

Analizy kolizyjności w szynowym transporcie pomocniczym

Analysis of collision possibility in auxiliary railway transportation



*Dr inż. Marek Dudek**



*Inż. Jacek Pawlas**)*

Treść: Transport kopalniany materiałów i przewóz osób w podziemnych wyrobiskach górniczych prowadzony jest z wykorzystaniem kopalnianej kolei podziemnej, kolejek spągowych oraz kolejek podwieszonych. Zwiększające się gabaryty i masy transportowanych maszyn i urządzeń wymagają projektowania systemów transportowych w oparciu o analizy istniejących tras, pod względem możliwości wystąpienia kolizji z obudową oraz wyposażeniem wyrobisk korytarzowych, co wiąże się również z właściwym doborem zastosowanych urządzeń transportowych. W artykule przedstawiono komputerową metodę analizy możliwości wystąpienia kolizji, dla kolejek spągowych oraz podwieszonych, za pomocą autorskiego oprogramowania, opracowanego w ITG KOMAG. Omówiono założenia metody i jej implementację w środowisku programu AutoCAD. Przedstawiono integrację opracowanego oprogramowania z systemem Safe Trans Design (STD), wdrożonym w kopalniach JSW S.A. Zaprezentowano przykłady analiz kolizyjności w przypadku transportu sekcji obudowy zmechanizowanej kolejką podwieszoną.

Abstract: Mine transportation of materials and people in underground workings is performed by the use of mine railway system, floor-mounted railway and suspended monorail. The increasing size and weight of the transported machines and equipment require planning the transportation system based on analyses of the existing transportation routes as regards the possibility of collision with roof support and with roadway equipment to select properly transportation machines. Computer method of collision analysis for floor-mounted railway and suspended monorail with the use of the author's computer program, developed at KOMAG, is presented. Assumption of the method and its implementation in AutoCAD software environment is discussed. Integration of the developed computer program with Safe Trans Design (STD) system, implemented in JSW S.A. mines, is presented. Examples of collision analyses in the case of transportation of powered roof support by suspended monorails are described.

Słowa kluczowe:

szynowy transport pomocniczy, analizy kolizyjności, program symulacyjny

Key words:

auxiliary railway transportation, analysis of collision, simulation software

1. Wprowadzenie

Bezkolizyjny przejazd ładunku w czasie transportu prowadzonego w wyrobiskach korytarzowych kopalń uzależniony jest od odpowiedniego zaprojektowania trasy jezdnej oraz właściwego doboru zestawu transportowego. W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, w ramach projektu europejskiego MINTOS [7, 12], prowadzono prace mające na celu opracowanie narzędzi wspomagających weryfikację projektów systemów transportu w świetle kryterium bezpieczeństwa. W efekcie realizacji projektu opracowano prototyp modułowego systemu wspomagania projektowania transportu

kopalnianego Safe Trans Design (STD), który umożliwi dobór poszczególnych komponentów kolejki podwieszanej oraz ich ocenę w świetle kryteriów bezpieczeństwa [10]. System posiada budowę modułową, co umożliwia jego rozbudowę o dalsze moduły, w tym omawiany w artykule moduł do analizy kolizyjności.

Prototyp systemu STD, po dostosowaniu jego funkcjonalności do wymagań końcowych użytkowników (projektanci z Działu Przygotowania Produkcji kopalń), wdrożono w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. [11]. Istotną częścią procedur weryfikacyjnych są analizy kolizyjności ładunków wielkogabarytowych oraz długich, transportowanych kopalnianą koleją podziemną, kolejkami spągowymi oraz podwieszonymi. Analiza kolizyjności na drogach transportowych

*) ITG KOMAG *) KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch Zofiówka

ma szczególne znaczenie w przypadku projektów systemu transportu, w których należy założyć zmniejszenie się pola przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego wskutek działania otaczającego go górotworu.

Analizy kolizyjności wykonuje się głównie przy transporcie ładunków wielkogabarytowych oraz długich. Można je wykonać bądź to na etapie tworzenia projektu wyrobisk korytarzowych o przeznaczeniu transportowym, bądź też na etapie tworzenia dokumentacji systemu transportu, w której wyrobiska korytarzowe można zweryfikować pod względem przydatności transportowej. Na etapie tworzenia projektu wyrobisk korytarzowych analizy kolizyjności przeprowadza się w celu sprawdzenia przekrojów poprzecznych wyrobiska oraz lokalizacji trasy kolejki w wyrobisku (sprawdzenie przejazdów przez skrzyżowania wyrobisk, zakręty, rozwidlenia itp.). Na etapie weryfikacji, czyli podczas opracowywania dokumentacji systemu transportu, analizy kolizyjności przeprowadza się w celu uwzględnienia zmniejszania się przekrojów poprzecznych wyrobisk korytarzowych na skutek oddziaływania górotworu [3].

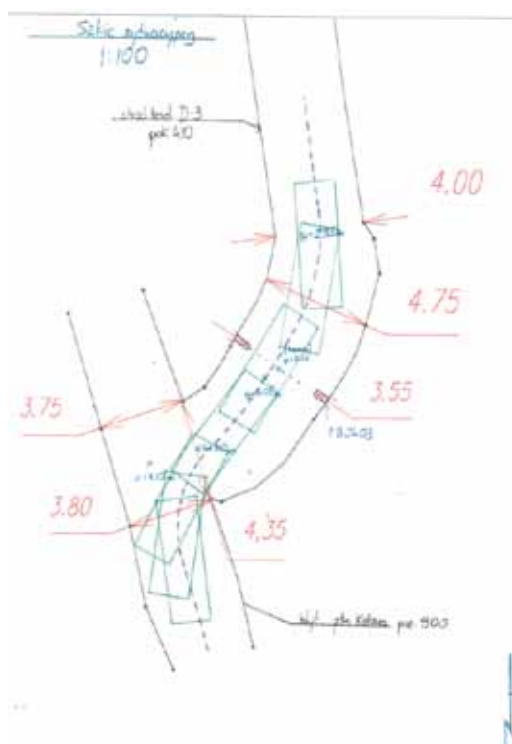
2. Założenia do budowy modułu analizy kolizyjności 2D

Celem analizy kolizyjności 2D jest wyznaczenie obwiedni urządzenia transportowego (transport kopalnianą koleją podziemną, kolejką spagową), obwiedni trawers (transport kolejką podwieszoną), obwiedni ładunku oraz obwiedni odstępów ruchowych, wynikających z przepisów [9], na podstawie symulacji przejazdu zestawu transportowego (platforma transportowa, modułowy zestaw nośny wraz z trawersami) wraz z ładunkiem na wybranym odcinku trasy. Są nimi najczęściej: zakręty, skrzyżowania, rozwidlenia chodników oraz odcinki, na których doszło do zmniejszenia się pola przekroju poprzecznego wyrobiska. Na tych odcinkach trasy może zaistnieć możliwość wystąpienia kolizji podczas prowadzenia prac transportowych. Transportowanym ładunkiem są z reguły ładunki wielkogabarytowe lub długie.

Na chwilę obecną analizy kolizyjności wykonuje się „ręcznie”, korzystając z dokumentacji dróg transportowych w formie papierowej lub elektronicznej, nanosząc na trasie kolejki kolejne położenia urządzenia transportowego wraz z ładunkiem. Zadanie to komplikuje się dodatkowo przy transporcie kolejką podwieszoną, gdzie urządzeniem transportowym jest modułowy zestaw nośny. W takim przypadku należy najpierw wyznaczyć kinematykę urządzenia transportowego w zadanych punktach trasy kolejki, a następnie dokonać orientacji transportowanego ładunku względem urządzenia transportowego, co jest zadaniem czasochłonnym i może być przyczyną powstawania błędów w lokalizacji ładunku na trasie. Na rysunku 1 przedstawiono przykład analizy kolizyjności, wykonanej z wykorzystaniem dokumentacji papierowej.

W celu usprawnienia procesu wykonywania analiz kolizyjności, skrócenia ich czasu, ujednocnienia formy specyfikacji danych wejściowych oraz formy otrzymywanych wyników końcowych, postanowiono opracować komputerowy moduł do analizy kolizyjności. Sformułowano następujące założenia do modułu analizy kolizyjności 2D [4, 5]:

- moduł powinien stanowić pomoc dla projektanta systemu transportu pod kątem analizy kolizyjności na wybranych odcinkach trasy,
- moduł powinien być powiązany z programem CAD, stosowanym do tworzenia dokumentacji rysunkowej projektu systemu transportu,
- projekt systemu transportu oraz dokumentacja rysunkowa (w wersji papierowej lub elektronicznej), będą stanowić dane wejściowe do modułu analizy kolizyjności,



Rys. 1. Przykładowa analiza kolizyjności, z wykorzystaniem dokumentacji papierowej [8]

Fig. 1. Sample analysis of collision by the use of paper documentation [8]

- moduł analiz kolizyjności powinien być uruchamiany z poziomu systemu STD (Safe Trans Design) i korzystać z danych zgromadzonych w systemie (dane platform transportowych, modułowych zestawów nośnych, trawers poprzecznych i wzdłużnych),
 - moduł powinien umożliwić analizę kolizyjności dla modeli płaskich – wyznaczenie obwiedni transportowanego ładunku, obwiedni urządzenia transportowego (platformy transportowej), obwiedni trawers oraz obwiedni odstępów ruchowych,
 - dane wejściowe do analizy kolizyjności powinny być wprowadzane poprzez plik graficzny CAD oraz poprzez formularz internetowy, dostępny na stronie systemu STD, w module analizy kolizyjności,
 - w celu dokumentowania danych wejściowych, należy utworzyć formularz danych wejściowych, zawierający wszystkie niezbędne dane do przeprowadzenia symulacji,
 - założono, że w celu uproszczenia procedury wprowadzania danych wejściowych, plik CAD będzie zawierać tylko trasę kolejki oraz zarys wyrobiska. Wszystkie pozostałe dane wejściowe, niezbędne do przeprowadzenia analizy, wprowadzane będą poprzez formularz internetowy,
 - wyniki analizy kolizyjności dokumentowane będą w postaci plików graficznych CAD, co umożliwi ich dalszą analizę i obróbkę przez pracowników DPP, oraz dodatkowo, w postaci plików bitmapowych JPG,
 - analiza kolizyjności podzielona zostanie na poszczególne etapy. Z każdego etapu zapisywane będą pliki wynikowe: graficzne w formacie programu CAD oraz bitmapowe w formacie JPG.
- Założono, że analiza kolizyjności będzie podzielona na następujące etapy:
- ETAP 1 – początek symulacji – umiejscowienie zestawu transportowego (platforma transportowa lub

Tablica 1. Uogólnione dane wejściowe, miejsce ich formułowania oraz wyniki symulacji dla modułu analizy kolizyjności 2D [niepublikowana]

Table 1. Generalized input data, place of their formulation and simulation results for 2D collision analysis module [not published]

Dane wejściowe Wyniki symulacji	Transport szynowy spagowy	Transport szynowy podwieszony
DANE WEJŚCIOWE		
Zarys wyrobiska	Plik CAD	Plik CAD
Wybrany fragment trasy	Plik CAD	Plik CAD
Urządzenie transportowe	Formularz internetowy	Formularz internetowy
Zestaw trawers	-----	Formularz internetowy
Transportowany ładunek	Formularz internetowy	Formularz internetowy
WYNIKI SYMULACJI		
Obwiednia ładunku	Plik CAD, JPG	Plik CAD, JPG
Obwiednia urządzenia transportowego	Plik CAD, JPG	-----
Obwiednie trawers	-----	Plik CAD, JPG
Obwiednie odstępów (przejść) ruchowych	Plik CAD, JPG	Plik CAD, JPG

modułowy zestaw nośny wraz z trawersami) wraz z ładunkiem na początku trasy,

- ETAP 2 – Przejazd zestawu transportowego wraz z ładunkiem po trasie, z zadaniem krokiem symulacji – ślady urządzenia transportowego, trawers oraz ładunku,
- ETAP 3 – obwiednia urządzenia transportowego (platformy transportowej), trawers oraz ładunku,
- ETAP 4 – uwzględnienie wartości odstępów (przejść) ruchowych,
- ETAP 5 – przygotowanie plików wynikowych symulacji.

Projekty systemów transportu tworzone są przez pracowników Działów Przygotowania Produkcji kopalń. Obecnie większość dokumentacji rysunkowej tych projektów powstaje z wykorzystaniem systemu wspomagania projektowania CAD. Ponieważ w kopalniach należących do JSW S.A. podstawowym programem CAD służącym do tworzenia dokumentacji rysunkowej jest program AutoCAD, postanowiono, że moduł analizy kolizyjności zostanie przystosowany do pracy w tym środowisku.

W tablicy 1 przedstawiono uogólnione dane wejściowe do modułu analizy kolizyjności 2D, miejsce ich formułowania (plik CAD, formularz internetowy) oraz wyniki symulacji, w rozbięciu na transport szynowy spagowy (kopalniana kolejki podziemna, kolejki spagowe) oraz transport szynowy podwieszony (kolejki podwieszane).

3. Formułowanie danych wejściowych w programie AutoCAD

Przygotowanie danych wejściowych w programie AutoCAD sprowadza się do wykreślenia na warstwie „K2D3D-DaneWejsciove-TrasaKolejki”, w podziale 1:1, polilinii 2D, odzwierciedlającej projektowany przebieg trasy kolejki. Długość wybranego do analizy odcinka trasy powinna zawierać się w przedziale: 15÷70 metrów, gdzie jednostkami rysunkowymi są milimetry. Opcjonalnie, warstwa „K2D3D-DaneWejsciove-ObrysWyrobiska” może zawierać rysunek obrysu wyrobiska lub wczytany i wyskalowany plik bitmapowy JPG z takim obrysem. Dodatkowo, plik bitmapowy JPG może również zawierać wstępnie naniesioną oś trasy kolejki – ułatwi to wykreślenie trasy kolejki w programie AutoCAD. Umieszczenie pliku JPG z obrysem wyrobiska ułatwi póź-

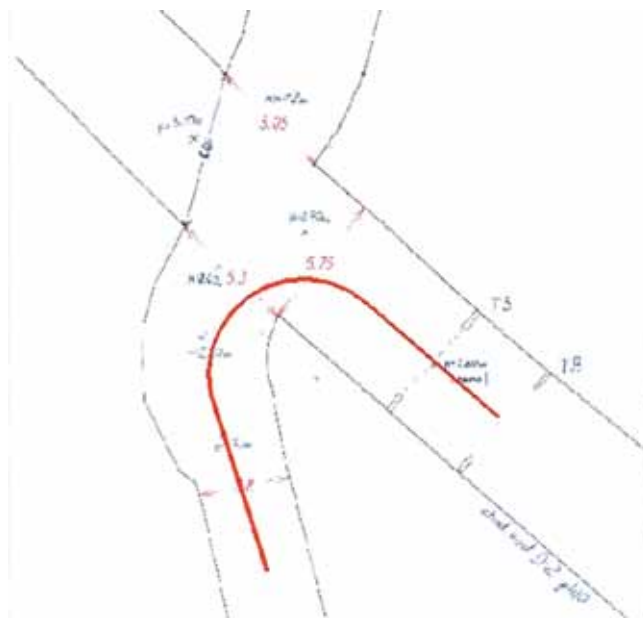
niejszą analizę wyników symulacji – obwiednie urządzenia transportowego, trawers i transportowanego ładunku są już wykreślone w obrysie wyrobiska.

Na rysunku 2 przedstawiono przykład formułowania danych wejściowych w programie AutoCAD: wczytano szkic sytuacyjny z zarysem wyrobiska oraz wykreślono trasę kolejki.

4. Składniki programowe modułu analizy kolizyjności 2D

Moduł analizy kolizyjności 2D składa się z następujących składników programowych:

- aplikacji internetowej, uruchamianej z poziomu systemu STD, służącej do komunikacji pomiędzy użytkownikiem



Rys. 2. Plik JPG z obrysem wyrobiska i ze wstępnie naniesioną trasą kolejki, wczytany do programu AutoCAD. Widoczna oś trasy kolejki, utworzona w programie AutoCAD [5]

Fig. 2. JPG file with roadway contour and drawn railway route, loaded into AutoCAD. Axis of railway route, created in AutoCAD, can be seen [5]

końcowym a programem do analizy kolizyjności, uruchamianym wewnątrz programu AutoCAD,

- pliku tekstowego danych wejściowych, którego zadaniem jest zapewnienie przepływu danych wejściowych z aplikacji internetowej do programu analizy kolizyjności,
- programu do analizy kolizyjności, uruchamianego z wnętrza programu AutoCAD, którego zadaniem jest budowa modelu numerycznego, przeprowadzenie symulacji oraz zwrot jej wyników.

4.1. Aplikacja internetowa

Jej zadaniem jest pozyskanie danych wejściowych dla modułu analizy kolizyjności, poprzez formularz internetowy, wyświetlany z poziomu systemu STD. Formularz internetowy jest podzielony na następujące sekcje:

- projekt:
 - nazwa,
 - opis,
- pliki wejściowe DWG i JPG:
 - trasa kolejki,
 - zarys wyrobiska,
- urządzenie transportowe:
 - platforma transportowa (transport szynowy spagowy),

a)

- modułowy zestaw nośny (transport szynowy podwieszony),
- transportowany ładunek – orientacja względem urządzenia transportowego (transport szynowy spagowy),
- tawersy i transportowany ładunek – orientacja względem urządzenia transportowego (transport szynowy podwieszony),
- parametry symulacji:
 - nazwa pliku wynikowego,
 - krok symulacji: 50, 100, 150, 200, 250, 500, 1000, 2000, 2500, 5000, 10000 mm,
 - odstępy ruchowe.

Na rysunku 3a przedstawiono formularz internetowy analizy kolizyjności 2D dla kolejek spagowych, wypełniony przykładowymi danymi wejściowymi. Rysunek 3b obrazuje formularz internetowy dla kolejek podwieszonych, wypełniony przykładowymi danymi wejściowymi.

4.2. Plik tekstowy danych wejściowych

Daną wejściową do programu analizy kolizyjności jest plik tekstowy „Kolizyjnosc.txt”, utworzony na podstawie danych wprowadzonych do formularza internetowego.

b)

Rys. 3. Formularz internetowy analizy kolizyjności 2D, z przykładowymi danymi wejściowymi:

a) dla kolejek spagowych [4], b) dla kolejek podwieszonych [5]

Fig. 3. Web form for 2D collision analysis, with examples of input data:

a) for floor-mounted railways [4], b) for suspended monorails [5]

Tablica 2. Przykładowa zawartość pliku „Kolizyjnosc.txt” [5]**Table 2. Sample contents of the „Kolizyjnosc.txt” file [5]**

```
[TypAnalizy]
TypAnalizy=3
[DaneWejsciove]
NazwaPlikuDWG=PodwieszonaTest001
NazwaPlikuJPG=PodwieszonaTest001
NazwaPlikuWynikowego=PodwieszonaTest001 Wyniki3x1810-typ1
UrządzenieTransportoweTyp=3x1810-typ1
TransportowanyLadunekTyp=1
TransportowanyLadunekWymiarA=5470
TransportowanyLadunekWymiarB=1650
TrawersaPoprzecznaWymiarC=3570
TrawersaPoprzecznaWymiarD=1770
LadunekTrawersaPoprzecznaWymiarE=35
TrawersaWzdłużnaWymiarF=5540
TrawersaWzdłużnaWymiarG=2010
KrokSymulacji=1000
OdstepyRuchowe=400
```

Na podstawie danych wejściowych program uruchamiany w środowisku AutoCAD-a buduje model numeryczny, celem przeprowadzenia analizy kolizyjności. W tabelicy 2 przedstawiono przykładową zawartość pliku „Kolizyjnosc.txt” dla formularza danych wejściowych dla kolejek podwieszonych, przedstawionego na rysunku 3b.

4.3. Program do analizy kolizyjności

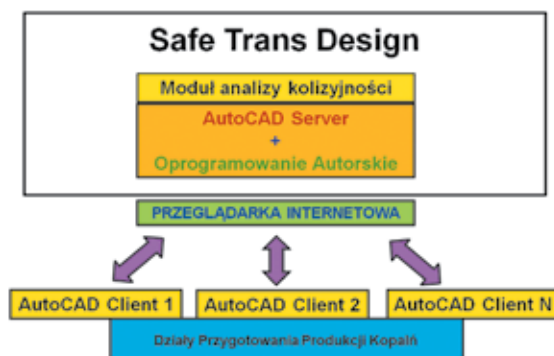
Zaletą programów CAD jest ich otwarta architektura, pozwalająca na rozszerzenie ich funkcjonalności poprzez tworzenie własnych programów (nakładek), pracujących w środowisku programu CAD, korzystających z ich bazy danych o elementach graficznych, automatyzujących powtarzalne czynności czy wykonujących dodatkowe obliczenia inżynierskie. W przypadku programu AutoCAD, jednym z języków programowania, umożliwiającym tworzenie własnych programów, jest VisualLISP [1]. Jest to wewnętrzny język programowania, rozszerzenie języka AutoLISP [2], który jest dołączany do AutoCAD-a. VisualLISP posiada zintegrowane środowisko programistyczne, uruchamiane z poziomu programu AutoCAD, służące do pisania oraz testowania programów (VisualLISP IDE).

W oparciu o specyfikację programu do analizy kolizyjności, określoną w punkcie 2, w ITG KOMAG opracowano autorski program do analizy kolizyjności w szynowym transporcie pomocniczym. Moduł analizy kolizyjności powiązany jest z systemem STD i uruchamiany jest wewnątrz programu AutoCAD. Napisany w języku VisualLISP, korzysta z jego procedur graficznych do budowy modelu numerycznego oraz przeprowadzenia symulacji. Wyniki poszczególnych etapów symulacji, w postaci plików DWG programu AutoCAD oraz plików bitmapowych JPG, zwracane są w postaci pliku archiwum ZIP.

5. Integracja modułu analizy kolizyjności 2D z systemem STD

Na rysunku 4 przedstawiono sposób integracji modułu analizy kolizyjności z systemem STD. Pracownicy Działu Przygotowania Produkcji Kopalni, na lokalnych stacjach roboczych, wyposażonych w program AutoCAD, przygotowują plik DWG z wybranym fragmentem trasy kolejki oraz zarysem wyrobiska. Następnie, poprzez przeglądarkę internetową, logują się do systemu STD. Po wybraniu modułu analizy ko-

lizyjności oraz typu analizy (analiza kolizyjności 2D – kolejki spągowe, analiza kolizyjności 2D – kolejki podwieszona), poprzez formularz internetowy wprowadzają pozostałe dane wejściowe. Po skompletowaniu danych wejściowych, są one przesyłane do programu AutoCAD (Server), celem budowy modelu numerycznego i przeprowadzenia symulacji. Wyniki analizy, w postaci plików DWG oraz JPG z poszczególnych etapów pracy programu, przesyłane są do użytkownika końcowego w postaci pliku archiwum ZIP.

**Rys. 4. Moduł analizy kolizyjności i jego integracja z systemem STD [4]****Fig. 4. Collision analysis module and its integration with the STD system [4]**

Baza danych systemu STD zawiera informacje o urządzeniach transportowych: platformach transportowych firmy Becker-Warkop oraz modułowych zestawach nośnych firm: FAMA, SCHARF, PIOMA, jak również dane trawers poprzecznych i wzdłużnych, używanych przy transporcie kolejką podwieszoną.

6. Etapy działania programu

Można wyróżnić następujące etapy działania programu do analizy kolizyjności, uruchamianego z wnętrza programu AutoCAD:

ETAP 1 – Początek symulacji

Po otwarciu pliku DWG z wybranym fragmentem trasy i zarysem wyrobiska oraz wczytaniu pliku tekstowego danych

wejściowych, następuje budowa modelu numerycznego, składającego się z zestawu transportowego (platforma transportowa lub modułowy zestaw nośny wraz z trawersami) oraz transportowanego ładunku. Dokonywana jest orientacja ładunku względem zestawu transportowego, a następnie zestaw transportowy wraz z ładunkiem pozycjonowany jest na początku trasy. Na tym etapie użytkownik może sprawdzić poprawność danych wejściowych w odniesieniu do wymiarów urządzenia transportowego (platformy transportowej), wymiarów trawers (transport kolejką podwieszoną), wymiarów transportowanego ładunku oraz orientacji ładunku względem zestawu transportowego (platforma transportowa lub modułowy zestaw nośny wraz z trawersami). Widoczny jest również kierunek transportu.

ETAP 2 – Ślady ładunku oraz platformy transportowej / trawers

Po ustawieniu zestawu transportowego wraz z ładunkiem na początku trasy, następuje symulacja przejazdu zestawu transportowego wraz z ładunkiem po trasie, z założonym krokiem symulacji. Dla każdego kroku symulacji wyznaczane jest położenie zestawu transportowego wraz z ładunkiem w zadanym punkcie trasy. Po każdym kroku symulacji przejazdu zostawiane są ślady ładunku i ślady platformy transportowej (transport kolejką spagową) lub ślady ładunku i ślady trawers (transport kolejką podwieszoną).

ETAP 3 – Obwiednia ładunku oraz obwiednia platformy transportowej / obwiednie trawers

Po utworzeniu śladów ładunku i urządzenia transportowego / trawers, są one łączone w osobne obiekty – obwiednie. Utworzenie osobnych obwiedni jest pomocne przy dalszej analizie kolizyjności. Może się bowiem okazać, że przyczyną kolizji nie jest transportowany ładunek, a trawersy wzdłużne, i ich wyeliminowanie z modelu spowoduje bezkolizyjny przejazd bez potrzeby modyfikacji przebiegu trasy kolejki.

ETAP 4 – Uwzględnienie wielkości przejść (odstępów) ruchowych

Celem tego etapu symulacji jest utworzenie obwiedni odstępów ruchowych, zarówno dla zestawu transportowego jak i transportowanego ładunku. W przypadku transportu za pomocą platformy transportowej (transport szynowy spagowy), obwiednie odstępów ruchowych tworzone są na podstawie obwiedni uzyskanych dla urządzenia transportowego i transportowanego ładunku, poprzez ich odsunięcie na zewnątrz o wartość odstepu ruchowego. W przypadku transportu za pomocą modułowego zestawu nośnego (transport szynowy podwieszony), obwiednie odstępów ruchowych dla trawers oraz transportowanego ładunku powstają poprzez kolejną symulację przejazdu po trasie, z zadanym krokiem symulacji, modelu trawers i transportowanego ładunku, gdzie odpo-

wiednie wymiary zostały powiększone o wielkość przejść (odstępów) ruchowych.

ETAP 5 – Zakończenie symulacji

Po zakończeniu symulacji przejazdu zestawu transportowego wraz z ładunkiem po trasie kolejki i wyznaczeniu odpowiednich obwiedni, program przygotowuje pliki wynikowe DWG oraz JPG do przekazania poprzez system STD do użytkownika końcowego – projektanta z Działu Przygotowania Produkcji. Pliki wynikowe przekazywane są w formie archiwum ZIP.

7. Testy funkcjonalności modułu dla transportu kolejką podwieszoną

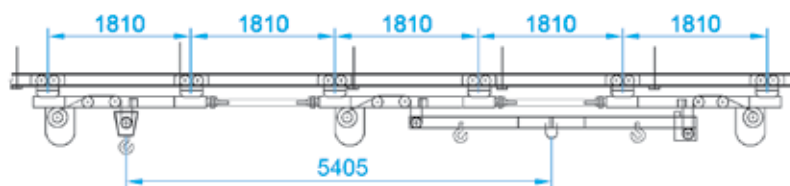
W przypadku transportu materiałów wielkogabarytowych oraz długich kolejką podwieszoną, najczęściej stosowanym urządzeniem transportowym są modułowe zestawy nośne – belki wysokoobciążalne. Przykład takiego urządzenia przedstawiono na rysunku 5 [6]. Modułowe zestawy nośne składają się z wzajemnie połączonych segmentów. Podczas transportu modułowym zestawem nośnym na zakręcie, transportowany ładunek przybliża się do wewnętrznej części zakrętu (ociosu wyrobiska), co może powodować kolizję pomiędzy ładunkiem, a obudową wyrobiska lub pomiędzy zespołem trawers, a obudową wyrobiska. Odchylenie ładunku od osi trasy w przekroju podłużnym wyrobiska korytarzowego, związane jest z budową zestawu nośnego użytego do transportu.

Przedstawione przykłady dotyczą budowy modeli symulacyjnych oraz analizy kolizyjności podczas transportu kolejką podwieszoną, korzystając z danych technicznych następujących urządzeń:

- modułowe zestawy nośne firmy FAMA: MZN-252-189kN oraz MZN-300-160kN [6],
- układy trawers: poprzecznych P6,0/1650 oraz wzdłużnych W11,0/5410 [6],
- sekcja obudowy ścianowej zmechanizowanej: sekcja liniowa typu TAGOR-08/22-POz [8], o podziałce 1750 mm i masie ok. 12860 kg, transport sekcji w całości.

W celu sprawdzenia funkcjonalności modułu analizy kolizyjności 2D dla kolejek podwieszonych, dokonano analizy wybranego fragmentu trasy, dla różnych danych wejściowych zadania symulacyjnego. Dla każdego z omawianych przykładów przedstawiono:

- szkic sytuacyjny z zarysem wyrobiska oraz naniesioną trasą kolejki,
- formularz danych wejściowych zadania symulacyjnego,
- wyniki przeprowadzonej symulacji: wszystkie etapy symulacji dla przykładu numer 1; etap 2 oraz 4B dla przykładów numer 2 i 3.

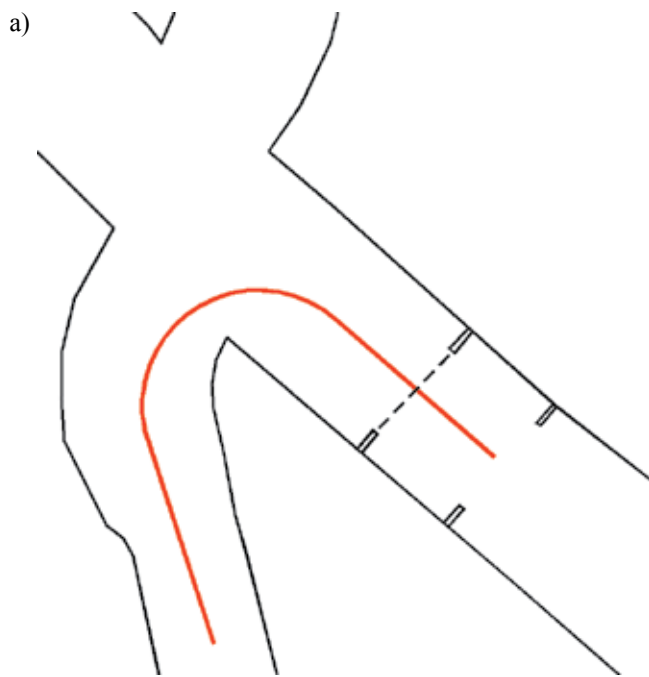


Rys. 5. Przykład modułowego zestawu nośnego firmy FAMA [6]
Fig. 5. Example of FAMA's modular load-carrying system [6]

Przykład 1

Należy zaprojektować trasę transportową dla transportu kolejką podwieszoną, dla zakrętu trasy, przedstawionego w rzucie sytuacyjnym w pliku Podwieszona-Test001.jpg. Transportowanym ładunkiem jest sekcja liniowa obudowy zmechanizowanej TAGOR-08/22-POz, o podziale 1750 mm, masie ok. 12860 kg i wymiarach w rzucie z góry 5470

x 1650 mm. Transport sekcji odbywa się w całości. Do transportu należy zastosować modułowy zestaw nośny FAMA MZN-252-189kN. Ładunek podwieszony jest do urządzenia transportowego za pomocą zestawu trawers poprzecznych P 6,0/1650 i zestawu trawers wzdłużnych W 11,0/5410. Przyjąć krok symulacji = 1000 mm, natomiast wielkość odstępów (przejsć) ruchowych 400 mm.



b) **Kolizyjność 2D – kolejki podwieszone**
 Karta danych wejściowych zadania symulacyjnego
 2014-07-25

I. Nazwa pliku wejściowego DWG (trasa kolejki): PodwieszonaTest001.dwg
 II. Nazwa pliku wejściowego JPG (zarys wyrobiska): PodwieszonaTest001.jpg
 III. Przedrostek nazwy plików wynikowych DWG i .JPG: PodwieszonaTest001Wyniki5x1890-typl
 IV. Typ urządzenia transportowego: FAMA MZN 252-189kN – hak nocujący z tyłu w kierunku jazdy
 V. Dane urządzenia transportowego:
 Rozmiar haków: 5405 [mm] Typ: 5x1813-typl

VI. Dane trawers, transportowanego ładunku i jego orientacji względem urządzenia transportowego:

	Transportowany ładunek
	Typ: TAGOR 08/22 POz
	Masa: 12860 [kg]
	A – długość ładunku [mm]
	A = 5470
	B – szerokość ładunku [mm]
B = 1650	
Trawersy poprzeczne	
C – rozstaw trawers poprzecznych [mm] – odpowiada wybraniem rozstawowi haków w modułowym zestawie nośnym	
C = 5405	
D – szerokość trawers poprzecznych [mm]	
D = 1770 – P 6,0/1650	
E – odległość ładunku od trawersy poprzecznej, zgodnie z kierunkiem jazdy [mm]	
E = 35	
Trawersy wzdłużne	
F – długość trawers wzdłużnych [mm]	
F = 5500 – W 11,0/5410	
G – odległość pomiędzy trawersami wzdłużnymi [mm]	
G = 2970	

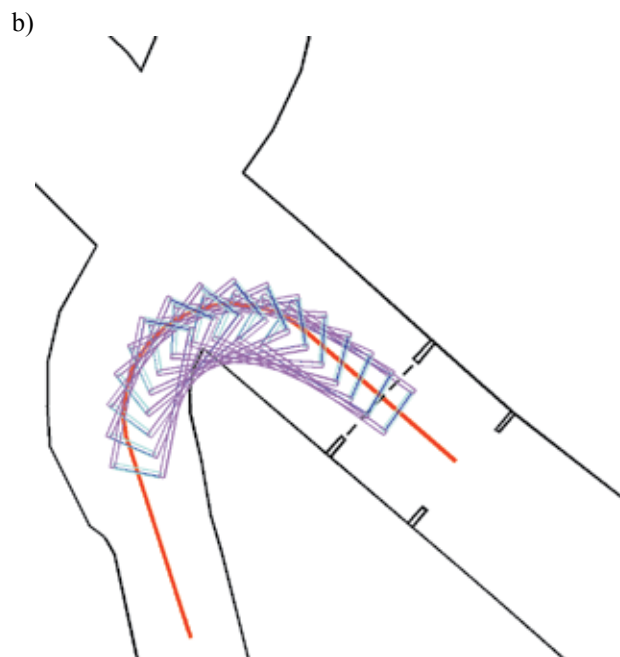
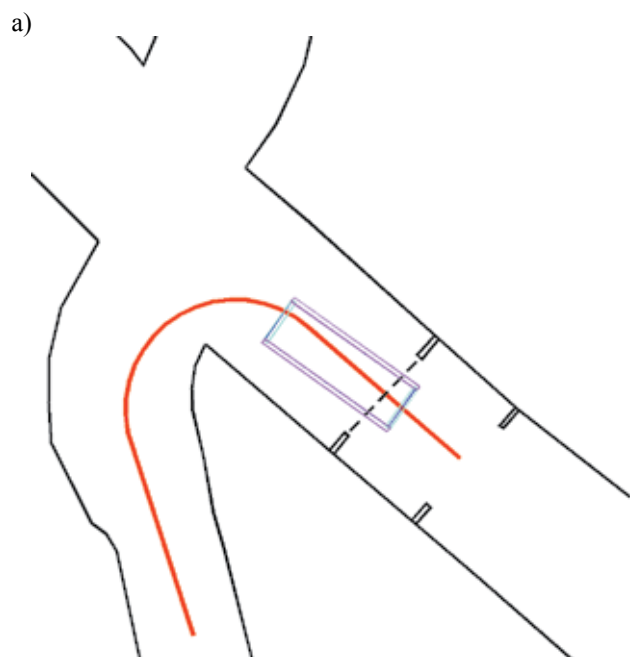
VII. Zadany krok symulacji: 50, 100, 150, 200, 250, 500, **1000**, 2000, 2500, 5000, 10000 [mm]
 VIII. Wielkość odstępów (przejsć) ruchowych: 400 [mm]

Rys. 6. Przykład 1 – dane wejściowe do symulacji

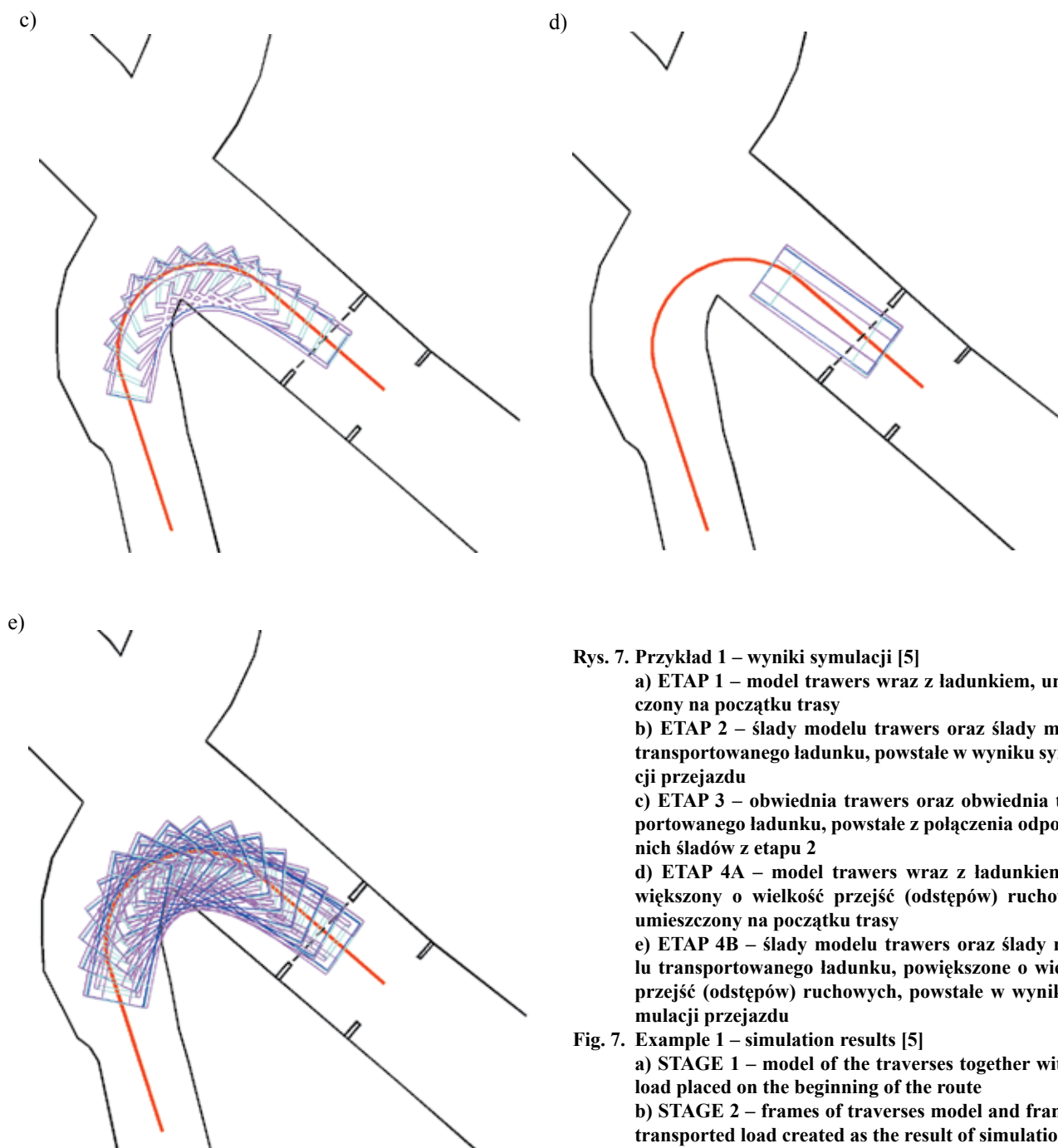
a) Zarys wyrobiska z naniesioną trasą kolejki [8], b) Formularz danych wejściowych zadania symulacyjnego [5]

Fig. 6. Example 1 – input data for the simulation

a) Outline of the roadway with drawn railway route [8], b) Input data form for the simulation task [5]



Rys. 7. cd. →



Rys. 7. Przykład 1 – wyniki symulacji [5]

- a) ETAP 1 – model trawers wraz z ładunkiem, umieszczony na początku trasy
- b) ETAP 2 – ślady modelu trawers oraz ślady modelu transportowanego ładunku, powstałe w wyniku symulacji przejazdu
- c) ETAP 3 – obwiednia trawers oraz obwiednia transportowanego ładunku, powstałe z połączenia odpowiednich śladów z etapu 2
- d) ETAP 4A – model trawers wraz z ładunkiem, powiększony o wielkość przejść (odstępów) ruchowych, umieszczony na początku trasy
- e) ETAP 4B – ślady modelu trawers oraz ślady modelu transportowanego ładunku, powiększone o wielkość przejść (odstępów) ruchowych, powstałe w wyniku symulacji przejazdu

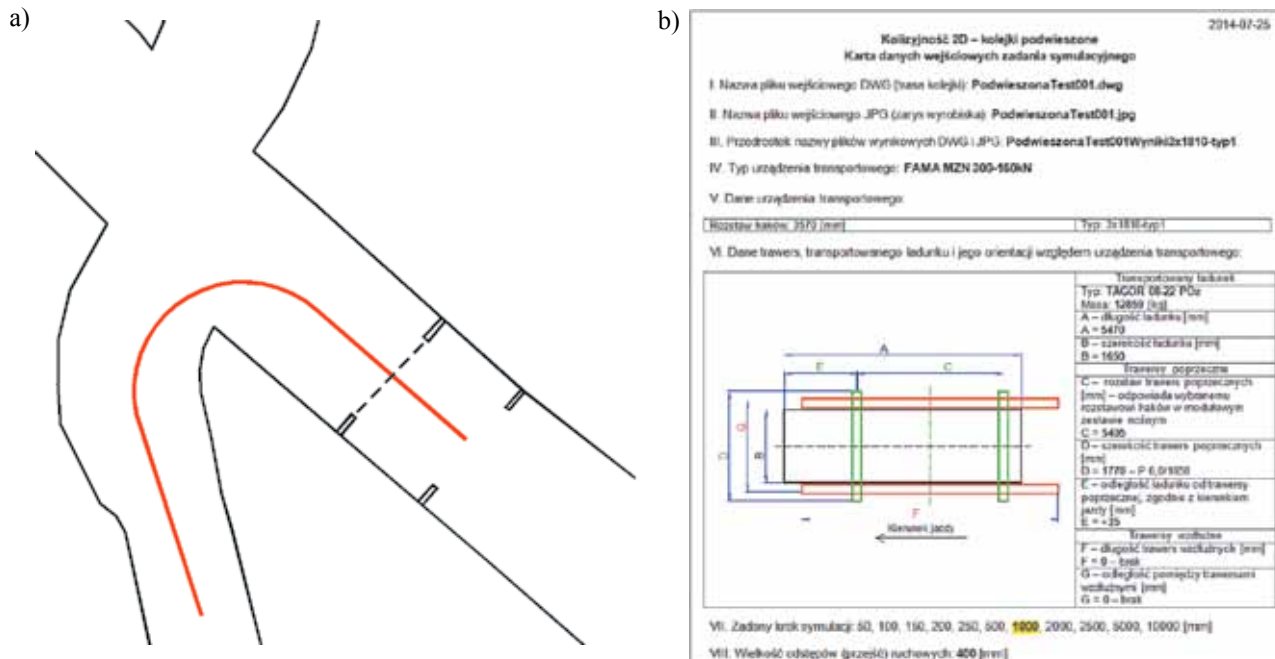
Fig. 7. Example 1 – simulation results [5]

- a) STAGE 1 – model of the traverses together with the load placed on the beginning of the route
- b) STAGE 2 – frames of traverses model and frames of transported load created as the result of simulation
- c) STAGE 3 – traverse envelope and the envelope of load, resulting from the combination of the frames from stage 2
- d) STAGE 4A – traverse model together with the load, enlarged by the required side clearances (gaps), placed at the beginning of the route
- e) STAGE 4B – frames of traverses model and frames of transported load, enlarged by the required side clearances (gaps), created as the result of simulation

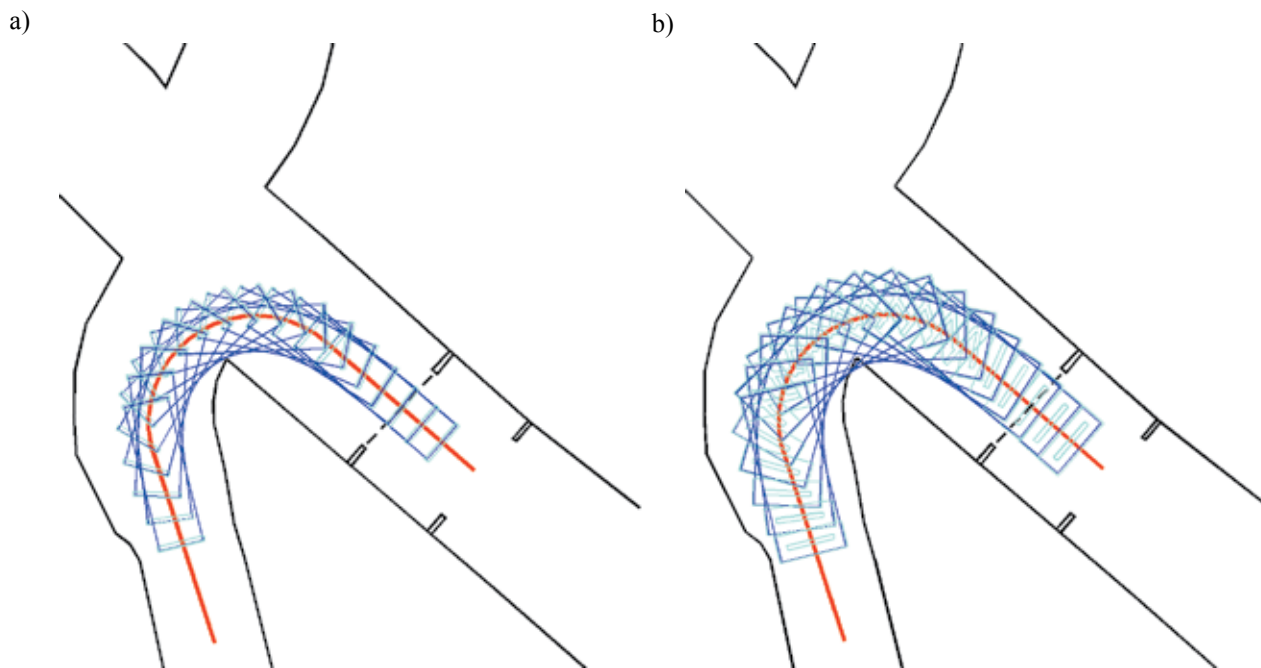
Przykład 1 – wnioski z przeprowadzonej symulacji:

- zastosowanie do transportu sekcji modułowego zestawu nośnego FAMA MZN-252-189kN o 5 wózkach jezdnych, nie gwarantuje przejazdu przez zakręt, nawet bez uwzględnienia wielkości przejść (odstępów) ruchowych, przy zachowaniu projektowanego kształtu trasy oraz jej lokalizacji w wyrobisku,
- zastosowanie trawers wzdłużnych powiększa jeszcze dodatkowo obszar kolizji z zarysem wyrobiska,
- należy przeprowadzić kolejną symulację (Przykład 2), po wprowadzeniu następujących zmian:
 - zmiana zestawu nośnego na FAMA MZN-300-160kN – zestaw nośny o 3 wózkach jezdnych – na zakrętach ładunek bardziej przybliży się do osi trasy kolejki, niż dla zestawu FAMA MZN-252-189kN,
 - rezygnacja z trawers wzdłużnych – ładunek podwieszony jest do zestawu nośnego tylko przy pomocy trawers poprzecznych.

Przykład 2



Rys. 8. Przykład 2 – dane wejściowe do symulacji
 a) Zarys wyrobiska z naniesioną trasą kolejki [8]
 b) Formularz danych wejściowych zadania symulacyjnego [5]
 Fig. 8. Example 2 – input data for the simulation
 a) Outline of the roadway with drawn railway route [8]
 b) Input data form for simulation task [5]



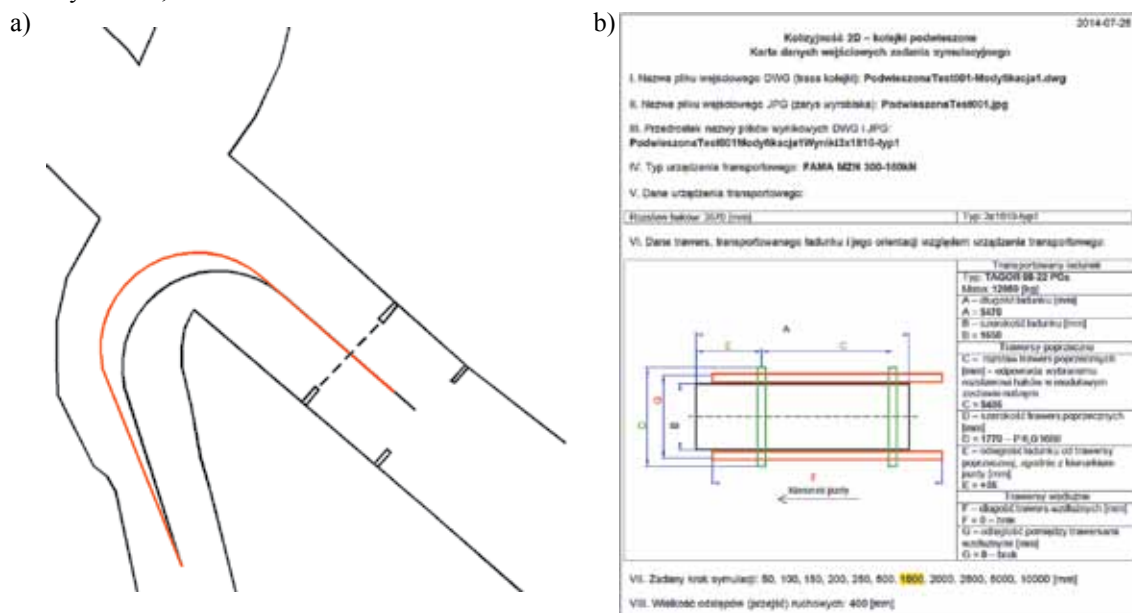
Rys. 9. Przykład 2 – wyniki symulacji [5]
 a) ETAP 2 – ślady modelu tawers oraz ślady modelu transportowanego ładunku, powstałe w wyniku symulacji przejazdu
 b) ETAP 4B – ślady modelu tawers oraz ślady modelu transportowanego ładunku, powiększone o wielkość przejeżdż (odstępów) ruchowych, powstałe w wyniku symulacji przejazdu
 Fig. 9. Example 2 – simulation results [5]
 a) STAGE 2 – frames of traverses model and frames of transported load created as the result of simulation
 b) STAGE 4B – frames of traverses model and frames of transported load, enlarged by the required side clearances (gaps), created as the result of simulation

Przykład 2 – wnioski z przeprowadzonej symulacji:

- zastosowanie do transportu sekcji modułowego zestawu nośnego FAMA MZN-300-160kN o trzech wózkach jezdnych, w dalszym ciągu nie gwarantuje przejazdu przez zakręt, nawet bez uwzględnienia wielkości przejść (odstępów) ruchowych, przy zachowaniu projektowanego kształtu trasy oraz jej lokalizacji w wyrobisku,
- brak trawers wzdłużnych zmniejszył obszar kolizji z zarysem wyrobiska,

- należy przeprowadzić kolejną symulację (Przykład 3), po wprowadzeniu następujących zmian (w stosunku do przykładu numer 2):
 - zmiana lokalizacji osi trasy kolejki
 - odsunięcie trasy od wewnętrznego zakrętu o odległość około 1200 mm.

Przykład 3

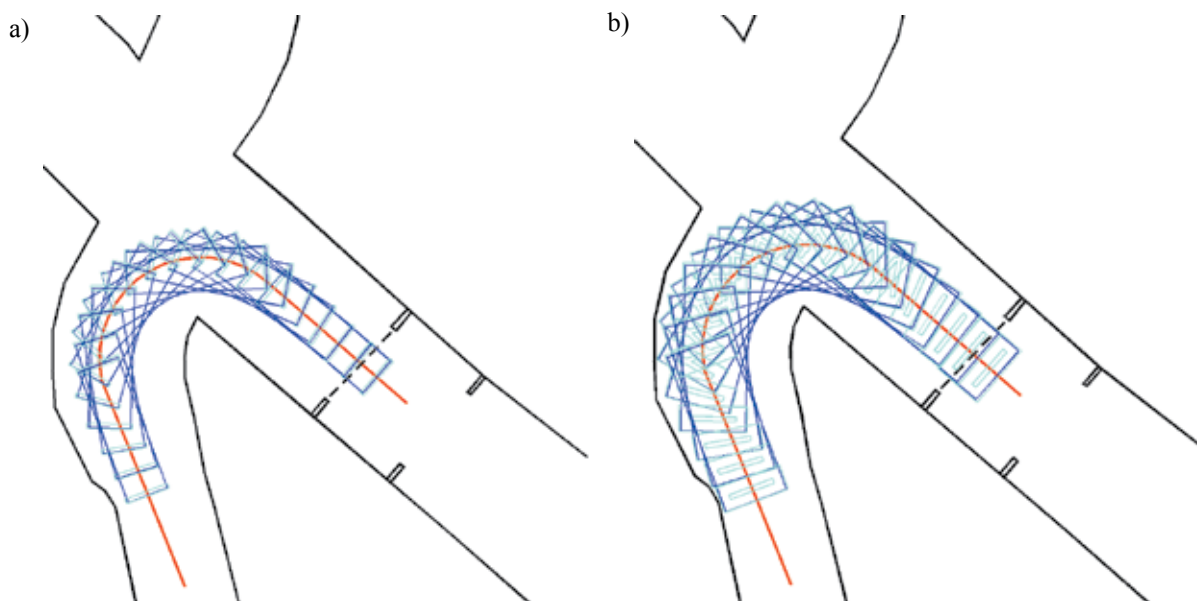


Rys. 10. Przykład 3 – dane wejściowe do symulacji

- Zarys wyrobiska z naniesioną nową trasą kolejki – odsunięcie trasy od wewnętrznego zakrętu [8]
- Formularz danych wejściowych zadania symulacyjnego [5]

Fig. 10. Example 3 – input data for the simulation

- Outline of the roadway with new route drawn – clearing the route from the inner bend [8]
- Input data form for simulation task [5]



Rys. 11. Przykład 3 – wyniki symulacji [5]

- ETAP 2 – ślady modelu trawers oraz ślady modelu transportowanego ładunku, powstałe w wyniku symulacji przejazdu
- ETAP 4B – ślady modelu trawers oraz ślady modelu transportowanego ładunku, powiększone o wielkość przejść (odstępów) ruchowych, powstałe w wyniku symulacji przejazdu

Fig. 11. Example 3 – simulation results [5]

- STAGE 2 – frames of traverses model and frames of transported load created as the result of simulation
- STAGE 4B – frames of traverses model and frames of transported load, enlarged by the required side clearances (gaps), created as the result of simulation

Przykład 3 – wnioski z przeprowadzonej symulacji:

- po odsunięciu osi trasy kolejki od wewnętrznego zakrętu, możliwy jest bezkolizyjny przejazd z ładunkiem, z uwzględnieniem wielkości przejść (odstępów) ruchowych,
- zaleca się modyfikację końcowego odcinka trasy tak, aby zaraz po wyjściu z zakrętu trasa wróciła do swego pierwotnego położenia (prosty odcinek trasy przed modyfikacją). Wnioski z przeprowadzonych badań symulacyjnych:
- Czas wykonania każdej z symulacji (przykład 1÷3) wyniósł około 60 sekund (krok symulacji = 1000 mm), dla przykładowego odcinka trasy o długości całkowitej 25 metrów (analizowana długość trasy = 15 metrów). Wydatnie skraca to czas analizy wybranego odcinka trasy, w porównaniu z obecnie stosowanymi metodami przez działy DPP i pozwala projektantowi skupić się na wariantowaniu sposobów transportu ładunku oraz lokalizacji trasy w wyrobisku.
- Program do analizy kolizyjności jest szczególnie pomocny w przypadku analiz kolizyjności dla kolejek podwieszonych, gdzie w pierwszej kolejności należy wyznaczyć łańcuch kinematyczny urządzenia transportowego w zadanym punkcie trasy, a następnie dokonać orientacji trawers i ładunku względem urządzenia transportowego.
- W przypadku kolejek podwieszonych, gdzie urządzeniem transportowym jest modułowy zestaw nośny, tor ładunku na zakręcie przybliża się do wewnętrznej strony zakrętu. Dla transportu kolejkami podwieszonymi zaleca się prowadzenie trasy kolejki w odległości 500÷1000 mm na zewnątrz od środka osi wyrobiska (w kierunku zewnętrznej części zakrętu).
- W przypadku zmiany kierunku transportu, w celu wykonania ponownej analizy kolizyjności, wystarczy w programie AutoCAD zmienić kierunek polilinii, obrazującej trasę kolejki.

8. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykład zastosowania programu AutoCAD do analizy tras kopalnianej kolei podziemnej, kolejek spagowych oraz kolejek podwieszonych, pod kątem możliwości wystąpienia kolizji podczas transportu materiałów wielkogabarytowych oraz długich.

Istotą opracowanego w ITG KOMAG komputerowego systemu do analiz kolizyjności jest zastosowanie ogólnodostępnych narzędzi internetowych do specyfikacji danych wejściowych, oraz programu AutoCAD, powszechnie stosowanego do tworzenia dokumentacji rysunkowej projektów systemów transportu.

Opracowany moduł analiz kolizyjności wspomaga projektanta w tworzeniu nowej lub weryfikacji istniejącej trasy systemu transportu. Umożliwia przeprowadzenie symulacji przejazdu zestawu transportowego (platformy transportowej, modułowego zestawu nośnego wraz z trawersami) wraz z ładunkiem, po wybranym fragmencie trasy kolejki. W trybie analizy 2D, dla wybranego fragmentu trasy (zakręty, skrzyżowania, rozwidlenia, ...), wyznaczane są: obwódka ładunku, obwódka platformy transportowej (transport szynowy spagowy), obwódne trawers (transport szynowy podwieszony) oraz obwódne odstępów ruchowych. Wyniki analizy kolizyjności dokumentowane są w postaci plików graficznych CAD, co umożliwia ich analizę i dalszą obróbkę przez projektanta systemu transportowego. Dodatkowo, wyniki analizy kolizyjności dokumentowane są w postaci plików bitmapowych JPG, co umożliwia ich szybki podgląd i wstawienie do dokumentacji projektowej.

Zastosowanie programu z grupy CAD do analizy kolizyjności 2D na trasach szynowego transportu pomocniczego pozwala na:

- wielokrotne prowadzenie analiz kolizyjności dla zmieniających się warunków brzegowych (lokalizacja trasy kolejki w przekroju poprzecznym wyrobiska, gabaryty transportowanego ładunku, zastosowany zestaw transportowy, lokalizacja ładunku względem urządzenia transportowego),
- zwiększenie szybkości prowadzenia analiz oraz możliwość dokumentowania ich wyników w postaci plików graficznych CAD oraz plików bitmapowych JPG,
- wyznaczenie rzeczywistego toru ładunku podczas transportu materiałów wielkogabarytowych i długich – obwódka transportowanego ładunku,
- wyznaczenie obwódki odstępów (przejść) ruchowych,
- możliwość przeprowadzenia analiz dla hipotetycznych przypadków orientacji transportowanego ładunku względem urządzenia transportowego – np. obrót ładunku względem platformy transportowej.

Udostępnienie opracowanego modułu analizy kolizyjności na ogólnie dostępnej platformie internetowej i jego integracja z systemem STD, powinno zaowocować polepszeniem procesu projektowania nowych, jak również umożliwić analizę i przebudowę istniejących tras transportowych, pod kątem sprawdzenia możliwości wystąpienia kolizji, dla wybranych schematów dróg transportowych.

Opracowany również w przypadku projektów systemu transportu, w których dokumentacja rysunkowa wykonywana jest w innym systemie CAD, niż AutoCAD. W takim przypadku dane wejściowe z systemu CAD (trasa kolejki, zarys wyrobiska), eksportowane są w formacie pliku DWG AutoCAD-a, zaś wyniki analizy kolizyjności eksportowane są przez program AutoCAD w postaci plików systemu CAD, stosowanego w danej spółce węglowej – przykładowo w postaci plików DGN programu MicroStation.

Literatura

1. AutoLISP Developer's Guide. Autodesk, 2010.
2. Dudek M.: AutoLISP – praktyczny kurs. HELION, Gliwice 1997.
3. Dudek M.: Use of CAD systems in testing collision of underground transportation means. Archiwum Górnicztwa 2013 nr 2 s. 411÷432.
4. Dudek M., Turewicz A., Tokarczyk J.: Opracowanie modułu analiz kolizyjności 2D dla kolejek spagowych i jego integracja z systemem STD. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice, 2014 (niepublikowana).
5. Dudek M., Turewicz A., Tokarczyk J.: Opracowanie modułu analiz kolizyjności 2D dla kolejek podwieszonych i jego integracja z systemem STD. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice, 2014 [niepublikowana].
6. FAMA: Katalog wyrobów segmentu ładowo-górniczego. Gnień, 2011.
7. Projekt MINTOS: Improving Mining Transport Reliability. RFCS Coal RTD Programme, Contract No.RCR-CT-2007-00003. Gliwice, 2007÷2010 [niepublikowana].
8. Projekty systemów transportu. Dokumentacja rysunkowa w wersji papierowej. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie”, Jastrzębie-Zdrój, 2014 [niepublikowana].
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Dziennik Ustaw Nr 139, Poz. 1169 (z późniejszymi zmianami).
10. Tokarczyk J., Dudek M., Turewicz A., Pakura A.: System wspomagania obliczeń trakcyjnych dla kolejek podwieszonych z napędem własnym. Maszyny Górnicze 2011 nr 3 s. 26÷31.

11. Tokarczyk J., Dudek M., Szewerda K., Turewicz A.: Stan i kierunki rozwoju systemu wspomagania prac inżynierskich pomocniczego transportu kopalnianego Safe Trans Design (STD). *Maszyny Górnicze* 2014 nr 2 s. 30÷36.
12. Winkler T., Chuchnowski W., Dudek M., Tokarczyk J., Szewerda K.: Narzędzia internetowe wspomagające weryfikację projektów transportu podziemnego w świetle kryterium bezpieczeństwa. I Międzynarodowa Konferencja „Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego”, Ustroń 2009.

NACZELNY REDAKTOR

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

POLEMIKI – DYSKUSJI.

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

**Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań
– zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!**