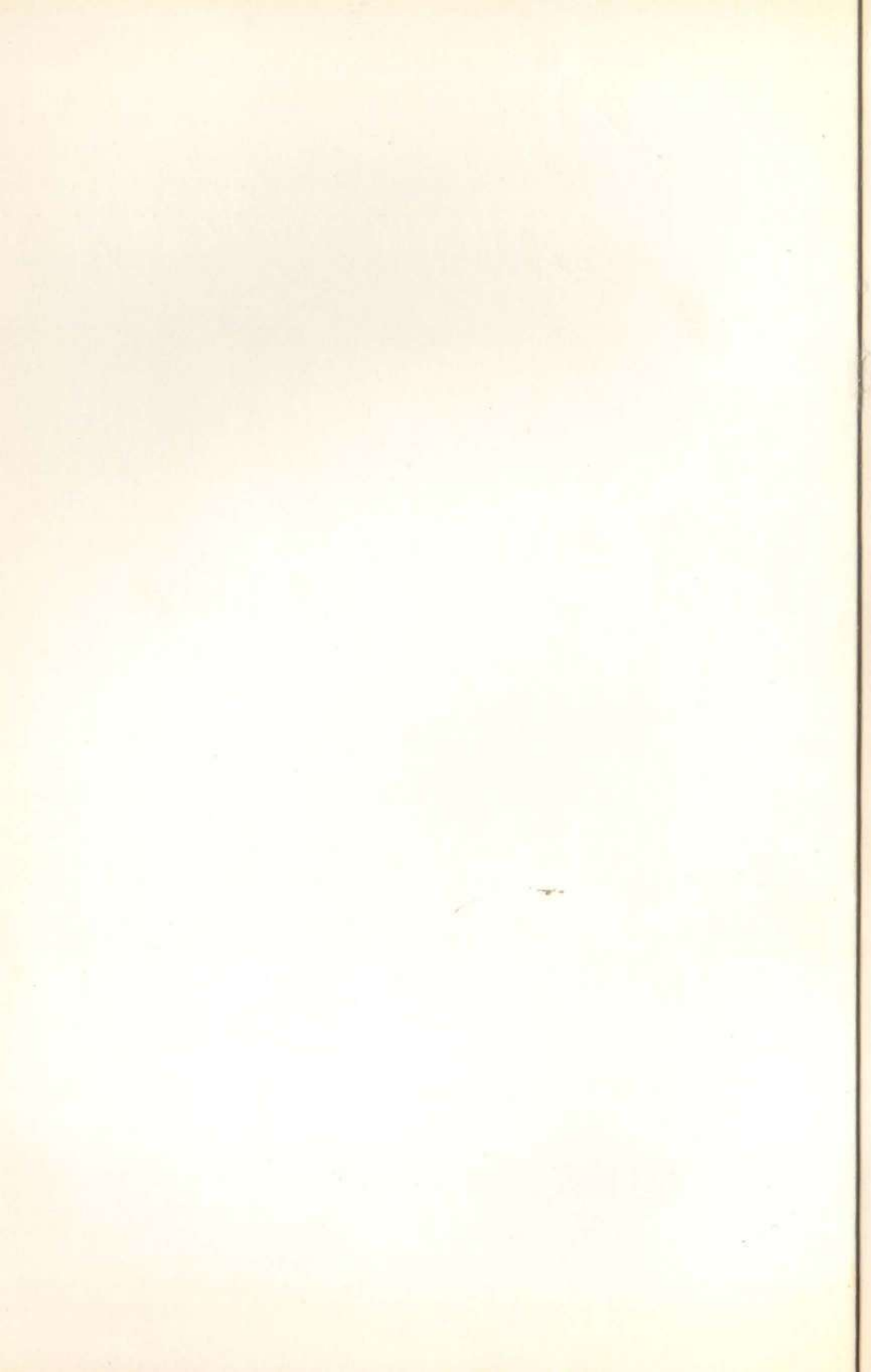


ПУТ И САОБРАЋАЈ

БР. 9-10
1976.





ПУТИ САОБРАЋАЈ

Часопис Друштва за путеве СР Србије, Македоније, Црне Горе и САН Војводине

ГОД. XXII БР. 9—10

СЕПТЕМБАР—ОКТОБАР

ГОД. 1976.

САДРЖАЈ

Проф. Драгољуб Мадуре, дипл. инж.

Нови приступ одређивању попречног нагиба коловоза у кривини

Проф. Е. Рекордон, дипл. инж.

Оријентација у истраживању о дејству мрза на путеве

Александар Лепавцов, дипл. инж.

Осврт на програм радова на одржавању путне мреже у СР Македонији за период од 1976. до 1980. године

Бранислав Војиновић, дипл. инж.

Методологија контроле извођења радова на преднапрезању

Др. Здравко Јоксић, дипл. инж.

Машине за равнање и обраду површине оштећених асфалтних коловоза на путевима

Родољуб Букумировић, дипл. инж.

Економске предности употребе аутоматских бројача у прикупљању података о саобраћају на путевима

Томислав Станковић, дипл. инж.

Легећи пепео у носећим слојевима коловозних конструкција

Слободан Бартолић, инж.

Модернизација бројања саобраћаја на територији уже Србије

Београд прикључен на ауто-пут Е-5

Михајло Бугарчић, дипл. инж.

Шеста Европска конференција о механици тла и фундаирању

Техничка регулатива

Нове књиге

Возила са хидрауличним утоваривачем за прикупљање и превоз расутих металних отпадака

Из Друштва за путеве

Извештај са II седнице извршног одбора савеза Друштва за путеве Југославије, одржане 14 маја 1976. године у Новом Саду

Из секције Друштва за путеве Србије у Нишу

Вести

Заслужни чланови Друштва

Наши пензионери

Насловна страна:

Мост на Морави, снимко: М. Кличковић

Проф. Драгољуб МАЦУРА, дипл. инж.

Нови приступ одређивању попречног нагиба коловоза у кривини*

Добро пројектован пут треба складом својих елемената да омогући што боље услове за вожњу. Поред осталог, под тим се подразумева психолошка сигурност возача, која се заснива на одсуству било каквог изненађења или негативног утиска. Да би се ово остварило, елементи пута треба да се одређују не само на основу стабилности возила, односно удобности вожње већ и са циљем да се остваре повољна визуелна дејства и потребна психолошка сигурност возача. У овом чланку реч је о попречном нагибу коловоза у кривини, односно о величинама нагиба неопходним да би један пут био заиста добро изграђен.

1. ПОПРЕЧНИ НАГИБ КОЛОВОЗА У КРИВИНИ ЗАВИСИ ОД ЦЕНТРИФУГАЛНЕ СИЛЕ КОЈА СЕ ЈАВЉА ПРИ КОНСТАНТНОЈ РАЧУНСКОЈ БРЗИНИ

Познато је да максимално дозвољена вредност попречног нагиба коловоза у кривини (i_{pk}) зависи од ста-

билности возила у односу на клизање приликом поледице, под дејством компоненте тежине возила у правцу нагиба коловоза, када је центрифугална сила минималне величине због мале брзине возила условљене поледицом, односно отежаним условима кочења. Ова дозвољена вредност користи се као минимално могућа делимична реакција у односу на јединичну центрифугалну силу у кривини минималног радијуса (R_{min}). Са друге стране, минимални нагиб коловоза у кривини ($i_{pk min}$) одређен је захтевом да се обезбеди ефикасно одводњавање коловоза, што значи да $i_{pk min}$ мора да има најмање исту величину коју има попречни нагиб коловоза у правцу (i_{pp}), тј. $i_{pk min} \geq i_{pp}$.

Када радијус кривине (R) расте опада укупна па и јединична центрифугална сила (C), те могу да опадају и обе делимичне јединичне реакције у односу на центрифугалну силу (i_{pk} и f_p). Пошто велики попречни нагиби могу уз садејство, рецимо, силе ветра да изазову клизање по поледици, а отпор клизању (f_p) представља јединични потисак (резолтујућу попречну силу) коме је изложено во-

* Чланак преузет из Зборника радова Саобраћајног факултета

зило при кретању кроз кривину, постоји интерес да са опадањем центрифугалне силе опадају одмах и истовремено обе делимичне реакције -- и i_{pk} и f_p . Одавде произилази познати став по коме је:

$$i_{pk} = K \cdot C \quad (1)$$

и:

$$f_p = (1 - K) C \quad (1-1)$$

тј. да обе реакције буду пропорционалне према центрифугалној сили у односу у коме су дозвољене величине i_{pkd} и f_{pd} према C_{max} (C_{max} дејствује у кривини радијуса R_{min}). При том се подразумева да је брзина од које зависи центрифугална сила рачунска брзина (V_{rac}) и да остаје непромењена у кривинама свих радијуса, без обзира на њену апсолутну величину. Опадање i_{pk} са порастом R од величине $i_{pkd} = 7\%$ до $i_{pk min} = i_{pp} = 2,5\%$ биће у границама од R_{min} (за који важи i_{pkd}) до R_g (за који се остварује $i_{pk min}$), односно у тим границама важи коефицијенат пропорционалности K из једначине (1). Радијус R_g одређен је односом према радијусу R_{min} :

$$R = \frac{V_{rac}^2}{127 C},$$

$$i_{pk} = K \cdot C, \quad C = \frac{i_{pk}}{K},$$

$$R = K \frac{V_{rac}^2}{127 i_{pk}},$$

$$\frac{R_g}{R_{min}} = \frac{K \frac{V_{rac}^2}{127 i_{pk min}}}{K \frac{V_{rac}^2}{127 i_{pkd}}},$$

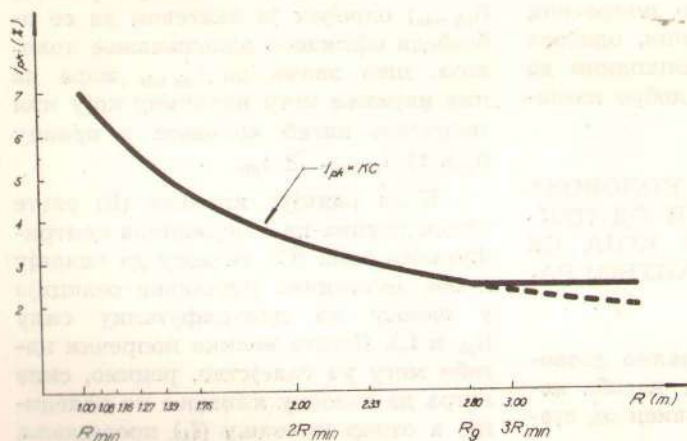
$$R_g = R_{min} \frac{i_{pkd}}{i_{pk min}} = \frac{7,0}{2,5} R_{min} = 2.8 R_{min}.$$

График $i_{pk} = K \cdot C$ дат је на слици 1.

Ако се за коефицијенат бочног отпора клизању (f_p) усвоји вредност одређена Техничким прописима о елементима за пројектовање путева, која за рачунске брзине од 80 km/h износи $f_{pd} = 0,15$ и опада са порастом R према једначини (1-1) [$f_p = (1-K) C$], лако је израчунати величине R између којих важе величине i_{pk} заокружене на ближих 0,5% (табела 1).

Из табеле 1 се може закључити да за мале рачунске брзине законитост промене $i_{pk} = K \cdot C$ утврђује врло мале попречне нагибе код релативно малог повећања радијуса кривине. Ово се двојако одражава на кретање возила:

1. Мањи попречни нагиби дају мању реакцију центрифугалној сили, те



Сл. 1

Табела 1 — Величине $R(m)$ између којих важе заокружене вредности i_{pk} (‰)

V_{rac}	R_{min}	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	R_g
30	32,21	33	36	39	43	47	53	67	69	82		90,19
40	57,27	59	64	70	76	84	94	100	123	146		160,37
50	89,48	93	100	109	119	132	147	167	193	228		250,54
60	128,85	134	144	157	172	190	212	241	278	328		360,78
70	175,38	182	196	214	234	258	289	327	378	446		491,06
80	229,06	238	256	279	305	338	377	428	493	583		641,37

је и могућа брзина возила мања од оне која би се реализовала за случај већих попречних нагиба.

2. Мали попречни нагиби делују визуелно неповољно на возача, услед чега долази до смањивања брзине на величину мању од оне којом би се возило кретало да нема овог неповољног дејства. Мали попречни нагиби могу створити и утисак да постоји контранагиб коловоза у кривини, што веома неповољно може да делује на возача.

2. ФИЗИЧКИ УТИЦАЈ ПОПРЕЧНИХ НАГИБА НА МОГУЋУ БРЗИНУ ВОЗИЛА

На путу са малом рачунском брзином, нарочито у кривинама са радијусом око R_{min} , возач настоји да форсирањем вожње¹⁾ повећа брзину возила. То форсирање биће утолико веће уколико су рачунска брзина и радијуси кривина мањи. Може се узети да се ово форсирање јавља код великог процента возила до величине во-

зне брзине од 50 до 60 km/ч, али тај проценат опада са повећањем возне брзине до 80 km/ч. Само незнатан проценат возача форсира вожњу да би се кретао већом брзином, док већина возача повећава брзину кад бочни потисак постане довољно мали.

Из познатог обрасца:

$$V_v = \sqrt{127 R \cdot C} = \sqrt{127 R (i_{pk} + f_p)} \quad (2)$$

види се да могућа брзина на путу (V_v) расте са порастом било које од три величине (R , i_{pk} и f_p). Ако се рачунска брзина задржава у свим кривинама са $R > R_{rac}$, величине i_{pk} и f_p ће опадати према обрасцима (1). Међутим, да би се омогућило да возна брзина на путу расте не само са повећањем R , што је значајно посебно за путеве са малим рачунским брзинама, поставља се захтев да се величина i_{pk} повећа у односу на вредност $i_{pk} = K \cdot C$. Према новим Немачким прописима i_{pk} опада у границама од R_{min} до $3,5 R_{min}$ према законитости која је у дијаграму са логаритамском поделом представљена правом. Професор Мирослав Марковић иде још и даље и чак је склон да негира значај који рачунска брзина има у садашњим прописима, јер на основу те брзине, одређујући нагиб према обрасцу (1), добијају се (табела 1) веома мале величине тог нагиба, па и мања могућа брзина од оне која би се остварила на коловозу са већим попречним нагибом.

1) Под форсирањем вожње подразумева се кретање возила брзином која изазива већи бочни потисак од оног који се јавља у кривинама радијуса R_{min} уз ангажовање Прописима дозвољеног коефицијента отпора клизању. Делимично форсирањем вожњом може се сматрати кретање возила кроз кривине радијуса $R > R_{min}$ повећаном брзином, али уз задржавање потиска који орговара прописима дозвољеној величини отпора према клизању.

Ако се возна брзина (V_v) изрази множењем рачунске брзине коефицијентом повећања, биће:

$$\frac{V_v}{V_{\text{раџ}}} = \frac{\sqrt{127 \cdot R \cdot C_v}}{\sqrt{127 \cdot R \cdot C_{\text{раџ}}}}$$

односно:

$$V_v = V_{\text{раџ}} \sqrt{\frac{i_{\text{pkv}} + f_{\text{pv}}}{C_{\text{раџ}}}} \quad (3).$$

Да би се уочио утицај повећаних нагиба на величину могуће брзине, израчунате су вредности коефицијента повећања рачунске брзине (p_1) у кривинама радијуса $R_{\min}$; $1,2 R_{\min}$; $1,4 R_{\min} \dots 2,8 R_{\min} = R_g$, уврштавајући у образац (3):

- за $i_{\text{pkv}} = 7\% = 0,07$, тј. највећу дозвољену величину i_{pk} ;
- за $f_{\text{pv}} + (1-K) C_{\text{раџ}}$;
- $C_{\text{раџ}} = \frac{V_{\text{раџ}}^2}{127R} = C_d \cdot \frac{R_{\min}}{R}$;
- $C_d = i_{\text{pkd}} + f_{\text{pd}} = 0,07 + 0,15 = 0,22$;
- $(1-K) = 1 - \frac{i_{\text{pkd}}}{C_d} = 0,682$;

тј.:

$$p_1 = \sqrt{\frac{0,07 + f_{\text{праџ}}}{C_{\text{раџ}}}}$$

Вредности овог коефицијента уписане су у колони 5 табеле 2.

Из ових података се види да би за случај да се задржи $i_{\text{pk}} = i_{\text{pkd}} = 7\%$ у свим кривинама радијуса од $R_{\min}$ до $R_g = 2,8 R_{\min}$, а при том опада коефицијентат бочног отпора према клизању по законитости $f_{\text{праџ}} = (1-K) C_{\text{раџ}}$ било могуће остварити повећање брзине у односу на рачунску за 1,031 до 1,251 пута, односно од 3,1 до 25,1%. Међутим, задржавање нагиба $i_{\text{pk}} = 7\%$ у свим кривинама са $R > R_{\min}$ до $R = R_g$ није могуће, што значи да се приказано повећање возне у односу на рачунску брзину може посматрати само теоријски, а да су практични ефекти, који се могу остварити повећањем нагиба коловоза, прилично ограничени.

Са друге стране, када је пут пројектован према малој рачунској брзини, возачи повећавају брзину у односу на рачунску делимичним форсирањем вожње, тј. ангажујући коефицијентат бочног отпора према клизању (прихватајући резултујућу бочну силу) несмањене величине у односу на кривину радијуса $R_{\min}$. За случај да се овако реализовање возне брзине посматра на коловозу са попречним нагибом $i_{\text{праџ}} = K \cdot C_{\text{раџ}}$, кое-

Табела 2 — Коефицијенти повећања могуће брзине у односу на рачунску

R	$C_{\text{раџ}}$	$i_{\text{праџ}} (\%)$	$f_{\text{праџ}} (M_p/M_p)$	p_1	p_2	p_3	$\frac{p_3}{p_2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
$R_{\min}$	0,220	7,0	0,15	1.000	1.000	1.000	1.000
1,2	0,183	5,8	0,125	1.031	1.065	1.095	1.028
1,4	0,157	5,0	0,107	1.062	1.129	1.184	1.049
1,6	0,137	4,4	0,094	1.093	1.190	1.267	1.065
1,8	0,122	3,9	0,083	1.121	1.245	1.343	1.079
2 $R_{\min}$	0,110	3,5	0,075	1.148	1.297	1.414	1.090
2,2	0,100	3,2	0,068	1.176	1.349	1.483	1.099
2,4	0,092	2,9	0,062	1.200	1.395	1.546	1.108
2,6	0,085	2,7	0,058	1.226	1.443	1.609	1.115
$2,8 \cdot R_{\min} = R_g$	0,079	2,5	0,054	1.251	1.488	1.668	1.121

фицијент повећања рачунске брзине изнео би:

$$p_2 + \sqrt{\frac{i_{pk\text{ гаџ}} + 0,15}{C_{\text{гаџ}}}}$$

Вредности овог коефицијента унете су у колону 6 табеле 2. Из тих података се види да возна брзина на коловозу попречног нагиба $i_{pk\text{ гаџ}} = K \cdot C_{\text{гаџ}}$ са задржавањем коефицијента $f_{pd} = 0,15$ нараста за 1.065 до 1.488 пута, тј. за 2,1 до 1,95 пута у односу на ону која се јавља на коловозу са нагибом $i_{pk} = 7\% = \text{конст.}$ и $f_p = (1-K)C_{\text{гаџ}}$. То је логично јер је коефицијент $f_{pd} = 0,15$ за 2,14 пута већи од $i_{pkd} = 7\% = 0,07$.

Ако се задрже обе величине (i_{pkd} и f_{pd}), непромењене при порасту R од $R_{\min}$ до R_g , могућа брзина, у односу на рачунску брзину, биће већа за:

$$p_3 = \sqrt{\frac{i_{pkd} + f_{pd}}{C_{\text{гаџ}}}} = \sqrt{\frac{0,22}{C_{\text{гаџ}}}}$$

Величине коефицијента p_3 дате су у колони 7 табеле 2.

Када се упореде величине коефицијента p_3 и p_2 , лако се може закључити да се при коришћењу дозвољеног отпора према клизању ($f_{pd} = 0,15$) релативно мало повећава возна брзина са повећањем попречног нагиба. Однос два коефицијента дат је у колони 8. Из тих података се види да је могућа брзина, за случај да је $i_{pk} = i_{pkd} = 7\%$ и $f_p = f_{pd} = 0,15$, већа од могуће брзине за случај да је $i_{pk} = K \cdot C_{\text{гаџ}}$ и $f_p = f_{pd} = 0,15$, од 2,8% до 12,1% (за радијусе од 1,2 $R_{\min}$ до $R_g = 2,8 R_{\min}$). Овако повећање могуће брзине, које се може сматрати потпуно реалним, још је мање од раније приказаног. На основу тога може се установити да могућа брзина на путу расте са повећањем попречног нагиба, али да је физички ефекат повећања попречног нагиба доста ограничен.

3. ВИЗУЕЛНО ДЕЈСТВО ПОПРЕЧНИХ НАГИБА НА ВОЗАЧА И БРЗИНУ ВОЗИЛА

Брзина којом ће се возило кретати кроз кружни лук зависи првенствено од величине попречне силе коју возач сматра толерантном. Међутим, возна брзина зависи и од психолошке сигурности возача, на коју утиче сам предео кроз који је пут изграђен, као и одговарајуће визуелно дејство којим пут делује на возача.

У тешким теренима возач повећава опрезност, што се одражава на смањивању брзине. У оштрој кривини, што је од интереса у овим разматрањима, возач очекује да коловоз буде у већем попречном нагибу, јер из искуства зна да ће нагиб савладати део центрифугалне силе. Ако је попречни нагиб мањи, возач спонтано реагује на овако визуелно дејство смањивањем брзине. У том случају брзина ће зависити од возачеве процене закривљености пута и процене величине попречног нагиба.

Кад је попречни нагиб у релативно оштрој кривини мали, јер је изведен са величином $i_{pk\min} = i_{pp} = 2,0$ до 2,5%, возач га уопште не уочава и, штавише, може потпасти под аутосугестију да је коловоз изведен са нагибом према спољној страни кривине. Овако психолошко дејство може се у најнеповољнијем случају манифестовати тако што возач који је ушао већом брзином у кривину изгуби присуство духа и престане да влада возилом, услед чега може доћи до силажења возила са планума пута. Овакви услови могу се стећи, на пример, ако је рачунска брзина $V_{\text{гаџ}} = 50 \text{ km/h}$.

За овако усвојене величине i_{pkd} и f_{pd} ($R_{\min} = 90 \text{ m}$), а за $i_{pk\min} = i_{pp} = 2,5\%$ је $R_g = 250 \text{ m}$. Ако се пут пројектује у лакшим теренским условима, биће могуће да све кривине имају радијус $R > R = 250 \text{ m}$, што значи да ће у

свим кривинама попречни нагиб да буде $i_{pk \min} = 2,5\%$.

Ако је пут на дужини од неколико кривина обликован применом радијуса $R = 500$ до 600 m, возач ће се прилагодити таквој закривљености пута и попречном нагибу од $2,5\%$, како у погледу брзине тако и у психолошком смислу. Међутим ако иза таквог сектора уследи кривина радијуса $R_g = 2,8 R_{\min} = 250$ m, дакле релативно великог радијуса у односу на $R_{\min}$, али малог у односу на радијусе претходних кривина, и када је и у таквој кривини примењен попречни нагиб величине $i_{pk \min} = 2,5\%$, неприлагођеност нагиба новој оштрини кривине деловаће неповољно на возача, уз остале поменуте последице.

То значи, да без обзира на то што је у питању релативно велики радијус за ту рачунску брзину, попречни нагиб $i_{pk} = K \cdot C = i_{pk \min}$ потпуно је недовољан да би био уочен и да би психолошки деловао на возача, те га треба повећати.

Овакав пример биће још ригорознији у случају када је рачунска брзина мања од 50 km/h (за $V_{rac} = 40$ km/h је $R_g = 160,4$ за $V_{rac} = 30$ km/h, $R_g = 90$ m), али се попречни нагиби величине $i_{pk} = K \cdot C$ могу показати вознодинамички недовољним и психолошки неповољним и код рачунске брзине величине 60 па и 70 km/h.

4. МОГУЋЕ И ПОТРЕБНО ПОВЕЋАЊЕ i_{pk} У КРИВИНАМА МАЛИХ И СРЕДЊЕ ВЕЛИКИХ РАДИЈУСА

Подручје радијуса у коме треба остварити повећање попречног нагиба у односу на величину $i_{pk} = K \cdot C$ тешко је дефинисати преко радијуса $R_{\min}$. Без обзира да ли је горња гра-

$= 2,8 R_{\min}$ или је, према новим Немачким прописима, $3,5 R_{\min}$, или, према једном предлогу за наше нове прописе, износи $4 R_{\min}$, овако исказан горњи гранични радијус је функција рачунске брзине (која управо код тог радијуса, делимичним форсирањем вожње, може да буде повећана за око 50% — видети колону 6 табеле 2). Са друге стране, овако одређено подручје радијуса у коме важи законитост промене $i_{pk} = K \cdot C$ недовољно је велико, те се са малим повећањем R остварује $i_{pk} = i_{pk \min}$. То подручје је утолико мање уколико је мања рачунска брзина, односно уколико је мањи $R_{\min}$. Из табеле 1 се види да су граничне вредности R које утврђују ова подручја, за рачунске брзине 30 до 60 km/h, 32 и 90 m, 57 и 160 m, 90 и 250 m и 129 и 361 m. Међутим, пошто је возна брзина стварно функција примењених радијуса кривина, односно рељефа терена који условљава те радијусе и у малој мери зависи од рачунске брзине, подручје радијуса у коме се мења i_{pk} треба такође да буде независно од рачунске брзине, а промена i_{pk} треба да је континуална и директно зависна од R .

Са друге стране, да би могле да се сагледају величине $i_{pk} = K \cdot C$ које одговарају одређеним радијусима кривине за разне рачунске брзине, урађен је дијаграм (слика 2), у коме хиперболе изражавају законитост $i_{pk} = K \cdot C$ за рачунске брзине 40 до 80 km/h. Узето је само ово подручје рачунских брзина, у духу раније изнете претпоставке да до повећања брзине у односу на рачунску брзину долази форсирањем вожње до брзине од 80 km/h и да прекорачења рачунске брзине постепено опадају од минималне рачунске брзине, где су највећа, до рачунске брзине од 80 km/h. На том путу повећање брзине не јавља се више форсирањем вожње већ због тога што опада центрифугална сила, захваљујући порасту радијуса

$$\text{ница тог подручја } R_g = R_{\min} \frac{i_{pkd}}{i_{pk \min}} =$$

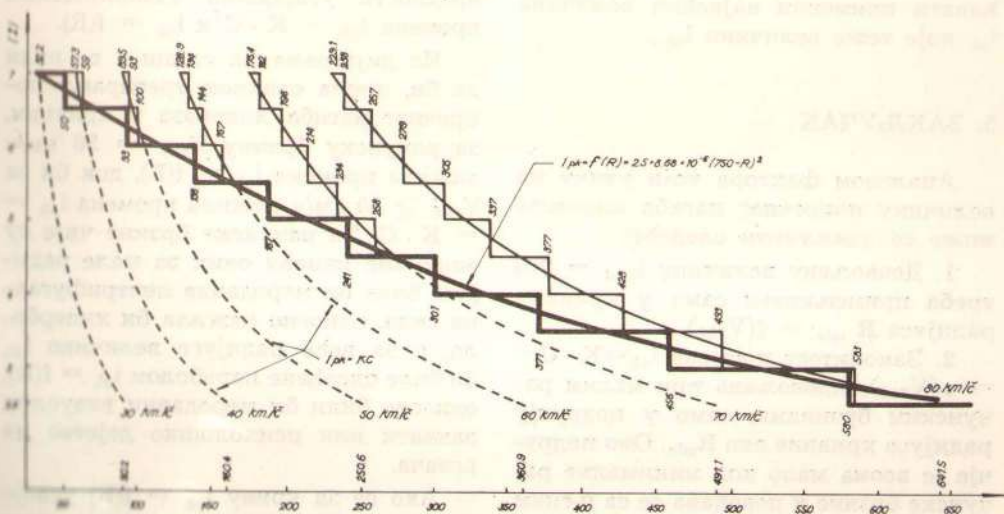
кривине. Ако се прихвати ова претпоставка, лако је закључити да се попречни нагиби, одређени центрифугалним силама за рачунску брзину $V_{rač} = 80 \text{ km/h}$, могу прихватити као задовољавајуће велики и да их не треба повећавати.

Другим речима, радијуси кривина (од R_{min} до R_g) који произилазе из рачунске брзине $V_{rač} = 80 \text{ km/h}$, могу се узети као да представљају горње границе радијуса до којих треба захтевати повећање i_{pk} у односу на величину $i_{pk} = K \cdot C$, тим пре што је подручје радијуса од R_{min} до R_g за ову рачунску брзину довољно велико ($R_{min} = 229,1$, $R_g = 641,8$, $R_g - R_{min} = 412,4 \text{ m}$), јер је и R_{min} велики, па је и $R_g = 2,8 R_{min}$ такође велико, што значи да знатним прираштајима R одговарају опадајуће вредности i_{pk} .

Код малих рачунских брзина $i_{pk \min} = i_{pp}$ остварује се код веома малих радијуса, док у кривини истог радијуса, код већих рачунских брзина, i_{pk} има велике вредности и иде до $i_{pkd} = 7\%$. Као пример може да послужи релативно мали радијус $R = 250 \text{ m}$. Из дијаграма на слици 2 се види да је у кривини тог радијуса

попречни нагиб коловоза на путу са $V_{rač} = 30$ до 50 km/h $i_{pk} = 2,5\%$, за рачунску брзину $V_{rač} = 60 \text{ km/h}$ је $i_{pk} = 3,65\%$, за $V_{rač} = 70 \text{ km/h}$ је $i_{pk} = 4,9\%$ и за $V_{rač} = 80 \text{ km/h}$ је $i_{pk} = 6,4\%$.

Ако возач не познаје рачунску брзину и прилагођава брзину возила процењеној закривљености пута и попречног нагиба, односно прихваћеној попречној сили, могло би се претпоставити да ће у кривини радијуса $R = 250 \text{ m}$ на било ком путу, тј. за било коју рачунску брзину, брзина возила бити $V = 80 \text{ km/h}$. Одатле би се могао извући закључак да допуштени нагиб коловоза у кривини радијуса $R = 250 \text{ m}$ може бити, без обзира на рачунску брзину, величине $i_{pkd} = 7\%$, јер се у кривини тог радијуса, уз ангажовање коефицијента бочног трења према клизању $f_p = 0,15$, возило може кретати брзином $V = 80 \text{ km/h}$. Штавише, и у кривинама мањих радијуса требало би задржати $i_{pkd} = 7\%$, јер би, при реализовању $f_p = 0,15$, и на коловозу $i_{kp} = 7\%$, у кривини радијуса R била могућа брзина V :



Сл. 2.

$R = 60 \text{ m,}$	$V = 40 \text{ км/ч;}$
$R = 90 \text{ m,}$	$V = 50 \text{ км/ч;}$
$R = 130 \text{ m,}$	$V = 60 \text{ км/ч;}$
$R = 175 \text{ m,}$	$V = 70 \text{ км/ч.}$

Међутим, ако се прихвати и претпоставка да сам предео утиче на психолошко стање возача и да је рачунска брзина утолико мања уколико је рељеф терена тежи, па и психолошки притисак којим рељеф делује на возача већи, на путу са малом рачунском брзином неће моћи да се остваре наведене брзине у кривинама одговарајућих радијуса из чисто психолошких разлога.

Са друге стране, ако се има у виду да велики попречни нагиб може да изазове нежељене последице при одређеном стицају околности (рецимо, дејство ветра на возило које се налази на залеђеном коловозу са великим попречним нагибом) лако је закључити да највеће вредности i_{pk} треба применити само ако је брзина, која захтева такав нагиб, омогућена свим неопходним факторима, тј. ако је приближно једнака рачунској брзини. Другим речима, i_{pk} , у односу на величину $i_{pk} = K \cdot C$, не би требало повећавати применом највећих величина i_{pk} које теже величини i_{pkd} .

5. ЗАКЉУЧАК

Анализом фактора који утичу на величину попречног нагиба коловоза може се закључити следеће:

1. Дозвољену величину $i_{pkd} = 7\%$ треба примењивати само у кривини радијуса $R_{min} = f(V_{rac})$.

2. Законитост промене $i_{pk} = K \cdot C = \varphi(V_{rac})$ задовољава при малим рачунским брзинама, само у подручју радијуса кривине око R_{min} . Ово подручје је веома мало код минималне рачунске брзине и повећава се са њеним порастом, што значи да законитост

$i_{pk} = K \cdot C$ код малих рачунских брзина не задовољава.

3. Законитост промена $i_{pk} = K \cdot C = \varphi(V_{rac})$ може се сматрати потпуно задовољавајућом за рачунске брзине једнаке или веће од 80 км/ч.

4. За мале и средње велике радијусе кривина (доњу границу представља R_{min} за $V_{rac} = 30 \text{ км/ч}$, а горњу границу $R_g = 2,8 R_{min}$ за $V_{rac} = 80 \text{ км/ч}$, изузев када припадају подручју R , у коме законитост промене $i_{pk} = K \cdot C$ задовољава, попречни нагиб треба да је од $K \cdot C$ утолико већи уколико је рачунска брзина мања. У подручју ових радијуса треба утврдити геометријску зависност попречног нагиба од величине радијуса кривине $i_{pk} = f(R)$.

Ови закључци биће у потпуности задовољени ако се на дијаграм (слика 2) нанесе крива $i_{pk} = f(R)$ тако конструисана да обезбеђује измену i_{pk} од $i_{pk} = i_{pkd}$ за $R = 30 \text{ m}$ (за $V_{rac} = 30 \text{ км/ч}$, $R_{min} = 32,2 \text{ m}$) до $i_{pk} = i_{pk min}$ за $R = 750 \text{ m}$. Ова крива пресеца хиперболе $i_{pk} = K \cdot C$ и свака хипербола важи само до места у коме сече криву $i_{pk} = f(R)$. Другим речима, за попречни нагиб i_{pk} треба усвојити већу од вредности утврђених законитостима промене $i_{pk} = K \cdot C$ и $i_{pk} = f(R)$.

Из дијаграма на слици 2 се види да би, према оваквом третирању попречног нагиба коловоза у кривини, за рачунску брзину $V_{rac} = 30 \text{ км/ч}$ важила промена $i_{pk} = f(R)$, док би за $V_{rac} \geq 80 \text{ км/ч}$ важила промена $i_{pk} = K \cdot C$. За рачунске брзине чије су величине између ових за мале радијусе била би меродавна центрифугална сила, односно важила би хипербола, а за веће радијусе величине i_{pk} би биле одређене параболом $i_{pk} = f(R)$, односно били би меродавни визуелни захвати или психолошко дејство на возача.

Ако се за криву $i_{pk} = f(R)$ усвоје квадратна парабола и наведени гра-

нични услови, једначина параболе је одмах одређена и гласи:

$$i_{pkR} \% = 2,5 + a (750 - R)^2,$$

где је коефицијент a одређен из услова да се за радијус кривине $R = 30$ m добије $i_{pk} = 7\%$, тј.:

$$i_{pk} = 7\% = 2,5 + a (750 - 30)^2,$$

одакле је

$$a = 8,68 \times 10^{-6}.$$

Уз хиперболе и параболу конструисане су степенасте линије заокружених вредности i_{pk} на ближих пола процента, јер се само тако заокружене вредности i_{pk} могу употребити при пројектовању пута. Исписивањем граничних вредности R , за које важи одговарајући нагиб i_{pk} , дијаграм је учињен веома подобним при пројектовању пута. Уколико би се изнета кон-

цепција одређивања i_{pk} прихватила, може да буде унет у Техничке прописе о елементима за пројектовање путева.

Из дијаграма на слици 2 се види да по предложеном начину одређивања попречног нагиба i_{pk} у кривини радијуса $R = 250$ m за све рачунске брзине закључно са $V_{гаџ} = 60$ км/ч, попречни нагиб коловоза износи $i_{pk} = 4,5\%$ и зависи од величине R . На путевима са већом рачунском брзином попречни нагиб ће бити функција центрифугалне силе; у истој кривини, $R = 250$ m, за $V_{гаџ} = 70$ км/ч, попречни нагиб износи $i_{pk} = 5\%$, а за $V_{гаџ} = 80$ км/ч је $i_{pk} = 6,5\%$. Мањим радијусима кривина одговарају, зависно од величине закривљености, веће вредности i_{pk} (за $R = 200$ $i_{pk} = 5\%$), а већим радијусима кривина, мањи нагиби i_{pk} (за $R = 350$ $i_{pk} = 4\%$), што је и логично.

Проф. Е РЕКОРДОН*, дипл. инж.

Оријентација у истраживањима о дејству мраза на путеве

1. УВОД

Норме за димензионирање, које је припремило и издало Удружење швајцарских стручњака за путеве, засноване су на избору дебљине слојева коловозних конструкција за путеве на основу величине индекса носивости тла у постелјици и пондерисаног саобраћаја. Носивост тла изражава се индексом носивости CBR или модулом реакције чија нумеричка вредност подразумева утицај мраза при „нормалним“ условима.

У извесним хидролошким условима или ако су земљани материјали јако неповољни морају се предузети допунске конструктивне мере ради спречавања дејства мраза.

Већ десетак година не запажају се на новим путевима већа оштећења настала услед дејства мраза. Мржњење и кривљење изгледа немају више та-

ко велики утицај, па би се могло рећи да су путеви добро заштићени од штетног дејства мраза.

Међутим, ово тврђење не може се сматрати апсолутним јер је последња оштра зима била 1962/63. године, а већина главних националних путева је израђена касније.

У Швајцарској се стога оправдано поставља питање да ли је опортуно наставити истраживања о дејству мраза на путеве. Ако је одговор потврдан, појављује се нови проблем — нашта усмерити та истраживања?

То питање се поставља у тренутку када се већ зна да ће 1977. године врло велике инсталације за истраживања бити на располагању у новим просторијама Федералне политехничке школе у Лозани (у Екиблену). Ове инсталације имаће велике ровове у које ће моћи да се уграђују велике масе земље (слика 1).

Испитивања ће бити релативно скупа, па је неопходно да се подручја истраживања врло брижљиво одаберу, утолико пре што су истраживања у путоградњи само део послова

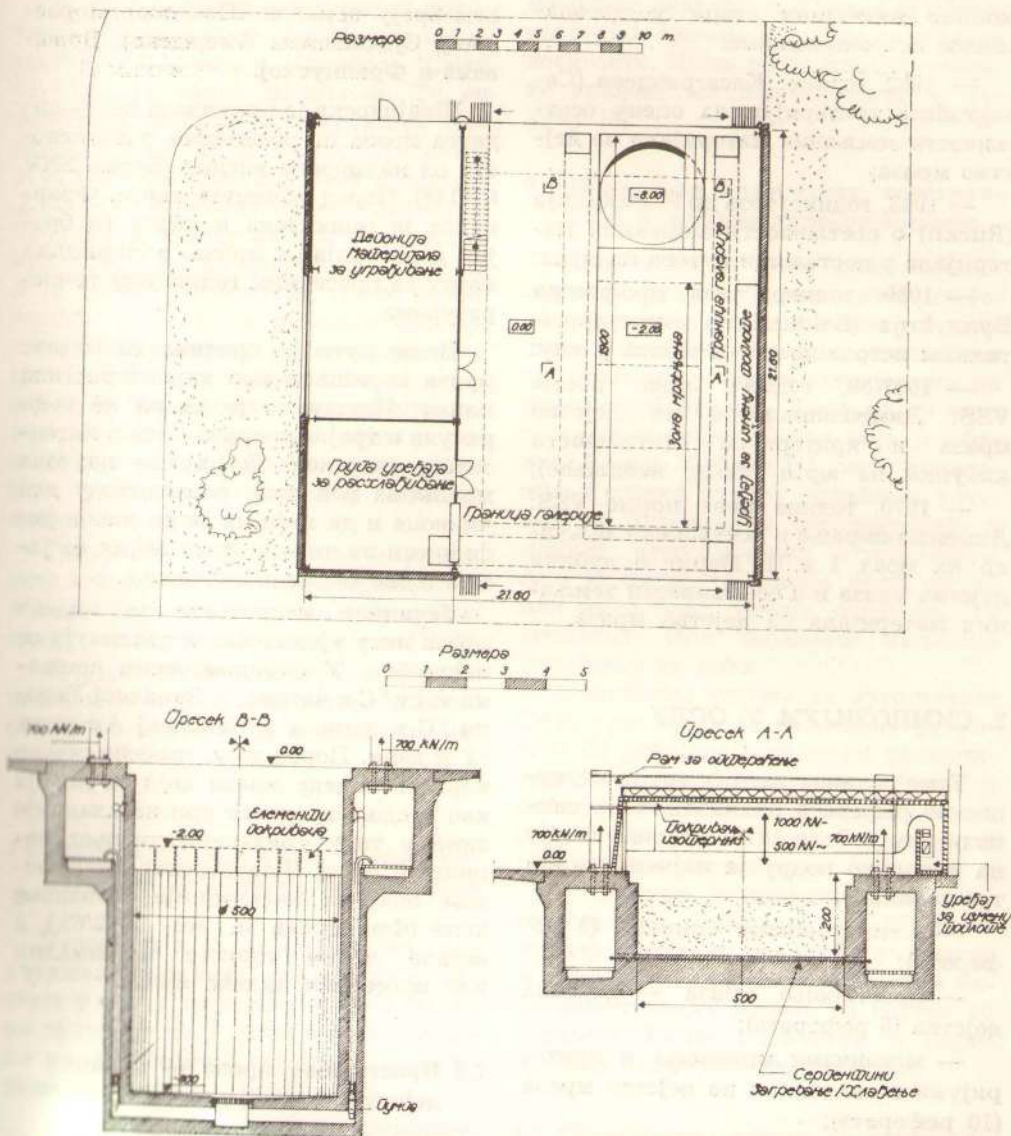
* Адреса аутора: Ed. Recordon, professeur de mécanique des sols. Laboratoire de Géotechnique de l'Ecole Polytechnique Federale 22, Avenue de Provence, 1007 Lausanne.

које треба обавити у области геотехнике.

У овом тексту биће приказана досадашња истраживања о дејству мраза на путеве и предложене смернице

за истраживања у наредним годинама.

Организација за сарадњу и привредни развој (OCDE) организовала је у октобру 1973. године у Ослу сим-



позијум о дејству мраза. Основне информације, изложене том приликом, омогућују да се укратко прикажу различити проблеми.

Претходно треба подсетити на неколико значајних етапа у досадашњим истраживањима:

— 1932. године: Касаграндеов (Cassagradne) критеријум за оцену осетљивости земљаних материјала на дејство мраза;

— 1943. године: теза др Р. Рикилија (Rückli) о осетљивости земљаних материјала у постелици путева на мраз;

— 1959. године: теза професора Буддуђија (Balduzzi) о експерименталним истраживањима мраза у тлу;

— 1957/59. године: прве норме VSS: Димензионирање на дејство мраза и критеријум осетљивости шљунка на мраз (данас неважеће);

— 1970. године нове норме VSS: Димензионирање и осетљивост шљунка на мраз, I и II. Норме о дубини дејства мраза и о осетљивости земљаних материјала на дејство мраза.

2. СИМПОЗИЈУМ У ОСЛУ

Теме седница радних група и укупно 49 реферата приказаних на симпозијуму у Ослу 1972. године указују на неколико подручја најчешћих истраживања:

— Климатолошки чиниоци (8 реферата);

— простирање мраза — дубина дејства (6 реферата);

— механизми мржњења и критеријуми осетљивости на дејство мраза (10 реферата);

— понашање коловозних конструкција и њихово димензионирање (12 реферата);

— специјалне методе заштите од штетног дејства мраза (13 реферата).

2.1 Климатолошки чиниоци

Какво је стање, могло се видети из осам приказаних реферата.

Карте индекса мраза постоје у већем броју земаља: Шведској, Норвешкој, Сједињеним Америчким Државама и Француској.

Швајцарска је приказала карту индекса мраза по регионима, у зависности од надморске висине (Норма SNV 670148). Поред поменуте карте, Француска је приказала и карту са бројем дана трајања мраза, а Норвешка карту са просечним годишњим температурама.

Више пута је критикован индекс мраза коришћен као карактеристика климе. Истакнуто је да он не води рачуна о трајању мраза нити о интензитету хладноће за време периода мржњења већ само о производу два чиниоца и да није на јасан начин дефинисан за зиме у току којих се јавља више периода мржњења.

Јединице коришћене за индекс мраза нису уједначене и разликују се међусобно. У скандинавским земљама то су $^{\circ}\text{C} \times \text{часови}$, у Западној Европи $^{\circ}\text{C} \times \text{дани}$, а у Северној Америци $^{\circ}\text{F} \times \text{дани}$. Поред тога, извесне земље користе индекс мраза који се добија као средња вредност три најхладније зиме у току тридесетогодишњег периода (САД и Швајцарска), друге земље онај из најхладније скорашње зиме (Француска за зиму 1962/63.), а остале земље користе максимални или просечени индекс мраза.

2.2 Простирање мраза — дубине дејства

У оквиру ове тематске групе приказано је само 6 реферата. Они се одnose на две категорије података: проверу на експерименталним коловозима путем температура израчунатих за

различите дубине и одређивање ну-
меричких вредности термичких ка-
рактеристика, проводљивости и то-
плотног капацитета смрзнутих и не-
смрзнутих земљаних материјала.

У вези с првом категоријом пода-
така треба поменути француска испи-
тивања обављена у Каенској (Caen)
станици за опите мржњења. Ту су
опитне коловозне конструкције по-
вршине 18×8 m излагане мржњењу
у затвореном простору. Ова истражи-
вања су показала да постоји линеарна
законитост између квадратних корена
индекса мраза на површини коловоза
и на нивоу постелице. Нагиб праве
зависи, изгледа, од дебљине колово-
зне конструкције и врсте материјала
од којих је она израђена. Он је неза-
висан од првобитних температура зе-
мљаног масива и режима којем је из-
ложена површина. Два последња фак-
тора условљавају апсцису почетка
праве.

Више аутора приказало је резул-
тате експерименталних истраживања
обављених ради мерења термичких
својстава земљаних материјала [1] [2].

У рефератима ове групе дато је
неколико вредности за земљане мате-
ријале, а такође и за изолационе мате-
ријале.

2.3 Механизми мржњења и критери- јуми осетљивости на дејство мраза

Теоријска и експериментална про-
учавања физичких појава које на-
стају у тлу у зони изотерме О степе-
ни обављају се у различитим земља-
ма ради добијања резултата који би
били практично употребљиви.

У погледу критеријума осетљиво-
сти земљаних материјала на мраз из-
веста је констатација да су ретки
материјали који настоје да побољшају
своје својства на губитку носивости при
одмрзавању, који,

по мишљењу аутора, најбоље одража-
вају оштећења коловоза.

Више земаља ангажовало се на
проучавању критеријума заснованих
само на бубрењу у току мржњења.
Међутим, овај тип оштећења је друго-
разредног значаја у односу на губитак
носивости. Ипак, треба поменути опи-
те урађене на Универзитету у Бо-
хуму [3].

2.4 Понашање коловозних конструк- ција и њихово димензионирање

Приказано је више врло интере-
сантних студија урађених да би се бо-
ље упознао утицај мржњења и кра-
вљења на путеве, и то о опажањима
на путевима у експлоатацији или на
опитним деоницама. У ову групу могу
се сврстати проучавања која је оба-
вио Немац Киблер [4] ради изнала-
жења односа између оштећења уоче-
них на путевима у експлоатацији и
линије кумулативних температура.
Ако је нагиб те линије врло оштар
или врло благ, уочена оштећења су
незнатна. При осредњим нагибима
оштећења су већа.

Федерална управа за ауто-путеве
САД приказала је позитивне резул-
тате [5] добијене додавањем различитих
хемијских производа којима се
смањује осетљивост земљаних мате-
ријала на дејство мраза, а нарочито
губитак носивости.

Р. Нордал је приказао резултате
испитивања „Vormsundtest“ [6] у ре-
ферату у коме су издизања површине
и губитак носивости дати на осам ек-
сперименталних путева на којима су
уграђене бројне апаратуре за мере-
ње деформација и температура.

2.5 Специјалне методе заштите од штетног дејства мраза

У овој групи је највећи број при-
спелих реферата. Њих је припремило
осам од једанаест земаља учесница.

Скандинавске земље користе термичка изолациона средства више година. Шведска је приказала карту земље у којој су означене зоне са одговарајућим дебелинама изолационих средстава које треба применити.

Карта је дата за следеће изолационе материјале:

- експандирану глину : дебелина 25 до 60 cm,
- минералну вуну : дебелина 8 до 20 cm,
- шљаку или тресет : дебелина 30 до 70 cm,
- шљунак или пепео : дебелина 80 до 180 cm.

Норвежани Хансен и Рефсдал [7] су приказали методу за димензионирање слоја за термичку изолацију, која се често користи у Норвешкој у случајевима када се постојећи пут појачава тако што се преко њега поставља нова конструкција која у доњем делу има изолациони слој од експандираног или екструдованог полистирола или од полиуретана.

Два немачка центра за истраживање такође су приказала резултате опита на два експериментална пута, док су у швајцарским извештајима приказана својства земљаних материјала стабилованих цементом под дејством мраза (проф. F. Balduzzi [8])

деформабилност термички изолованих путева (проф. E. Recordon и M. Dysli [9]).

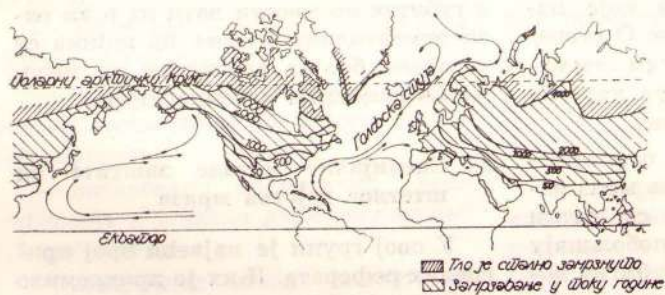
3. ИСТРАЖИВАЊА ПРИКАЗАНА У ОСЛУ И САДАШЊА И БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА У ШВАЈЦАРСКОЈ

Информације и закључци до којих се дошло у Ослу омогућују да се формулишу и одређене смернице.

3.1 Климатолошки чиниоци

Бројне информације приказане у Ослу омогућиле су да се изради општа карта (слика 2) на којој су приказана подручја са истим величинама индекса мраза и њихова распрострањеност на северној хемисфери. Цифре означене на линијама представљају максимални индекс мраза у °C x дани. Таква карта је ограничена вредности јер даје само општу информацију.

Норма SNV 670148 дефинише климу Швајцарске на најпрецизнији могући начин помоћу индекса мраза. Упркос недостацима овог параметра, није неопходно да се он побољшава јер је микроклима од одлучујућег значаја за димензионирање путева по деоницама дужине по неколико стотина метара. Микроклима се може проучавати на одабраном путном



Сл. 2 — Приближан положај линија једнаког индекса мраза на северној хемисфери

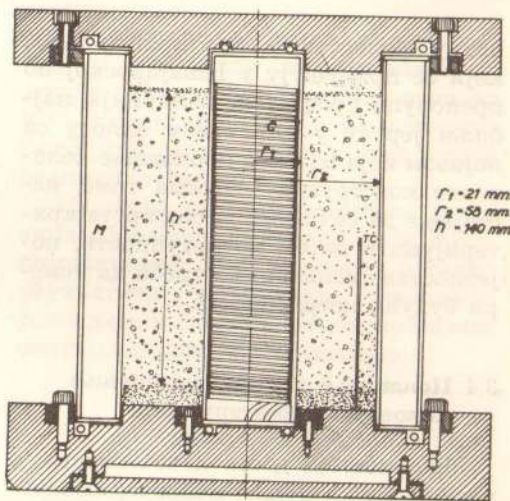
правцу само мерењима на лицу места. Општа карта приложена у норми SNV 670148 даје, према томе, максималну величину индекса мрза у Швајцарској, уз задовољавајућу прецизност.

Неопходно је, изгледа, да се наставе истраживања у вези са климатолошким факторима у Швајцарској. Само један проблем је још недовољно познат: о корелацији између индекса мрза ваздуха и индекса мрза на површини коловоза. Индекс мрза на површини коловоза у ствари утиче при прорачунима дубине продирања мрза, односно мржњења, док је први индекс оно једино што дају метеоролошке станице и норме. Ипак, овај недостатак у сазнањима не изазива непрецизности у димензионирању које би биле од одлучујућег утицаја у пракси.

3.2 Простирање мрза — дубина дејства

Дубина мржњења у коловозној конструкцији може се данас израчунати захваљујући програмима за рачунаре. Лабораторија Федералне политичке школе у Лозани поседује два програма заснована на Бергеновим (Berggren) једначинама.

Прецизност израчунавања зависи пре свега од прецизности са којом су одређене термичке особине земљаних материјала. Стога је у Лабораторији за геотехнику Федералне политичке школе у Лозани конструисан посебан уређај за мерење термичке проводљивости и топлотног капацитета. На слици 3 приказан је вертикални пресек уређаја. Узорак, прстенастог облика, ставља се између централног цилиндричног тела C , полупречника r_1 и r_2 чија је температура T_1 и T_2 . Топлотни флуks се зрачењем од тела C према M . Промене температуре мере се помоћу шест уређаја за мерење температуре T_0 .



Сл. 3 — Вертикални пресек уређаја за мерење термичке проводљивости и топлотног капацитета

Боље познавање ових параметара могло би се постићи и „еталонирањем“, односно смишљеном провером методе израчунавања на експерименталним коловозима на којима се мере профили температуре и његове промене са временом. То је управо учињено на путевима са изолацијом у Локлу (Locle).

3.3. Механизми мржњења и критеријуми осетљивости на дејство мрза

Комплексне физичке појаве које се запажају у једном циклусу мржњења и крављења у земљаном материјалу могле би се врло дуго истраживати. Њихово недовољно познавање није ипак препрека развоју примењених истраживања за потребе грађевинарства.

За грађевинске инжењере је веома важно да могу класификовати земљане материјале према њиховој осетљивости на дејство мрза. Мишљења сам да су критеријуми осетљивости на дејство мрза засновани на гу-

битку носивости после открављивања, који се примењују у Швајцарској по препоруци професора Балдућија, најбољи јер су у директном односу са појавом која изазива пропадање коловозне конструкције. Према томе, настојање да се побољша ова врста критеријума и да се, по могућности, поједноставе испитивања треба да усмери будућа истраживања.

3.4 Понашање и димензионирање коловозних конструкција

Још постоји доста неизвесности у вези са осетљивошћу коловозних конструкција на издизања у току мржњења, а нарочито на губитак носивости при одмрзавању. Применом нових материјала овај проблем се сваки пут поново обнавља. Сва опажања у вези с тим биће стога корисна, мада не и преко потребна јер нема разлога да се убрза утврђивање нових програма за проучавање класичних коловозних конструкција.

У току више зима (1965, 1966, 1967. и 1968. године) у Швајцарској су мерење дефлексије на деоницама које су одабране као опитне ради одређивања величине и трајања одмрзавања. Ипак, треба нагласити да ова мерења нису пружила све оно што се од њих очекивало: у току мање хладних, зима утицај одмрзавања се мање уочавао. Осим тога, екипа за одговарајућа мерења тешко може да наступи у првом моменту, тј. на дан почетка и краја одмрзавања. Проблем је, према томе, остао нерешен.

3.5 Специјалне методе заштите против дејства мраза

О термичкој изолацији коловозних конструкција на путевима мораће да се спроведу врло обимна истраживања. Применом изолационих слојева омогућавају се знатне уштеде у

шљунку и дробљеној каменој ситнежи.

Градитељи путева још незнају који је изолациони материјал најпогоднији, још нису сасвим сигурни у којим случајевима, почев од које величине индекса мраза и величине саобраћаја треба применити изолациони слој. Стога је неопходно да се што хитније пронађу одговарајућа решења. У нашим условима овај проблем се поставља на исти начин као у нордијским земљама.

4. ЗАКЉУЧЦИ

Истраживања о дејству мраза на коловозне конструкције која ће се обавити у наредних неколико година у Лабораторији за геотехнику Федералне политичке школе у Лозани требало би да буду усмерена на следеће проблеме:

а) губитак носивости при одмрзавању: његово трајање и величина за различите врсте земљаних материјала и коловозних конструкција; ова проучавања треба да допринесу побољшању критеријума избора индекса носивости CBR за димензионирање (норме SNV 640317 и 640322);

б) термичка својства материјала за израду коловозне конструкције, укључујући и слојеве за термичку изолацију; потребно је боље познавање термичких параметара материјала да би се побољшало предвиђање дубине дејства мраза помоћу програма за рачунаре, који се могу применити у путоградњи без обзира јесу ли урађени изолациони слојеви;

в) даља поједностављења критеријума за оцену осетљивости материјала и унапређења метода испитивања заснованих на мерењу индекса носивости CBR после мржњења и одмрзавања у лабораторији (норма SNV 670620^а);

г) фактори утицаја индекса мраза на површини коловоза једног пута;

упоређења са индексом мраза средине — ваздуха које дају метеоролошке станице; циљ је такође побољшање предвиђања дубине дејства мраза.

Опитни ровови нове Политехничке школе у Екиблену омогућиће изградњу експерименталних коловоза на пољима величине 4×5 m. Помоћу уређаја за расклађивање те конструкције ће се изложити дејству мраза, после чега ће се посматрати њихово понашање и мерити њихове карактери-

стике у периоду одмрзавања. Искуства и резултати истраживања на основу таквих испитивања, почев од 1977. године, комплетираће истраживачке програме описане под а) и б), а делимично пад в).

На овим експерименталним путевима обављаће се паралелно и друга истраживања. Она ће, поред осталог, обухватити механичко понашање условљених средина и извесне видове понашања коловозних застора.

Превео

др Здравко Јоксић, дипл. инж.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Williams, P. J.: Одређивање топлотног капацитета смрзнутих земљаних материјала (Détermination de la capacité calorifique des sols gelés). Université Carleton, Canada
- [2] Johansen, O.: Термичка проводљивост земљаних материјала — мерење и методе процене (Conductibilité thermique des sols — mesures et méthode de prévision). Université de Trondheim, Norvège.
- [3] Jessberger, H. i Heitzer, K.: Одређивање носивости земљаних материјала после одмрзавања (Détermination de la portance des sols après dégel). Université Ruhr, Bohum, Allemagne.
- [4] Kuebler, G.: Утицај метеоролошких фактора на пропадање коловозних конструкција услед дејства мраза (Influence des facteurs meteorologiques sur la détérioration des chaussées par le gel). Institut de Recherches Routières fédéral Allemand.
- [5] Ring III, G. W.: Отпорност коловозних конструкција у зависности од годишњег доба (Résistance des chaussées selon la saison). Administration Fédérale des Routes, Washington, Etats-Unis.
- [6] Nordal, R. S.: Издизање коловозне конструкције услед мраза и носивост експерименталног пута у Vromsundu при одмрзавању у пролеће (Gonflement du au gel et portance de la route expérimentale de Vromsund lors du dégel de printemps). Université de Trondheim, Institut Norvégien de Technologie, Norvège.
- [7] Hansen, B. i Refsdal, G.: Термичко изоловање коловозних конструкција: димензионирање у зависности од механичке отпорности, упијања воде и дебаљине изолационог слоја (Isolation thermique des chaussées: dimensionnement en fonction de la résistance mécanique, de l'absorption de l'eau et de l'épaisseur de l'isolation). Laboratoire Norvégien de Recherche Routière, Norvège.
- [8] ... Понашање носећих слојева стабилизовањем цементом при дејству мраза (Comportement au gel des couches portantes stabilisées au ciment). Laboratoire de Technologie, Zürich, Suisse.
- [9] ... Деформабилност термички изолованих путева (Déformabilité des routes isolées thermiquement). Laboratoire de Géotechnique de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

Александар ЛЕПАВЦОВ, дипл. инж.

Осврт на програм радова на одржавању путне мреже у СР Македонији за период од 1976. до 1980. године

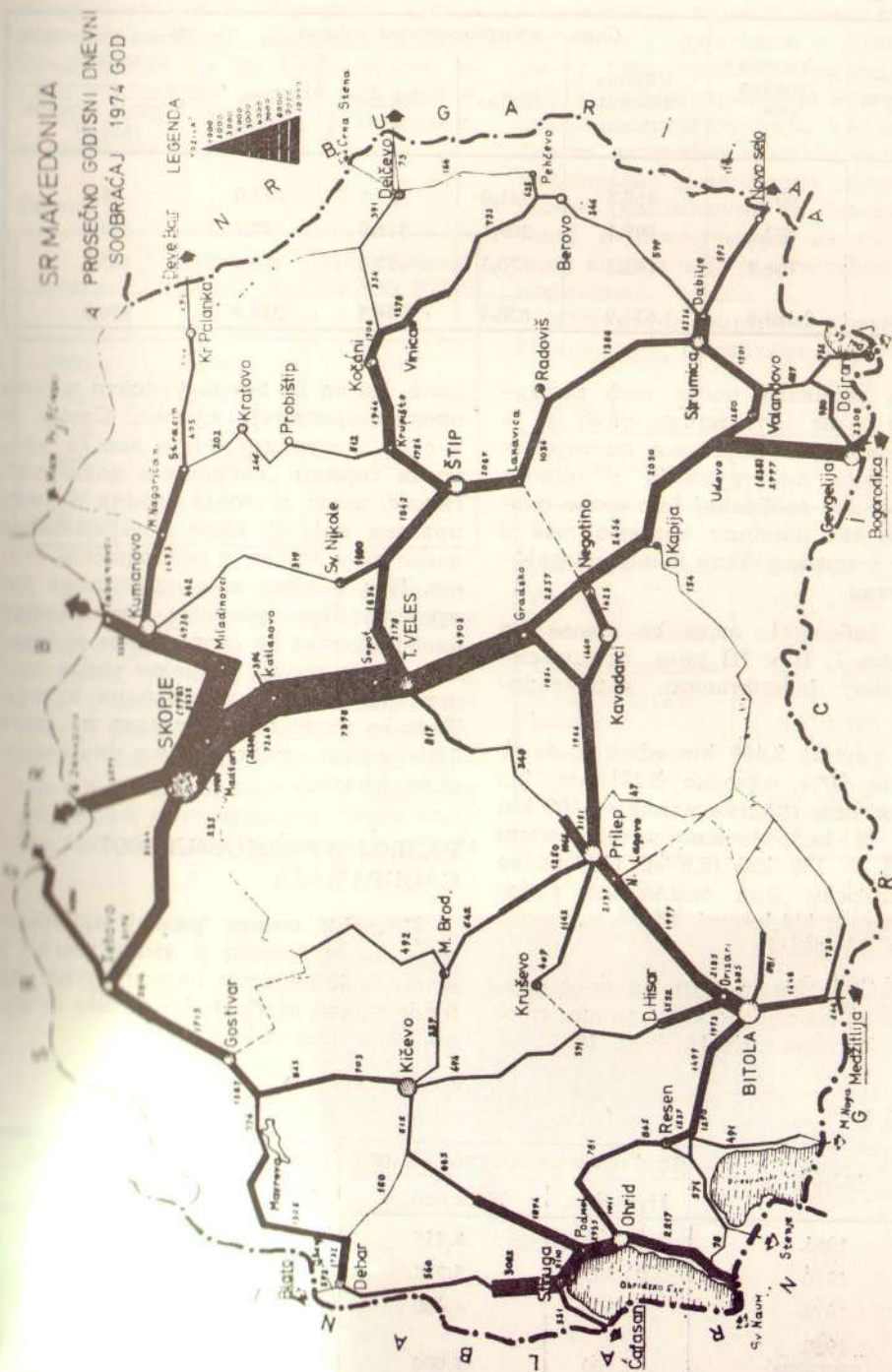
Потреба да се изрази програм радова на одржавању путне мреже у СР Македонији произилази из Нацрта друштвеног плана развоја ове републике у периоду од 1976. до 1980. године, тачније из оног његовог дела у коме је предвиђено да се активност у области путева одвија интензивним одржавањем путне мреже и изградњом и реконструкцијом око 300 km магистралних и регионалних путева.

Прихватајући ово као задатак, утолико пре што одржавање путне мреже у Македонији није баш на завидном нивоу, представници Предузећа за путеве „Македонија пут“ и Стручне службе Савета за изградњу, одржавање и реконструкцију путева у СР Македонији су се договорили да у наредном петогодишњем периоду за одржавање путне мреже у овој републици предвиде 500 милиона динара. То је за 47% више од средстава реализованих претходним средњорочним програмом, што указује на промену односа према одржавању путева.

У протеклих тридесет година могу се издвојити две етапе у изградњи

и одржавању путева. У првој се радило на интензивном асфалтирању макадамских коловоза, уз очување постојећих елемената пута или реконструкције са малим изменама, што је омогућило извођење већег физичког обима радова. У другој етапи, после 1965. године, предност је добила изградња путева са савременим елементима. Међутим, стање „модернизованих“ путева, па чак и неких новоизграђених је такво да је неопходно интензивно инвестиционо одржавање, односно дотеривање коловоза до „нормалног“ стања. Разлога за то има више.

Политика је у то време била таква да је наметала да се што већи део путне мреже, која је углавном имала туцанички коловоз, модернизује тј. пресвуче асфалтом, не водећи рачуна о потреби дужег трајања. За одржавање путне мреже одвајано је веома мало средстава, тако да су, упоредо са брзом модернизацијом, путеви још брже пропадали услед све већег броја моторних возила. Коловозне конструкције брзо су пропадале углавном због неприлагођене структуре.



Сл. 1 — Просечни годишњи дневни саобраћај 1974. године у СР Македонији
(у бруто t/km)

Табела 1.

Категорија пута	Укупна дужина (км)	Стање модернизованих путева				Немодернизовани путеви
		Укупна дужина (км)	Добро	Средње	Лоше	Укупна дужина (856,9)
I	907,5	869,5	341,0	355,5	173,0	38,0
II	872,4	599,1	209,1	316,0	49,5	273,3
III	708,9	163,3	70,3	77,0	16,0	545,6
Укупно	2.488,8	1.631,9	620,4	748,5	238,5	859,9

И у годинама после тога размишљало се на исти начин, тако да је неблаговремено појачање постојећих коловозних конструкција у односу на повећани саобраћај још више смањивало век њиховог трајања, чак и кад су у питању били и новоизграђени путеви.

Из табеле 1. види се стање на путевима I, II и III реда, процењено на основу јединствених карактеристика.

Од укупно 2.489 km ефективно се одржава 90%, односно 2.241 km, јер остатак чине градске улице — 109 km (4,4%) и непросечени категорисани путеви — 139 km (5,6%). Путева са макадамским или земљаним коловозима има 444 km, тј. 17,8% у односу на укупну мрежу.

Ови односи ускоро треба да се промене реализацијом средњорочног програма за период од 1976. до 1980. го-

дине. На то ће битно утицати и нова прекатегоризација путева. Слика је и сада нешто другачија ако се употреби термин „савремени коловози“. Наиме, више деоница разних путних праваца које су биле модернизоване данас су у лошем и неоподобном стању. Има и оних које су потпуно дотрајале. При реалном изражавању односа путева са савременим коловозом према укупној мрежи треба изузети око 320 km неподобних путева. Тако се долази до података да свега 53% укупне мреже путева има савремени коловоз.

РАЗВОЈ АУТОМОБИЛСКОГ САОБРАЋАЈА

Следећи општи развој привреде, друмски транспорт у нашој земљи у великом је порасту, надмашујући чак железнички саобраћај, као што се може видети из табеле 2.

Табела 2.

Година	Број превезених путника у (000)		Превезена роба (у тонама)	
	Путевима	Железницом	Путевима	Железницом
1965.	12.388	8.455	3.757	4.254
1970.	21.505	5.288	6.146	6.170
1975.	33.500	6.400	9.200	8.000
1980. (прогноза)	43.500	8.000	12.000	10.000

Овакав развој омогућен је брзом модернизацијом и изградњом путева и порастом броја моторних возила. Предвиђа се да до 1985. године на 1.000 становника постоји 130 возила.

Пораст моторизације у Македонији приказан је у табели 3.

Табела 3.

Година	Укупно регистрованих возила	Број становника на једно возило
1950.	1.630	770
1965.	21.030	71
1970.	57.543	28
1975.	122.000	14
1980. (прогноза)	170.000	10,5

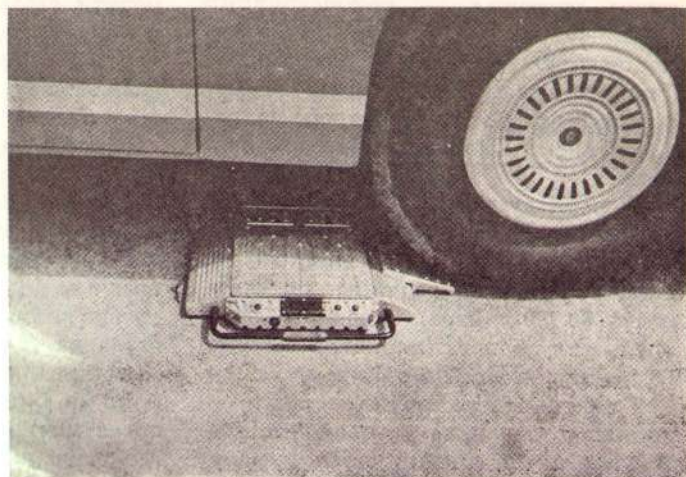
Поред великог пораста моторизације у периоду од 1950. до 1965. године значајно је истаћи да се и структура моторних возила непрекидно мења, и то у корист тешких возила. При томе је пораст броја лаких моторних возила много већи у односу на теретна. То доводи до повећања просечног осовинског оптерећења и ствара посебне проблеме при одржавању путева

јер добар део њих није прилагођен и не може да поднесе овакав собраћај, нарочито у пролећном и јесењем периоду. Овај проблем повезан је и са дефинисањем стратегије појачања коловозних конструкција, као и са мерењем оптерећења изнад нормалних максимално дозвољених специјалним вагама (набављеним од Савета за путеве) и искључењем из саобраћаја оних возила чије је оптерећење изнад нормалног.

Структура моторних возила у СР Македонији, приказана је у табели 4.

Табела 4.

Врста возила	Година		
	1965.	1970.	1974.
Мотоцикли	3.357	6.527	2.973
Лаки аутомобили	11.220	40.975	92.103
Аутобуси	725	1.296	1.498
Тешки камиони	4.351	6.801	10.354
Специјална возила	581	657	1.940
Вучна и остала возила	796	1.288	2.638
УКУПНО МОТОРНИХ ВОЗИЛА	21.030	57.543	111.506
Прикључна возила	1.195	2.188	4.361



Електронске
системе пор-
еђивања
у
по-
стојећим
системима

Табела 5.

Структура одржавања	Утрошена средства					Укупно од 1971. до 1975.
	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	
Зимско одржавање	3.949	4.026	6.574	6.573	8.800	29.922
Рутинско одржавање	10.742	11.717	10.913	13.840	17.500	64.712
Инвестиционо и друго одржавање	29.622	23.707	24.422	37.900	40.000	156.651
Документација, управљање	450	477	713	699	800	3.139
Грађевинска оператива	2.537	1.639	—	460	—	4.632
УКУПНО	47.300	41.566	42.622	59.472	68.100	259.056

Нашим прописима за пројектовање предвиђено је максимално осовинско оптерећење од 10 тона по једној струкој осовини. На основу њега се димензионирају коловозне конструкције нових путева.

УЛАГАЊЕ У ОДРЖАВАЊУ ПУТНЕ МРЕЖЕ У ПРОТЕКЛОМ ПЕТОГОДИШЊЕМ ПЕРИОДУ

Методолошки приступ улагању у одржавање путева често је функција усвојене политике глобалне расподеле финансијских средстава по структури: изградња — реконструкција — одржавање. Од усвајања ових пропорција зависи какав ће третман добити одржавање путне мреже. Ствар се компликује када су потребе велике а могућности финансирања релативно мале.

У периоду од 1971. до 1975. године по једном километру пута свих категорија утрошено је просечно 103.980 динара (просечно годишње по километру 20.790 динара), односно 0,7% од вредности једног километра новоизграђеног пута средње класе.

Овакво вођена политика врло се негативно одразила на квалитет одржавања путне мреже пошто су нарушене нормалне пропорције улагања

у просту и проширену репродукцију путева.

У табели 5. дат је преглед утрошка средстава по структури одржавања.

ОДНОС У ПРОСТОЈ И ПРОШИЕНОЈ РЕПРОДУКЦИЈИ ПУТЕВА ЗА ПЕРИОД ОД 1976. ДО 1980. ГОДИНЕ

Политика и начин инвестирања планирани су дугорочним и средњорочним програмима, у којима се пошло од неопходности да се минималним улагањем добију најбољи могући резултати. Значи, потребно је одмерити стварне потребе према одређеним критеријумима и принципима и утврдити приоритет у њиховом задовољавању јер су средства увек ограничена.

Проста репродукција путева квалитетно се разликује од просте репродукције основних фондова организација удруженог рада. Ово произилази не толико из уставне одређености да је пут добро у општој употреби колико из општеприхваћеног става да се он не може заменити у свом почетном облику. Не постоји пут који би био замењен таквим истим после његове физичке амортизације. Међутим, ово је чест случај са основним фондовима у привреди.

Под простом репродукцијом подразумева се тежња за одржавањем постојећег, односно првобитног стања пута, што је само теоретски прихватљиво. То је и циљ зимског и рутинског одржавања. Исто тако треба третирати и реконструкцију. То значи да се до граничне тачке, када се реконструкција претвара у потпуно обнављање пута, може говорити о инвестиционом одржавању. Ту не постоји неки нови квалитет, надградња нечег у битном обиму. Ови радови не мењају профил већ, у одређеној мери, стање пута. Приликом потпуне реконструкције по правилу долази до извесне надградње, новог квалитета — што је циљ новоградње. То је проширена репродукција.

Из Предлога програма за изградњу, одржавање и реконструкцију путева за период од 1976. до 1980. године виде се односи просте и проширене репродукције у односу на финансијска улагања. Од укупно 1.900,1 милиона динара за изградњу и реконструкцију одваја се 1.400,1 милиона динара, а за одржавање 550 милиона динара или 28,9% укупних средстава

за која су обезбеђени сигурни извори. Ови односи говоре да се проблем одржавања путева већ озбиљније третира. Ипак, треба истаћи да се ни овим средствима не могу решити сви проблеми нагомилани протеклих година, а појављују се и нови. Општа констатација је да су, у границама могућности Републике, односи просте и проширене репродукције добро постављени.

Расподела средстава предвиђених за одржавање путне мреже у СР Македонији на путеве I, II и III реда приказана је у табели 6.

ПРОБЛЕМИ И МЕРЕ ЗА САВРЕМЕНИЈЕ ОДРЖАВАЊЕ ПУТЕВА

Захтеви за одржавање путева исказују се преко захтеваног квалитета саобраћајне услуге коју пут пружа с обзиром на његово стање. Међутим, какве губитке привреди проузрокује одређено стање коловоза тешко је тачно одредити. Чињеница је да су они велики, због чега су оправдана настојања да се одржавање побољша.

Табела 6.

Година	Предвиђена средства у зависности од врсте				Укупно	Проценат у односу на укупна средства
	Зимско одржавање	Рутинско одржавање	Инвестиционо одржавање	Оперативна резерва		
1976	12.500	28.800	54.600	4.100	100.000	18,18%
1977	13.000	31.800	55.700	4.500	105.000	19,09%
1978	13.000	34.600	57.300	5.100	110.000	20,00%
1979	13.000	36.200	59.500	5.800	115.000	20,91%
1980	13.000	39.500	60.200	6.300	120.000	21,82%
Укупно		170.900	287.300	25.800	550.000	100%
У односу на одржавање		31,1	52,2	4,7	100	

ЗИМСКО ОДРЖАВАЊЕ

Сигурност, брзина и удобност неопходни су и у зимским условима експлоатације пута. Да би се они даље унапредили, Предузеће за одржавање путева „Македонија пат“ израдило је „Елаборат зимске службе“, у коме је дат пресек политике зимског одржавања путева у СР Македонији за период од 1976. до 1980. године. У њему су разрађени организација и технологија рада, система веза и информација и начини сарадње са органима саобраћајне милиције, штабовима за заштиту од елементарних непогода и другим друштвеним субјектима.

На основу досадашњих искустава извршена је територијална подела Републике на зоне и претпостављен је „коефицијент ангажованости“ за сваку од њих. Тиме је олакшан рад на технолошком димензионарању у циљу задовољења потреба путне мреже по појединим правцима и деоницама у погледу механизације, материјала и радне снаге. Одређени пунктови посебно су третирани с обзиром на локалне специфичности. Прописана су упутства за борбу против снега и поледнице, као и пасивне мере заштите путева од завејавања снегом. Уведени су патролни систем рада и зимска категоризација путева, са четири категорије и два приоритета. Предложено је да се набави специфична механизација за зимску службу у наредном петогодишњем периоду.

РУТИНСКО ОДРЖАВАЊЕ

Рутинско одржавање путева обухвата одржавање коловоза и банкина, сигнализацију и опрему, одводњавање, одржавање објеката итд., као и контролу стања путева. У СР Македонији категорисано је 39 путних пра-

ваца у I, II и III ред. Ефективно се морају одржавати на дужини од 2.241 километра.

У средњорочном програму посебно су истакнута два момента. Први је потреба интензивног одржавања у периоду од марта до маја и од октобра до новембра, односно повремено повећање квалитета услуга путне мреже у летњем периоду и припрема за зимски период. Други моменат је доследно придржавање „групног“ начина рада на реконструисаним и новоизграђеним путевима, уз примену савремене технике која је у стању да обавља више операија рутинског одржавања.

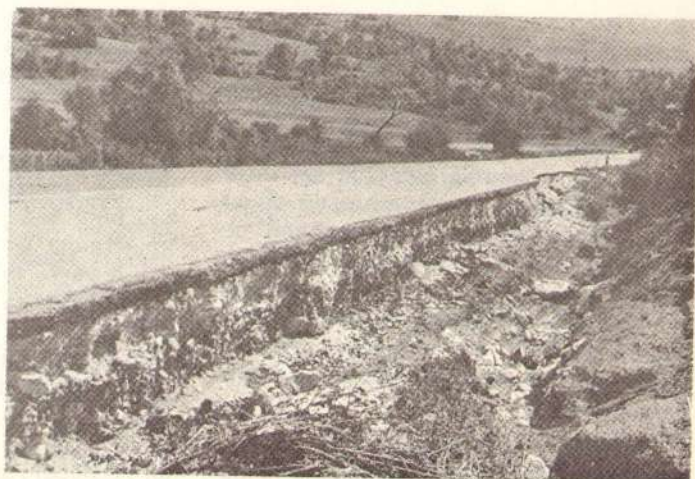
Дакле, по потребама је већи ниво техничке опремљености при раду на одржавању. Са друге стране, на путевима са коловозима од туцаника и шљунка, који се налазе у пасивним регионима у којима је саобраћај слаб, у наредном периоду задржаће се стари начин рада, са путарима на свакој деоници.

Досадашњи рад „прегледача путева“ са трициклима замениће се полутеретним возилима којима стално треба да се контролише стање важнијих деоница путева и ефикасно предузимају потребне мере.

При програмирању средстава за рутинско одржавање јављали су се раније многи проблеми јер се све сводило на грубу расподелу ионако скромних средстава, на бази опште процене стања пута. Предложено је да се то поправи применом нове методе, којом се одстрањују субјективне процене и досадашња уопштавања. Суштина ове методе је процена и рангирање природних и вештачких фактора који разорно делују на коловоз пута и пут у целини и новчано исказивање тих утицаја како би се пут довео у задовољавајуће стање за период од године дана, према укупним средствима одређеним за рутинско одржавање.



Сл. 3 — Дотрајала површинска обрада на деоници пута Титов Велес — Прилеп изискује неопходно појачање јер је крпљење ударних рупа неекономично.



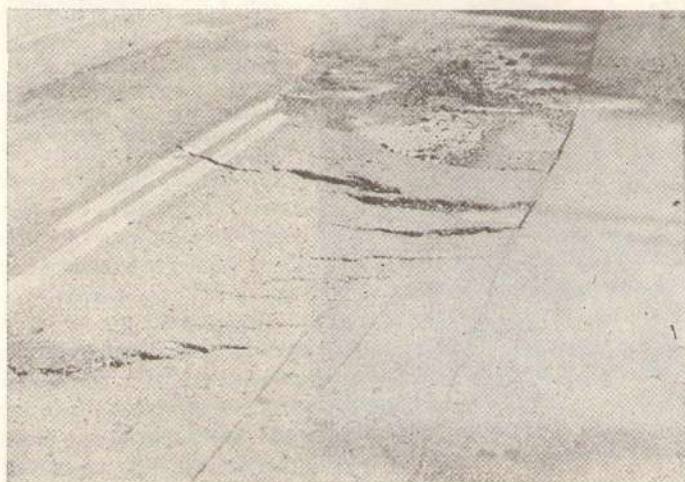
Сл. 4 — Оштећења коловоза на путу Прилеп — Брод настала дејством површинске водне 1988. нерешеног одводњавања.

ЕКОНОМНО ОДРЖАВАЊЕ

За одржавање Нацртом пројектованом до 1980. године одређено је за одржавање — 52% од износних средстава. То није случај са велике потребе за конструкција. јер обухвата велика коловозне материјала, при избор ре-

цептуре, примену локалних материјала, избор начина санације веома оштећених површина, обезбеђење воднотоплотног режима итд.

До сада овом проблему није поклањана потребна пажња па су због тога штете велике. Појачања коловоза рађена су мање-више „по осећају“ па резултати нису увек били добри. Решењу овог проблема свакако ће допринети нови нацрти упутства за димензионирање коловозних конструкција. Ипак, у почетку треба ангажо-



Сл. 5 — Распадање хабајућег слоја од асфалтног бетона на путу Струга — Чафасан.

вати истакнуте стручњаке и институте који су својим радом пружили задовољавајуће резултате. Тиме ће се уштедети знатна средства.

Поред појачања око 300 км путева, у наредном петогодишњем периоду предвиђа се готово потпуно решавање проблема „црних тачака“, замена дотрајалих дрвених мостова монтажано-армираним, изградња паркиралишта и аутобуских станица, уређења околине пута, изградња зимских пунктова итд.

Средства предвиђена за „оперативну резерву“ намењена су за решавање оштећења на путевима услед елементарних непогода, оправданих захтева општина који нису били предвиђени, компензацију средстава за

већи физички обим радова на захтев инвеститора и друго.

Све глобалне и конкретне поставке исказане у средњорочном програму треба детаљно разрадити годишњим програмима. Програмски посао није лак јер су неопходна велика практична искуства и теоретска знања, а уз то се мора обављати екипно. Од квалитета програмирања и његовог стварног извршења на терену у великој мери зависи стање путева. Утврђивање програма одржавања путева за период од 1976. до 1980. године у СР Македонији даје гаранцију да ће одређена средства (550 милиона динара) бити најефикасније искоришћена, мада нису довољна да би се остварили сви захтеви одржавања нагомилани годинама.

Бранислав ВОЈИНОВИЋ, дипл. инж.

Методологија контроле извођења радова на преднапрезању

Грађење у преднапрегнутом бетону достигло је у нашој земљи највиши ниво. Изведени су објекти и развијени системи грађења највише техничке вредности. Више од 95% објеката изведено је применом домаћег система преднапрезања. (НМС* — аутор проф. Б. Жежељ).

И поред значајног напора Института за испитивање материјала на извођењу кадрова за рад на пројектовању и извођењу објеката уз примену овог система преднапрезања, још се уочава недостатак кадрова ове специјалности, и то како у пројектовању и извођачким организацијама тако и међу инвеститорима. Последња два стања је могућност неадекватног пројектовања и извођења радова у преднапрегнутом бетону.

У СЛОВОМ ПРИМЕРИ
ВЕЋИНИ РАДОВА
У ПОНУДНОМ
РАДНОМ БЕТОНУ

Иако се да се јаве у
објекта у

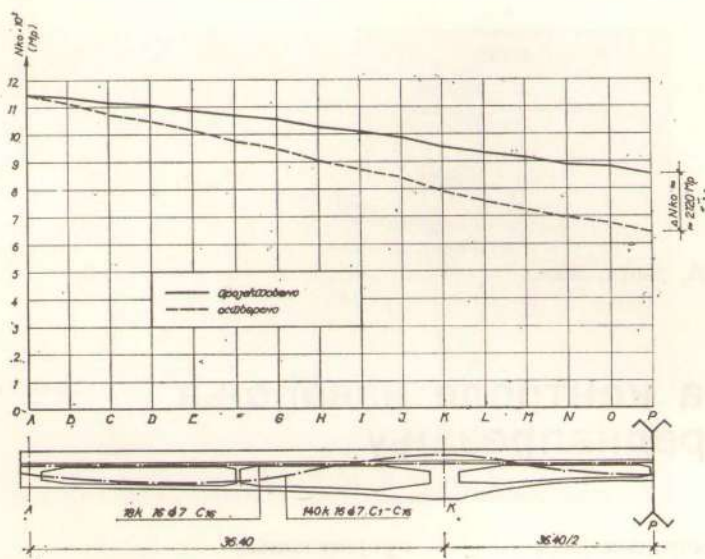
материјала

- пројектовање;
- примена неадекватних материјала;
- неправилна монтажа каблова и неправилно уграђивање бетона;
- непростудиран или непотпуно остварен програм затезања каблова;
- неправилна заштита каблова и непотпуна текућа контрола ове заштите;
- непотпуно вођење техничке документације и
- непотпун технички пријем објекта.

Ради илустрације дат је схематски приказ непотпуног остварења програма преднапрезања једног железничког моста (слика 1) и пример крајње неповољне трасе каблова при санацији једног објекта (слика 2), чије је затезање обављено уз велике потешкоће.

2. МЕТОДОЛОГИЈА КОНТРОЛЕ ГРАЂЕЊА

Да би се избегле овакве појаве, неопходно је да се при изградњи објекта у преднапрегнутом бетону примењује јединствена методологија контроле, која подразумева следеће:

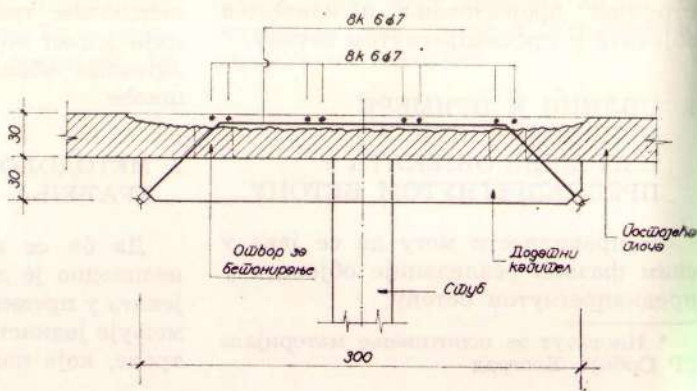


Сл. 1 — Непотпуно остварење програма преднапрезања на двокосечном мосту распона = 3 x 36,40 м

- избор одговорних лица,
- разграничење међусобних обавеза између заинтересованих страна,
- контролу употребљених материјала,
- контролу извођења појединих фаза радова,
- припрему техничке документације о изведеним радовима,
- технички пријем објекта.

2.1 Избор одговорних лица и разграничење међусобних обавеза између заинтересованих страна

Пројектант (конструктор), надзорни орган, као представник инвеститора или орган унутрашње техничке контроле (уколико извођач ради за тржиште) и одговорни руководилац радова као представник извођача, треба, да имају одговарајућу стручну



Сл. 2 — Неповољан облик трасе каблова при санацији једног објекта

Табела 1 — Преглед основних материјала и стандарда којима се дефинише њихов квалитет

Назив материјала	Пропис (стандард)	Примедба
Патентирана жица	[4]	—
Мени бетонски челик	[2]	—
Амперне котве	—	Атест издаје носилац система
Вода	[2], [5]	—
Агрегат	[2], [5]	—
Цемент	[2], [5] ЈУС Б.Ц1.Ц11/67	Увозни цементи морају да буду испитани
Адитиви	[2], [5]	Сви адитиви морају да буду испитани
Завртне цеви	—	Основни материјал се испитује по ДИН-у Готове цеви по посебној методологији

према сагласно Закону о изградњи инвестиционих објеката [3] и искуство у овој врсти радова.

Уколико у оквиру инвестиционо-техничке документације **пројектант** не прецизно дефинисао квалитет материјала и технолошке појединоста, као, на пример, програм преднапрезања, он то мора да учини благовремено току извођења. **Надзорни орган** и **унутрашње контроле** морају да знају и познају пројекат и технологије извођења, да одговарајућа контролише квалитет материјала и изведење. **Извођач** је одговоран за квалитет материјала и извођења према упутствима издати од надлежних органа, хигијеничких институција и вођаца извођења радова.

2.2 Квалитет употребљених материјала

Основни материјали који се користе за извођење објеката од преднапрегнутог бетона морају одговарати **важећим прописима и примењеном систему преднапрезања**. У табели 1 дат је преглед основних материјала, са наведеним прописима и стандардима у којима се дефинише њихов квалитет.

Сви атести морају да буду издати од овлашћених институција и саставни су део техничке документације за пријем објекта, као и лабораторијски дневник о градилишним контролама материјала. Уколико не постоје стандарди за испитивања, она се морају обављати на основу посебне, научно проверене методологије.

2.3 Контрола извођења радова

Приликом кројења каблова извођач води о томе посебан записник.

Пријем монтираних каблова надзорни орган потврђује преко **књиге пријема каблова** или грађевинског дневника, у који се уносе и корекције трасе каблова, примедбе о стању заштитних цеви и сл.

Тражену марку бетона извођач доказује атестима, сагласно важећим прописима [2], и **градилишним лабораторијским дневником**.

Пре него што, сагласно важећим прописима [3], одобри преднапрезање конструкције, надзорни орган предаје извођачу **програм (елаборат) преднапрезања**, који садржи:

- назив градилишта, објекта и елемената,
- позицију каблова и редослед затезања,
- интензитет трајног напона у жици — у критичном пресеку,
- прорачун реолошких губитака напона,
- прорачун губитка напона услед трења,
- интензитет почетне силе у кабловима на месту затезања,
- прорачун издужења каблова,
- прорачун максималне дозвољене почетне силе на месту затезања,
- примедбе које се односе на евентуално фазно затезање и сл.

Програм преднапрезања надзорни орган даје сагласно пројекту, карактеристикама уграђених материјала, важећим прописима и карактеристикама система преднапрезања [6] [9].

На основу одобрења надзорног органа, програма затезања и **дијаграма баждарења хидрауличких комплета** извођач приступа затезању каблова. При том обавезно води **записник о утезању каблова**, и то на одговарајућем формулару.

Као контролу преднапрезања треба, у неопходном обиму, примењивати **мерење напона у кабловима**. Мерење напона у жици најједноставније се

обавља тензофреквенцметром TF-14, а заједнички га обављају руководиоци радова и надзорни орган. Још боље је ако се тај посао повери овлашћеној институцији. **Извештај о мерењу напона** треба да садржи:

- назив градилишта, објекта и конструктивног елемента;
- диспозицију минералних места;
- позицију каблова у којима се мери напон;
- врсту каблова и површину челика;
- базу и измерену фреквенцију;
- појединачни напон у жицама и средњу вредност напона, уколико се он мери у више жица;
- измерену силу у каблу;
- рачунску (пројектовану) почетну и трајну силу — према програму преднапрезања;
- датум затезања каблова и датум мерења напона;
- сажету оцену резултата.

Пре него што приступи заштити затегнутих каблова, извођач је дужан да преко овлашћене институције **претходно испита најповољнију рецептуру** цементне ињекционе суспензије (малтера) за заштиту каблова.

По одобрењу надзорног органа, извођач приступа њиховој заштити. При том на одговарајућем формулару води **записник** о ињектирању каблова. У току заштите — ињектирања каблова извођач је дужан да у сарадњи са надзорним органом обавља **текућа контролна испитивања цементне ињекционе суспензије**.

Текућа контрола цементне ињекционе суспензије обухвата: мерење конзистенције, мерење издвајања воде после 3 часа и после 24 часа; мерење скупљања после 24 часа; мерење температуре ваздуха; мерење температуре суспензије и испитивање чврстоће очврслог цементног малтера.

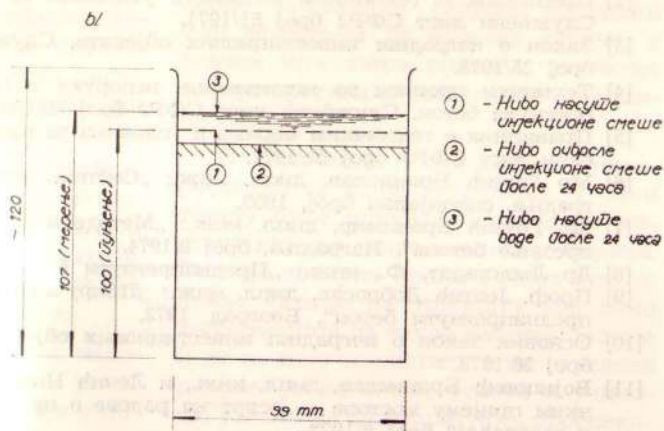
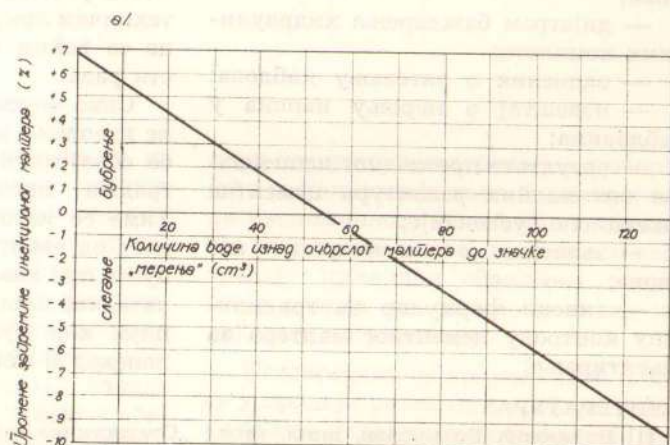
Изузев испитивања чврстоће очврслог цементног малтера, сва наведена мерења обављају се свакодневно на градилишту. Ради тога извођач треба да располаже и одговарајућом опремом.

Мерење слегања после 24 часа најједноставније се обавља уређајем за дубинско мерење и коришћење Шмидовог (Schmid) дијаграма (слика 3а, б) [8]. Контролне цилиндри за испитивање отпорности на притисак очврслог малтера извођач шаље овлашћеној институцији заједно са попуњеним тинским формуларом.

Док се не донесу домаћи прописи за заштиту каблова, Институт за ис-

питивање материјала СР Србије је обавезао кориснике његовог, IMS система преднапрезања, да примењују швајцарске норме SNV 562.162 из 1968. године, према којима је:

- дозвољено издвајање воде после 3 часа највише 2⁰/о (изузетно 4⁰/о);
- издвајање воде после 24 часа (0⁰/о);
- скупљање после 24 часа највише 3 одсто;
- експанзија после 24 часа највише 10⁰/о;
- чврстоћа после 28 дана најмање 250 kp/mm²;



2.4 Техничка документација о изведеним радовима и технички пријем објекта

Техничка документација која се односи на објекте или елементе у преднапрегнутом бетону обухвата:

— примерак ревидираног главног пројекта, са свим изменама и допунама;

— атесте за употребљене материјале, сагласно табели 1;

— резултате претходних испитивања, атесте за бетон и лабораторијски дневник;

— записник о кројењу каблова;

— књигу пријема каблова;

— програм (елаборат) преднапрезања;

— дијаграм баждарења хидрауличких комплета;

— записник о затезању каблова;

— извештај о мерењу напона у кабловима;

— резултате претходног испитивања оптималних рецептура цементне ињекционе суспензије;

— записник о ињектирању каблова;

— типски формулар за градилишну контролу цементног малтера за ињектирање;

— атест за чврстоћу на притисање очврслог цементног малтера за ињектирање каблова;

— записник о геодетским опажањима, деформације скеле и сл.

— извештај о испитивању објекта (за који је, према прописима, испитивања неопходно) или неког конструктивног елемента уколико је оно из одређених разлога обављено;

— евентуалне елаборате и извештаје о обављеним санацијама, експертизе и сл., уколико је из одређених разлога то урађено.

Записник о техничком пријему објекта између осталог мора да садржи и стручну оцену изведених радова. Стога је неопходно да у комисији за технички пријем буде ангажовано лице са већим искуством у овој области рада.

Само описаним поступком контроле извођења радова на утезању може се обезбедити заиста квалитетна изградња преднапрегнутих објеката. Тиме се истовремено отклања опасност од евентуалних грешака и пропусти при извођењу и оштећењу објеката, као и потреба евентуалних санација, које су, по правилу, скупе, а понекад и неизвесне.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Војићковић Бранислав, дипл. инж.: „Статистичка оцена преднапрезања једног објекта ИМС — скелетног система“. Билтен ИМС број 1/1975.
- [2] Правилник о техничким мерама и условима за бетон и армирани бетон. Службени лист СФРЈ број 51/1971.
- [3] Закон о изградњи инвестиционих објеката. Службени гласник СР Србије број 25/1973.
- [4] Технички прописи за испитивање, испоруку и примену жице за преднапрегнути бетон. Службени лист СФРЈ број 39/1964.
- [5] Правилник о техничким мерама и условима за преднапрегнути бетон. Службени лист СФРЈ број 51/1971.
- [6] Мр Грујић Бранислав, дипл. инж.: „Системи преднапрезања бетона“. Изградња, специјалан број, 1959.
- [7] Мр Грујић Бранимир, дипл. инж.: „Методe и опрема за накнадно преднапрезање бетона“. Изградња, број 9/1974.
- [8] Др Леонхардт, Ф., инж.: „Преднапрегнути бетон у пракси“. Београд, 1963.
- [9] Проф. Јевтић Добросав, дипл. инж.: „Приручник о примени правилника за преднапрегнути бетон“, Београд, 1973.
- [10] Основни закон о изградњи инвестиционих објеката. Службени лист СФРЈ број 30/1973.
- [11] Војићковић Бранислав, дипл. инж., и Лечић Никола, виши техн.: „О техничким пријему мостова — осврт на радове о преднапрегнутом бетону“. „Пут и саобраћај“ број 8/1973.

Др Здравко ЈОКСИЋ, дипл. инж.

Машина за равнање и обраду површине оштећених асфалтних коловоза на путевима

Нагло повећање саобраћаја на нашим путевима, а нарочито тешких возила са знатно већим осовинским оптерећењима од оних за која су коловозне конструкције пројектоване, изазивају неодговарајућу структуру коловозних конструкција (мале дебљине површа обрађених хидрауличким или ватеродроничким везивима), израда асфалтних слојева од битуменом обавезног уклањања или песка, уз коришћење неодговарајућих мекших врста битума и лоше израђених асфалтних мешавина за појачање коловоза због чега се изазивају знатна оштећења коловозног застора у виду депресија и сапиротрага.

Ова оштећења ометају саобраћај, смањују безбедност и удобност возача, а самим тим и знатно утичу и на смањивање живота у саобраћају, због чега се изазивају знатна оштећења коловозног застора у виду депресија и сапиротрага.

Ова оштећења изазивају значајне губитке у привреди, због чега се изазивају знатна оштећења коловозног застора у виду депресија и сапиротрага, због чега се изазивају знатна оштећења коловозног застора у виду депресија и сапиротрага.

чити поступци и створена је одговарајућа механизација како би се повећала економичност и побољшао квалитет обављеног посла, а сметње у саобраћају приликом обављања потребних радова на коловозу свеле на најмању могућу меру.

Истовремено су пројектовани и већ су у продаји различити уређаји за отклањање неравнина са површине коловозног застора стругањем и за уклањање асфалтних слојева исецањем или скидањем до жељене дубине, у једном или више пролаза, директно или уз претходно разгревање површине слоја.

С обзиром да је ова материја интересантна за наше стручњаке, у овом тексту биће приказано неколико машина које се данас користе у Европи. То није потпуни преглед онога што се данас налази на тржишту већ само информација да такве машине постоје и да се могу користити и за наведене радове, уз навођење услова и учинака, узетих из одговарајућих проспеката произвођача.

Табела 1. — Карактеристике уређаја за равнање и обраду асфалтних застора на оштећеним површинама

	Врста машине											
	Са разгревањем површине која се обрађује			Без разгревања површине која се обрађује								
	1) Разривањем површине			2) Стругањем површине добошем са ножевима								
1	машина „Марини“	2	машина „Марини“	3	машина „Робот“	4	„Велики уређај“	5	„Уређ. сред. величине“	6	„Мали уређај“	7
Највећа ширина која се може обрадити при једном пролазу машине (м)		2,0	2,0		2,0		2,0		0,8		0,3	
Могућност регулисања ширине која се обрађује (од — до) (м)		1,1 до 2,0	1,0 до 2,0		није могуће		није могуће		није могуће		није могуће	
Највећа дубина до које се може обавити исецање и равнање при једном пролазу машине (см)		5,5	5,0		10,0		10,0		5,1		4,1	
Просечне површине које машина може обрадити у току часа рада (м²)		140 (5,5 см) 800 (5 см)	400 (5 см)		250 до 400 (2,5 до 4 см)		600 (4 см)		220 (4 см)		80 (3,5 см)	
Брзина кретања при раду, при нормалним температурама средине од 18 до 20°C (м/час)		70 до 600	150 до 240		до 1.840 м (<i>V_{гр}</i> = 300)		до 1.080 м		до 1.77 до 24		до 360 м	
Брзина кретања при пребацивању на радно место (км/час)		20	20		добош Ø 65 см са највише 419 сечива		добош Ø 65 см са највише 127 сечива		добош Ø 44 м са највише 39 сечива		до 11,3	
Начин равнања и исецања слоја		риљач са 3 ножа са (70 шпигака)	добош Ø 84 см са 205 сечива		добош Ø 45 см са 160 сечива		добош Ø 65 см са највише 419 сечива		добош Ø 65 м са највише 127 сечива		добош Ø 44 м са највише 39 сечива	
Снага мотора за покретање машине и добоша (КС)		100 (дизел)	190 (дизел)		70		190 + 278		90 + 90		64	

40 (6-5) 5-			30 (6-5) 5-			20 (6-5) 5-			10 (6-5) 5-			5 (6-5) 5-		
12 (2-6) 6-120			12 (2-6) 6-120			12 (2-6) 6-120			12 (2-6) 6-120			12 (2-6) 6-120		
11,5 (м) 2,5 (м) 2,4 (м)			9,2 (м) 2,5 (м) 3,0 (м)			5,77 (м) 2,50 (м) 1,80 (м) 1,80 (м)			13,530 (кп) 8,000 (терет) (кп) 21,500 (кп)			15,000 (кп) 15,000 (кп)		
нема			нема			нема			нема			нема		
Димензије уређаја за загревање:			Димензије уређаја за загревање:			Димензије уређаја за загревање:			Димензије уређаја за загревање:			Димензије уређаја за загревање:		
— дужина (м)			— дужина (м)			— дужина (м)			— дужина (м)			— дужина (м)		
— ширина (м)			— ширина (м)			— ширина (м)			— ширина (м)			— ширина (м)		
— висина (м)			— висина (м)			— висина (м)			— висина (м)			— висина (м)		
— тежина (кп)			— тежина (кп)			— тежина (кп)			— тежина (кп)			— тежина (кп)		
Укупна тежина:			Укупна тежина:			Укупна тежина:			Укупна тежина:			Укупна тежина:		
— машина без уређаја за загревање (кп)			— машина без уређаја за загревање (кп)			— машина без уређаја за загревање (кп)			— машина без уређаја за загревање (кп)			— машина без уређаја за загревање (кп)		
— уређај за загревање (кп)			— уређај за загревање (кп)			— уређај за загревање (кп)			— уређај за загревање (кп)			— уређај за загревање (кп)		
Укупно (кп)			Укупно (кп)			Укупно (кп)			Укупно (кп)			Укупно (кп)		
Број точкова (од чега погонских (ком.))			Број точкова (од чега погонских (ком.))			Број точкова (од чега погонских (ком.))			Број точкова (од чега погонских (ком.))			Број точкова (од чега погонских (ком.))		
Раднијус окретања (м)			Раднијус окретања (м)			Раднијус окретања (м)			Раднијус окретања (м)			Раднијус окретања (м)		
Набавна цена у земљама произвођача			Набавна цена у земљама произвођача			Набавна цена у земљама произвођача			Набавна цена у земљама произвођача			Набавна цена у земљама произвођача		
Цена коштања ножева по 1 м ² обрађене површине:			Цена коштања ножева по 1 м ² обрађене површине:			Цена коштања ножева по 1 м ² обрађене површине:			Цена коштања ножева по 1 м ² обрађене површине:			Цена коштања ножева по 1 м ² обрађене површине:		
а) — асфалтни застор			а) — асфалтни застор			а) — асфалтни застор			а) — асфалтни застор			а) — асфалтни застор		
б) — цементнобетонски коловоз			б) — цементнобетонски коловоз			б) — цементнобетонски коловоз			б) — цементнобетонски коловоз			б) — цементнобетонски коловоз		

НАПОМЕНА: Наведени подаци узети су из фабричних каталога, тако да нису свуда подједнако детаљни.

1. МАШИНЕ ЗА РАВНАЊЕ И ПОПРАВКУ АСФАЛТНОГ КОЛОВОЗА УЗ РАЗГРЕВАЊЕ ПОВРШИНЕ СЛОЈА КОЈИ СЕ УКЛАЊА

За поправке коловоза на путевима и аеродромима са деформисаним површинама у подужном и попречном смислу италијански произвођач „Марини“ нуди два типа машина за равнање оваквих површина и уклањање деформисаних слојева, уз могућност претходног разгревања површине слоја који се обрађује или скида.

Разлика између ова два типа је у томе што машине првог слоја исецају и скидају разривањем, а машине другог типа стругањем. Асфалтни слој се разгрева помоћу уређаја за грејање инфрацрвеним зрацима, који се загрева помоћу гасних горионика.

1.1. Самоходна машина за уклањање деформисаних асфалтних слојева риљањем и исецањем

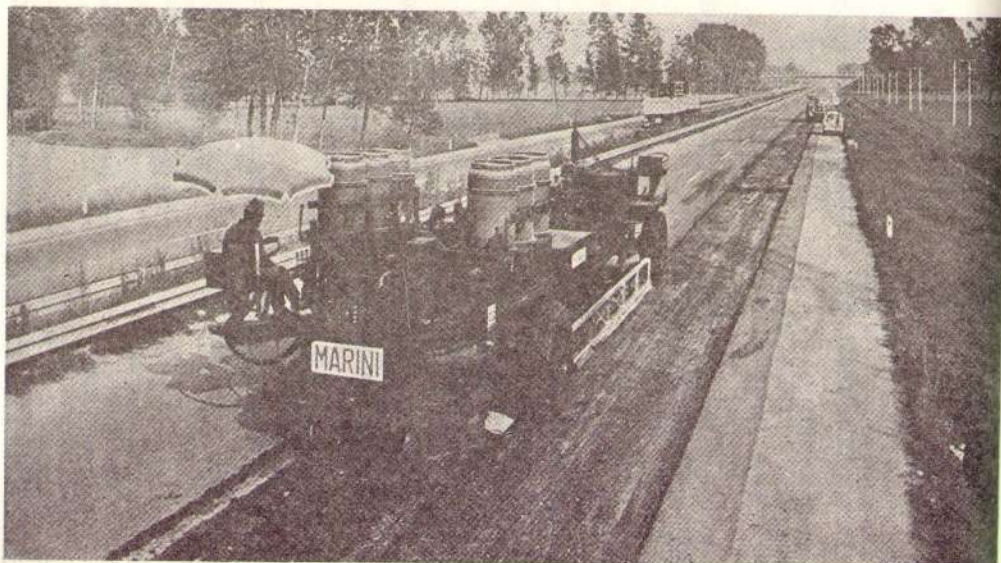
Овај тип машина користи се за уклањање деформисаних и оштеће-

них површина и слојева коловозног застора ради обезбеђења потребне равности у подужном и попречном смислу или ради локалног појачања (слика 1).

Исецањем које обавља машина у асфалтном застору, до жељене дубине и на ширини која се може регулисати (табела 1), ствара се подужна бразда са ивицама које су равне и под правим углом и основом која је врло равна и непо ремећена, односно чврста (слика 2).

Група за исецање и скидање асфалта састоји се из више шиљака помоћу којих се скида и ломи асфалтни застор, средњег ножа у облику раоника и два бочна ножа чији је нагиб тако подешен да омогућава постизање уједначених пресека, остављајући ископани материјал у виду подужне фигуре у средњем делу ископане подужне бразде (слика 3).

Брзине кретања уређаја могу се контролисати прецизним тахометром и поступно регулисати до максималних величина: 600 м/час при раду и



Сл. 1 — Машина за уклањање оштећеног слоја разгревањем и исецањем помоћу специјалних ножева („Marini“, тип 1)



Рис. 2 — Поступак скидања претходно разгрејаног асфалтног слоја

30.000 м³/час при пребацивању са једног радног места на друго.

Дубина ископа, односно исецања и скидања мења се у зависности од брзине при раду, температуре средине и квалитета асфалтног застора.

Максималну ширину ископа од 2 м могуће је регулисати на 1,85; 1,7; 1,55; 1,4; 1,3; 1,2; 1,1 м.

При температури средине од 18 до 20°C може се постићи дубина исецања-ископа од 5,5 цм при брзини рада од 70 м на час и ширини бразде од 2 м.

Машина се састоји од самоходне шасије на четири погонска точка (са гумама 14.00—24) везана на две управљачке осовине, са кочницама које се користе при возњи или при постављању машине на одређено место.

На шасији се налази:

- десет батерија, од којих свака садржи по 6 горионика са инфрацрвеним зрацима, ради загревања коловозног застора, које је могуће вертикално померати (дизати и спуштати) хидрауличким командама;

- простор за смештај 6 боца са пропан-гасом, од којих свака садржи 120 литара гаса (могу се израдити и по специјалном захтеву);

- резервоар за смештај терета;

- гарнитура за исецање асфалтног слоја, се вертикално може померати помоћу хидрауличких команди ради довођења на жељену висину.

Једно управљачко место на предњем делу предвиђено је за пребацивање машине до радног места, док су два бочна, смештена на задњем делу, предвиђена за рад. Положај два командна места на задњем делу може се регулисати по ширини.

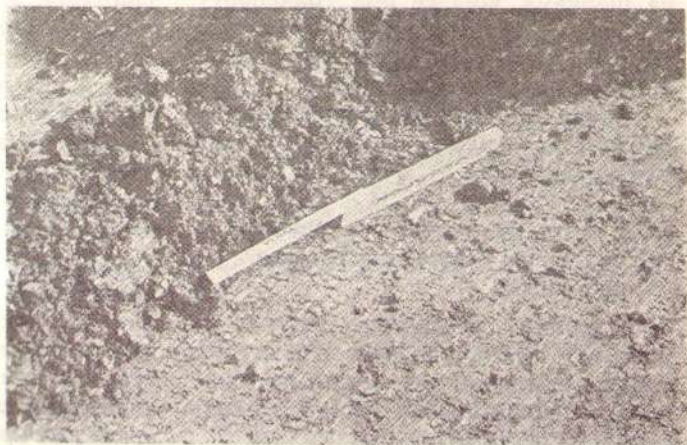


Рис. 3 — Приликом управљања машином скидање асфалтног слоја

Уређај поседује дизел-мотор „Deutz“ са 6 цилиндара, од 100 КС, смештен такође на шасији, који покреће:

— хидростатички систем „Sauar und Sohn“ (пумпа променљивог протока, покретана са два реверзибилна хидрауличка мотора — један за предњу а други за задњу осовину);

— систем за управљање, односно усмеравање и погонска тачка — хидраулички серво-уређај; могуће је независно окренути тачкове обе осовине помоћу два међусобно независна кружна тока;

— компресор за ваздух кочница на погонским тачковима.

Горионици са инфрацрвеним зрацима могу развити топлоту од 600.000 Kcal/час. Систем за паљење обезбеђен је сигурносним и контролним уређајима са термоелектричним сондама, а потрошња гаса је 60 l/час при максималном учинку горионика. Горионике је могуће укључивати и искључивати у батеријама од по 6 комада. У ограниченом обиму на спољним деловима, горионици се могу искључивати и појединачно, до највише 3 комада, ради смањења ширине ископа, односно исецања и скидања.

За специјалне услове могу се на предњем делу машине поставити још 4 батерије горионика (6 горионика по батерији) помоћу шасије постављене на шаркама, која се при транспорту издиже а у току рада предњим делом ослања на два мања тачка која се при кретању слободно померају.

Димензије машине, тежина и карактеристике приказани су у табели 1, у колони 2.

1.2 Самоходне машине за равнање и уклањање асфалтних слојева стругањем

И машине ове врсте користе се за равнање или уклањање асфалтних слојева исецањем бразде оштрих ивица и савршено равне, чврсте и непо ремећене основе.

Постоји више типова ових машина, зависно од спрега потребних уређаја и произвођача. Овде ће бити приказано неколико најинтересантнијих.

1.2.1 Самоходна машина „Marini“ има погонску шасију са четири гумена тачка, на којој су смештени уређаји за исецање, дизел-мотори за погон уређаја и покретање машине и боце са гасом. Брзина кретања при пребацивању машине до радног места је 20 км/час и у току рада зависи од дубине исецања и температуре средине. При исецању бразде ширине 2 м и дубине 5 цм, брзина кретања варира од 150 до 200 м/час-у зависности од температуре и врсте агрегата у асфалтној мешавини (слика 4).

Дизел-мотор „Deutz“ јачине 190 КС, покреће машину и обезбеђује погон уређаја који се на њој налазе:

— хидрауличког преноса који покреће два предња тачка;

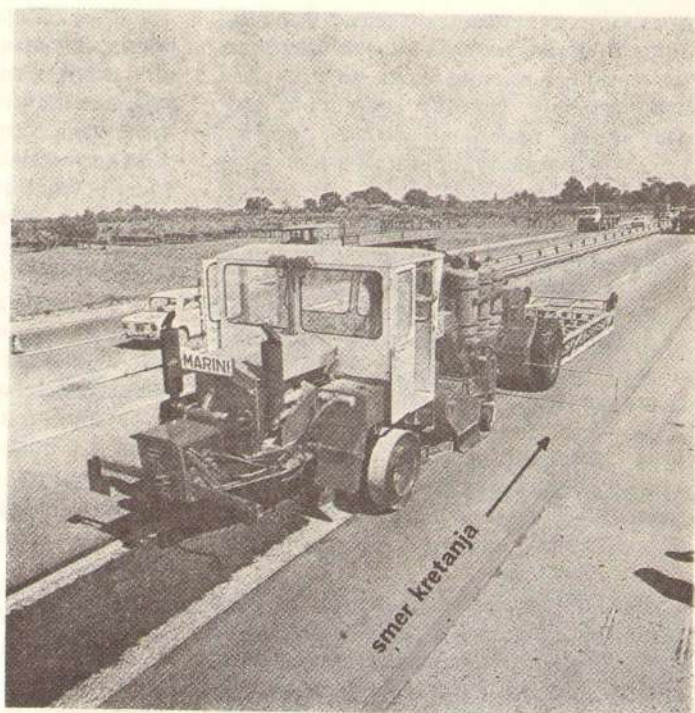
— механичког преноса са 8 брзина на добошу уређаја за исецање;

— добош за исецање асфалта, пречника 84 цм, са 205 разних сечива; брзина окретања добоша износи 100 обрта у минути, уз могућност хидрауличког подизања.

Дубина исецања асфалтног слоја може се подешавати микрометарским завртњем. У односу на нормални положај — ниво доње ивице малих гумених тачкова. Могуће је и закошење добоша више од 15 цм ако је то неопходно с обзиром на попречни профил пута. Ширина реза може се смањити од 2 м на било коју жељену ширину једноставним померањем резних оштрица.

Помоћу два ножа са хидрауличком командом и контролом машина профилише ископани материјал и оставља га иза себе у облику подужне фигуре. По потреби се поставља и тракasti елеватор којим се уклања, односно утоварује исечени материјал.

Сл. 4 — Машина за
уклањање оштећеног
слоја разгревањем и
отрутањем („Marini“,
тип 2)



На машини су предвиђена лежи-
шта за 6 боца са по 100 кг гаса или
резервоар капацитета око $2 \times 1,5$ м. Ко-
нотичне и хидрауличке команде могу се
користити са различитих страна ма-
шине.

Помоћу горационика, на гуме-
ма, има 12 горационика. При
уређаја до радног места
при раду гурана испред

се могу искључивати и
группама по 6 батерија.
оници са стране се могу
појединачно, а најви-
чају када се смањује
машине са горационика
бели 1, колона 3.

Машина
„assenfrase“ је
без већих тешко-
прикључити на већ постоје-

ћа возила, у конкретном случају на
возило „Daimler-Benz Unimog“, које
се врло много користи у путоградњи.

Машина за исецање асфалтног за-
стора млевењем „Robot“ прикључује
се помоћу спона за две полуосовине,
лево и десно од диференцијала и на
погонски део осе возила.

За покретање добоша ове машине,
на коме је монтирано 160 сечива, ко-
ристе се погонски мотори или хидра-
уличка пумпа преко одговарајућег
преноса. При раду добош се окреће у
смеру супротном од правца кретања
возила јер се на тај начин обезбеђује
равномеран ход. Употребом хидра-
уличких покретачких елемената искљу-
чено је механичко преоптерећење ма-
шине.

Контрола подизања и спуштања
добоша при раду остварена је преко
хидрауличких цилиндара, а регули-
сање се обавља управљачким точком
из возачеве кабине, коришћењем хи-

драуличког система самог возила. Јаки точкови, на које се машина ослања и чија се висина може подешавати, ограничавају дубину исецања, што омогућава повећање радног ефекта јер се избегавају прекиди ради регулисања висине.

Употребом 50 мм широких сечива, израђених од челика високе отпорности на хабање, обезбеђен је врло велики век њиховог трајања — од 50.000 до 60.000 м² површине асфалтног коловоза, у зависности од врсте употребљеног агрегата. Сечива је могуће оштририти 5 до 6 пута. Ради промене сечива потребно је само одврнути завртње са шестоугаоном главом, после чега их је лако избацити из добоша и монтирати нове, уз врло мали губитак времена.

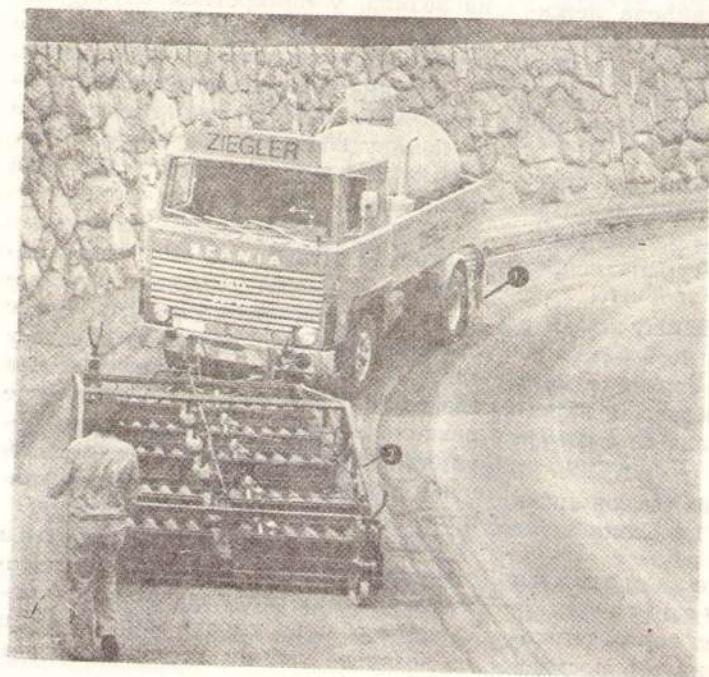
Повећање учинка и лакше исецање постиже се претходним загревањем површине асфалтног коловоза помоћу инфрацрвених горионика, или комора за загревање и издување. За мање радове користе се ручни грејачи са

пропан-гасом, док се за скидање, односно исецање асфалта са већих површина користе „широко површински“ инфрагрејачи са горионичима на течном гориву, прикључени испред возила. Систем за загревање течним гасом састоји се од 6 батерија са по 5 горионика, смештених један поред друге. Свака батерија може се посебно искључити.

При нормалним радним условима учинак машине „Robot“ је 250 до 400 м² асфалта у слоју дебљине 25 до 40 мм. Машина је приказана на слици 5, а технички детаљи у табели 1, колона 4. Овакву машину, састављену у Југославији, поседује Дирекција за путеве „Београд-пут“.

2. МАШИНЕ ЗА РАВНАЊЕ И ПОПРАВКУ АСФАЛТНОГ КОЛОВОЗА БЕЗ РАЗГРЕВАЊА ПОВРШИНЕ СЛОЈА КОЛИ СЕ УКЛАЊА

За поправке коловоза на путевима британски произвођач „British Jeufrey Diamond“ нуди серију машина за



Сл. 5 — Машина за уклањање асфалтног слоја стругањем „Robot“ прикључена на возило „Scania (Unitmog

- 1) Добош машине за исецање
- 2) Уређај са разгревањем асфалта

равнање и скидање оштећених и деформисаних асфалтних слојева, опремљених добошима за стругање без претходног разгревања. Постоје три машине различите величине, намене и капацитета, које ће бити укратко приказане (табела 1, колоне 5 до 7). Ове машине могу се користити и за планирање деформисаних и оштећених површина цементнобетонских коловоза.

1.1 Велики уређај за равнање (Master Road Planer)

Ова машина, приказана на слици 6, равна или уклања стругањем слој на ширини од 2 м до максималне дубине од 10 цм. Помоћу механичког преноса брзина рада може да се мења без прекида између 0 и 7 м/мин. (пројектна брзина 5 м/мин.).

Пошто је највећа брзина кретања машине при пребацивању на градиенте или са једног радног места на друго 30 км/час, она је снабдевена са два мотора — једним од 160 KS и другим од 300 KS. Машина је у стању да у року једног часа скине стругањем слој изнад од асфалтног застора предњег квалитета дебљине 4 цм на површини од 600 м².



Велики уређај за равнање

2.2 Уређај средње величине за равнање (Medium Road Planer)

Ова машина, приказана на слици 7, равна или стругањем у једном пролазу скида слој ширине 0,8 м до дубине од 5 цм. Њен добош за стругање асфалтног слоја може се кад буде потребно бочно померати и нагнути до 10° у односу на хоризонталу. Машина је снабдевена са два мотора снаге по 90 KS. Брзина при раду варира од 0 до 18 м/мин, у зависности од дубине сечења и тврдоће материјала који се скида. Брзина кретања при пребацивању до радног места је 27 км/час. При раду на асфалтном застору осредњег квалитета и скидању слоја до дубине од 4 цм може се постићи učinak од 220 м² на час.



Сл. 7 — Уређај за равнање средње величине

2.3 Мали уређај за равнање (Mini Planer)

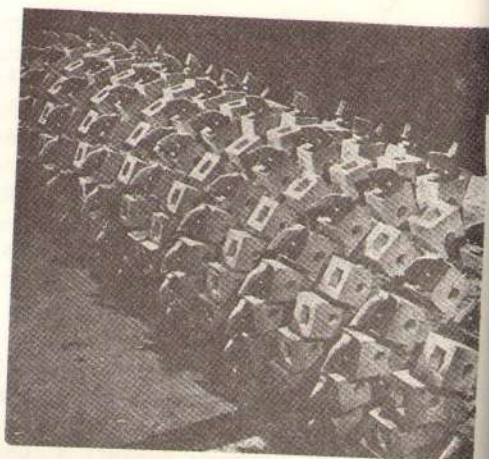
Ова машина, приказана на слици 8, погодна је за мање радове на правкама и одржавању улица. Она је стога врло покретљива и њом се лако управља. Може да обиђе око једног поклопца рупе за канализацију само у једном пролазу.

Стругањем уклања слој до дубине од 4,5 цм на ширини од 0,305 м. Окре-

ће се у месту захваљујући томе што има три точка којима се може управљати. Брзина при раду варира од 0 до 4,5 м/минути. У стању је да у току једног часа скине асфалтни слој осредњег квалитета са површине од 80 м². Максимална брзина кретања при пребацивању од једног радног места је 11,3 км/час. Њен мотор има снагу 70 KS.



Сл. 8 — Мали уређај за равнање



Сл. 9 — Изглед добоша са сечивима и кућиштима за њихово причвршћивање (великог уређаја за равнање)

Машине приказане на сликама 6 до 10 потврдиле су свој квалитет на путевима у Великој Британији, САД, Немачкој, Белгији, Финској, Данској, Швајцарској, Шпанији и Јужној Африци. У Француској се могу набавити код L'Equipement Mecanique, 49, Boulevard Péreire, Paris 17^e, France.



Сл. 10 — Гаритура великих машина за равнање („Master Road Planer“) при ноћном раду на деоници ауто-пута

3. ЗАКЉУЧАК

Јасно је да је за савремено одржавање путева неопходна одговарајућа механизација, често врло скупочена, какве су и наведене машине. Али, то је захтев времена, јер без такве механизације и одговарајуће опреме предузећа за одржавање путева не могу обавити посао без већих ометања саобраћаја или његовог обустављања.

Без озбиљнијег проучавања опреме коју нуди тржиште, искуства служби за одржавање у земљама произвођача и сопственог искуства не може се, исто тако, ни одабрати најповољнија механизација за наше потребе. Стога је неопходно да се пре набавке скупочене машине проуче, односно тестирају и да се изабере неколико најпогоднијих — па тек онда набаве најповољније. Неопходно је само да се пре предрадње обаве што пре јер се већ данас намеће потреба за неким од приказаних машина. Оне се, поред наведених послова на равњању или скидању деформисаних површина коловозног застора, могу употребити и за друге послове, као што су:

- загревање површине коловоза и разгрејањем слоја каменом или претходно обавијеном битуменом, ради повећања адхезије површине коловоза;

- загревање површине коловоза на коме је дошло до — тј. избијања битумена и комбиновања на површини,

и уклањање површинског слоја битумена и коловозног застора дебљине неколико милиметара или више сантиметара, према потреби;

- разгревање површине коловоза ради лакшег раскопавања делова на којима треба отворити-поправити коловозну конструкцију; за овакве радове погодне су и мање машине као што је она коју поседује „Београд-пут“ или специјални грејачи са инфрацрвеним зрацима;

- охрапављење веома клизавих површина асфалтних и цементнобетонских коловоза;

- равнање и поправка деформисаних цементнобетонских коловоза на путевима и аеродромским површинама (машине „Road Planer“);

- уклањање линија за хоризонталну сигнализацију са површине коловоза и за друге послове на одржавању путева и улица.

Пошто садашњи начин одржавања путева у нашој земљи не одговара квалитету и рангу постојећих саобраћајница, а опрема за одржавање којом располаже већина наших предузећа за путеве не гарантује ни најнеопходније одржавање, јер је најчешће на нивоу из 1965. године — а негде и нижем, биће неопходно ангажовати све расположиве снаге ради њеног комплетирања и осавременавања, у сагласности са нараслим захтевима и потребама савременог саобраћаја.

Родољуб ВУКУМИРОВИЋ, дипл. инж.

Економске предности употребе аутоматских бројача у прикупљању података о саобраћају на путевима

Циљ овог чланка је да се резимираним приказом потреба праћења података о саобраћају на путевима нагласи предност коришћења аутоматских бројача у њиховом прикупљању. Предности су потенциране приказом широких могућности аутоматских бројача у односу на досад коришћене начине. Истовремено, основни циљ чланка је да се навођењем већ проведених искустава одговори на у нашој земљи врло актуелно питање односа коштања експлоатације аутоматских бројача према мануелном систему прикупљања података.

У тежњи да се држи корак са развијеним и наша путна привреда предузела је одлучно мере за прелазак на савремене начине прикупљања података о саобраћају на путевима. Тако је током 1974. и 1975. године, у оквиру средстава добијених из петог зајма Међународне банке за обнову и развој (IBRD), набављено 186 аутоматских бројача, од којих су неки већ у експлоатацији. Стручна јавност и мала је прилике да предавањима и путем чланака буде обавештена о тешкоексплоатационим карактеристикама „наших“ бројача (производња „Signalbau — Huber“ из Минхена) и ос-

новним принципима њиховог функционисања, а делимично и о подацима које бројачи треба да евидентирају. При разматрањима потребе, па и предности увођења аутоматских бројача у нашој земљи, до сада су углавном наглашавани захтеви међународних струковних организација за унифицирање методологија прикупљања и обраде података о саобраћају, као и потреба подизању нивоа тачности добијених информација, који је при мануелном начину, у нашој земљи до сада претежно коришћеном, релативно мали.

Са друге стране, цена аутоматских бројача који раде помоћу индукционе петље, као ови који су уведени у нашој земљи, по комаду, без инсталација, износи око 100 хиљада динара, што није мало, па се намеће питање економичности њихове употребе.

Према дефиницији, бројање саобраћаја чини основу за планирање саобраћаја, било да се ради о планирању већег подручја неке мреже, или путног правца, или обликовању неког саобраћајног чвора. Међутим, осим за потребе планирања, подаци добијени бројањем на путевима користе се и на разне друге начине

У нашој земљи подаци бројања саобраћаја до сада су углавном коришћени на три начина.

Оптерећења прорачуната за поједине путеве, у броју возила на дан, из путарских бројања, представљала су наређени аргуменат у прерасподели средстава добијених за одржавање путне мреже у досадашњем начину организовања предузећа за путеве.

Подаци путарских бројања стандардно су се користили у свим елаборатима и студијама везаним за димензионарање и изградњу нове или реконструкцију постојеће мреже путних праваца и објеката. Путарски подаци су у овом случају били основа за сагледавање будућих оптерећења на основу прошлих и садашњих кретања.

Ови подаци коришћени су и у оперативном раду служби које се баве сигнализацијом, безбедношћу и слично.

Поред путарских бројања, у нашој земљи обављају се и специјализована, махом сондажна бројања, које изводе поједине институције или истраживачки тимови. Ова бројања изводе се у оквиру израде појединачних студија оправданости путних праваца, у истраживањим везаним за мрежно планирање и у оквиру студија безбедности на путевима. Зависно од дубине истраживања и средстава ангажованих у њиховој реализацији, та бројања могу да буду више или мање поуздана и свеобухватна, али су у нашој земљи мање поуздана. По какав опет у зависности од жељевења, ова специјализована бројања усмерена ка одређивању просечног дневног тока, максималног часовног оптерећења, токова или локалних специфичности саобраћајних осцилацијама итд. Ове институције у својим бројачким ангажују и аутоматске бројање. Како се увек ради о конкретним подацима, бројања су повремена и на одређеном месту инсталацијама.

Очигледно је да се овако добијене информације врло тешко, многим додатним операцијама могу спрегнути у неки информациони систем који би омогућио њихово коришћење и другима осим оних који су директно ангажовани на њиховом прикупљању. Овако долази до парадоксалне ситуације да се троши прилично средстава, али уситњено, за прикупљање података о саобраћају на путевима, а да врло често за овакве скупо добијене податке и не знају они којима су у одређеном тренутку потребни.

Данас се у земљама са вишим степеном развоја друмског саобраћаја праћења појава, централизације информација и, посебно, рационализације утрошених средстава у односу на добијене резултате проширио обим сталног прикупљања специјализованих података о саобраћају на путевима. У табели 1. приказани су уобичајени програми бројања које обавља у Великој Британији регионална путарска служба. Бројања приказана у овој табели дата су према групама података који се евидентирају, дужини периода у коме се бројања организују и типу инсталација која се користе.

Из прегледа датог у табели 1. очигледно је следеће:

— У условима развијеног саобраћаја јавља се специјализована потреба праћења и приказивања разних бројчаних података. Специјализација је увек синоним и за прецизност и максималну тачност, а то је баш оно у чему мануелни начин не задовољава.

— За добар део жељених података (седам група од наведених дванаест) неопходно је непрекидно или дуготрајно бројање да би добијени подаци били веродостојни без сувишних верификација. Овај услов је готово немогуће испунити ручним бројањем, а ако је и могуће, захтева изузетно високе трошкове.

Табела 1.

Ред. број	Потребни подаци	Дужина периода бројања			Тип инсталације	
		непрекидно	дуготрајно	повремено	стална	повремена
1.	Евиденција превозења (у возила/км) на путној мрежи спрегнутој у систем	А	—	—	х	—
2.	Контрола бројања на пунктовима који нису спрегнути у систематско бројање	А	—	—	х	—
3.	Израчунавање просечног дневног тока	—	А	А	х	—
4.	Сезонске варијације	А	—	—	х	—
5.	Подаци за бенку података о путевима	—	А	Б	х	—
6.	Одређивање часа највећег оптерећења	—	—	Б	—	х ¹
7.	Критеријуми за управљање саобраћајем	—	—	Б	—	х
8.	Управљање дневним максималним током	—	—	Б	—	х ¹
9.	Токови изазвани локалним догађајима (сајмови, утакмице)	—	—	Б	—	х
10.	Подаци неопходни при прављењу планова и јавном информисању	—	А	Б	—	х ¹
11.	Бројања неопходна за истраживања и студије безбедности	—	—	Б	—	х ¹
12.	Подаци за студије развоја (на пример, нових путева)	—	А	Б	—	х

Наведени симболи означавају:

А — часовна бројања са избацивањем тотала у интервалима од 12, 16, 18 и 24 ч.

Б — бројања у интервалима од 15 минута;

х¹ — могуће је повремено коришћење на сталним инсталацијама.

— Одговарајући тип бројачке станице је у девет од дванаест наведених случајева стална бројачка станица, што је опет у тесној вези са претходним ставом.

— Специјализоване групе жељезних података о саобраћају везане су и за потребу евидентирања по временским међутоталима, који се крећу од петнаестоминутних (у седам од наведених дванаест случајева) до сатних (четири групе сатних међутотала). При ручној обради ово захтева велику концентрацију па самим тим оставља многоструке могућности грешке, како у периоду самог снимања тако и касније, у обради. У раду с аутоматским бројачима ово је потпуно без

значаја за сам ток снимања, а обрада се ради у току самог процеса бројања.

Од посебног интереса су сасвим нове категорије потребних података о саобраћају (под редним бројем 7, 8 у табели 1), везане за појам управљања. Ово практично значи спрегу бројања са доношењем оперативних одлука о преусмеравању саобраћаја са одређених преоптерећених путева, или снижавање дозвољене брзине у часовима максималног оптерећења — путем дириговане сигнализације, одржавањем пропусних капацитета пута или дестимулисањем кретања по одређеним правцима. Овакве интервенције данас су устаљена пракса у развијеном друмском саобраћају запад-

ноевропских земаља, а и у нашој земљи ће сасвим сигурно ускоро постати неминовне. Неопходан услов њихове реализације је коришћење аутоматских бројача.

Једна од битних погодности аутоматских бројача је могућност олакшање рачунарске обраде и анализе регистрованих информација. Код индуктивних бројача, какви су они који се примењују у нашој земљи, фаза обраде састоји се из два основна поступка: преписивања информација са папирне траке инсталиране у бројачу на магнетну траку или магнетни диск, у форми читљивој за рачунар, и анализа података на рачунару са директним исписивањем резултата и цртањем (путем плотера — компјутерског цртача) жељених графичких приказа.

Ови излази са рачунара су знатно подеснији медијум за складиштење од документационог и изворног материјала, непосредног после примарне обраде за било какве накнадне трансформације. Када се зна да се на једном магнетном диску пречника 40 cm, тежине око 3 до 4 kg, дебљине 15 до 20 cm, данас може трајно лагеровати 200 и више милиона знакова (знак — једно слово или две бројке), који су увек „при руци“ за било какво ново читавање, дораду, прераду и слично, добија се представа о неупоредивим предностима оваквог начина прикупљања, обраде и складиштења масовних информација, каква су „путарска бројања“. За потребе већих регија (крајинског, републичког или савезног значаја), где су количине добијених података огромне, следећа фаза рационализације складиштења и приступа информацијама је прелаз на микрофилмску технику.

И подаци добијени ручним бројањем могу да се обрађују рачунарском техником, али пренос са бројачког објекта на магнетну траку захтева још два до три међукорака, увек зависна

од фактора савесности човека — обрађивача, што се коришћењем бројних уређаја за читање код аутоматског бројача избегава јер је фаза преноса на магнетну траку очитаних информација директна.

Интересантно је искуство организација које се баве прикупљањем података о саобраћају на путевима у западноевропским земљама у погледу коштања и ефикасности обраде добијених информација са аутоматских бројача у „сопственој кући“, тј. на сопственом, изнајмљеном или купљеном рачунару, или давања на обраду ових података специјализованим компјутерским сервисима, каквих већ има и у нашој земљи. Показало се да су ови сервиси погодни само у почетним фазама рада, када су добијене информације по обиму ограничене, а тражене обраде пробног и нестандартног карактера. Када наrastу количине података и када се захтева устале на обрада, овакав начин постаје скуп и, што је још горе, неефикасан због разних унапред несагледаних временских губитака. Зато западноевропски саобраћајни стручњаци саветују поседовање свог, па макар и малог рачунарског центра, који ће систем аутоматског бројања комплетирати и дати му пуну ефикасност.

На крају чланака, у оквиру материјализованог резимирања користи употребе аутоматског праћења саобраћаја, дата је табела употребних трошкова једне комплетне бројачке станице у условима Велике Британије (1) претежно мануелним начином евидентирања саобраћаја, (2) потпуно аутоматским системом са индуктивном петљом и (3) потпуно аутоматским системом са пнеуматским преновом. Ови подаци добијени су праћењем на 45 пунктова и 40 бројача свих трошкова у нормалном, једногодишњем периоду употребе. Укључени су сви трошкови особља, стручних служ-

Табела 2 — Поређење приближног годишњег коштања алтернативних бројачких система (Једна просечна бројачка станица)

Позиција	Једноставна бројачка мануелна станица са минимумом механичке опреме—метод (1)	Потпуно аутоматизован систем са индуктивним петљама—метод (2)	Исто као (2) али са пнеуматским цревом—метод (3)
Прикупљање податка			
Бројачка опрема	1.450	3.000	2.840
Ручно бројање	5.260	300	300
Одржавање укључујући сво потребно особље	5.670	7.050	8.900
Контрола (укључујући администрацију)	5.000	2.500	2.500
Анализа података	6.000	5.000	5.250
Апроксимативни укупни годишњи трошкови	23.380	17.850	19.790

би потребних за анализу и обраду података и трошкови одржавања.

Према томе, поред многих предности аутоматског система бројања саобраћаја поменутих у оквиру разматрања његових карактеристика оперативности, сигурности, адаптивности итд., недвосмислено је установљена и економска супериорност над досад владајућим техникама, што се и очекивало. Метод (2) из табеле 2 „јефтинији“ је од мануелно-механичког метода (1) досад примењиваног у Великој Британији за приближно 24%. Истовремено, технички савршенији метод индуктивне петље (2) приближно је за 10% јефтинији од аутоматског система чији је сензор пнеуматско црево (3). Ова разлика првенствено је последица коштања одржавања, које је код пнеуматске опреме изразито високо.

При евентуалним апликацијама изнетим у табели 2. у нашим условима би можда односи „позиција трошкова“ били нешто различити. Разлика

би се, вероватно, јавила код коштања ручног бројања, које би, с обзиром на цену и нашу данашњу организацију путарских бројања, била нешто нижа него у условима који владају на Западу. Ово би за неки проценат смањило економске користи, али трошкови одржавања, контроле и анализе података још би давали предност аутоматском систему (трошкови ове три ставке, без трошкова опреме и самог рада, већи су код мануелног система за 15%). Поред тога, и код нас се, подизањем стандарда, повећава релативна цена мануелног рада, што значи да ће се и апсолутне разлике између коштања алтернативних система смањити.

Недеосмислено је да потреба за перманентним праћењем саобраћаја на путевима значи и неопходност увођења аутоматских бројача. Истовремено, може се закључити да систем аутоматског бројања показује и економску предност, поред технолошке, над осталим системима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ratcliffe, B. and Mackie, D.: „Automatic traffic data system for West Sussex County“, *Traffic Engineering + Control* 16,1 (1975)
- [2] Hobbs, F.: *Traffic planning & Engineering*, Pergamon Press, Oxford, 1974, „Traffic surveys and analysis“, (3) 92 — 148.

Томислав СТАНКОВИЋ, дипл. инж.

Летећи пепео у носећим слојевима коловозних конструкција

1. УВОД

Под летећим пецелом подразумева се отпадни материјал настао при сагоревању прашинастог угља у термоелектранама. С обзиром на његова пуцоланска својства и масовност у регионима енергетских база, као и на искуства већ стечена у иностранству и код нас, у грађевинарству почиње интензивно да се користи ова јефтина сировина, нарочито у индустрији цемента и бетона.

Летећи пепео није везиво, али у присуству цемента и креча развија хемијску и колоидалну реакцију хидрауличких везива.

У нашој земљи већ су извођени и се обављају експерименти са летећим пецелом при грађењу путева замена или додатак филтеру, при намању битуминизираних мешавина за стабилизацију подтла и постелице на путевима, а у последње време и за израду доњих па чак и горњих носећих слојева коловозне конструкције).

У јуну 1972. године Грађевинско предузеће „Ауто-пут“ је за Републички фонд за путеве СР Босне и Хер-

цеговине на путу Тузла — Бијељина (деоница Тузла — Симин хан од 2+900 km до 3+100 km) извело четири опитне деонице од по 50 m са летећим пецелом из Термоелектране „Тузла“.

Пошто је инвеститор за сва испитивања ових опитних деоница ангажовао Институт за рударска и хемијско-технолошка истраживања из Тузле, а резултати тих испитивања нису били доступни извођачу радова, овде се наводе подаци о поступку примене мешавине, транспорту, уграђивању и одржавању бетона од пецела — како су га назвали извођачи због изванредно високе чврстоће на притисак, као и нека економска упоређења за конкретан случај и макроскопска запажања после трогодишње експлоатације.

2. ПРИПРЕМА МЕШАВИНЕ

Под припремом мешавине подразумева се дозирање компонената у датим односима по препорученој рецептури, као и њихово хомогенизирање.