

## **Konstrukcja podatnej nawierzchni drogowej o wysokiej trwałości zmęczeniowej pakietu warstw asfaltowych**

Przedmiotem wynalazku jest konstrukcja podatnej nawierzchni drogowej o wysokiej trwałości zmęczeniowej pakietu warstw asfaltowych, przeznaczona do budowy nawierzchni drogowych.

Projektowanie składu mieszanek mineralno-asfaltowych rozpoczyna się od propozycji wyjściowego składu mieszanki przyjętego na bazie ogólnych wytycznych, a w drodze kolejnych modyfikacji składu dokonanych na bazie wiedzy inżynierskiej i eksperckiej uzyskuje się ostateczny skład mieszanki. Szczegółowe i uznane w Polsce za wzorcowe wymagania dotyczące właściwości stosowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych kruszyw, między innymi dotyczących uziarnienia, właściwości geometrycznych, fizycznych i chemicznych oraz lepiszczy asfaltowych zawarte są w dokumentach „WT-1 2014 – Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych - Kruszywa – Wymagania Techniczne – Warszawa 2014 – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad” oraz w „WT-2 2014 – Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych – Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania Techniczne – Warszawa 2014 – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad”. Ponadto, w dokumencie „WT-2 2014 (...)” zawarto wymagania dotyczące właściwości gotowych mieszanek mineralno-asfaltowych.

Znane i stosowane w budowie dróg układy konstrukcyjne nawierzchni drogowych składają się licząc od góry z warstwy ścieralnej, warstwy wiążącej i warstwy podbudowy wykonanych z mieszanek kruszyw i lepiszczy asfaltowych. Konstrukcje o takim układzie warstw są wykonywane z mieszanek mineralno-asfaltowych o uziarnieniu ciągłym w warstwie wiążącej i warstwie podbudowy, beton asfaltowy lub beton asfaltowy o wysokim module sztywności oraz z mieszanek mineralno-asfaltowych o uziarnieniu ciągłym lub nieciągłym w warstwie ścieralnej, beton asfaltowy, mastyks grysowy SMA, beton asfaltowy do cienkich warstw ścieralnych BBTM. Asfaltowe warstwy konstrukcyjne nawierzchni drogowych mogą być wykonane w technologii na gorąco lub na ciepło. Tradycyjne warstwy nawierzchni wykonane z mieszanek mineralno-asfaltowych po zagęszczeniu tworzą zwartą, szczelną strukturę. Tradycyjnie do wykonywania warstw nawierzchni stosuje się mieszanki mineralno-asfaltowe gdzie jako materiał wiążący zastosowano lepiszcze asfaltowe.

W tradycyjnych rozwiązaniach konstrukcyjnych poszczególne asfaltowe warstwy nawierzchni odpowiadają za przeniesienie obciążeń na niższe warstwy, a pojawienie się w nich spękań jest funkcją intensywności ruchu i czasu eksploatacji nawierzchni. Znane są rozwiązania w zakresie porowatej warstwy ścieralnej opracowanej w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów do wykonywania warstwy ścieralnej nawierzchni drogowych w technologii na gorąco o właściwościach przeciwspekaniowych i wygłuszających. W jej skład wchodzi kruszywo i asfalt zwykły lub modyfikowany oraz dodatki w postaci granulatu gumowego i włókien polimerowych pochodzących z recyklingu opon samochodowych. Dzięki dodatkowi granulatu gumowego można uzyskać efekt sprężystości i wyciszenia warstwy, a włókna polimerowe z recyklingu pełnią funkcję mikrobrojenia. Wadą tego rozwiązania jest pogorszenie własności użytkowych w warunkach zimowych i niższa trwałość od nawierzchni szczelnych. Poza nawierzchniowymi warstwami ścieralnymi o właściwościach przeciwspekaniowych stosowane są także pośrednie warstwy przeciwspekaniowe. Ich zadaniem jest rozproszenie naprężeń powstałych w wyniku spękania warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym, a tym samym zminimalizowanie spękań odbitych. Do wykonania pośrednich warstw przeciwspekaniowych stosuje się geosiatkę, która może być ułożona pod warstwą ścieralną, zatopiona w warstwie wiążącej, lub ułożona na podbudowie wraz z wyrównującą warstwą mieszanki mineralno-asfaltowej.

W opisie patentowym PL214138B1 ujawniono sposób wytwarzania asfaltu fluksowanego, pozwalającego wytworzyć mieszankę mineralno-asfaltową w obniżonych temperaturach, z wykorzystaniem fluksantu będącego produktem utleniania olejów roślinnych i/lub estrów kwasów tłuszczowych olejów roślinnych utlenianych w obecności katalizatora metalicznego i nadtlenku organicznego.

Zgodnie z opisami patentowymi PL241133B1 i PL240955B1 znane jest wystąpienie efektu zbrojenia rozproszonego w wyniku zastosowania odpowiedniej ilości określonego rodzaju włókien. Zbrojenie rozproszone w mieszankach mineralno-asfaltowych może wpływać pozytywnie na jeden lub więcej ich parametrów technicznych, najczęściej odporność na zjawisko zmęczenia, odporność na pękanie, wytrzymałość na rozciąganie, wrażliwość na zmiany temperatury. Dodatki tego rodzaju, rzadko stosuje się w technologii mieszanek mineralno-asfaltowych ze względu na ich ograniczoną efektywność i względnie duży koszt stosowania powszechnie znanych rozwiązań w tym zakresie.

Z opisu patentowego GB1407229 znana jest także konstrukcja nawierzchni drogowej z pośrednią warstwą przeciwspekaniową ułożoną między asfaltową warstwą ścieralną, a spękanym podłożem betonowym. Warstwa przeciwspekaniowa stanowi ciekłą warstwę lepko-sprężystą wykonaną z mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem rozdrobnionej gumy. Mieszanka ta jest przeznaczona do stosowania na zimno. Wadą tego rozwiązania jest mniejsza trwałość i odporność na starzenie w porównaniu z mieszankami stosowanymi na gorąco.

Z opisu patentowego PL226747B1 znana jest także konstrukcja nawierzchni drogowej o podwyższonej trwałości zmęczeniowej, złożona z warstwy ścieralnej wykonanej z mieszanki mineralno-asfaltowej układanej na gorąco, warstwy wiążącej z mieszanki mineralno-asfaltowej układanej na gorąco o uziarnieniu ciągłym lub nieciągłym, podbudowy pomocniczej, oraz warstwy przeciwspekaniowej wykonanej z mieszanki mineralno-asfaltowej o uziarnieniu ciągłym lub nieciągłym, układanej na gorąco na podbudowie pomocniczej, gdzie jako warstwę przeciwspekaniową zastosowano mieszankę mineralno-asfaltową z dodatkiem lepiszcza gumowo-asfaltowego w postaci jednorodnej mieszaniny asfaltu modyfikowanego mieszanką stabilizowanej termicznie gumy z plastyfikatorem olejowym. Zaletą tego rozwiązania jest zwiększona trwałość użytkowa co pozwala na wydłużenie okresu eksploatacji całej konstrukcji bez konieczności przebudowy warstwy wiążącej, wadą rozwiązania jest natomiast konieczność wytwarzania lepiszcza za pomocą specjalnej instalacji i brak możliwości składowania lepiszcza gumowo-asfaltowego w czasie i brak możliwości jego transportu na odległość.

Konstrukcja podatnej nawierzchni drogowej o wysokiej trwałości zmęczeniowej pakietu warstw asfaltowych, złożona z warstwy ścieralnej na bazie mieszanki mineralno-asfaltowej o ciągłym uziarnieniu, warstwy wiążącej z mieszanki mineralno-asfaltowej o ciągłym uziarnieniu, podbudowy zasadniczej na bazie mieszanki mineralno-asfaltowej o ciągłym uziarnieniu, charakteryzuje się tym, że warstwa podbudowy wykonana jest z mieszanki mineralno-asfaltowej układanej na ciepło w technologii fluksowanego asfaltu spienionego z lepiszczem w postaci polimeroasfaltu i zbrojona jest włóknami bazaltowymi w ilości od 0,1 do 0,3% m/m, warstwa wiążąca wykonana jest z mieszanki mineralno-asfaltowej układanej na gorąco z lepiszczem w postaci polimeroasfaltu, a warstwa ścieralna wykonana jest z mieszanki mineralno-asfaltowej układanej na gorąco z lepiszczem w postaci asfaltu wysokomodyfikowanego, przy czym grubość warstwy wiążącej wynosi od 0,5 do 0,8

grubości warstwy podbudowy i grubość warstwy ścieralnej wynosi od 0,2 do 0,6 grubości warstwy podbudowy, przy czym grubość warstwy podbudowy wynosi od 8 cm do 12 cm.

Warstwa podbudowy zasadniczej wytwarzana i układana na ciepło charakteryzuje się wykorzystaniem w jej składzie zbrojenia rozproszonego w postaci włókien bazaltowych oraz fluksowanego polimeroasfaltu spienianego wodą.

Efektom zastosowania rozwiązania według opisu patentowego jest wytworzenie mieszanki mineralno-asfaltowej w obniżonej temperaturze, charakteryzującej się podstawowymi parametrami technicznymi porównywalnymi z mieszanką wytworzoną metodą tradycyjną, a ponadto wykazującą znacznie zwiększoną odporność na zjawisko zmęczenia. Efekt ten uzyskuje się przez wystąpienie synergii jednoczesnego zastosowania zbrojenia włóknami bazaltowymi, lepiszcza asfaltowego w formie asfaltu spienionego wodą oraz fluksantu. Włókna bazaltowe spełniając funkcję rozproszonego mikrozbroyenia wpływają pozytywnie na właściwości mechaniczne i reologiczne gotowej mieszanki, korzystnie wpływając na zjawisko redystrybucji naprężeń oraz ograniczania powstawania mikropęknięć w mieszance mineralno-asfaltowej, w efekcie czego obserwuje się zwiększenie trwałości zmęczeniowej i odporności na pękanie mieszanki mineralno-asfaltowej i wykonanej z niej warstwy konstrukcyjnej nawierzchni. Lepiszczce asfaltowe w formie asfaltu spienionego charakteryzując się wysoką zdolnością do otaczania mieszanki mineralnej oraz włókien bazaltowych umożliwiają wytworzenie w obniżonej temperaturze jednorodnej mieszanki mineralno-asfaltowej, pozbawionej w swojej strukturze wewnętrznej karbów, to jest koncentratorów naprężeń. Dodatek fluksantu obniżając lepkość asfaltu spienionego zwiększa zdolność piany asfaltowej do otaczania mieszanki mineralnej oraz ułatwia zagęszczanie mieszanki mineralno-asfaltowej podczas jej wbudowywania w nawierzchnię, kompensując negatywny wpływ jaki ma dodatek zbrojenia rozproszonego na jej urabialność. Lepiszczce asfaltowe z dodatkiem fluksantu zachowuje dużą sztywność i odporność na działanie wysokiej temperatury i sprężystość po wbudowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej wpływając korzystnie na właściwości eksploatacyjne i trwałość nawierzchni asfaltowej z tym lepiszczem.

Warstwa podbudowy zasadniczej w konstrukcji nawierzchni, według wynalazku, charakteryzuje się tym, że jest wykonana z mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy o wysokim module sztywności w zakresie od 11 000 MPa do 17 000 MPa z dodatkiem zbrojenia rozproszonego w postaci włókien bazaltowych w ilości

od 0,1 do 0,3% m/m, korzystnie od 0,15% do 0,25%, charakteryzujących się gęstością 2,55 – 2,75 Mg/m<sup>3</sup>, temperaturą topnienia większą niż 250°C, długością w zakresie od 16 mm do 32 mm i średnicą od 10 µm do 50 µm. Mieszanka mineralno-asfaltowa służąca wytworzeniu warstwy podbudowy zasadniczej wytworzona jest w technologii na ciepło z fluksowanym polimeroasfalem spienionym wodą. W polimeroasfalcie stosuje się jako modyfikator polimerowy kopolimer trójblokowy styren-butadien-styren (SBS) w ilości od 2% m/m do 5% m/m w stosunku do masy lepiszcza asfaltowego bazowego. W polimeroasfalcie stosuje się fluksant będący produktem utleniania estrów kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego w obecności katalizatora metalicznego w postaci soli kobaltu i nadtlenu organicznego w postaci wodoronadtlenku kumenu. Estrы metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, otrzymane w wyniku transestryfikacji oleju roślinnego metanolem, miesza się z katalizatorem kobaltowym w ilości 0,1-0,2% m/m w przeliczeniu na metal oraz z dodatkiem wodoronadtlenku kumenu w ilości 1-2% m/m. Komponowanie upłynniacza odbywa się w warunkach intensywnego mieszania składników przez 15 minut przy dostępie powietrza, a następnie poddaje utlenianiu tlenem powietrza w temperaturze 20°C. Utlenianie prowadzi się zapewniając dużą powierzchnię kontaktu gazu z ciekłym surowcem. Czas utleniania wynosi 2 godziny przy przepływie powietrza 450-550 l/kg·h.

Polimeroasfalt z dodatkiem fluksantu spienia się poprzez podanie pod ciśnieniem 450-600 kPa i w ilości 1-2,5% m/m, korzystnie 1,5-2% m/m, wody spieniającej do płynnej mieszaniny asfaltu i fluksantu, to jest fluksowanego lepiszcza asfaltowego o temperaturze 160°C. Lepiszczce asfaltowe należy wymieszać z kruszywem i włóknami bazaltowymi niezwłocznie po spienieniu.

Mieszanka mineralno-asfaltowa przeznaczona do wykonania warstwy podbudowy zasadniczej nawierzchni drogowej, według wynalazku, zawiera kruszywa naturalne w ilości od 94,5% do 95,5% oraz spieniony wodą fluksowany polimeroasfalt w ilości od 4,5% do 5,5%, charakteryzuje się tym, że jest wytwarzana w temperaturze 160°C i zawiera włókna bazaltowe w ilości od 0,1% do 0,3%, korzystnie od 0,15% do 0,25%. Włókno bazaltowe ma długość 24 mm, średnicę < 0,03 mm, gęstość 2,55 – 2,75 Mg/m<sup>3</sup>, a jego temperatura topnienia jest większa niż 250°C.

Fluksowane lepiszcze asfaltowe, według wynalazku, jest mieszaniną asfaltu w ilości 94-99% m/m z fluksantem w ilości 1-6% m/m, korzystnie 1,5-2,5% m/m, spienioną dodatkiem wody.

Asfalt stosowany do wytworzenia mieszanki charakteryzuje penetracja w zakresie od 25 do 55 dmm (wg PN-EN 1426) oraz temperatura mięknięcia większą niż 60°C (wg PN EN 1427). Korzystnie, jako asfalt stosuje się asfalt modyfikowany 25/55-60 zgodny z normą PN-EN 14023 według najnowszego datowania.

Skład mieszanki mineralno-asfaltowej do warstwy podbudowy zasadniczej zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład mieszanki mineralno-asfaltowej będącej przedmiotem wynalazku.

| Składnik  | Opis składnika  | Udział procentowy składnika w mieszance mineralno-asfaltowej |
|---|---|--|
| A   | Mieszanka kruszyw 0/22 wg p. 5.2 WT-1 2014 i p. 8.2 WT-2 2014 o gęstości $\rho_a$ | $100\% - (B_{\min}^{1}) \cdot \alpha^{2}) - C$               |
| B   | Spienione fluksowane lepiszcza asfaltowe  | $B_{\min}^{1}) \cdot \alpha$                                 |
| C   | Włókna bazaltowe  | 0,15% ÷ 0,25%  |
| Suma:   |   | $A + B + C = 100\%$  |
| <sup>1)</sup> zawartość i rodzaj lepiszcza asfaltowego zgodnie z WT-2 2014<br><sup>2)</sup> współczynnik $\alpha = 2,65 / \rho_a$<br>Uwaga: do lepiszcza dodaje się środek adhezyjny zgodnie z zaleceniami jego producenta (najczęściej 0,3% względem masy lepiszcza asfaltowego) |   |  |

Warstwa wiążąca w konstrukcji nawierzchni, według wynalazku, jest wykonana z mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy o wysokim module sztywności z typowym polimeroasfaltem wytworzonej na gorąco, a warstwa ścieralna wykonana jest na bazie mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy z typowym asfaltem wysokomodyfikowanym i wytworzona na gorąco, przy czym grubość h2 warstwy wiążącej wynosi od 0,5 do 0,8 grubości h1 warstwy podbudowy, a grubość h3 warstwy ścieralnej wynosi od 0,2 do 0,6 grubości h1 warstwy podbudowy.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest zwiększona trwałość użytkowa i ultra wysoka odporność na powstawanie spękań zmęczeniowych jak przedstawiono w przykładzie na fig. 1 i w tablicy 3, gdzie uzyskano zwiększenie trwałości o 250%, co pozwala na wydłużenie okresu eksploatacji całej konstrukcji oraz przenoszenie ponadnormatywnych obciążeń od ruchu pojazdów. Warstwa podbudowy o grubości h1 i warstwa wiążąca o grubości h2 zapewniają nośność konstrukcyjną, a dodatek włókien bazaltowych w warstwie podbudowy o grubości h1 ogranicza powstawanie i propagację spękań zmęczeniowych. Warstwa ścieralna z asfaltem wysokomodyfikowanym o grubości od 0,2 do 0,6 grubości warstwy podbudowy oraz warstwa wiążąca z polimeroasfaltem o grubości od 0,5 do 0,8 grubości warstwy

podbudowy, pozwala na ograniczenie propagacji spękań powstających w warstwie podbudowy oraz dodatkowo ogranicza powstawanie spękań niskotemperaturowych.

### PRZYKŁAD WYKONANIA

Na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych wytworzono w warunkach przemysłowych mieszanki mineralno-asfaltowe do wykonania konstrukcji nawierzchni.

Mieszanki do wykonania warstwy ścieralnej i wiążącej wykonano zgodnie z wymaganiami WT-2 2014.

Do wykonania warstwy podbudowy zasadniczej przygotowano dwa rodzaje mieszanek mineralno-asfaltowych AC 22 WMS P KR 3-7:

- mieszankę tradycyjną zgodnie z WT-2 2014,
- mieszankę wg wynalazku.

Szczegółowy skład mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych do wykonania podbudowy zasadniczej przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Skład przykładowych mieszanek mineralno-asfaltowych przygotowanych w celu oceny wpływu zastosowania wynalazku

| Składnik   | Opis składnika  | Skład mieszanki mineralno-asfaltowej (kg)             |   |
|--|---|---|---|
|  |   | Mieszanka do warstwy podbudowy zasadniczej tradycyjna | Mieszanka do warstwy podbudowy zasadniczej wg wynalazku |
| A  | Mieszanka kruszyw 0/22 wg p. 5.2 WT-1 2014 i p. 8.2 WT-2 2014 o gęstości $\rho_a = 2,74 \text{ Mg/m}^3$ | 95,1  | 94,9  |
| -  | Współczynnik $\alpha$   | 0,980   | 0,980   |
| B  | Lepiszczce asfaltowe 25/55-60   | $5,0 \cdot 0,980 = 4,9$                               | -   |
|  | Spienione wodą fluksowane lepiszczce asfaltowe 25/55-60 (2% fluksantu)                                  | -   | $5,0 \cdot 0,980 = 4,9$                                 |
| C  | Włókna bazaltowe  | -   | 0,2   |
| Suma:  |   | 100   | 100   |
| Uwaga: do lepiszcza dodano środek adhezyjny (Wetfix BE) zgodnie z zaleceniami jego producenta (0,3% względem masy lepiszcza asfaltowego) |   |   |   |

Przedmiot wynalazku w postaci konstrukcji nawierzchni jest uwidoczniiony w przykładzie wykonania na fig. 1, który przedstawia konstrukcję nawierzchni drogowej o ultra wysokiej trwałości zmęczeniowej w przekroju pionowym.

Konstrukcja pakietu warstw asfaltowych o ultrawysokiej trwałości zmęczeniowej jest złożona z warstwy podbudowy **1**, warstwy wiążącej **2**, warstwy ścieralnej **3**. Warstwa podbudowy **1** jest wykonana na bazie mieszanki mineralno-asfaltowej o uziarnieniu ciągłym. Warstwa wiążąca **2** jest wykonana z mieszanki mineralno-asfaltowej o uziarnieniu ciągłym. Warstwa ścieralna **3** jest wykonana z mieszanki

mineralno-asfaltowej o uziarnieniu ciągłym. Grubość **h2** warstwy wiążącej **2** wynosi od 0,5 do 0,8 grubości **h1** warstwy podbudowy **1**. Grubość **h3** warstwy ścierniczej **1** wynosi od 0,2 do 0,6 grubości **h1** warstwy podbudowy. Grubość **h1** wynosi od 8 cm do 12 cm.

Warstwa podbudowy **1** jest wykonana na bazie mieszanki mineralno-asfaltowej o uziarnieniu ciągłym typu beton asfaltowy o wysokim module sztywności w zakresie od 11 000 MPa do 17 000 MPa z dodatkiem zbrojenia rozproszonego w postaci włókien bazaltowych w ilości od 0,1 do 0,3% m/m charakteryzujących się długością w zakresie od 16 mm do 32 mm i średnicy od 10  $\mu$ m do 50  $\mu$ m, wytworzonej na ciepło w technologii fluksowanego polimeroasfaltu spienionego, gdzie jako modyfikator polimerowy użyto kopolimer trójblokowy styren-butadien-styren (SBS) w ilości od 2% m/m do 5% m/m w stosunku do masy lepiscza asfaltowego bazowego. Fluksowane lepiscze asfaltowe, jest mieszaniną asfaltu w ilości 94-99% m/m z fluksantem w ilości 1-6% m/m, korzystnie 1,5-2,5% m/m, spienioną dodatkiem wody.

Właściwości przygotowanych w celu oceny wpływu zastosowania wynalazku mieszanek mineralno-asfaltowych charakteryzowały się właściwościami przedstawionymi w tabelicy 3. Mieszanka wykonana wg wynalazku charakteryzuje się znacznie zwiększoną odpornością na zjawisko zmęczenia, zwiększoną odpornością na koleinowanie i zwiększoną odpornością na działanie wody.

Tablica 3. Właściwości przykładowych mieszanek mineralno-asfaltowych przygotowanych w celu oceny wpływu zastosowania wynalazku.

|   | Metoda badawcza  | Mieszanka do warstwy podbudowy zasadniczej tradycyjna | Mieszanka do warstwy podbudowy zasadniczej wg wynalazku |
|---|--|---|---|
| Temperatura wytwarzania mieszanki                           | -  | 180   | 160   |
| Temperatura zagęszczania próbek                             | -  | 145   | 115   |
| Zawartość wolnej przestrzeni $V_a$ (%)                      | PN-EN 12697-8  | 2,6   | 3,68  |
| Odporność na działanie wody, ITSR (%)                       | PN-EN 12697-12, WT-2 2014                                    | 94,1  | 99,9  |
| Odporność na deformacje trwałe: WTS (mm/1000 cykli) PRD (%) | PN-EN 12697-22:2007 (procedura B)                            | 0,045<br>4,9  | 0,031<br>6,1  |
| Sztywność (MPa)   | PN-EN 12697-26, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz | 12 536  | 11 782  |
| Odporność na zmęczenie (ilość cykli)                        | PN-EN 12697-24, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz | 4 587 156   | 7 556 018   |

Przedstawiony na fig. 2a układ warstw asfaltowych odpowiada typowej katalogowej konstrukcji nawierzchni podatnej (wg Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych - KTKN PiP) przyjmowanej dla najwyższej kategorii obciążenia ruchem KR-7. Zastosowanie technologii będącej przedmiotem wynalazku pozwala na uzyskanie znacznego zwiększenia trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni przy jednoczesnym zmniejszeniu grubości warstw asfaltowych. Układ konstrukcyjny warstw asfaltowych o zwiększonej trwałości zmęczeniowej według wynalazku przedstawiono na fig. 2b.

W tabelicy 4 przedstawiono trwałości zmęczeniowe porównywanych konstrukcji nawierzchni. Trwałość zmęczeniowa konstrukcji tradycyjnej przedstawionej na fig. 2a wynosi zgodnie z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych 64,3 mln. osi obliczeniowych 100 kN. Trwałość zmęczeniowa konstrukcji według wynalazku przedstawionej na fig. 2b wynosi 129,2 mln. osi obliczeniowych 100 kN.

Tablica 4. Trwałości zmęczeniowe porównywanych w przykładzie wykonania konstrukcji nawierzchni

| Wariant pakietu warstw asfaltowych | Trwałość ze względu na zmęczenie warstw asfaltowych, [liczba osi obl. 100 kN] |
|------------------------------------|---|
| tradycyjny                         | 64 330 000  |
| wg. wynalazku                      | 129 226 600   |