

Maciej GRZYCHAŃSKI⁰
Kazimierz KŁOSEK^x
Adaś D. KRÓL^x
Jerzy SĘKOWSKI^x
Anatol WALISZKO^{xx}
Zbigniew WILCZYŃSKI^{xx}

OCENA SKUTECZNOŚCI ZASTOSOWANIA NOWYCH KRAJOWYCH GEOTEKSTYLI W BUDOWNICTWIE KOLEJOWYM

Streszczenie. W pracy przedstawiono charakterystyki materiałowe krajowych geotekstyli nowej generacji produkowanych w Śląskich Zakładach Liniarskich "LENTEX" w Lublińcu. Materiał ten łączy w sobie cechy geosiatek (zbrojenia) oraz tkanin filtracyjnych (filtru) poza-
-rza znacznie dotychczasowy wachlarz zastosowań geotekstyli w budownictwie komunikacyjnym.

Przedstawiono konkretny przykład wykorzystania tego materiału do wzmocnienia słabego podłoża rusztu torowego. Badania te poparte są analizą obliczeniową.

1. WSTĘP

Wzrost prędkości ruchu pociągów oraz podwyższenie nacieków osiowych taboru [1] stanowią obecnie jeden z głównych trendów rozwojowych krajowego kolejnictwa. Towarzystające tym dążeniom wymogi trwałości i niezawodności elementów składowych drogi kolejowej wymagają spełnienia określonych postulatów natury techniczno-eksploatacyjnej, wśród których za jedną z najważniejszych uznać należy bezwzględną potrzebę zapewnienia odpowiedniej nośności i stateczności całego podtorza - przede wszystkim zaś jego górnych, przypowierzchniowych warstw nośnych.

Znaczna odkształcalność oraz relatywnie mała nośność masy gruntu podtorza stanowią istotną barierę ograniczającą nieskrępowany wzrost standardu eksploatacyjnego linii. Podtorze jako niewątpliwie najsłabszy (w sensie wytrzymałościowym) element składowy drogi kolejowej wymaga zatem szczególnie intensywnych testów diagnostycznych i konkretnych zabiegów technicz-

⁰WSI - Opole

^xPolitechnika Śląska

^{xx}ZPL "LENTEX" - Lublińiec

nych polepszających jego zdolność eksploatacyjną. W praktyce inżynierskiej działania te sprowadzają się do wyboru określonej decyzji co do sposobu skutecznego wzmocnienia podłoża rusztu torowego.

Wykonana przez współautorów niniejszego opracowania analiza przeglądowa współczesnych metod wzmocnienia gruntów dla celów budownictwa komunikacyjnego [4] wskazała na istnienie niezwykle bogatej oferty specjalistycznych zabiegów. Przy słabym na ogół rozeznanium geonzy zaistniałych w podtorzu usterek, jak i zawężonej ofercie krajowych wykonawców robót, wybór określonej metody z punktu widzenia jej efektywności staje się problematyczny. Z tych też względów uznano za celowe zawężenie szerokiej gamy metod wzmocnienia powierzchniowego gruntów podtorza do szczególnie tu rekomendowanej techniki zbrojenia gruntu, z wykorzystaniem geosyntetyków. Przewiduje się tym przede wszystkim wielofunkcyjny charakter ich zastosowań w postaci: wzmocnienia, filtracji, zbrojenia, separacji warstw, drenażu, uszczelnienia oraz izolacji podtorza [4].

Celem pracy jest prezentacja aktualnej oferty materiałowej krajowego producenta geotekstyli "Lentex" - Lubliniec wraz z analizą numeryczną potwierdzającą wysoką skuteczność ich stosowanie w złożonych warunkach grunto-wodnych podtorza kolejowego.

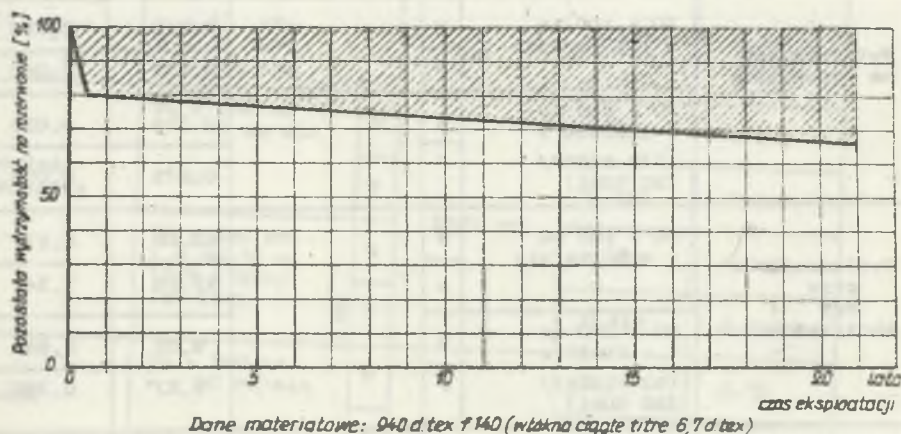
2. PARAMETRY TECHNICZNE KRAJOWYCH GEOTEKSTYLI

Zakłady Przemysłu Lniarskiego "Lentex" w Lublińcu k/Częstochowy są obecnie największymi producentami krajowymi różnego rodzaju włókien, w tym również geosyntetyków z tkaniną nośną, mających różnorodne zastosowanie w szeroko pojętej geoinżynierii. Produkowane tam geowłókniny dzięki połączeniu cech tzw. geosiatek (zbrojenie gruntu) oraz tkanin filtracyjnych (drenaż) stanowią materiał o szerokiej gamie możliwych zastosowań.

W swej strukturze geotekstyl jest więc materiałem dwuwarstwowym, którego surowcem w postaci włókna jest w 100% polipropylen. Na warstwę tkaniny (nośnika), wykonanej różnymi sposobami tkania, nałożona jest metoda igłowania warstwa runo. Geowłóknina produkowana jest w 6 podstawowych rodzajach o zróżnicowanej wytrzymałości na rozdarwanie w granicach 0,4-1,0 kN/5 cm, przy grubości 5-8 mm, jednostkowym ciężarze 500-800 g/m² oraz współczynniku wodoprzepuszczalności $k = 1,5-2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s. Polipropylen zachowuje swe podstawowe właściwości mechaniczne w granicach temperatur -35°C do $+130^{\circ}\text{C}$. Zastosowanie polipropylenu jako głównej warstwy nośnej zapewnia odporność na korozję chemiczną (kwaśne środowisko) i biologiczną (drobnoustroje) gwarantując trwałość użytkowania około 50 lat, przy całkowitym braku szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne. Trwałość geotekstyli określa się czasem ich użytkowania, w którym dopuszczalna zmiana parametrów materiału nie przekracza 20%. Przykładowa trwałość innych, stosowanych dotąd nośników, wynosi porównawczo [4]:

- juta: kilka lat,
- poliester: 40-50 lat,
- polipropylen: ok. 50 lat,
- polietylen: ok.: 80 lat,
- poliakrylnitryl: 50-100 lat.

Parametry reologiczne wybranych rodzajów materiałów zestawiono na rysunku 1. Należy ponadto zauważyć, że do najbardziej destrukcyjnych czynników atmosferycznych zalicza się promieniowanie ultrafioletowe (słońce), prowadzące do rozpadu polimerów. Wymaga to stosowania odpowiednich zabezpieczeń, które w przypadku zabudowy geotekstyli w podtorzu są jednakże zbędne.



Rys. 1. Parametry reologiczne wybranych geotekstyli

Fig. 1. The rheological parameters of selected geotextiles

Procedura badań geosyntetyków, obejmująca pomiary masy powierzchniowej grubości, wytrzymałości na rozciąganie i przebicie CBR oraz wodoprzepuszczalności, została zrealizowana w krajowych laboratoriach geotechnicznych (Gdańsk) uzyskując stosowne certyfikaty. Zbiorcze zestawienie wyników tych badań, dla dwóch reprezentatywnych rodzajów geowłókniny, podano w tabelkach 1 i 2.

Tablica 1

GEOWŁÓKNINA nr 48214/210/26/0

Właściwości	Warunki badania	Jednostka	Wartość		
			Średnia	Odchyl. Standard.	
Masa powierzchniowa	Próbki o pow. F = 100, 150 lub 500 cm ²	g/m ²	607.65	21.292	
Grubość	150 cm ² p = 2 kPa p = 20 kPa p = 200 kPa	mm	5.953 4.035 2.173	0.203 0.094 0.042	
Wytrzymałość na rozzerwania	50 x 100 mm v = 50 mm/min	W	kn/5 cm	0.812	0.053
		F		0.735	0.060
	50 x 200 mm t = 20-30 s (DIN 53857/ ISO 5081)	W		0.824	0.036
		F		0.975	0.056
Wydłużenie przy max obciążeniu	50 x 100 mm v = 50 mm/min	W	%	10.60	0.57
		F		12.70	1.34
	50 x 200 mm t = 20-30 s (DIN 53857/ ISO 5081)	W		8.04	0.968
		F		9.47	0.780
Wytrzymałość na przebicie CBR	Ø próbki 150 mm	kn	4.61	0.21	
Wydłużenie przy max obciążeniu	Ø trzpienia 50 mm v = 50 mm/min (DIN 54307)	%	28.7	2.7	
Współczynnik wodoprzepuszczalności normalnej "k"	Obciążenie słupem wody 900 mm	10 ⁻³ m/s	2.4	-	

W - kierunek wzdłuż płata

F - kierunek wazerz płata

Tablica 2

GEOWŁÓKNINA nr 48210/210/26/0

Właściwości	Warunki badania	Jednostka	Wartość		
			Średnia	Odchyl. Standard.	
Masa powierzchniowa	Próbki o pow. F = 100, 150 lub 500 cm ²	g/m ²	508.78	33.471	
Grubość	150 cm ² p = 2 kPa p = 20 kPa p = 200 kPa	mm	5.228 3.462 1.825	0.331 0.206 0.135	
Wytrzymałość na zerwanie	50 x 100 mm v = 50 mm/min	W	kN/5 cm	0.422	0.032
		F		0.423	0.030
	50 x 200 mm t = 20-30 s (DIN 53857/ ISO 5081)	W		0.399	0.059
		F		0.410	0.068
Wydłużenie przy max obciążeniu	50 x 100 mm v = 50 mm/min	W	%	7.55	0.55
		F		8.95	0.54
	50 x 200 mm t = 20-30 s (DIN 53857/ ISO 5081)	W		6.04	1.055
		F		9.17 x 67.55 xx	1.213 x 12.124xx
Wytrzymałość na przebicie CBR	β próbki 150 mm	kN	1.67	0.16	
Wydłużenie przy max obciążeniu	β trzpienia 50 mm v = 50 mm/min (DIN 54307)	%	28.8	3.2	
Współczynnik wodoprzepuszczalności normalnej "k"	Obciążenie słupem wody 900 mm	10 ⁻³ m/s	1.95	-	

W - kierunek wzdłuż płata

F - kierunek wazersz płata

x - runo

xx - osnowa

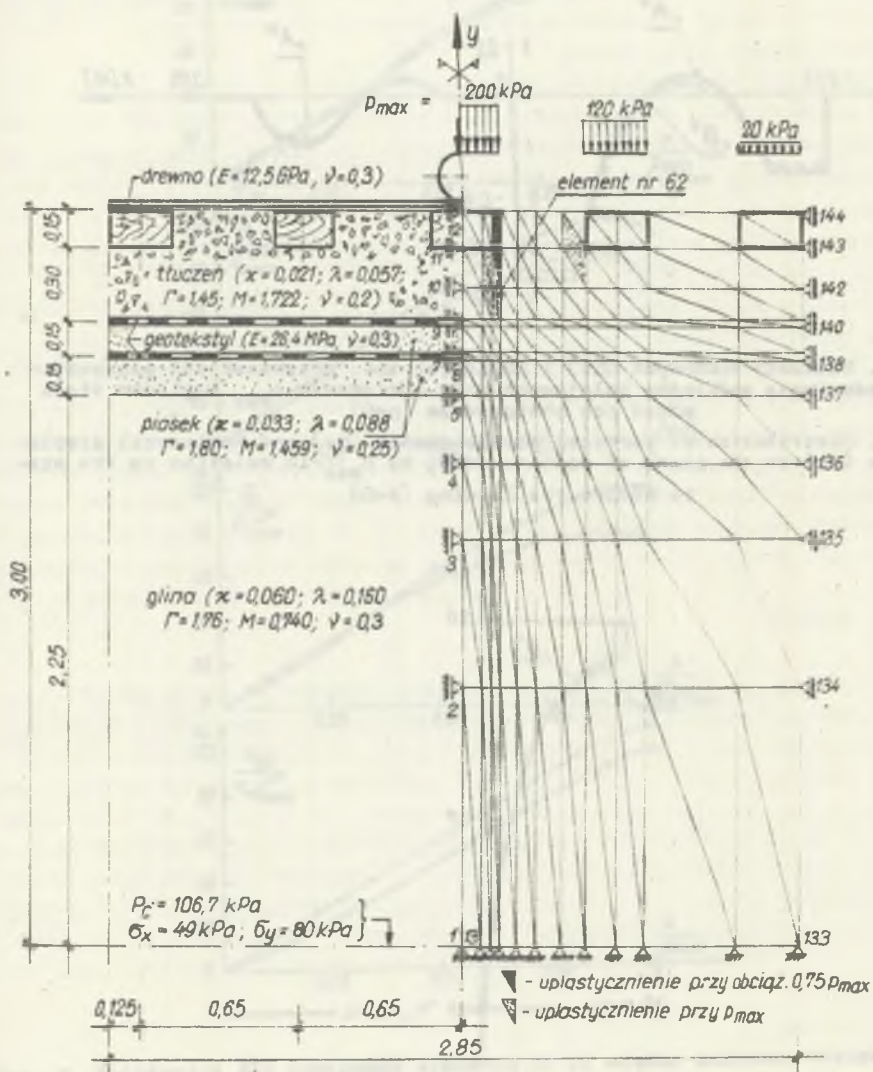
3. ANALIZA NUMERYCZNA

Problem realistycznej oceny wpływu przepon geotekstylnych na osiadania nawierzchni kolejowej jest trudny, co najmniej z dwóch względów. Po pierwsze, używane powszechnie sprężyste modele podsyvky i gruntu nie opisują dobrze procesu trwałych deformacji podłoża toru kolejowego. Po wtóre, brakuje nawet grubych oszacowań modułu sprężystości geotekstyli. Rutynowe testy nie przewidują takiego pomiaru. Pamiętać też należy, że usztywniający efekt przepon wydatnie zależy od odkształcalności podścielającego gruntu.

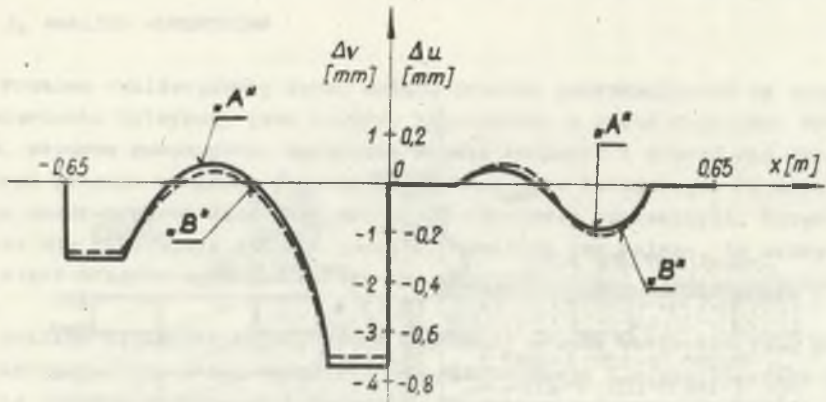
Analizę niniejszą należy zatem traktować przede wszystkim jako próbę uściślenia oceny przez uwzględnienie nieliniowego i niesprężystego zachowania ośrodka gruntowego i podsyvky. Stosuje się w tym celu Modified Cam-clay [3], podstawowy sprężysto-plastyczny model z izotropowym wzmocnieniem, realistycznie ujmujący główne cechy materiałów rozdrobnionych. Podkłady kolejowe i geotekstyle rozważa się natomiast w zakresie liniowo-sprężystym.

Konsekwencją powyższych postulatów fizycznych jest praktyczna konieczność przyrostowej analizy układu "nawierzchnia kolejowa-podtorze" metodą elementów skończonych. W zestawieniu z realiami obliczeniowymi implikuje to upraszczające założenie płaskiego stanu odkształcenia układu w poprzek osi toru. W pracy analizowano, w związku z symetrią obciążeń, pół pasma obejmującego 5 kolejnych podkładów i sięgającego do głębokości 3,0 m. Kanwę dyskretyzacji tworzyła prostokątna siatka dostosowana do geometrii podkładów, podsyvky, warstwy filtracyjnej, dwóch przepon geotekstylnych i podtorza, złożona z 11 pasa i 11 kolumn. Dzieląc każde oczko siatki na dwa trójkątne sześciowęgłowe elementy skończone zbudowano ostatecznie system 242 elementów połączonych 529 węzłami (rys. 2), podparty przegubowo-przesuwnie wzdłuż ścian pionowych i przegubowo-nieprzesuwnie wzdłuż podstawy. Na rys. 2 przytoczono wartości parametrów poszczególnych stref materiałowych. Założono dalej, że naciski przypadające na podkłady, tj. max. 200 kPa na środkowy, oraz odpowiednio po 120 kPa i 20 kPa na kolejne, wrzastają proporcjonalnie do swych wartości końcowych. Punktem wyjścia analizy był początkowy stan naprężeń in situ w układzie. Siły zewnętrzne zmieniano stosując w pierw 5 przyrostów po 15%, a następnie 10 przyrostów po 2,5% końcowych wartości sił. Dwa warianty obliczeń (przypadek A bez wzmocnienia i przypadek B z geotekstyliami) wykonane zostały na EMC VAX 11/750 w Politechnice Śląskiej, przy użyciu adaptowanego do wymagań komputera programu CRISP [2].

Pewne wybrane rezultaty analizy wariantów A i B zestawiono na rys. 3, 4 i 5 (wariant B z przeponami - linie przerywane). Na rys. 3 pokazano rozkłady pionowych i poziomych przemieszczeń płaszczyzny posadowienia podkładów, natomiast rys. 4 - pionowe rozkłady analogicznych wielkości pod krawędzią środkowego podkładu. Redukcja osiadania podkładów dzięki zastoso-

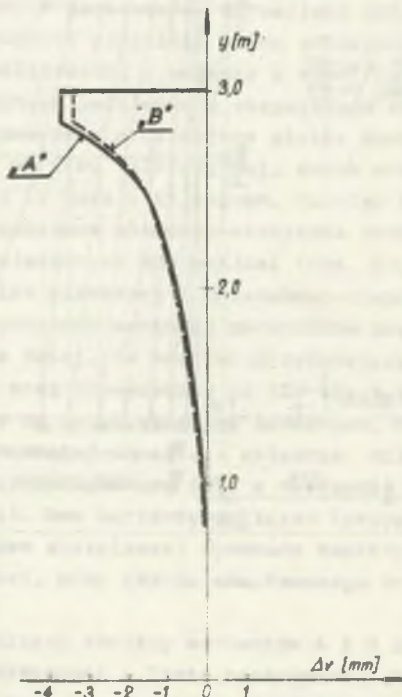


Rys. 2. Przyjęty model obliczeniowy
 Fig. 2. The applied analytical model



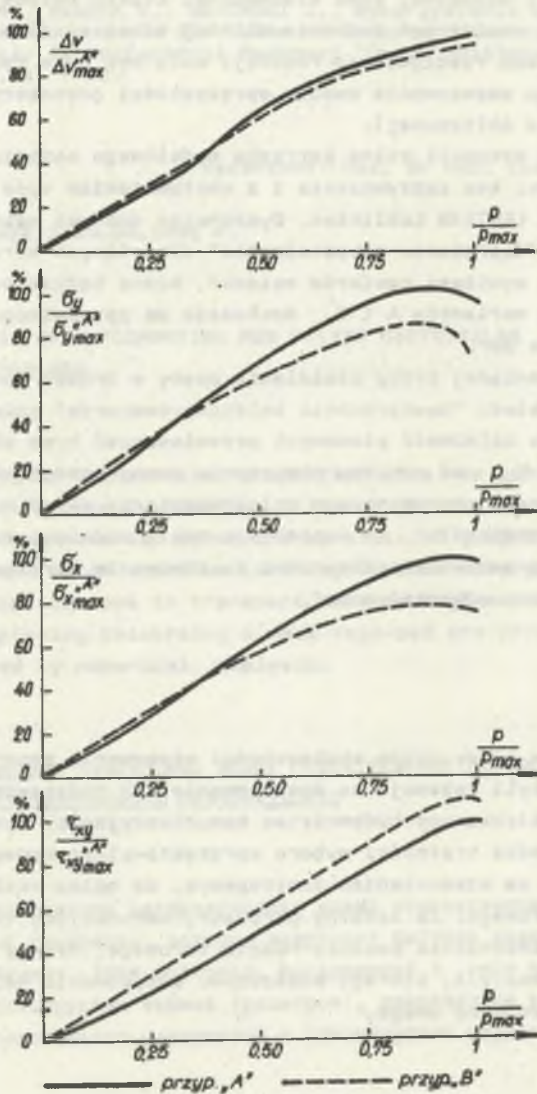
Rys. 3. Rozkłady pionowych (Δv) i poziomych (Δu) przemieszczeń płaszczyzny posadowienia podkładów kolejowych przy obciążeniu p_{\max} względem stanu przed ich obciążeniem ($p=0$)

Fig. 3. Distribution of vertical displacements (Δv) and horizontal displacements (Δu) in the plane of ties founding by p_{\max} in relation to the state before the loading ($p=0$)



Rys. 4. Rozkłady Δv i Δu pod krawędzią środkowego podkładu

Fig. 4. Distribution of Δv and Δu under the edge of the central tie



Rys. 5. Zależności dla wybranego elementu nr 62 między poziomem obciążenia p/p_{max} oraz:

a) przemieszczeni Δv , b) naprężeniami σ_y , c) naprężeniami σ_x , d) naprężeniami τ_{xy}

Fig. 5. For the selected element no. 62 the relation between the level of loading p/p_{max} and: e) the vertical displacements Δv ; b) the stress σ_y ; c) the stress σ_x ; d) the stress τ_{xy}

waniu przepon jest widoczna, choć nieznaczna. Efekty byłyby zapewne wyraźniejsze, gdyby analizować podtorze silniej odkształcalne od rozważanego w pracy. Wielkość rzeczywistej redukcji może być poza tym inna w skutek np. nie trafionego oszacowania modułu sprężystości geotekstyli (prawdopodobnie wyższego od obliczonej).

Zachodzi w tej sytuacji pilna potrzeba modelowego badania osiadań próbnych odcinków toru, bez usztywnienia i z usztywnieniem typu 2xP, przy użyciu geotekstyli z LENTEXU Lubliniec. Dysponując dobrymi oszacowaniami parametrów związku "naprężenie-odkształcenie" dla różnych stref układu nie wzmocnionego oraz wynikami pomiarów osiadań, można będzie powtórzyć prezentowaną analizę wariantów A i B, dochodząc do optymalnego oszacowania modułu wzmocnienia 2xP.

Rezultaty wspomnianej próby uściślenia oceny w drodze uwzględnienia niesprężystości układu "nawierzchnia kolejowa-podtorze" pokazane są na rys. 5. Nieliniowa zależność pionowych przemieszczeń oraz składowych naprężeń σ_x , σ_y , τ_{xy} od poziomu obciążenia zewnętrznego okazuje się dość wyraźna. Wynika ona z postępującego uplastycznienia stref nawierzchni (rys. 2). Należy podkreślić, że wspomniane testy modelowe mogą być również wykorzystane do sprawdzenia poprawności zastosowania sprężysto-plastycznych związków "naprężenie-odkształcenie".

4. WNIOSKI

Przedstawiona w pracy ocena skuteczności stosowania nowej generacji krajowych geotekstyli wskazuje na dostosowanie ich podstawowych właściwości do wymogów współczesnego budownictwa komunikacyjnego. Wyniki obliczeń i ich analiza dowodzą trafności wyboru sprężysto-plastycznego modelu typu Modified Cam-clay ze wzmocnieniem izotropowym, do opisu nieliniowych cech podłoża rusztu torowego. Za istotny parametr, warunkujący trwałość rozważanych sposobów wzmocnienia podłoża rusztu torowego, należy uznać moduł sprężystości geotekstyli, którego właściwemu oszacowaniu należy poświęcić w przyszłości szczególną uwagę.

LITERATURA

- [1] BAŁUCH H., Wzrost nacisków osi do 225 kN. Przewidywane skutki i kierunki przygotowań, Materiały IV Konferencji Naukowej "Drogi Kolejowe", Warszawa-Jachranka 1987, s. 104-114.
- [2] BRITTO A.M., GUNN M.J., Critical State Soil Mechanics via Finite Elements. Ellis Horwood, Chichester 1987.
- [3] BURIAND G.B., The Yielding and dilation of clay. Geotechnique, 15, 1965, s. 211-214.

- [4] GRYZMAŃSKI M., KŁOSEK K., SEKOWSKI J., Wykorzystanie współczesnych metod wzmocnienia gruntów dla celów utrzymania podtorza dróg kolejowych. Materiały IV Konferencji Naukowej "Drogi Kolejowe", Warszawa-Ja-chranka 1987, s. 7-22.

Recenzent: Doc. dr hab. Lucjan Siewczyński

Wpłynęło do Redakcji 20.04.1991 r.

THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING NEW POLISH GEOTEXTILES INTO A RAILWAY ROAD-BED

S u m m a r y

In the paper, the mathematical properties of a new generation of Polish geotextiles manufactured by LENTEX - Silesian Textile Factory in Lubliniec are presented. This material links the benefits of geogrids (ground reinforcement) and of filter textiles (drainage), thus enlarging the spectrum of geotextile applications in transport related engineering. Examples of employing of employing this orcing a weak road-bed are presented. The research is supported by numerical analysis.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Р е з ю м е

В работе представлены характеристики новых отечественных геотекстильных материалов новой генерации, которые выпускает фабрика льняных материалов "Лентеко" в Люблинце. Этот материал, соединяющий в себе черты геосеток (арматуры) и фильтрующих тканей (фильтров), значительно расширяет диапазон применения геотекстильных материалов в транспортном строительстве.