

WARIANTOWANIE KONCEPCJI KOLEI METROPOLITALNEJ NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKO-ZAGŁĘBIOWSKIEJ METROPOLII W WARUNKACH JEJ KONSTRUOWANIA PRZY WYKORZYSTANIU METOD INŻYNIERII SYSTEMÓW

DATA PRZESŁANIA: 31.09.2019, DATA AKCEPTACJI: 14.01.2019, KODY JEL: R40

Grzegorz Karoń, Ryszard Janecki, Stanisław Krawiec, Marcin Jacek Kłos

Politechnika Śląska
grzegorz.karon@polsl.pl
ryszard.janecki@polsl.pl
stanislaw.krawiec@polsl.pl
marcin.j.klos@polsl.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zagadnienie wariantowania rozwiązań w projekcie koncepcji systemu kolei metropolitalnej (KM) na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (GZM). W pracach wykorzystano zasady inżynierii systemów, której podstawy w transporcie omówiono w artykule.

Wskazano przypadki wariantowania mające alokację w procesie tworzenia koncepcji KM.

Przedstawiono przyjęty sposób wariantowania na etapach konstruowania projektów wysokiego poziomu i szczegółowego jako przykładowych obszarów wariantowania.

Rezultatem prac projektowych są warianty koncepcji systemu kolei metropolitalnej na obszarze GZM, dla których przygotowuje się projekty wysokiego poziomu i szczegółowy. Ustalono również koncepcje wymagające odrębnych zadań projektowych. Otrzymane wyniki stwarzają możliwość zbudowania dostosowanego do obecnych i przyszłych potrzeb i wymagań nowoczesnego systemu przewozów na obszarze GZM.

SŁOWA KLUCZOWE

koncepcje kolei metropolitalnej, inżynieria systemów, wariantowanie

WPROWADZENIE

Inżynieria systemów jest efektywnym narzędziem w przypadku, kiedy system musi zostać zaprojektowany, wdrożony i obsługiwany w celu realizacji założonych celów i zadań w danym momencie lub perspektywie. Ze względu na te możliwości metody inżynierii są bardzo przydatne w projektowaniu i wdrażaniu systemu przewozowego, jakim jest kolej metropolitalna.

Jedną z immanentnych cech inżynierii systemów jest wariantowanie. Doświadczenia związane z budową koncepcji kolei metropolitalnej wskazują, że w jej projektowaniu występuje zarówno wariantowanie strategiczne, jak i wariantowanie techniczno-technologiczne.

Strategiczny charakter mają:

- konstruowanie i analiza alternatywnych rozwiązań ogólnych,
- prace nad projektem wysokiego poziomu na etapie przejścia od wymagań systemowych do projektu,
- wybór wariantu scenariusza rozwoju społeczno-gospodarczego, a następnie opracowanie na jego podstawie prognoz rozwoju kolei metropolitalnej, w tym przede wszystkim prognoz ruchu.

Wariantowanie techniczno-technologiczne jest charakterystycznym działaniem w projekcie szczegółowym. Stosuje się je także na etapie projektu wysokiego poziomu.

Przedmiotem rozważań prezentowanego artykułu jest zagadnienie konstruowania wariantów, a jego celem jest przedstawienie wariantowania jako jednego z zasadniczych narzędzi w procesie projektowania koncepcji kolei metropolitalnej przy wykorzystaniu metod inżynierii systemów. Należy podkreślić, że wariantowanie pozostaje w tym przypadku czynnikiem niezbędnym do opracowania systemu kolei metropolitalnej odpowiadającego oczekiwaniom, potrzebom i wymaganiom.

INŻYNIERIA SYSTEMÓW JAKO NARZĘDZIE TWORZENIA Koncepcji KOLEI METROPOLITALNEJ W GÓRNOŚLĄSKO-ZAGŁĘBIOWSKIEJ METROPOLII

Zastosowanie metod inżynierii systemów stwarza możliwość opracowania koncepcji kolei metropolitalnej (KM) w Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (GZM). Metody te zaliczane są do badań stosowanych (Buczacki, 2015, s. 655–665).

Inżynieria systemów oparta jest na ogólnej teorii systemów, która bada prawa o uniwersalnym charakterze, rządzące dowolnymi złożonymi układami stanowiącymi funkcjonalne całości (Nicholas, Steyn, 2012, s. 103–109; zob. też Tabaszewski, 2018). Dzięki tej podstawie teoretycznej przy tworzeniu systemów można wybierać spośród wielu modeli. W przypadku koncepcji KM przyjęto często stosowany V-model (Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems, 2007).

Formułowanie i konstruowanie systemu według V-modelu jest cyklem iteracyjnym złożonym z dwóch faz:

- definiowania i dekompozycji systemu,
- integracji części składowych systemu oraz ewaluacji rezultatów osiągniętych przez elementy i cały system.

Definiowanie i dekompozycja systemu obejmują etapy:

- formułowania założeń systemu,
- określania wymagań systemowych,
- opracowania projektu wysokiego poziomu zawierającego rozwiązania w zakresie podsystemów,
- opracowania projektu szczegółowego, będącego uściśleniem elementów systemu, co pozwala na jego realizację.

W fazie definiowania i dekompozycji następuje rozłożenie projektowanego systemu na części składowe, czyli modularyzacja, a następnie budowanie elementów systemu. Faza ta ma więc charakter analizy zstępującej.

W fazie integracji i ewaluacji przechodzi się do łączenia i koordynacji opracowanych wariantowo:

- poszczególnych elementów systemu, które łączone są w podsystemy,
- podsystemów tworzących budowany system przy uwzględnieniu z jednej strony spełnienia zdefiniowanych wymogów systemowych, z drugiej realizacji potrzeb i wymagań użytkowników systemu.

Faza ta ma zatem charakter syntezy wstępującej.

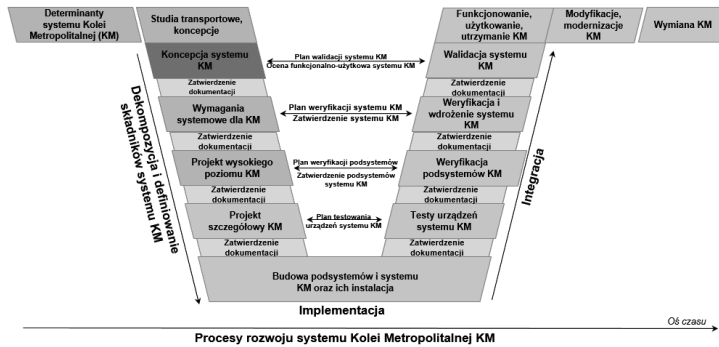
Realizacja fazy integracji i ewaluacji obejmuje również sprawdzenie wyników systemu. Dokonuje się tego przez weryfikację alternatywnych rozwiązań na poziomie komponentów (elementów) systemu, jego podsystemów i samego systemu (wymagań systemowych) oraz walidację systemu na poziomie założeń systemowych (Janecki, Karoń, Sobota, Źochowska, 2018, s. 14–15).

Przyjęta metoda projektowania koncepcji kolei metropolitalnej na obszarze GZM ma następujące atrybuty:

- w procesie projektowania występują dwie charakterystyczne sekwencje czynności: definiowanie (opracowywanie) i budowa systemu KM,
- opracowanie i tworzenie koncepcji systemu KM przeprowadza się w dwóch fazach: dekompozycji i definiowania systemu oraz integracji i ewaluacji (weryfikowania lub walidacji),
- etapy formułowania założeń systemu i wymagań systemowych mają charakter analityczny; natomiast etapy projektowania systemu KM (projekt wysokiego poziomu i projekt szczegółowy) są tymi działaniami, w których należy się skupić na rozwiązaniach systemowych; stanowią one łącznik między wymaganiami systemowymi a wdrożeniem systemu,
- wybór komponentów (elementów) systemu KM i kreowanie za pomocą ich konfiguracji podsystemów i samego systemu kolei metropolitalnej możliwe są przy wykorzystaniu procedur systemowego podejścia, jakimi są plany integracji; łączą one na danym etapie (jednym poziomie V-modelu) zdefiniowane części systemu z przyjętymi kryteriami weryfikacji lub walidacji ujętymi w planach tego rodzaju działań,
- relacje w układach pionowym i poziomym V-modelu odzwierciedlają dynamikę tworzenia systemu KM.

Wymienione atrybuty V-modelu ukazuje rysunek 1, przedstawiający proces tworzenia koncepcji kolei metropolitalnej na obszarze GZM.

Jedną z podstawowych zasad inżynierii systemów jest opóźnianie wyboru technologii systemu. Zjawisko to w procesie projektowania występuje dopóty, dopóki na etapie projektu szczegółowego i projektu wysokiego poziomu oraz podczas weryfikacji proponowanych w nich rozwiązań nie uzyska się solidnych podstaw do dokonania właściwego wyboru. Wybór ten następuje spośród rozpatrywanych wariantów rozwiązań, tworzących jeden z istotnych obszarów wariantowania w procesie projektowania każdego systemu, a więc także systemu KM.



Rysunek 1. Proces tworzenia koncepcji kolei metropolitalnej na obszarze GZM przy wykorzystaniu V-modelu

Źródło: Janecki i in. (2018), s. 28.

Zastosowanie V-modelu do przygotowania założeń wstępnych projektu oraz definiowania poszczególnych wariantów odbywa się w cyklu iteracyjnym, na poszczególnych poziomach analizy i syntezy systemowej (zob. rys. 1. – dekompozycja i definiowanie oraz integracja i weryfikacja/walidacja), którego rezultatem jest sformułowanie logiki działań. Logika działań opisuje i uzasadnia sformułowane warianty, m.in. w zakresie przyjętych uwarunkowań oraz działań, które doprowadziły na prezentowanym w artykule etapie koncepcji do opracowania wariantów. W kolejnych pracach nad projektem logika działań może zostać skorygowana, m.in. na etapie studium wykonalności i kolejno na etapach budowy systemu, jego utrzymania oraz dalszego rozwoju. Każdy z wymienionych etapów, realizowanych metodami inżynierii systemów, w tym z zastosowaniem V-modelu, będzie wykorzystywał zgromadzoną wiedzę (dane, informacje, metody, modele i narzędzia, logikę działań – ujęte m.in. w macierzy identyfikowalności), co zapewni możliwość wprowadzania zmian w sposób kontrolowany i logiczny. Dzięki temu zbudowany system będzie funkcjonował zgodnie z opracowanymi wymaganiami systemowymi spełniającymi wymagania interesariuszy.

PRZYPADKI WARIANTOWANIA WYSTĘPUJĄCE W PROCESIE BUDOWY KONCEPCJI KOLEI METROPOLITALNEJ

Wariantowanie sposobu podejścia do funkcjonowania kolei metropolitalnej na obszarze GZM oraz możliwych rozwiązań tego systemu przewozowego wynika z wieloaspektowej złożoności podjętego problemu. Wariantowanie jest narzędziem zarówno do badań w tym zakresie, jak i do opracowania rozwiązań KM, w tym rozwiązania rekomendowanego.

Rozpatrywanie wariantów ma miejsce na następujących etapach projektowania (Żochowska i in., 2018):

- formułowania założeń systemu KM, obejmujących m.in. określenie alternatywnych rozwiązań ogólnych na poziomie systemu,
- określania zróżnicowanych rozwiązań, a następnie sposobów realizowania przez system KM sformułowanych wymagań systemowych, na etapie projektu wysokiego poziomu i projektu szczegółowego,

- formułowania scenariuszy prognostycznych zmian w systemie społeczno-gospodarczym Polski, województwa śląskiego i Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii na etapie analiz w projekcie szczegółowym.

Każdy z przypadków wariantowania obejmuje następujące problemy cząstkowe:

- konstruowanie wariantów,
- ustalenie kryteriów oceny rozpatrywanych wariantów,
- ocenę i wybór racjonalnych lub optymalnych wariantów.

W dalszej części rozważań przedstawiono przyjęty sposób podejścia na etapach konstruowania projektów wysokiego poziomu i szczegółowego jako przykładowych obszarów wariantowania.

WARIANTY KONCEPCJI SYSTEMU KOLEI METROPOLITALNEJ NA ETAPACH PROJEKTU WYSOKIEGO POZIOMU I PROJEKTU SZCZEGÓŁOWEGO

Tworzenie wariantów koncepcji kolei metropolitalnej na etapach projektu wysokiego poziomu o charakterze projektu wstępnego, a następnie projektu szczegółowego w obu fazach projektowania oparte jest na zasadzie kombinatoryjnej. W związku z tym w danym wariantcie koncepcji wyróżnia się określone elementy składowe (podsystemy), mające zasadnicze znaczenie dla realizacji celów oraz funkcjonowania i rozwoju KM.

Ich odzwierciedleniem w projekcie są kryteria konstruowania wariantów koncepcji KM, oznaczone symbolem K_i , $i = 1, 2, \dots, 5$, gdzie: i – indeks przyjętego kryterium budowy wariantów KM.

Do kryteriów tych należą:

1. Dostępny rodzaj linii transportowych (K_1).
2. Przejezdność dostępnych linii transportowych z punktu widzenia pociągów KM (K_2).
3. Organizacja przewozów w systemie KM (K_3).
4. Organizacja ruchu środków transportu w systemie KM (K_4).
5. Finansowanie systemu KM (K_5).

Dla każdego kryterium K_i wyróżniono określone możliwe formy: K_{ij} , $j = 1, 2, \dots, m$, gdzie: j – indeks przyjętej formy danego kryterium K_i .

Przedstawiają się one następująco:

1. Dostępny rodzaj linii transportowych (K_1). Przyjęto następujące rodzaje sieci obsługującej przewozy metropolitalne K_{ij} , $j = 1, 2$:
 - a) sieć konwencjonalnych linii kolejowych (K_{11});
 - b) sieć mieszana (K_{12}), której podstawowym składnikiem jest sieć konwencjonalnych linii kolejowych oraz sieć jednego lub więcej rodzajów nowych linii transportowych K_{ijz} , $z = 1, 2, \dots, n$ ($n = 6$), gdzie: z – rodzaj systemu przewozów transportem szynowym, który obejmuje:
 - lekkie koleje miejskie (K_{121}),
 - szybki tramwaj (K_{122}),
 - tramwaj dwusystemowy (K_{123}),
 - metro (K_{124}),
 - kolej *monorail* (K_{125}),
 - system Bus Rapid Transit BRT (K_{126}).

W przypadku sieci K12 na możliwe do rozpatrzenia rozwiązania składają się sieci KM, które mogą realizować od dwóch do siedmiu technologii przewozowych.

2. Przejezdność dostępnych linii transportowych z punktu widzenia pociągów KM (K2). Wyróżniono następujące przypadki dostępności zdolności przepustowej sieci KM K_{ij} , $i = 2$, $j = 1, 2, \dots$, s ($s = 3$), gdzie: s – wariant dostępności zdolności przepustowej sieci KM:
 - a) zdolność przepustowa sieci do wyłącznej dyspozycji pociągów kolei metropolitalnej (K21);
 - b) określona część zdolności przepustowej może być wykorzystana przez pociągi KM (K22);
 - c) w praktyce eksploatacyjnej funkcjonują obydwa wymienione przypadki dostępności zdolności przepustowej sieci KM (K23).

3. Organizacja przewozów pasażerskich w systemie KM (K3). W tym przypadku należy uwzględnić dwa czynniki organizacyjne K_{ij} , $i = 3$, $j = 1, 2$:
 - a) rodzaj operatorów systemu KM (K31);
 - b) zasięg system KM (K32) wyznaczony przez stacje końcowe biegu pociągów KM na liniach systemu.

W odniesieniu do operatorów systemu KM (K31) możliwe do rozpatrzenia są następujące rozwiązania K_{ijt} , $t = 1, 2, \dots, x$ ($x = 4$), gdzie: x – rodzaj operatora systemu KM:

- jeden operator należący do Zarządu Transportu Metropolitalnego ZTM (K311),
 - Koleje Śląskie sp. z o.o. (K312),
 - jeden operator zewnętrzny z wyjątkiem Kolei Śląskich sp. z o.o., którego wybór jest w gestii ZTM (K313),
 - układ co najmniej dwóch operatorów złożony z wymienionych uprzednio podmiotów (K314).
- Zasięg systemu kolei metropolitalnej (K32) obejmuje dwa przypadki K_{ijr} , $r = 1, 2$, gdzie: r – wariant zasięgu systemu KM:
- do stacji końcowych na sieci transportowej KM należą Katowice oraz inne stacje w zależności od przyjętych zasad konstruowania relacji pociągów KM (K321),
 - do stacji końcowych na sieci transportowej należą Katowice oraz stacje położone na obrzeżach Metropolii i wybrane stacje z jej otoczenia (K322).

4. Organizacja ruchu środków transportu w systemie KM (K4). W odniesieniu do organizacji ruchu pociągów KM wyróżniono następujące rozwiązania K_{ij} , $i = 4$, $j = 1, 2, \dots, u$ ($u = 4$), gdzie: u – przyjęta organizacja ruchu pociągów w systemie KM:
 - a) brak separacji ruchu pociągów KM na liniach kolejowych stanowiących element składowy konwencjonalnej sieci kolejowej systemu lub sieci mieszanej (K41);
 - b) funkcjonuje separacja ruchu pociągów pasażerskich, w tym pociągów KM na liniach kolei konwencjonalnej stanowiących element składowy sieci kolejowej systemu lub sieci mieszanej (K42);
 - c) przewozy odbywają się na liniach transportowych przeznaczonych wyłącznie do obsługi ruchu KM (K43);
 - d) przewozy odbywają się na liniach transportowych sieci KM o zróżnicowanej organizacji ruchu (K44).
5. Finansowanie systemu KM (K5). W tej kwestii rozpatrzono następujące rozwiązania K_{ij} , $i = 5$, $j = 1, 2, \dots, y$ ($y = 3$), gdzie: y – źródła środków finansowych dla kolei metropolitalnej:
 - a) wpływy taryfowe i środki GZM (K51);

- b) wpływ taryfowy i środki samorządów terytorialnych GZM obsługiwanych przez KM oraz innych zainteresowanych gmin i/lub powiatów (K52);
- c) środki finansowe pochodzące ze wszystkich wymienionych źródeł (K53).

W projekcie koncepcji kolei metropolitalnej na obszarze GZM zastosowano następujące zasady inżynierii systemów:

- określenie listy wymagań systemowych funkcjonalnych, efektywności i weryfikacji,
- identyfikację relacji pomiędzy wymaganiami na poziomie systemu kolei metropolitalnej oraz opracowanie wariantowych sposobów ich spełniania, co dało podstawę do przygotowania specyfikacji systemu KM, będącej zbiorem wytycznych dla dalszych prac na etapach tworzenia projektu wysokiego poziomu (projektu koncepcyjnego) i projektu szczegółowego,
- przełożenie na etapie projektu wysokiego poziomu wymagań systemowych funkcjonalnych na wymagania projektowe podsystemów oraz ich elementów.

Pozwoliło to wykreować warianty koncepcji kolei metropolitalnej jako systemu przewozowego. Warianty te zgodnie z założeniami inżynierii systemów uwzględniają syntezę, a więc ewaluację ich wpływu na system i jego otoczenie (wymogi systemowe efektywności i weryfikacji). Warianty opracowano w kilku podejściach, jedno z nich, kształtujące sieć transportową systemu KM oraz aspekty organizacji ruchu pociągów, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka proponowanych wariantów kolei metropolitalnej na obszarze GZM – aspekty sieciowy i organizacji ruchu pociągów systemu

Oznaczenia i nazwa wariantu KM	Ogólny opis wariantu KM	Sieć transportowa KM	Planowane inwestycje w transporcie kolejowym	Technologia przewozów	Organizacja ruchu pociągów KM	Poziom realności wariantu
1. Wariant W0 (przed zmianami)	stan istniejący uwzględnienie założeń „Programu działań strategicznych Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii do roku 2022. Nowy wymiar synergii”, Katowice, 2018 r.	oparcie na sieci PKP PLK SA	uwzględnienie okresu do 2021 roku	system monoteknologiczny, kolej konwencjonalna	wpisanie pociągów KM w realizowane obecnie rozkłady jazdy pociągów	wysoki
2. Wariant W1 (wspólna sieć – jeden system)	racjonalna kontynuacja stanu istniejącego, wykorzystanie zakończonych przedsięwzięć inwestycyjnych, propozycje interesariuszy systemu KM	oparcie na sieci PKP PLK SA	uwzględnienie okresu do 2027 roku	system monoteknologiczny, kolej konwencjonalna	trudna koegzystencja ruchowa na niektórych liniach układu KM, częściowa separacja ruchu pociągów pasażerskich, w tym systemu KM	wysoki

Oznaczenia i nazwa wariantu KM	Ogólny opis wariantu KM	Sieć transportowa KM	Planowane inwestycje w transporcie kolejowym	Technologia przewozów	Organizacja ruchu pociągów KM	Poziom realności wariantu
3. Wariant W2 (wspólna sieć – wiele systemów)	rozwój stanu istniejącego wykorzystanie zakończonych przedsięwzięć inwestycyjnych, propozycje zespołu realizującego projekt i interesariuszy systemu KM, nowoczesne technologie przewozowe	oparcie na sieci PKP PLK SA, nowe sieci transportowe (kolej monorail, lekkie koleje miejskie, szybki tramwaj)	uwzględnienie okresu do 2034 r.	system multitechnologiczny, kolej konwencjonalna, kolej monorail, lekkie koleje miejskie, szybki tramwaj	koegzystencja ruchowa na niektórych liniach układu KM, częściowa separacja ruchu pociągów KM na liniach kolejowych systemu, dedykowane systemy przewozowe	wysoki
4. Wariant W3 (wydzielona sieć – jeden system)	wykorzystanie zakończonych przedsięwzięć inwestycyjnych, propozycje zespołu realizującego projekt i interesariuszy systemu KM	oparcie na wydzielonej sieci kolejowej, możliwa sieć PKP PLK SA przy zapewnieniu zdolności przepustowej	uwzględnienie okresu do 2034 r.	system monoteknologiczny, kolej konwencjonalna	dedykowany system przewozowy zapewniający priorytetyzację pociągów KM	średnio wysoki
5. Wariant W4 (wydzielona sieć – wiele systemów)	wykorzystanie zakończonych przedsięwzięć inwestycyjnych, propozycje zespołu realizującego projekt i interesariuszy systemu KM, innowacyjność jako strategiczny walor systemu KM	oparcie na wydzielonej sieci kolejowej, możliwa sieć PKP PLK SA przy zapewnieniu zdolności przepustowej, nowe sieci transportowe (metro, kolej monorail, lekkie koleje miejskie, szybki tramwaj)	uwzględnienie okresu do 2034 r.	system multitechnologiczny kolej konwencjonalna, metro, kolej monorail, lekkie koleje miejskie, szybki tramwaj	dedykowany system przewozowy zapewniający wysoką płynność ruchu pociągów KM	wysoki

źródło: opracowanie własne

Etapy projektów wysokiego poziomu (projekt wstępny) i szczegółowego to obszar alokacji największej liczby wariantowych rozwiązań. Alternatywne propozycje są przedmiotem analizy przy wskazywaniu podsystemów odpowiadających poszczególnym funkcjom, które system powinien realizować, odzwierciedlającym wymagania systemowe. Wariantowe podejście jest również za-

sadniczym instrumentem działań związanych z dekompozycją, a następnie integracją elementów i komponentów systemu oraz konfigurowaniem wieloskładnikowego układu: komponenty – elementy – podsystemy i ich funkcje i podfunkcje – system KM. Tak zasadnicza rola wariantowania przekłada się na procesy decyzyjne wyboru najkorzystniejszych rozwiązań i kształtuje ich kluczowe znaczenie dla realizowanego projektu kolei metropolitalnej.

WNIOSKI

Przyszła kolej metropolitalna powinna być istotnym czynnikiem wzrostu znaczenia transportu kolejowego w obsłudze przewozów metropolitalnych. Przyczyniać się będzie do zwiększania liczby podróży odbywanych transportem szynowym pomiędzy gminami GZM oraz w relacjach do/z Katowic.

Mając na uwadze oczekiwane korzyści z powstania i sprawnego funkcjonowania systemu KM, należy wskazać, że:

1. Z podejścia systemowego mającego charakter działań iteracyjnych wynika konieczność wariantowych rozwiązań w procesie projektowania. Działania te charakteryzują się identycznością procedury (konstruowanie wariantów, ustalenie kryteriów ich oceny oraz ocena i wybór rekomendowanego wariantu) oraz całkowitą odmiennością swojego zakresu i przedmiotu.
2. Szczególne znaczenie dla końcowego efektu procesu projektowania, którym jest opracowanie koncepcji KM, ma wariantowanie rozwiązań na etapie projektu wysokiego poziomu (projektu koncepcyjnego). Określa on bowiem podsystemy i ich elementy realizujące poszczególne funkcje systemu KM, będące odzwierciedleniem wymagań systemowych (co system ma robić oraz ogólnie, jak system ma to robić).
3. Wariantowanie alternatywnych rozwiązań ogólnych daje możliwość ewentualnego poszerzenia proponowanej koncepcji kolei metropolitalnej o nowe technologie przewozowe, innowacyjne w warunkach GZM. Z dotychczasowych prac wynika postulat odrębnego zadania projektowego dotyczącego metra jako kluczowej perspektywy dla systemu transportowego GZM.
4. Istotną wartością przyjętego podejścia systemowego z wykorzystaniem metod inżynierii systemów jest możliwość opracowania dynamiki rozwoju projektowanego systemu kolei metropolitalnej.

Wariantowanie koncepcji kolei metropolitalnej na obszarze GZM powinno zapewnić zastosowanie nowoczesnych rozwiązań, lepsze wykorzystanie istniejących zasobów oraz techniki i technologii transportowych. Wymienione walory sposobu przygotowania projektu koncepcyjnego KM wskazują na możliwość zbudowania dostosowanego do obecnych i przyszłych potrzeb i wymagań nowoczesnego systemu przewozów w Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.

LITERATURA

- Buczacki, A. (2015). Określenie wymagań – kluczowym elementem inżynierii systemów. W: R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t. 2 (s. 655–665). Warszawa: Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją.
- Janecki, R., Karoń, G., Sobota, A., Żochowska, R. (2018). *Raport z opracowania tematu „Metodologia tworzenia Koncepcji Kolei Metropolitalnej z wykorzystaniem metod inżynierii systemów”*. Katowice: Biuro Usług Inżynierskich „CONCEPT”.
- Nicholas, J.M., Steyn, H. (2012). *Zarządzanie projektami. Zastosowania w biznesie, inżynierii nowoczesnych technologiach*. Warszawa: Oficyna a Wolters Kluwer business.
- Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems: an Introduction for Transportation Professionals (2007). Pobrane z: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/seitsguide/seguide.pdf>.
- Tabaszewski, M. (2018). *Teoria i inżynieria systemów*. Pobrane z: <http://inm.am.szczecin.pl/download/category/41-eksploatacja-techniczna-srodkow-transportu?download=99:teoria-systemow>.
- Żochowska, R., Janecki, R., Karoń, G., Sobota, A., Kłos, M., Soczówka, P. (2018). *Koncepcja Kolei Metropolitalnej*. Praca naukowo-badawcza NB-259/RT5/2018. Katowice: Wydział Transportu Politechniki Śląskiej.

VARIANTING OF THE CONCEPT OF METROPOLITAN RAILWAY SYSTEM IN GÓRNOŚLĄSKO-ZAGŁĘBIOWSKA METROPOLIS UNDER CONDITIONS OF BUILDING IT USING METHODS OF SYSTEMS ENGINEERING

SUMMARY

The article presents the topic of varianting solutions of the concept of metropolitan railway system in the Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolis. Principles of systems engineering have been used in that project, therefore fundamentals of using systems engineering in transportation have been presented.

Cases of varianting being allocated in the process of building the concept of MRS (metropolitan railway system) have been presented.

A method of varianting at particular stages of building projects of high level and detailed project has been presented as an example of area of varianting.

The results of the project are variants of the concept of metropolitan railway system in the area of analysis, for which project of high level and detailed project should be prepared. Concepts which require other project tasks have been also indicated.

Varianting of the concept of metropolitan railway system creates conditions for using (in stages) of modern solutions and better exploitation of already existing resources. Results create a possibility of building a modern system of transportation in the Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolis, adapted to current and future needs.

KEYWORDS

concepts of metropolitan railway system, systems engineering, varianting

Translated by Marcin J. Kłos