

Jerzy PAWLICKI

WYBRANE PROBLEMY UTRZYMANIA DRÓG – KOSZTY UTRZYMANIA

Streszczenie. Artykuł prezentuje problematykę zapewnienia trwałości elementów nawierzchni drogowej. Od trwałości nawierzchni w określonych warunkach ruchu zależą częstotliwość, rodzaj i zakres zabiegów utrzymaniowych.

SELECTED ISSUES OF THE ROAD MAINTAINANCE – MAINTAINANCE COSTS

Summary. There is an issue concerning securing persistence of road surface elements presented in this article. Surface persistence in some specified traffic conditions determines frequency, kind and range of maintaining exertions.

1. WPROWADZENIE

Na wielkość kosztów życia drogi (LCC), w tym także na rozmiary środków przeznaczanych na wykonywanie robót konserwacyjnych, porządkowych i innych zapewniających zwiększenie bezpieczeństwa i wygody ruchu ma wpływ wiele czynników. Do najistotniejszych należą [8, 9]:

- obciążenia eksploatacyjne i dynamiczne,
- warunki klimatyczne,
- rozwiązania konstrukcyjne, układ geometryczny i jakość elementów składowych drogi,
- jakość wykonania robót i poziom utrzymania.

Niewłaściwe dobranie grubości warstw nawierzchni, parametrów wytrzymałościowych i układu warstw, nieodpowiednio zastosowana ilość i rodzaj asfaltów oraz uziarnienie mieszanki bitumicznej, zła jakość pozostałych materiałów, błędy technologiczne i niestaranne wykonawstwo to główne przyczyny powstawania kosztów związanych z usuwaniem następujących uszkodzeń nawierzchni [3,7,10]:

- koleiny strukturalne – są rezultatem przekazywania znacznych naprężeń ściskających na podłoże i jego deformacji,
- koleiny funkcjonalne – powstają wtedy, gdy podatne na deformacje warstwy bitumiczne ułożone są na sztywnej podbudowie,

- pęknięcia zmęczeniowe – pojawiają się po wyczerpaniu wytrzymałości zmęczeniowej w wyniku powtarzających się (od ruchu pojazdów) w dolnej strefie warstw asfaltowych naprężeń rozciągających,
- spękania odbite (pojedyncze i głębokie) – występują w warstwach bitumicznych pod wpływem działania naprężeń rozciągających i ścinających, powstałych w efekcie powiększania się mikrospeknań w leżącej pod nią warstwą związaną cementem,
- spękania termiczne – występują na powierzchni warstwy ścieralnej jako skutek rozciągania kurczącej się pod wpływem nagłego ochłodzenia jezdni,
- zniszczenia powierzchniowe – powstają z wielu powodów (np. niewłaściwe zagęszczanie, słabe właściwości adhezyjne asfaltu do kruszywa, zła jakość materiałów) w postaci wykruszeń ziaren kruszywa i zaprawy, sięgających nawet do spodu warstwy ścieralnej.

Potrzebne do usunięcia przedstawionych typów uszkodzeń nawierzchni dróg krajowych w 2004r. środki finansowe oszacowano na około 2,7 mld zł [11]. Największa część środków (1,8 mld) przeznaczona została na wykonanie wyrównań – przede wszystkim na likwidację kolein.

2. UTRZYMANIE NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH

Z danych zawartych w „Raporcie o stanie technicznym nawierzchni sieci dróg krajowych” [11] wynika między innymi, że w 2003r. nie przeprowadzono remontów na około 75% długości odcinków dróg wymagających natychmiastowych napraw. Spośród ponad 5000 km odcinków dróg, na których z różnych powodów remontów nie wykonano, ponad 80% wymaga przeprowadzenia wyrównań i wzmocnień nawierzchni.

Stan nawierzchni dróg krajowych oceniany jest systematycznie od 1990 r. Podstawę stanowi ocena wizualna uszkodzeń nawierzchni (inwentaryzacja uszkodzeń za pomocą rejestratora SOWA-1) oraz pomiary głębokości kolein, stanu nośności i szorstkości (za pomocą aparatu APL, profilografu laserowego oraz aparatu SRT-3). Przedmiotem inwentaryzacji są: pęknięcia siatkowe, pęknięcia pojedyncze, łaty i wyboje oraz ubytki ziaren i lepiszcza. Na podstawie wizualnej oceny uszkodzeń określa się nośność, której utratę charakteryzuje wskaźnik spękań nawierzchni n oraz stan powierzchni, przedstawiany za pomocą wskaźnika powierzchni p . Graniczne wartości wskaźników n i p dla nawierzchni o standardzie I oraz klas stanu C (stan niezadowalający) i klasy D (stan zły) wynoszą odpowiednio 0,41 do 0,65 i 0,40 lub mniej. Z pomiarów natomiast otrzymuje się dane charakteryzujące trzy pozostałe parametry [13]:

- koleiny – miarodajne (graniczne) głębokości kolein dla klasy stanu C mieszczą się w przedziale 21–30 mm, natomiast dla klasy D – powyżej 30 mm;
- równość – charakteryzujące ją wartości wskaźnika r wynoszą dla klasy C 1,76 do 2,25, dla klasy D – 1,75 i mniej;
- szorstkość – graniczne wartości współczynnika tarcia s dla klas C i D zawierają się odpowiednio w przedziałach: 0,21–0,25 i 0,20 lub mniej.

Otrzymane na podstawie oceny wizualnej i pomiarów dane umożliwiają przypisanie odcinków dróg do trzech grup według kryterium decydującego parametru. Są to fragmenty dróg [13]:

- N – wymagają one wzmocnienia z powodu niewystarczającej nośności;
- R i K – mają wystarczającą nośność, lecz istnieje potrzeba poprawy równości poprzecznej i podłużnej;
- P i S – cechują się wystarczającą nośnością i równością, ale niezbędne jest przywrócenie właściwej struktury powierzchniowej.

Parametry oceniane są indywidualnie, a każdy z nich jest powiązany z odpowiednimi zabiegami i metodami utrzymania. Do najczęściej stosowanych technologii utrzymania należą: utrwalanie powierzchniowe (jest zależne od stanu powierzchni i kategorii ruchu), cienkie dywaniki bitumiczne (zwiększają szorstkość i poprawiają równość), frezowanie powierzchniowe (naprawia deformacje plastyczne górnych warstw nawierzchni, spękania i wykruszenia), stosowanie uszczelnień, włóknin, siatek syntetycznych i wzmocnienia.

W tablicach 1 i 2 przedstawiono przykładowe zestawienie efektów ekonomicznych uzyskanych przy zastosowaniu metody uszczelnienia pęknięć zaprawą na gorąco. Są to nakłady konieczne dla utrzymania w dobrym stanie nawierzchni w pierwszych czterech latach po pojawieniu się spękań. Pęknięcia należy poszerzyć do szerokości 10 mm i głębokości 25 mm (lub do szerokości 20 mm i głębokości 25 mm), a następnie wypełnić zaprawą.

Tablica 1

Wydatki konieczne dla utrzymania w dobrym stanie nawierzchni po pojawieniu się spękań

	Wyszczególnienie	Nakłady [Kč]	Powierzchnia całkowita [m ²]	Powierzchnia remontowana [m ²]	Nakłady jednostkowe [Kč/m ²]
1	Zabiegi w 1.i 3. roku	62.300,-	3.500	140	17,80
2	Naprawa w 3. roku	175.000,-	3.500	700	50,00
3	Nowa warstwa w 4. roku	871.150,-	3.500	3500	248,00

Zródło:[12]

Tablica 2

Wydatki na utrzymanie nawierzchni w kolejnych 4 latach

	Wyszczególnienie	1. rok [Kč/m ²]	2. rok [Kč/m ²]	3. rok [Kč/m ²]	4. rok [Kč/m ²]	Oszczędność [Kč/m ²]
1	Zabiegi w 1.i 3. roku	8,90	-	8,90	-	230,20
2	Naprawa w 3. roku	-	-	50,00	-	198,00
3	Nowa warstwa w 4. roku	-	-	-	248,00	0,00

Zródło:[12]

3. WPŁYW ZWIĘKSZENIA NACISKÓW OSI NA ZDATNOŚĆ EKSPLOATACYJNĄ DROGI

Ważnym czynnikiem określającym żywotność i jakość nawierzchni jest obciążenie ruchem [1], przy czym istotne znaczenie ma udział w ruchu samochodów ciężarowych. Zużycie nawierzchni przejawia się między innymi w:

- pogorszeniu właściwości przeciwpoślizgowych,
- powstawaniu trwałych deformacji i spękań wywołanych procesami zmęczeniowymi.

Zmęczenie i uszkodzenia nawierzchni zależą od struktury rodzajowej pojazdów, których działanie na jezdnię zależy od: masy brutto pojazdu, nacisku osi, liczby przejść osi podczas eksploatacji nawierzchni, rodzaju ogumienia, układu i liczby osi.

Efekt destrukcji nawierzchni wywołanej przez poszczególne rodzaje samochodów można obliczyć ze wzoru [4]:

$$\alpha = k \left(\frac{p_i P_i}{p_n P_n} \right)^{3,5} \quad (1)$$

gdzie:

- α – współczynnik przeliczeniowy i – tej osi samochodu ciężarowego,
- p_i, p_n – kompresja odpowiednio w i- tym i obliczeniowym kole,
- P_i, P_n – obciążenie koła odpowiednio w i- tej i projektowej osi,
- k – współczynnik zależny od układu osi pojazdu.

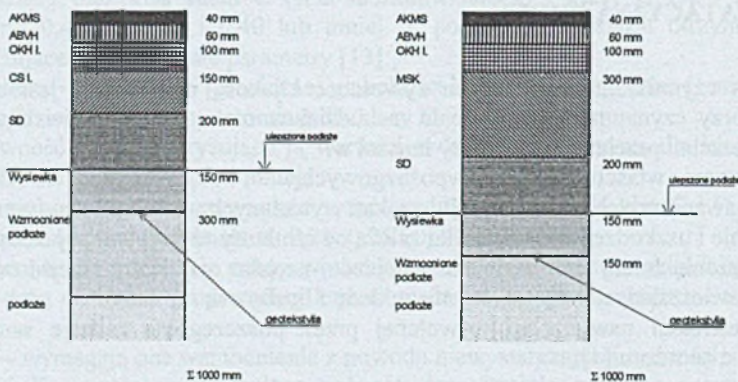
Wpływ zwiększenia nacisku obrazuje przykład przeciążonego o 15%, tj. ze 100 kN do 115 kN samochodu Skoda LIAZ. W przypadku nieprzeciążonego pojazdu współczynnik $\alpha=0,73$ (osie przednia i tylna), dla obciążenia 115 kN $\alpha=1,25$. Z obliczeń wynika, że zwiększenie masy brutto samochodu o 15% powoduje wzrost efektu destrukcyjnego o 58%.

W celu oceny wpływu nacisków osi na stan naprężeń w jezdni zbadano dwie konstrukcje nawierzchni (rys.1):

- półsztywnej z warstwą podbudowy stabilizowanej cementem (CS),
- podatnej, z warstwą kruszywa stabilizowanego mechanicznie (MSK).

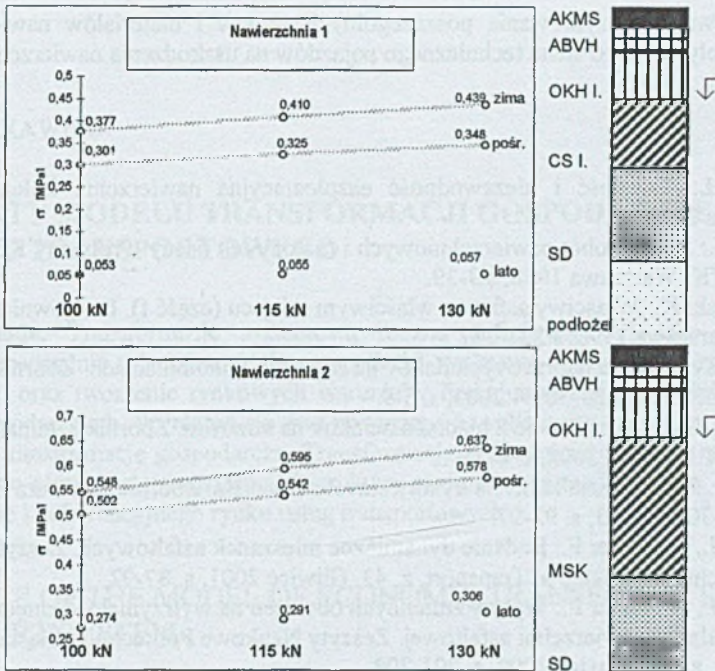
Zmiany wartości naprężeń radialnych wywołane wzrostem nacisków osi ze 100 kN do 115 kN i 130 kN w temperaturze warstw asfaltowych 0°C (w warunkach zimowych), 11°C (warunki pośrednie) oraz w temperaturze 27°C (warunki letnie) prezentuje rys. 2. Z rysunku wynika, że wraz ze wzrostem temperatury mieszanki asfaltowej i wzrostem nacisku osi ulegają zwiększeniu wartości naprężeń radialnych.

Wpływ wzrastających nacisków osi samochodów można wyrazić liczbą powtarzalnych obciążeń osią obliczeniową w okresie zdatności eksploatacyjnej nawierzchni N_c , którą ustala się z wykorzystaniem naprężeń radialnych. Zwiększanie naprężeń w konstrukcji nawierzchni prowadzi do obniżenia zdolności eksploatacyjnej. Z tablicy 3 wynika, że przyrost nacisku z 100 kN do 115 kN powoduje znaczne obniżenie zdatności eksploatacyjnej. Dla nawierzchni półsztywnej liczba przejazdów zmniejszyła się z 43,5 mln do 36,4 mln przejazdów, w drugim przypadku (nawierzchnia podatna) wystąpił spadek przejazdów z 3,3 mln do 2,3 mln. Przedstawione wyniki badań mają znaczenie w sytuacji istotnej zmiany struktury rodzajowej ruchu na drogach krajowych w Polsce w latach 1995–2000. Największy wzrost ruchu (około 44%) dotyczył wprawdzie samochodów ciężarowych, lecz dynamika wzrostu liczby samochodów ciężarowych z przyczepami wynosiła 1,68.



Rys. 1. Oceniane konstrukcje nawierzchni [5]

Fig. 1. Estimated surface structures [5]



Rys. 2. Wpływ zwiększania nacisków osiowych na wartość naprężeń radialnych w warstwie krytycznej [5]

Fig. 2. Influence of increasing axial thrust on radial stress value in critical layer [5]

Tablica 3

Wpływ nacisków osi na zdolność eksploatacyjną nawierzchni

Warstwa krytyczna w nawierzchni	Liczba przejazdów osi obliczeniowych N_c		
	100 kN	115 kN	130 kN
Nawierzchnia 1 – otaczane kruszywem OKH	43 511 145	36 377 044	31 009 472
Nawierzchnia 2 – otaczane kruszywem OKH	3 285 855	2 273 221	1 645 356

Źródło:[5]

4. PODSUMOWANIE

Przytoczone we wprowadzeniu przykłady uszkodzeń nawierzchni przekonują, że błędy w projektowaniu i niewłaściwe wykonawstwo robót budowlanych są, obok obciążenia ruchem i warunków klimatycznych, głównymi generatorami kosztów utrzymania nawierzchni drogowej. O długości cyklu życia drogi decydują badania i rozwiązania projektowe, od których w znacznej mierze zależy żywotność konstrukcji oraz trwałość materiałów budowlanych [2, 3, 6].

Przedstawione przykłady czynników mających wpływ na ocenę kosztów utrzymania drogi stanowią niewielką część problemów wymagających rozwiązania. Istotnymi zagadnieniami, które wymagają dokładnego zbadania, są między innymi: zależność poziomu utrzymania a obciążeniem ruchem, udział kosztów w poszczególnych fazach życia projektu inwestycyjnego, a także problemy wydawałoby się już dawno rozstrzygnięte, jak np.

określenie trwałości użytkowania poszczególnych warstw i materiałów nawierzchni oraz określenie wpływu złego stanu technicznego pojazdów na uszkodzenia nawierzchni.

Literatura

1. Bałuch H.: Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej. WKŁ, Warszawa 1980.
2. Bałuch H.: Jakość robót nawierzchniowych i metody ich oceny. Problemy Kolejnictwa, z. 128, CNTK, Warszawa 1998, s.3-39.
3. Błaziejowski K.: Właściwy asfalt na właściwym miejscu (część I). Drogownictwo 7/98, SITK, Warszawa 1998, s.221-222.
4. Čorej J.: Zvyšovanie nápravových tlakov na cestných komunikáciách. Zborník seminára Q-2003, ŽU, Žilina 29-30.04.2003, s. 5-9.
5. Čorej J.: Dopravné zatazenie z hľadiska ucinkov na vozovku. Zborník seminára Q-2002, ŽU, Žilina 15-16.05.2002, s. 61-69.
6. Durica T.: Plánovanie a kontrola kvality stavebného diela. Zborník seminára Q-2003, ŽU, Žilina 29-30.04.2003, s. 92-97.
7. Pawlicki J., Schlosser F.: Badanie dynamiczne mieszanek asfaltowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 43, Gliwice 2001, s. 87-92.
8. Pawlicki J., Schlosser F.: Wpływ zmiennych obciążeń na wytrzymałość zmęczeniową i odkształcalność nawierzchni asfaltowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 41, Gliwice 2000, s. 201-208.
9. Pawlicki J.: Koszty utrzymania drogi kolejowej w zależności od jej parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 48, Gliwice 2003, s. 317-326.
10. Radziszewski P., Kalabińska M., Piłat J.: Materiały drogowe i nawierzchnie asfaltowe. Politechnika Białostocka – Politechnika Warszawska, Białystok – Warszawa 1995.
11. Raport o stanie technicznym nawierzchni sieci dróg krajowych na koniec 2003 roku. GDDKiA, Warszawa luty 2004, <http://www.gddkia.gov.pl>.
12. Růžička M.: Nové způsoby oprav trvalých deformací obrusných vrstev vozovek. Zborník seminára Q-2003, ŽU, Žilina 29-30.04.2003, s. 62-64.
13. Stypułkowski B.: Utrzymanie dróg. WKŁ, Warszawa 1993.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

Methodological research concerning determining costs of road infrastructure in Poland are not at advanced stage at present. However, the financial expectations arising from estimation of road surface technical condition are known. According to this research in year 2003 there were reparations done on about 25% of length of road divisions which need immediate repair. In 2002 there were realized 20% and in 2001 10% of required reparations.

There is an issue concerning securing persistence of road surface elements presented in this article. Surface persistence in some specified traffic conditions determines frequency, kind and range of maintaining exertions.