależności pomiędzy poszczególnymi elementami przenośnika. W takim modelu elementem głównym (poziom 0) jest element „przenośnik taśmowy” zawierający dane mające sens jedynie przy rozpatrywaniu ich względem całego urządzenia takie jak: oznaczenie, nazwa, lokalizacja itp. Podelementy elementu głównego (poziom 1) takie jak taśma, trasa, zwrotnia, stacja czołowa zawierają dane dotyczące tych konkretnych podzespołów przenośnika oraz kolejne podelementy opisujące przenośnik na coraz wyższym poziomie szczegółowości.

Aby model był użyteczny dla aplikacji należało go jeszcze opisać za pomocą dostępnych technik informatycznych. Do tego celu wykorzystano język XML [4]. Aby umożliwić

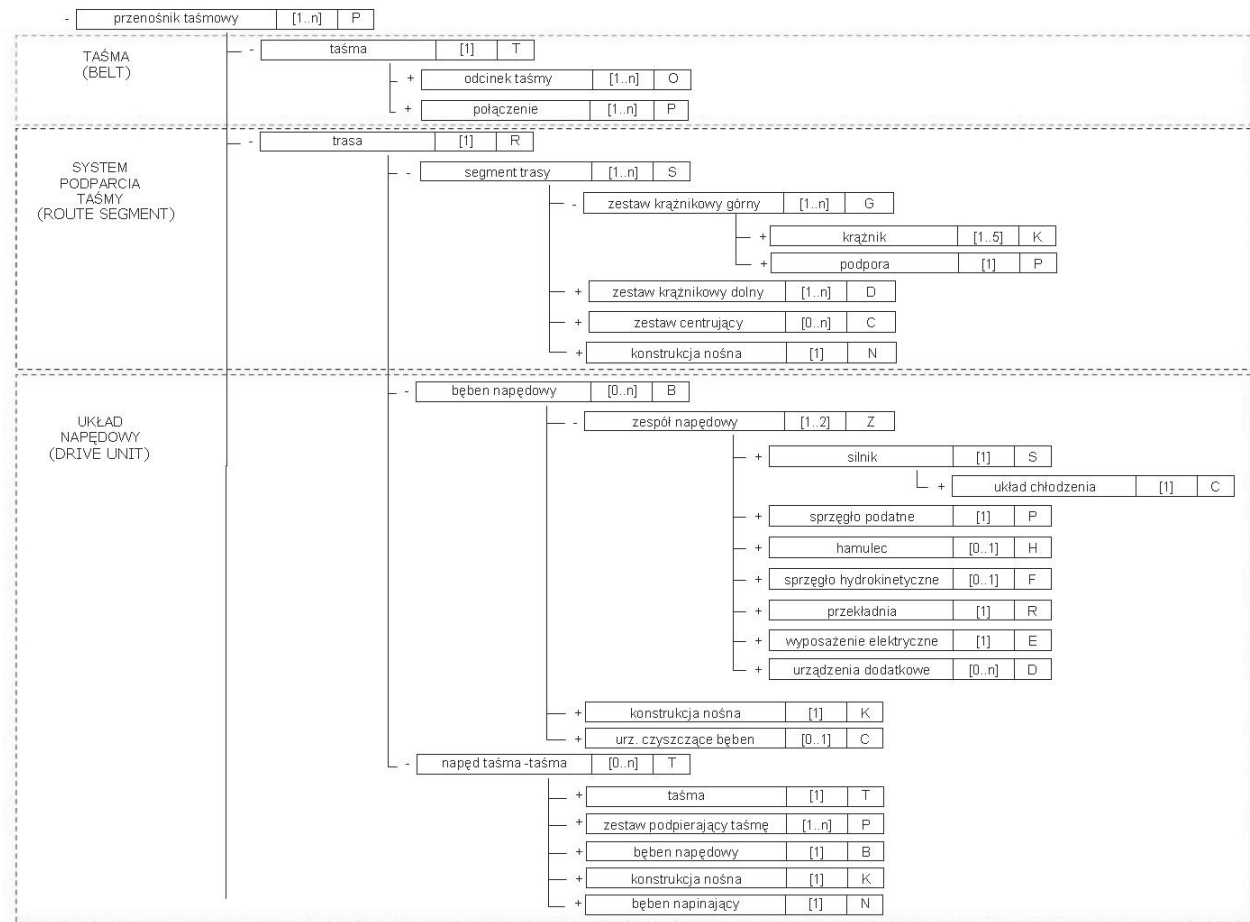
4. BCE system (Belt Conveyor Editor)

System aiding management of individual belt conveyor sub-assemblages allows description of the conveyor structure, including its technical parameters and storage of the information in database. The data are modified during exploitation, for example, in result of the belt or motor replacement, what is reflected in the database. During storage of information related with conveyor and its sub-assemblages modifications, a data set is formed, which, if properly handled, allows to generate reports, which are helpful in decisive processes related with exploitation of examined devices.

4.1. Language used in description of the ConvML structure and parameters

The first stage of the study on the application comprised development of model comprising structure and description of data related with belt conveyor. Such model obligatory allowed defining conveyor of arbitrary configuration and simultaneous prescribing conveyor data, including their validation. Model of tree-shaped data structure, which intuitively describes relations between individual conveyor elements, has been developed. Root element of the model (level 0) comprised element called „belt conveyor” containing data being sensible only if considered with respect to complete machine, such as symbol, name, localization etc. Sub-elements of the root element (level 1) such as: belt, route, turning station and face station contain data concerning these definite sub-assemblies of the conveyor and next sub-elements describing the conveyor on more and more detailed level, were also considered.

In order to be useful for application, the model had to be described with use of accessible computer techniques. *Extensible Markup Language (XML)* [4] was used for this purpose. In



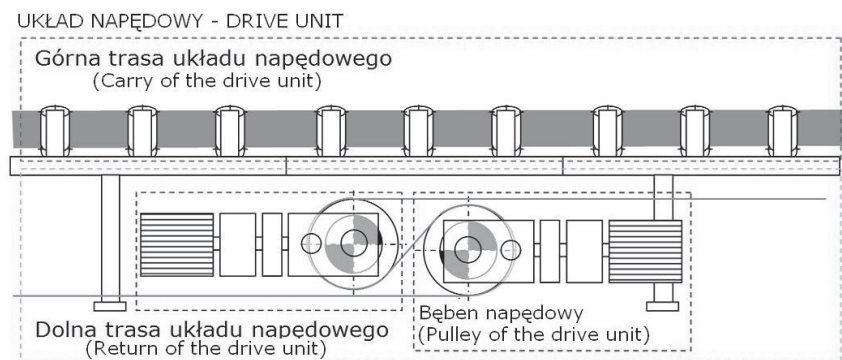
Rys.6. Fragment modelu strukturalnego przeñośnika taśmowego
 Fig.6. Fragment of the belt conveyor structural model

walidację (kontrolę poprawności modelu) należało język XML zawęzić do reguł zdefiniowanych podczas opracowywania modelu danych przeñośnika taśmowego. Do tego celu został wykorzystany język XML Schema [9]. W ten sposób z języka XML, który umożliwia opis dowolnych danych o charakterze strukturalnym, wyodrębniony został język ConvML skierowany na opis konfiguracji przeñośników taśmowych.

Opis fragmentu przeñośnika przedstawionego na rysunku 7 przy pomocy języka ConvML wygląda następująco:

order to ensure model validation (model correctness control), XML should be limited to rules defined while the conveyor data model was developed. XML Schema [9] language was used for this purpose. Thus language ConvML (*Conveyor Meta Language*) aimed at description of belt conveyors configuration has been isolated from the XML, allowing description of arbitrary data of structural character.

Description of the belt conveyor fragment shown in fig. 7 with use of ConvML language has the following form:



Rys. 7. Układ napędowy przeñośnika taśmowego
 Fig. 7. Drive system of the belt conveyor

```

<ROUTE_SEGMENT length="10" angle="0">
  <CARRY>
    <IDLER_SET>
      <IDLER/>
    </IDLER_SET>
  </CARRY>
  <RETURN>
    <PULLEY>
      <DRIVE_UNIT>
        <MOTOR>...</MOTOR>
        ...
      </DRIVE_UNIT>
    </PULLEY>
    <PULLEY>
      <DRIVE_UNIT>
        <MOTOR>...</MOTOR>
        ...
      </DRIVE_UNIT>
    </PULLEY>
  </RETURN>
</ROUTE_SEGMENT>

```

Listing 1. Układ napędowy przenośnika taśmowego
Listing 1. Drive system of the belt conveyor

Podstawową strukturę dokumentu ConvML przedstawia listing 1. Dokument jest plikiem tekstowym zawierającym elementy (tekst zawarty pomiędzy znakami „<” i „>”). Elementy odzwierciedlają umiejscowienie i typ urządzenia w strukturze. Atrybuty (np.: length="10") opisują parametry urządzenia reprezentowanego przez konkretny element. Elementy oprócz atrybutów mogą zawierać inne elementy odzwierciedlając w ten sposób strukturę przenośnika. Odzwierciedla to relację typu „zawiera” lub „składa się z”.

Język ConvML zawiera obecnie ok. 50 zdefiniowanych elementów, z których każdy posiada zestaw od kilku do kilkadziesiątu atrybutów. Cechą takiego formatu zapisu danych jest możliwość rozszerzenia języka o dodatkowe elementy oraz atrybuty bez utraty kompatybilności z oprogramowaniem, które obsługuje język ConvML w jego obecnej postaci.

W ślad za opracowaniem języka ConvML zbudowana została aplikacja, przy wykorzystaniu której możliwe stało się opisywanie wszystkich przenośników taśmowych uwzględniając specyfikę ich budowy lokalizację oraz parametry zespołów, podzespołów i elementów.

4.2. Schemat system BCE (Belt Conveyor Editor)

Aby możliwe było odzwierciedlenie opisanego wcześniej cyklu życia podzespołów przenośnika rozbudowano aplikację o moduł współpracujący z zewnętrzną bazą danych. Opracowany został również system uprawnień. W zależności od grupy, do której użytkownik systemu jest przypisany uzyskuje on dostęp do wykonywania określonych działań w bazie danych. Najwyższy poziom uprawnień należy do „Administratora”, który po zdefiniowaniu przenośnika zgodnie z opracowanym modelem, wysyła te dane do bazy. Administrator jako jedyny ma możliwość wprowadzania nowych przenośników do bazy oraz wykonywania wszystkich funkcji oferowanych przez system. Jest to również osoba, której zadaniem jest czuwanie nad poprawnym funkcjonowaniem systemu poprzez cofanie lub modyfikację zmian wprowadzanych przez innych. Pozostali użytkownicy systemu w ramach swoich uprawnień mają do-

Basal structure of the ConvML document is shown in Listing 1. The document has form of text file containing elements (text located between symbols „<” and „>”). The elements reflect location and type of the machine in the model structure. Attributes (for example: length="10") describe parameters of the machine represented by definite element. Elements, despite attributes, can contain other elements reflecting conveyor structure in this manner. This reflects relation of the type „containing” or „composed of”.

ConvML actually contains about 50 defined elements, whereas, each contain a set containing from several to dozens attributes. Such format of the data storage allows enriching the language with additional elements and attributes, which are compatible with software handled with ConvML in actual form.

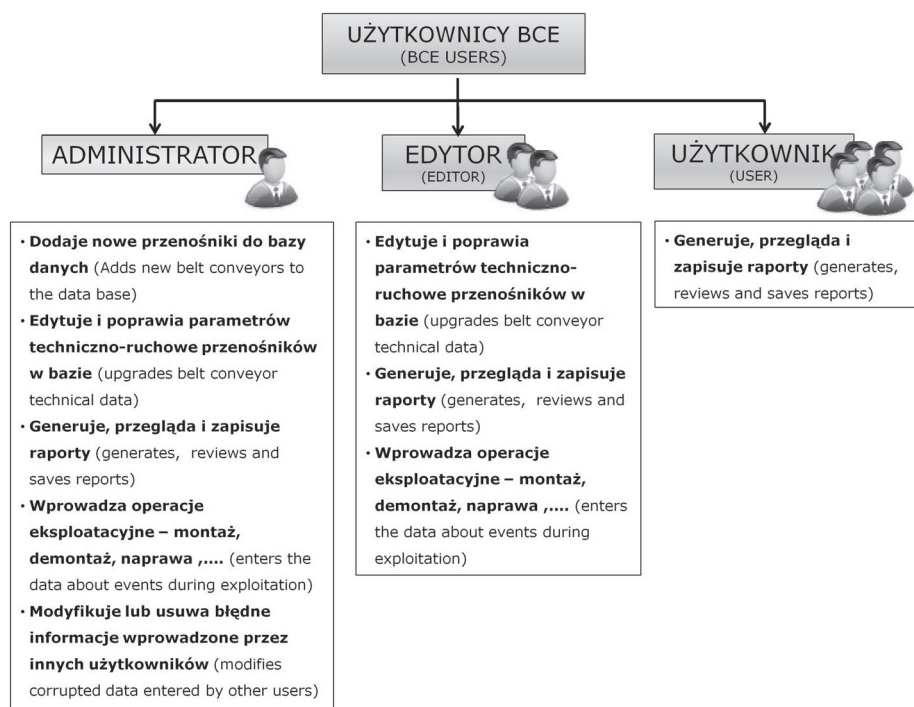
Elaboration of the ConvML was followed by application allowing description of all belt conveyors with respect to their structure, localization and parameters of assemblages, sub-assemblages and elements.

4.2. Scheme of the system BCE (Belt Conveyor Editor)

In order to ensure reflection of previously described life cycle of the conveyor sub-assemblages, application was equipped with a module collaborating with external database. Authorization system has also been developed. Depending on group, to which system user is prescribed, the user has access to execution of definite actions in database. The highest authorization level belongs to the system „Administrator”, which after defining the conveyor in accordance to developed model sends the data to the database. Administrator, as the only one, is able to introduce new conveyors into the database, including execution of all functions offered by the system. It is also a person, who is obliged to control proper operation of the system, via deleting or modification of changes introduced by other system users. The other system users on the basis of their authorization have access to data related with conveyors joined to the system.

stęp do danych o przenośnikach wprowadzonych do systemu. Do zadań „Edytora” należy ponadto wprowadzanie informacji dotyczących eksploatacji takich jak: montaż, demontaż, naprawa itp. Dane o parametrach technicznych i o operacjach eksploatacyjnych są następnie wykorzystywane przez system raportowania wbudowany w aplikację. Wszystkie uprawnienia, jakie posiadają poszczególni użytkownicy BCE zaprezentowane są na schemacie na rys. 8.

„Editor” is also obliged to introduce information concerning the exploitation, such as: assembling, disassembling, repair etc. Data concerning technical parameters and exploitation operations are then handled by reporting system built-in the application. All authorizations of individual BCE users are presented in scheme shown in fig. 8.



Rys.8. Użytkownicy w systemie BCE (Belt Conveyor Editor) i ich uprawnienia
Fig.8. BCE system users and their authorizations

System BCE podzielony jest na (rys. 10) serwer bazy danych i aplikację kliencką, która jest instalowana na stacjach roboczych użytkowników systemu. Użytkownik po uruchomieniu aplikacji nawiązuje połączenie z bazą danych, aby uzyskać możliwość przeglądania danych zapisanych w systemie oraz generowania raportów. Użytkownicy o wyższym poziomie uprawnień mają możliwość wprowadzania oraz modyfikowania danych zapisanych w bazie. Aplikacja kliencka generuje wtedy interfejs do wprowadzania zmian, po czym wysyła żądanie realizacji zadania do bazy danych gdzie sprawdzane są uprawnienia użytkownika do wykonania zadania, rozstrzygana jest poprawność wprowadzonych danych oraz w przypadku pomyślnego przejścia tych kroków realizowana jest procedura modyfikująca dane. Baza danych w tym przypadku służy nie tylko do przechowywania danych i kontroli uprawnień, ale również jest w niej zaimplementowana tzw. logika biznesowa, co zwiększa poziom bezpieczeństwa oraz wydajność całego systemu [5].

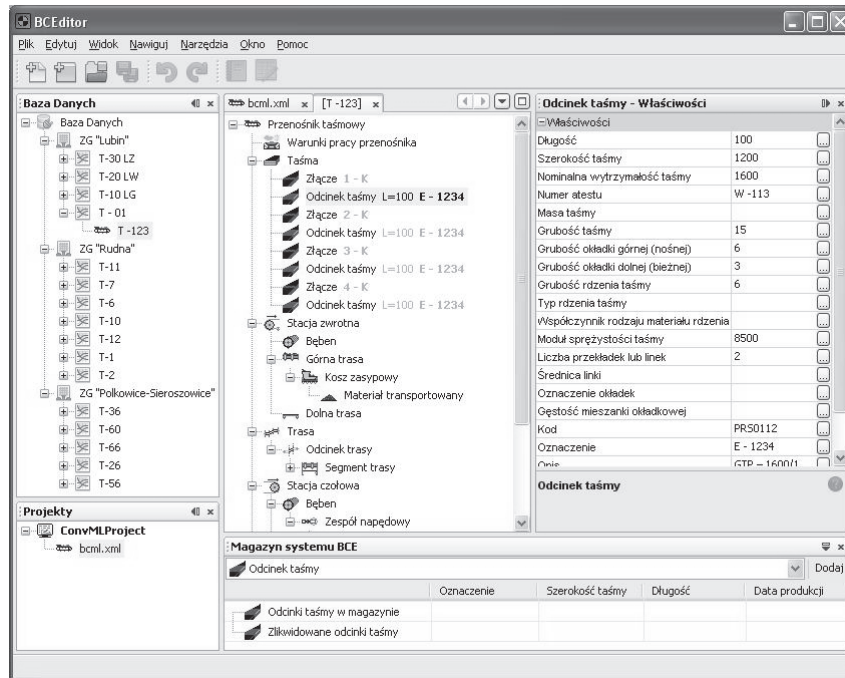
4.3. Raporty i informacje eksploatacyjne

Jedną z podstawowych cech użytkowych programu BCE jest moduł pozwalający generować raporty. Słowo raport jest tutaj używane w odniesieniu do zestawień, wykresów i tabel, które powstają w wyniku analizy danych zawartych w bazie. Zadaniem raportów jest prezentowanie, w sposób zrozumiały

The BCE system is divided into (fig. 10) database server and user application, which is installed at working stations of the system users. After activation of the application, user is given access to database and can view data described in the system, including reports generation. Users from higher access level can load and modify data stored in the database. User applications generates interface allowing introduction of changes and then sends request of the task realization into database where user authorizations are checked, as well as correctness of data storage is verified. If steps are correctly executed, modification procedure is realized. In this case, database is used not only for data storage and authorization check but also business logic is implemented in it what improves safety horizon and capacity of the whole system [5].

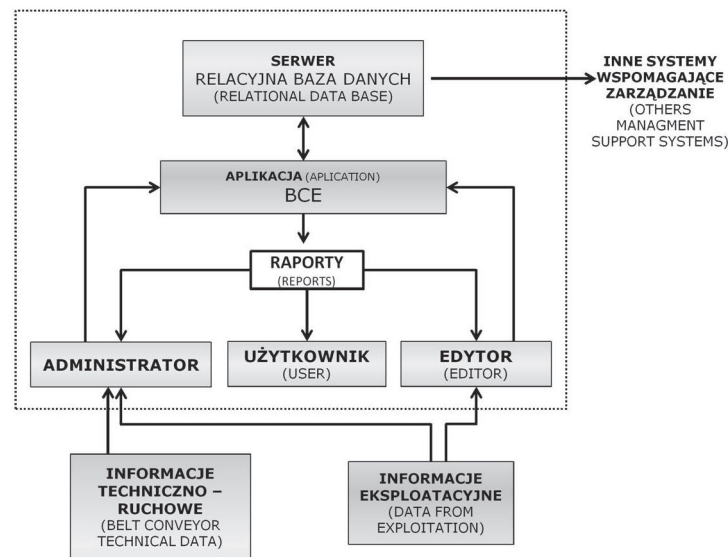
4.3. Reports and exploitation information

Module allowing generation of reports is one of major operational features of the BCE program. Term “report” is in this case used with respect to comparisons, diagrams and tables, which are made in result of the analysis of data stored in the da-



Rys. 9. Interfejs aplikacji klienckiej systemu BCE (Belt Conveyor Editor)

Fig. 9. Graphical user interface of BCE system (Belt Conveyor Editor)



Rys.10. Schemat systemu BCE (Belt Conveyor Editor)

Fig.10. Scheme of the BCE system (Belt Conveyor Editor)

dla odbiorców i użytkowników systemu, przetworzonych danych znajdujących się w bazie.

W przypadku systemu BCE moduł raportowy działa na zasadzie wywołania funkcji analitycznych zaprogramowanych w bazie, które dokonują analizy danych tam zawartych, a następnie przetworzone dane umieszczają w przygotowanym szablonie w odpowiednich jego komórkach. W wyniku tej operacji użytkownik otrzymuje elektroniczny dokument, który może zostać zapisany w kilku powszechnie stosowanych formatach (np.: *.html, *.pdf, *.doc, *.xls).

Reports are aimed at presentation of handled data stored in the database in form, which is clear for system users.

In case of the BCE model, report module works on the basis of the principle, which initiates programmed in the database analytical functions, which are handling data stored in the database, and then the handled data are stored in suitable cells of prepared scheme. In result of this operation, system user obtains electronic document, which can be described in several commonly used formats (for example: *.html, *.pdf, *.doc, *.xls).

Funkcje generujące informację z bazy danych uruchamiane są za każdym razem, gdy którykolwiek z użytkowników systemu posiadający uprawnienia do generowania raportów zechce taki raport uzyskać. Zaletami takiego podejścia jest to, że do wygenerowania raportu wykorzystywane są najnowsze informacje zapisane w bazie, a więc użytkownik otrzymuje wykresy, zestawienia czy tabele najbardziej aktualne.

Jako że funkcjonowanie systemu BCE skupia się w chwili obecnej na złączach i odcinkach taśm, ma to też odzwierciedlenie w module raportowym. Większość raportów dostępnych w systemie dotyczy właśnie tych elementów przenośnika. Wszystkie raporty można podzielić na dwie grupy, grupę raportów „taśmy i złącza” i grupę raportów „ogólnych”.

Do grupy raportów ogólnych należą dwa raporty, zawierają one informacje o przenośnikach taśmowych wchodzących w skład systemu. Raport „Charakterystyka techniczna przenośnika” prezentuje szczegółowe informacje o przenośniku, jego parametrach, konfiguracji itp., które zostały wprowadzone przy dodawaniu przenośnika do bazy danych. Są to informacje dotyczące szczegółowych parametrów przenośnika.

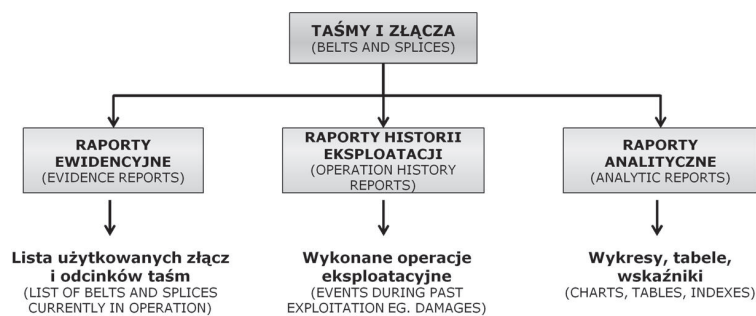
Drugi z raportów ogólnych: „Zestawienie danych przenośników” pozwala przygotować listę wszystkich aktualnie znajdujących się w użytkowaniu, w danym systemie przenośników taśmowych. Raport zawiera najważniejsze informacje o przenośnikach z punktu widzenia funkcjonowania systemu transportowego.

Functions generating information from the database are initiated each time when one of the system users equipped with authorization for report generation requests for such report. Advantage of such attitude is that the newest information stored in the database are used for the report generation, thus system user obtains currently modified diagrams, comparisons and tables.

As the BCE system operation is actually focused on splices and belt segments, it is also reflected in the report module. Most of the reports accessible in the system concern these elements of the conveyor. All reports can be divided into two groups, report group called „belts and splices” and group called “general reports”.

Two reports belong to group of „general reports”. They contain information about belt conveyors comprised by the system. Report called as „Conveyor technical characteristics” contain detailed information about the conveyor, its parameters, configuration, etc., which have been loaded when the conveyor was added into the database. These information concern detailed parameters of the conveyor.

Second report from “General reports” group called as „Conveyor data sheet” allows preparation of list of all belt conveyors, which are actually used in given system. This report contains the most important information related with the conveyors from the point of view of the system operation.



Rys.11. Podział raportów dotyczących taśm i złącz

Fig. 11. Division of reports concerning belts and splices

Zasadniczą część dostępnych obecnie raportów, to raporty dotyczące taśm i złącz znajdujących się w eksploatacji w systemie transportowym. Wszystkie te raporty można podzielić na trzy grupy według kryterium zawartości i są to (rys. 11):

- raporty ewidencyjne, które pozwalają na stworzenie listy użytkowanych złącz i odcinków taśm lub obydwu elementów jednocześnie. Raporty te mogą być wywoływane z różnych poziomów (kontekstów) np. z kontekstu kopalni. Kontekst wywołania decyduje o zakresie zawartości raportu i np. dla raportu ewidencyjnego wywołanego z kontekstu oddziału prezentowane są wszystkie złącza lub odcinki znajdujące się na przenośnikach w danym oddziale. Raporty ewidencyjne zawierają wszystkie istotne informacje o złączach i odcinkach taśm jakie zostały wprowadzone do bazy danych. Raporty ewidencyjne posiadają również możliwość filtrowania zawartości wg. ustalonych kryteriów, tzn. użytkownik może stworzyć raport który zaprezentuje mu wszystkie odcinki w wybranym przez niego przedziale długości lub określonego producenta,

Basal part of actually accessible reports comprises reports related with belts and splices, which are actually operated within the system. On the basis of the content, all reports can be divided into three following groups (fig. 11):

- Evidence reports allowing making a list of actually used splices and belt sections, or both elements at the same time. These reports can be requested from various levels (contexts), for example from the mine context. Request context determines range of the report content, for example for evidence report requested from the mine section, all splices and belt sections present in given section. Evidence reports contain all significant data concerning belt sections and splices loaded into the database. Evidence reports have also ability to filter the content, according to assumed criterions, i.e. the system user can generate report, which represents all belt sections present in chosen length range or belt sections delivered by definite manufacturer.
- Operation history reports allowing reviewing exploitation operations executed in the transport system. These reports

- raporty historii eksploatacji, to raporty które dają wgląd w operacje eksploatacyjne wykonywane w systemie transportowym. Raporty pozwalają na prześledzenie wszystkich zmian w obrębie odcinków taśm i złączy jakie zostały wykonane na przenośniku np. montaż i demontaż, naprawy odcinków i złączy. Możliwe jest też prześledzenie historii odcinka lub złącza eksploatowanego w systemie,

- raporty analityczne, to część raportów których zadaniem jest wspomaganie decyzji w zarządzaniu procesem eksploatacji. Na podstawie zgromadzonych danych raporty te pozwalają na wyznaczanie miar ocenowych (wskaźników). W chwili obecnej raporty analityczne w systemie BCE umożliwiają wyznaczenie średniego czasu pracy dla złączy (rys.12) i odcinków. Raporty analityczne pozwalają również tworzyć porównania w postaci tabel i wykresów (rys. 13,14) np. ilość danego typu złączy lub taśmy w oddziałach taśmowych, porównania długości i ilości odcinków taśm danego producenta itp.

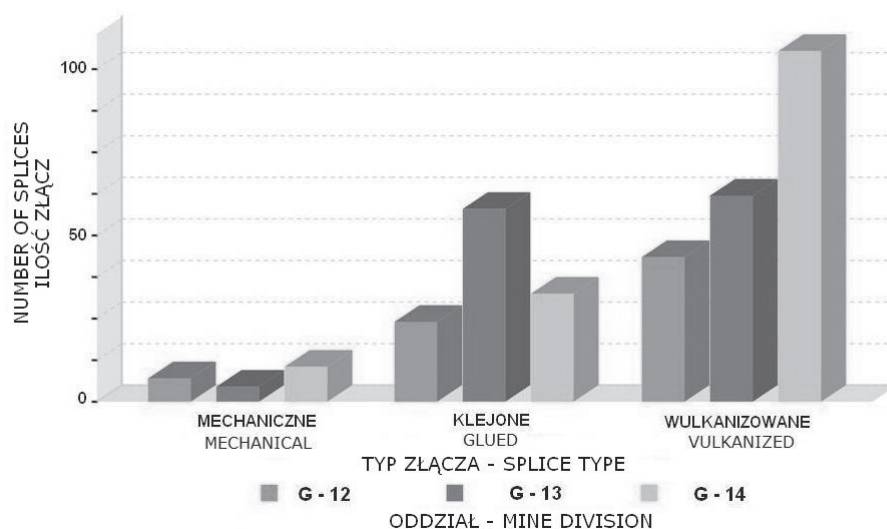
allow tracking of all changes within belt sections and splices, which have been made on the conveyor, for example assembling, disassembling or belt section and splice repairs. Tracking the belt section or splice history is also possible,

- Analytic reports comprising a part of the reports, which are helpful in decision making in the process of exploitation management. Based on collected data these reports allow creation of assessment measures (indicators). Actually, analytic reports operated within the BCE system allow calculation of average time of the belt section and splice operation (fig.12). Analytic reports also allow making comparisons in form of tables and diagrams (fig. 13,14), for example number of given type of bends or splices and comparison of lengths and amount of belt sections manufactured by the same producer.

ŚREDNI CZAS PRACY ZŁĄCZ ZABUDOWANYCH [miesiąc] (Average "in operation" time of splices being in operation [months])					
TYP ZŁĄCZA (splice type)	KLEJONE (glued)	MECHANICZNE (mechanical)	WULKANIZOWANE (vulkanized)	ŚREDNI CZAS PRACY ZŁĄCZ W ODDZIALE (average "in operation" time of splices in division)	ILOŚĆ ZŁĄCZ W ODDZIALE (number of splices in division)
ODDZIAŁ (mine division)					
G - 12	66,0	10,0	111,9	58,0	242
G - 15	44,7	10,0	50,4	21,1	295
G - 14	8,9	9,9	66,5	27,9	150
ŚREDNI CZAS PRACY ZŁĄCZA DANEGO TYPU (average "in operation" time of splices depending on type)	37,4	10,0	84,1	ŚREDNI CZAS PRACY ZŁĄCZ OGÓLEM (average "in operation" time of splices)	35,6

Rys. 12. Przykładowy raport obrazujący średni czas pracy złączy

Fig. 12. Example of the report illustrating average time of belt splices operation



Rys. 13. Wykres porównujący ilość poszczególnych typów złączy w oddziałach

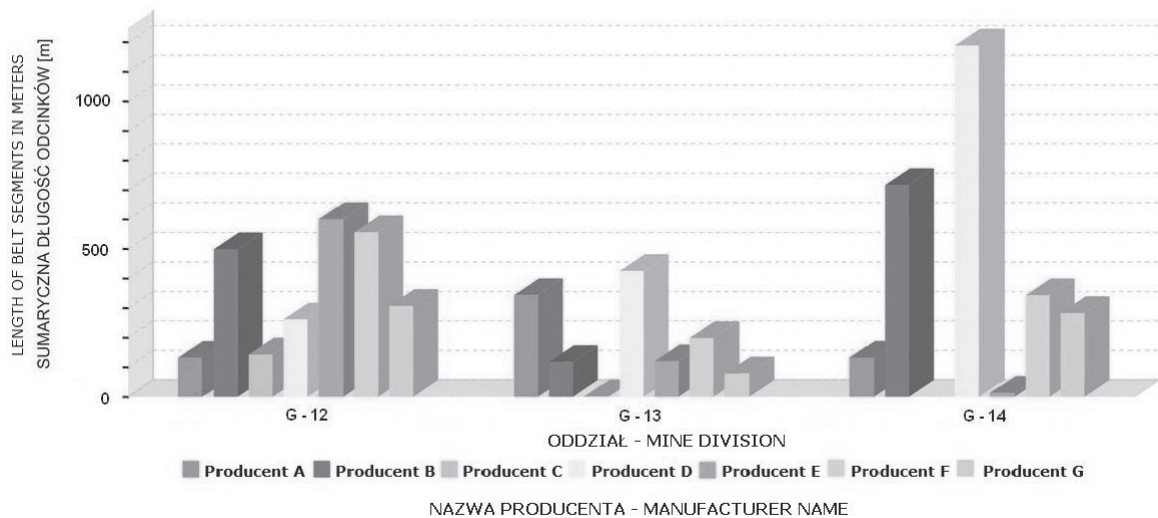
Fig. 13. Chart comparing amount of individual types of belt splices operated in given mine sections

Możliwości raportowania analitycznego związanego ze wskaźnikami zależą od zawartości bazy danych. Im baza danych jest młodsza tym możliwości oferowane przez nią są mniejsze. Wynika to z konieczności uzyskania odpowiednio bogatego materiały statystycznego z eksploatacji systemu transportowego i wraz ze wzbogacaniem bazy danych o dane historyczne rośnie również dokładność i pewność oszacowań statystycznych, na których opierane są niektóre wskaźniki.

Istnieje również możliwość dostosowywania modułu raportowego do indywidualnych potrzeb odbiorców systemu jedynym ograniczeniem jest to, aby do jego wygenerowania wystarczające były dane wprowadzane do bazy systemu.

Possibilities of analytic indicator-based reporting depend on the database content. The younger database the smaller offered possibilities. It results from the necessity of having suitable reach statistical material derived from the transport system exploitation. Enrichment of the database with history data improves accuracy and reliability of statistical assessments, on which chosen indicators are based.

There is also possibility of matching the report module to needs of the system users, with the only one restriction that the number data loaded into the system database is sufficient.



Rys. 14. Wykres porównujący ilość mb taśm różnych producentów zamontowanych w oddziałach

Fig. 14. Chart comparing length (in meters) of conveyor belts manufactured by different producers, mounted within individual sections

5. Podsumowanie

Zarządzanie eksploatacją daje duże możliwości zwiększenia efektywności funkcjonowania przenośników, szczególnie w dużych systemach transportowych. Sprowadza się to na początku do stworzenia odpowiedniego zasobu informacji o zdarzeniach zachodzących podczas eksploatacji, które mogą zostać wykorzystane zarówno do ocen opartych na strategii odnów [8], jak i w diagnostyce [6].

Podstawowym zadaniem systemu BCE, wdrożonego w kopalniach KGHM, jest akwizycja i analiza danych pochodzących z procesu eksploatacji przenośników taśmowych. Ich wykorzystanie daje możliwość zrealizowania większości potrzeb informacyjno-analitycznych pojawiających się w przenośnikowych systemach transportowych. Obecnie trwają prace nad dalszym rozwojem aplikacji, który ukierunkowany jest na kilka obszarów:

- rozszerzenie funkcjonalności programu o gromadzenie i analizę informacji dotyczącą podzespołów układów napędowych i napinających,
- rozbudowa modułu raportowego o możliwość analizy niezawodności poszczególnych podzespołów jak również całego przenośnika, prognozowanie czasu pracy, planowanie remontów i wymian podzespołów, ostrzeganie i monitorowanie o zbliżającym się końcu prognozowane-

5. Summary

Exploitation management creates broad possibilities of the conveyors efficiency improvement, particularly in case of large transport systems. At the beginning, making suitably rich inventory of information related with events, which take place during exploitation, which can be used both for assessments based on renovation [8] and diagnostics [6] is completed.

Basis role of the BCE system, implemented in KGHM mines comprises canvassing and analysis of data derived from exploitation of belt conveyors. Their proper handling allows satisfying major informatics-analytic needs with respect to conveyor-based transport system. Actually, works on further development of the application are conducted. The development comprises several areas:

- Enriching the program operation with collecting and analysis of the data related to subassemblies of drive and tensioning systems.
 - Equipping the report module with possibility of reliability analysis of individual subassemblies, as well as whole conveyor, operation time prediction, planning of repairs and replacement of subassemblies, monitoring and warning of expired period of the subassembly operation time [8].
- Expansion of the report module with additional feature al-

go czasu pracy podzespołu [8]. Planowane jest również rozszerzenie modułu raportowego o dodatkową funkcjonalność umożliwiającą, na podstawie algorytmu obliczeniowego, weryfikację poprawności doboru mocy napędu przenośnika,

- zapis informacji o lokalizacji i funkcji przenośnika w systemie transportowym,
- wprowadzanie informacji o zbiornikach retencyjnych, dozownikach i pozostałych urządzeniach istotnych z punktu widzenia funkcjonowania systemu transportowego,
- komunikacja systemu BCE z hurtownią danych zawierającą informacje z systemu automatyki i diagnostyki przenośników taśmowych [6,7].

Tak rozbudowany system powinien zapewniać użytkownikom kompleksowe narzędzie do obsługi wszystkich istotnych z technicznego punktu widzenia obszarów funkcjonowania przenośnikowych systemów transportowych.

6. References

1. Antoniak J. Systemy transportu przenośnikami taśmowymi w górnictwie. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2005.
2. Furmanik K. Transport przenośnikowy. Kraków: Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2008.
3. Hardygóra M. Taśmy przenośnikowe. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1999.
4. Holzner S. XML Vademecum profesjonalisty. Helion 2001.
5. Loney K. Oracle Database 11g. Kompendium administratora. Helion 2010.
6. Mazurkiewicz D. Możliwości wykorzystania systemów ekspertowych w diagnostyce taśm przenośnikowych. *Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze*. 2010; 3(9): 2-8.
7. Rozszerzenie funkcjonalności systemu EKSPERT o obszar zarządzania dla Działów Energomechanicznych w kopalniach oraz Zakładach Przerobczych (EKSPERT TM/ZWR) – praca niepublikowana, Kraków 2009.
8. Szybka J, Wędrychowicz D. Wyznaczanie strategii prewencyjnych odnów przenośników taśmowych. *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2010* : Kraków, 22–26 lutego 2010. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2010.
9. Walmsley P. Wszystko o XML Schema. Wydawnictwo Naukowo Techniczne, 2007.
10. Woropay M, Landowski B, Jaskulski Z. Wybrane problemy eksploatacji i zarządzania systemami technicznymi. Bydgoszcz: Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, 2004.
11. Wędrychowicz D, Kulinowski P. Koncepcja bazy wiedzy o procesie eksploatacji przenośników taśmowych. *Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze*. 2008; 2(2): 30-34.

lowing calculation algorithm-based verification of correct selection of the conveyor drive power is planned.

- Record of the information about localization and function of the conveyor operated within the transport system.
- Introduction of the information about retention containers, feeders and other devices important from the point of view of the transport system operation.
- Communication between BCE system and database containing information derived from automation and diagnostics of the belt conveyors [6,7].

Such developed system should equip the system user with a tool used for servicing all areas of conveyor-based transport systems, which are important from technical point of view.

Mgr inż. Marcin KACPRZAK,
Dr inż. Piotr KULINOWSKI,
Mgr inż. Dariusz WĘDRYCHOWICZ

Katedra Maszyn Górniczych Przerobczych i Transportowych
Akademia Górniczo-Hutnicza
Al. Mickiewicza 30, paw. B-2, 30-059 Kraków, Polska
piotr.kulinowski@agh.edu.pl
