

625-7

YU ISSN 0478-9733

• CODEN: PUSADQ

• UDK 625.7/.8+651

Пут и саобраћај

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

3-4

Год. XXXIV • Март—Април 1988



Пут и саобраћај

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

3-4

Год. XXXIV • Март—Април 1988.



САДРЖАЈ

- Проф. др Миливоје Симић, проф. др Здравко Јоксич и
асист. др Вељко Георгијевић
**Мерни систем за праћење грађената температуре у тлу и
коловозним конструкцијама**
Мр Борђе Узелац, дипл. инж.
Одређивање топлотног режима у коловозној конструкцији
Др Зоран Радојковић, дипл. инж.
**Структура и могућности потпуних система за управљање
коловозима путне мреже**
Славко Старовић, дипл. инж. грађ.
**Безбедност саобраћаја у тунелима дужином од 500 метара на
магистралној мрежи у Босни и Херцеговини**
Георгијев Слободан, дипл. инж.
**Искуства стечена у Ираку на ископу и уградњи
земљаних материјала**
Мр Првослав Марковић, дипл. инж.
Асфалтни бетон са утиснутим зрнцима каменог агрегата
Трајановски Зоран, дипл. инж.
**Узроци насталих оштећења и санација спојница између асфалтног
и цементнобетонског коловоза**
Проф. др Радослав Драгач, дипл. инж. саобр.
**Шта изазива даље смањивање ограничења максимално дозвољене
брзине у насељу?**
Др Предраг Брауновић, дипл. инж. грађ.
**Међународна конференција о структурном пројектовању асфалтних
коловоза**
Из Друштва за путеве
Конгреси, Саветовања
In memoriam
Summary

Издавачки савет:

Капларевић Вићентије (председник), Аксалић Звудија, Антонић Славољуб, Вајда Војислав, Васиљевић Миливоје, Георгиев Слободан, Гвозденчевић Миленко, Димитровски Ристо, Димовски Тодор, Букић Божидар, Букић Живорад, Бурић Никола, Јовановић Која, Коњевић Никола, Кркић Предраг, Лазаревић Јован, Лукић Радојко, Новаковић Велимир, Петровић Драгослав, Радоман Радован, Сарајлић Хасан, Сејдија Исмет, Станојевић Љубиша, Форџан Александар, др Цмиљанић Слободан, Шурбановић Бранко

Уредништво и редакција:

Др Анђус Војо, др Кузовић Љубиша, Луковић Градимир, др Мијушковић Вера, Миливојевић Милан, Милановић Владета, др Митровић Петар, др Радојковић Зоран, др Терзић Милорад, др Узелац Борбе, др Цветановић Александар и Мишић Стојанка (секретар редакције)

•

Главни и одговорни уредник:

Проф. др Здравко Јоксић

Технички уредник:

Тома Станковић

Лектор:

Вера Борбевић

•

Часопис издају:

Друштва за путеве СР Србије и друштва за путеве: Црне Горе, Македоније, САП Војводине и САП Косова

Претплата за часопис:

Претплату за часопис слати на текући рачун Друштва за путеве СРС код Народне банке — 60816-678-4223, а огласе и остало на Друштво за путеве СР Србије, поштански фах 452, Кумодрашка нова 257.

Годишња претплата:

за радне организације — 30.000 динара; за остале претплатнике — 10.000 динара; за иностранство 75 УС долара

Појединачни примерци:

за радне организације — 5.000 динара; за појединце у продаји — 2.000 динара

Цена огласа:

по двоброју: на корицама — 65.000 динара; унутрашња страна 1/1 — 50.000 динара; 1/4 стране — 15.000 динара; 1/4 стране — 15.000 динара; За иностранство по двоброју: 1/1 страна — 50 УС долара; 1/2 стране — 30 УС долара; 1/4 стране — 20 УС долара

Колективна чланарина одређује се сразмерно величини и значају радне организације — колективног члана и не може бити нижа од 30.000 динара. Колективни чланови, уплатом чланарине — доприноса за часопис добијају одређени број примерака часописа бесплатно.

Решењем Републичког комитета за културу бр. 413-6/ /83-06 од 11. 1. 1983. године ослобођено пореза на промет.

Штампа:

Штампарија „Космос“ — Београд, Светог Саве 16—18

Мерни систем за праћење градијента температуре у тлу и коловозним конструкцијама

Проф. др МИЛИВОЈЕ СИМИЋ,
Проф. др ЗДРАВКО ЈОКСИЋ и
Асис. др ВЕЉКО ГЕОРГИЈЕВИЋ
Грађевински факултет, Београд

Научни рад
UDK 536.531:625.8.042.3

РЕЗИМЕ

У раду се анализира годишња варијација топлотног флукса на граници између тла и околне атмосфере. Описују се три врсте електричних претварача за мерење температуре (полупроводнички, отпорни и отпорно-термисторски), који су конструисани у облику мултиелементних сонди уграђених у коловозне конструкције. Мерења температуре су вршена током више година, на две различите локације. Приказани резултати су дискутовани са становишта продирања изотерме на 0°C .

1. ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА ПРОМЕНЕ ТОПЛОТНОГ ФЛУКСА ВАЗДУХ — КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА — ТЛО ПРЕКО МЕРЕЊА ГРАДИЈЕНТА TEMПЕРАТУРЕ ЗА ПОТРЕБЕ ПУТОГРАДЊЕ

Климатски услови у већем делу наше земље су врло оштри и неповољно делују на трајност и издржљивост коловозних конструкција на путевима под саобраћајем. Ова неповољна дејства настају из следећих разлога:

- услед велике дневне и годишње разлике температуре ваздуха,

- услед трајнијих периода дејства мраза,

- услед осетљивости материјала на дејство мраза у доњем строју, код појединих коловозних конструкција,

- због немогућности трајнијег ограничења тежине возила и забране саобраћаја кретања тешких возила у периодима одмрзавања (у пролеће),

- услед знатног присуства филма воде на површини коловозне конструкције, која продира у саму конструкцију изазивајући смањење носивости,

- услед осетљивости материјала горњег строја коловозне конструкције на велике промене температуре, због чега долази до појаве прлина при ниским температурама и појаве знатних деформација при екстремно високим температурама,

Рецензент: др Момчило Рекалић, доцент

— услед често лоше израде горњег и доњег строја коловозне конструкције, штедне материјала приликом праћења коловозне конструкције, недовољне примене савремених машина и сл.

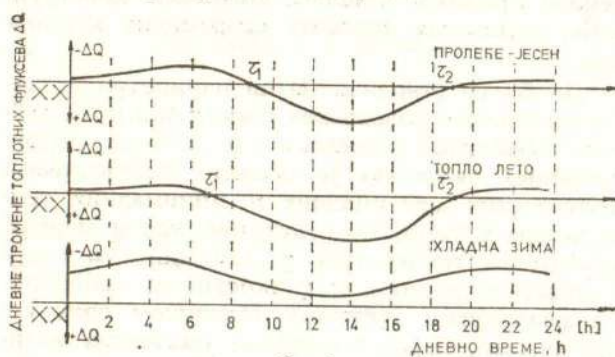
Да би се утврдили битни параметри за димензионисање коловозних конструкција са дебелим асфалтним слојевима (30—50% од укупне дебљине), потребно је обавити истраживања достигнутих максималних и минималних температура у самој конструкцији, као и мерење градијента температуре у површинском слоју коловозног застора и у појединим слојевима на различитим дубинама. Приликом ових истраживања, поред познавања означених величина, потребно је утврдити и брзине промена температуре на разним дубинама коловозне конструкције, периодичност понављања и корелационе зависности између свих тих величина и температуре ваздуха¹ у току дана, као и у различитим годишњим добима.

Улед дневних промена смерова топлотних флукса, из приземног ваздушног слоја према тлу ($+\Delta Q$), или из тла према ваздушном слоју ($-\Delta Q$), долази до дневних померања изотерми у тлу, па стога и у коловозним конструкцијама праћеним на тлу. Дневне осцилације топлотних флукса имају своје проласке кроз

нулу ($\Delta Q=0$, одређене тачкама $\tilde{z}_1$ и $\tilde{z}_2$, које се померају у зависности од годишњег доба, климатских, хидрогеолошких, топографских и других услова. Такође, ови чиниоци утичу и на промене интензитета топлотног флукса. На слици 1 су приказани, приближно процењени, дијаграми варијације топлотних флукса у току четири годишња доба.

У посматраном случају, због физичко-термичких карактеристика и велике масе тла, тло, а заједно са њим и коловозна конструкција, се понаша као систем са спорим одзивом при променама температуре приземног слоја ваздуха. Да би се пратило померање изотерми, као одзивне функције, у тлу и коловозној конструкцији, уз прихватање дневних варијација температуре, потребно је интегрално пратити,

у дужем временском периоду већи број температурних дневних циклуса на различитим дубинама. С обзиром на спори одзив система тло — коловозна конструкција, на промене температуре ваздуха приземног слоја, померање изотерми у тлу и коловозној конструкцији се одвија са извесним закашњењем. Брзина померања изотерми, као и достигнуте максималне и минималне температуре у тлу и коловозној конструкцији, зависе искључиво од климатско-метеоролошких услова који владају у испитиваном региону, од састава тла и раније наведених чинилаца. Све ове особености тла и коловозне конструкције битно утичу на трајност и издржљивост саме коловозне конструкције. Стога постоји посебан интерес да се сондажно и на одређеним изабраним дубинама прати брзина померања изотерми, као и достигнуте максималне и минималне температуре, и изведу одређени закључци.



Сл. 1.

За утврђивање максималне дубине смрзавања, тј. изотерме од 0°C , користили су се код нас, почев од 1978. године, различити мерни системи, као: сонда Wubo са флашицама, индикатор дубине смрзавања ИПГ, термосонде LEGEP са осам платинских отпорних термометара Pt 100 уграђених у бакарне прстенове и постављене на различитим дубинама испод коловозне конструкције. Од 1986. године примењују се и мултиелементне сонде за мерење температуре, развијене у Лабораторији Грађевинског факултета у Београду, које ће бити детаљније описане у овом раду.

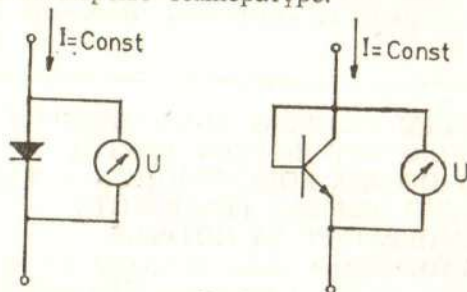
2. МУЛТИЕЛЕМЕНТНА СОНДА ЗА МЕРЕЊЕ TEMPERATURE У ТЛУ И У КОЛОВОЗНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ

Савремено мерење температуре као неелектричне величине може се обавити помоћу разних типова претварача, као што су: отпорни термометар, термистор, полупроводнички елемент, термоелемент и сл. Избор претварача зависи од низа његових карактеристика и услова мерења температуре, као: опсег мерења температуре, прецизност мерења, заменивост претварача, могућност даљинског читавања температуре, цена претварача и пратећих електронских кола и сл. Имајући у виду све ове карактеристике,

а посебно могућност набавке и замене претварача на домаћем тржишту, на Грађевинском факултету у Београду развијена су три типа мултиелементних сонди за мерење температуре у тлу и коловозним конструкцијама. Сонде су конструисане за рад у мерном опсегу температуре од -20°C до $+50^\circ\text{C}$ и са тачношћу читавања од $\pm 0,25^\circ\text{C}$. Број и распоред мерних елемената сонде зависи од састава тла и коловозне конструкције и може произвољно да се мења.

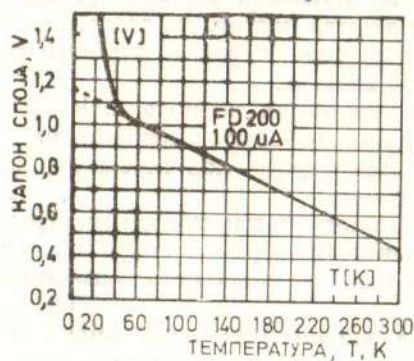
3. МЕРЕЊЕ TEMPERATURE ПОМОЋУ ПОЛУПРОВОДНИЧКОГ ЕЛЕМЕНТА

Полупроводнички елемент, силицијумска диода или транзистор, могу веома успешно да се користе као претварачи за мерење температуре. Често се, при томе, користи метод константне струје I , која тече кроз диоду у пропусном смеру. На тај начин, у условима директне поларизације, мерени пад напона на крајевима диоде је функција температуре. У прилично широком температурном интервалу та функција је приближно линеарна, што представља велику предност оваквих температурних претварача за мерење температуре.



Сл. 2.

На слици 2 је приказана принципијелна шема везивања диоде и транзистора (у вези као диода) као претварача за мерење температуре.



Сл. 3.

Константна струја интензитета I тече кроз диоду, док се пад напона U мери електронским волтметром велике унутрашње отпорности. На тај начин, релативно једноставно, може да се мери температура у опсегу од -100°C до $+150^\circ\text{C}$. Са одређеним типовима диода мерни опсег може да се прошири до температуре од 40 K ($-233,15^\circ\text{C}$). Осетљивост S диодног тер-

мометра се дефинише као промена мерног напона ΔU за одговарајућу промену температуре ΔT

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta T}.$$

На слици 3 је приказана карактеристика силицијумске диоде FD 200, при константној струји од $10^{-4}A$.

Струја која тече кроз диоду је одређена експоненцијалном функцијом

$$i = I_0 \exp \left(\frac{eU}{nkT} - 1 \right). \quad (1)$$

У случају директне поларизације, када је $i = I \gg I_0$, следи

$$i = I_0 \exp \left(\frac{eU}{nkT} \right) \quad (2)$$

где је:

- I_0 — инверзна струја засићења
- e — наелектрисање електрона ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$)
- k — Болцманова константа ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} J/K$)
- T — термодинамичка температура (K)
- U — напон споја (V)
- n — нумерички фактор ($n \approx 2$).

Инверзна струја засићења може да се одреди из израза

$$I_0 = CT^m \exp \left(- \frac{eU_G}{nkT} \right) \quad (3)$$

где је:

- C — константа независна од температуре
- U_G — напон који одговара енергетском процепу забрањене зоне за силицијум на температури од 0 K. За силицијум овај напон износи око 1,18 V.
- m — коефицијент који има вредност 3/2.

Из једначина (2) и (3) може да се одреди напон споја, који у случају директне поларизације диоде износи

$$U = U_G + \frac{nkT \ln i}{e} - \frac{nkT \ln C}{e} - \frac{nkT m \ln T}{e}.$$

За вредност интензитета струје $i = I = 100 \mu A$ следи

$$U = U_G - 1,58 \cdot 10^{-3} T \left(1 + \frac{1}{2} \lg CT^m \right). \quad (4)$$

Константа C може да се одреди експерименталним путем преко једначине (4), ако се за температуре T_1 и T_2 измере напони U_1 и U_2 . Како вредност ове константе износи $C < 0,001$, то указује да трећи члан једначине (4) мало утиче на нелинеарност функције $U = f(T)$, те се та функција може прихватити као линеарна за потребе описаних мерења.

Полазећи од једначине (4), развијен је први тип мултиелементне сонде за мерење температуре у тлу и у коловозним конструкцијама. У сваком елементу сонде заливане су три полупроводничке диоде IN 1005, које су везане на ред. Оваквим начином везивања, с једне стране се знатно повећава осетљивост мерења температуре, и, с друге стране, олакшава управљање елементима сонде, који морају имати исте номиналне почетне вредности на једној усвојеној референтној температури.

Прихватајући метод константне струје за поларизацију диоде, мерењем је утврђено да дигитални омметар обезбеђује константни интензитет струје кроз серијску везу диода, у оквиру једног мерног опсега, чак и при знатним променама температуре. На тај начин, уместо мерења напона U , могуће је дигиталним омметром мерити отпорност диода у функцији температуре, јер је отпорност диода пропорционална напону U

$$R_D = \frac{I}{U} = KU.$$

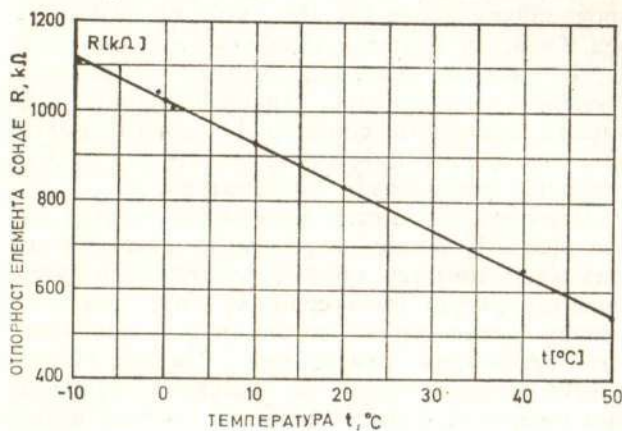
$$I = \text{const.}$$

На тај начин се проблем мерења температуре своди на проблем мерења отпорности серијске везе диода у условима директне поларизације. Промена отпорности диода при промени температуре је, такође, линеарна функција. Такав начин мерења температуре не захтева посебне изворе константне струје и посебне појачивачке степене, с обзиром на малу напонску осетљивост овог претварача од око $2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. Промене отпорности, при малим струјама диоде, су далеко изражајније, те омогућују већу прецизност мерења температуре. Недостатак оваквог мерења температуре се састоји у немогућности промене опсега дигиталног омметра, јер се при томе мења интензитет струје кроз серијску везу диода, односно калибрациона крива. Приликом калибрисања мултиелементне сонде коришћен је дигитални омметар који је обезбеђивао константни интензитет струје од $10 \mu A$. На слици 4 приказана је калибрациона крива развијеног елемента сонде са три диоде, у температурском интервалу од -10°C до $+50^\circ\text{C}$. Мерења показују да у овом случају осетљивост претварача износи:

$$S = \frac{\Delta R}{\Delta t} = 9,5 \text{ k}\Omega/^\circ\text{C}.$$

Овакав начин мерења температуре, поред своје једноставности, указује на могућност веће резолуције при мерењу температуре.²

Да би се извршило правилно упаривање триплет диода, у циљу добијања истих карактеристика, снимљене су отпорности за око стотину диода, при истој изабраној референтној температури и са истим дигиталним омметром који је условљавао константан интензитет струје. Мерења су вршена у уљном купатилу. Помоћу рачунара су одабрани триплети диода са истим или врло приближним збиром укупне отпорности.



Сл. 4.

4. МЕРЕЊЕ TEMПЕРАТУРЕ ПОМОЋУ ОТПОРНОГ ТЕРМОМЕТРА

Мерење температуре помоћу отпорног термометра, у опсегу од -200°C до $+650^{\circ}\text{C}$, може да се изврши коришћењем релације Calender Van Dusen³

$$\frac{R(t)}{R_0} = 1 + \alpha \left[t - \delta \left(\frac{t-100}{100} \right) \frac{t}{100} - \beta \left(\frac{t-100}{t} \right) \left(\frac{t}{100} \right)^3 \right] \quad (5)$$

где је:

$R(t)$ — отпорност термометра на температури од $t(^{\circ}\text{C})$

R_0 — отпорност термометра на температури $t=0^{\circ}\text{C}$.

Једначина (5) се често пише и у облику

$$\frac{R(t)}{R_0} = 1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3$$

где је:

$$A = \alpha \left(1 + \frac{\delta}{100} \right), \quad B = -\alpha \delta 10^{-4}, \quad C = \alpha \beta 10^{-5}.$$

За отпорност отпорног термометра начињеног од платинске жице Rosemont је дао вредности константи:

$$\alpha = 0,00392$$

$$A = 3,908 \cdot 10^{-3}$$

$$\delta = 1,492$$

$$B = 5,80195 \cdot 10^{-7}$$

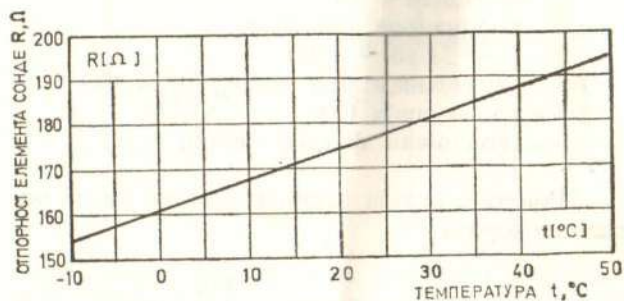
$$\beta = 0,11 \text{ за } t < 0^{\circ}\text{C}$$

$$C = 4,2735 \cdot 10^{-12} \text{ за } t < 0^{\circ}\text{C}$$

$$\beta = 0 \text{ за } t > 0^{\circ}\text{C}$$

$$C = 0 \text{ за } t > 0^{\circ}\text{C}.$$

Други тип мултиелементне сонде је развијен на бази отпорног термометра са намотајем од танке бакарне жице, затопљене у парафин и епокси смолу. Уз извесне апроксимације, горњи изрази могу да се користе и за бакарну жицу. Елементи сонде су начињени на изолационим телима са намотајима жице, пречника 0,1 mm. Отпорност намотаја је износила 181Ω при температури од 30°C . За баждарење елемената сонде развијено је специјално уљно купатило са терморегулатором и две мешалице. На слици 5 је приказана калибрациона крива промене отпорности елемента сонде у функцији температуре. Корисници мултиелементне сонде располажу посебним табелама, помоћу којих је могуће читавање температуре са тачношћу од $0,2^{\circ}\text{C}$.



Сл. 5.

5. МЕРЕЊЕ TEMПЕРАТУРЕ ПОМОЋУ ТЕРМИСТОРА

Трећи тип мултиелементне сонде је развијен на бази термистора. Отпорност термистора у зависности од температуре се мења према изразу:

$$R(t) = R_0 \exp \left(B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right)$$

где је:

R_0 — отпорност термистора на 0°C

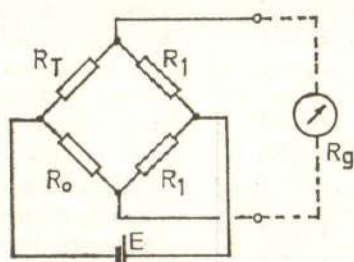
B — константа која зависи од материјала ($3000-5000 \text{ 1/K}$)

T_0 — термодинамичка температура која одговара 0°C .

За мерење температуре помоћу мултиелементне сонде са термисторским претварачем

примењен је неуравнотежени мост у чијој се једној грани налази термистор. На слици 6 је приказана принципијелна шема таквог моста.

Излазни напон моста је тада приближно пропорционалан мереној температури.



Сл. 6.

С обзиром да је термистор нелинеарни елемент, може да се изврши линеаризација излазног напона моста. Линеаризација може да се изведе додавањем редног или паралелног отпорника термисторском претварачу, или да се изврши линеаризација напона моста. Овај поступак је изведен преко другог извода напона по температури^{1,5} при чему се добија предност константе В

$$B = \frac{\ln R_i/R_0}{1/T_i - 1/T_0}$$

где је:

T_i — средња температура из изабраног мерног подручја

R_i — отпорност термистора при температури T_i .

Изједначавањем другог извода напона са нулом, добија се оптимална вредност отпорности осталих грана моста R_i , при којој је испуњен услов за линеаризацију излазног напона, те следи

$$R_i = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 + 4C}}{2D}$$

где је:

$$A = R_g R_0 - M R_i R_g - 2 M R_i R_0$$

$$C = (R_g + R_0 - M R_i) M R_i R_g R_0$$

$$D = R_0 + R_g - M R_i$$

R_g — отпорност инструмента.

$$M = \frac{B - 2T_i}{B + 2T_i}$$

За развијање термисторски елемент мулти-елементне сонде коришћене су вредности:

$$t_i = -5^\circ\text{C} (+30^\circ\text{C})$$

$$R_0 = 13,79 \text{ k}\Omega$$

$$B = 3491 \text{ 1/K}$$

$$R_g = 2 \text{ k}\Omega.$$

На основу изведене анализе добија се

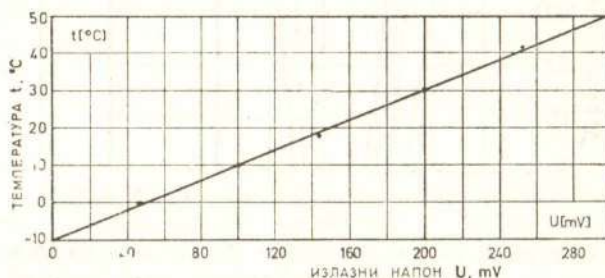
$$R_i = 18 \text{ k}\Omega.$$

У циљу боље линеаризације излазног напона по температури, мерни опсег је подељен у два опсега:

$$-20^\circ\text{C} \text{ до } +10^\circ\text{C} \quad t_i = -5^\circ\text{C}$$

$$+10^\circ\text{C} \text{ до } +50^\circ\text{C} \quad t_i = +30^\circ\text{C}.$$

На слици 7 је приказана калибрациона крива линеаризованог напона моста са термисторским претварачем.

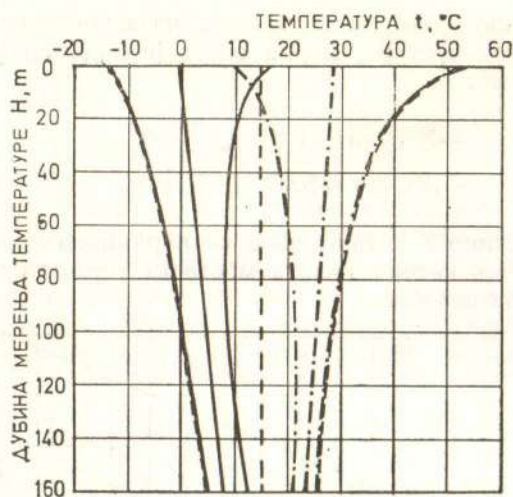


Сл. 7.

6. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

За сада су уграђене две мултиелементне сонде развијене на Грађевинском факултету у Београду. Прва сонда је уграђена на делу аутопута кроз Београд код „Сава центра“. На истом месту налазе се и сонде типа LEGEP, Wi-bo и IPG, у циљу паралелних мерења и анализе прецизности добивених резултата мерења. Њоме се обављају мерења два пута дневно (8 и 14 часова) у периодима са изузетно високим и ниским температурама, око 60 мерења годишње. Друга сонда је уграђена у Пастеровој улици и повезана са Хидрометеоролошком станицом, а мерења се обављају свакодневно, свака 2 часа, у току целе године.

На основу вишегодишњих мерења добивених од хидрометеоролошке службе града Београда и мерења извршених помоћу уграђених мултиелементних сонди у току последњих година, изведена је детаљна анализа резултата мерења. На слици 8 су представљени добивени резултати мерења за период од 1978. до 1986. године, при чему су одређене екстремне вредности минималних и максималних температура у току јануара месеца (криве 2) и у току августа месеца (криве 3), у зависности од дубине мерног места у коловозној конструкцији. На истој слици су представљене и средње годишње температуре у коловозној конструкцији и тлу, у току означеног периода времена. Такође, на слици су приказане екстремне и средње вредности температура, које се односе на цео период у коме су обављана мерења (крива 1). У легенди на слици 8 су означене екстремне и средње вредности температура ваздуха, које стоје у вези са померањем изотерми у коловозним конструкцијама и у тлу.



Сл. 8.

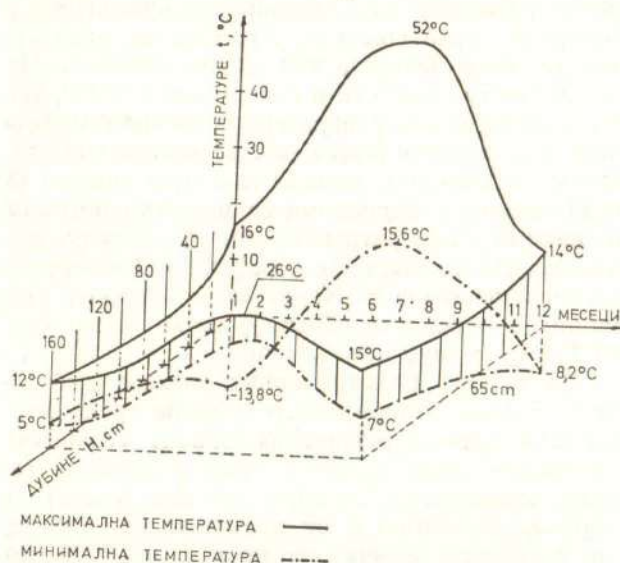
ЛЕГЕНДА:

ПЕРИОД 1978-86	ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА (°C)
1-ЗА СВЕ ГОДИНЕ	$t_{sr} = +12,2$ $t_{min} = -15,4$ $t_{max} = +39,0$
2-ЗА МЕСЕЦ ЈАНУАР	$t_{sr} = -0,1$ $t_{min} = -15,4$ $t_{max} = +15,0$
3-ЗА МЕСЕЦ АВГУСТ	$t_{sr} = +22,2$ $t_{min} = +7,0$ $t_{max} = +39,0$

С обзиром на значај промена смерова топлотних флукса, ваздух — коловозна конструкција — тло и обрнуто, у оквиру следећих истраживања би се могле испитати ове зависности у функцији температуре ваздуха приземног слоја.

На слици 11 је приказана фотографија развијених мултиелементних сонди.

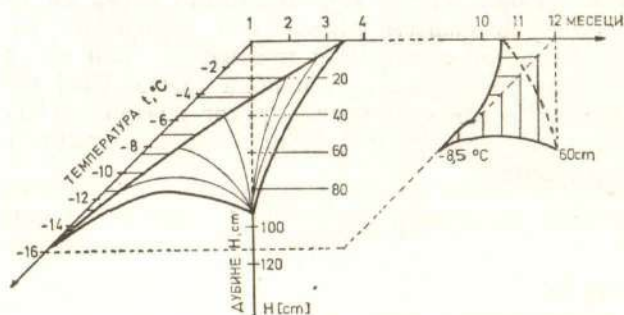
Детаљна анализа великог броја мерења указала је на могућност формирања тродимензионалних дијаграма, који обухвата три величине: дубину коловозне конструкције или тла $H(\text{cm})$, температуру $t(^{\circ}\text{C})$ и годишњи период изражен преко редног броја месеци. Овакав начин представљања веома добро одсликава међусобне зависности ове три величине.



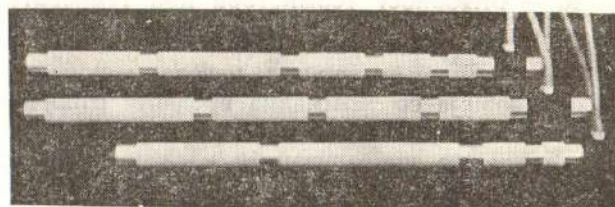
Сл. 9.

На слици 9 су приказане две површи. Горња површ представља средње максималне температуре у току године у зависности од дубине H , обрачунате за период од 1978. до 1986. године, а доња површ представља минималне температуре у истом периоду времена.

На слици 10 је представљен тродимензионални дијаграм минималних негативних температура. Овај дијаграм јасно указује на појаву критичних тачака, односно дубина продирања изотерми од 0°C . На пример, са слике се запажа да средња температура у јануару месецу, на површини коловозне конструкције ($H=0$) износи $-13,8^{\circ}\text{C}$, као и да изотерма 0°C досеже дубину од 92 cm.



Сл. 10.



Сл. 11.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] З. Јоксић, С. Зорић: Однос температуре ваздуха и коловозне конструкције, Зборник радова Симпозијума о истраживањима и примени савремених достигнућа у нашем грађевинарству у области материјала и конструкција, ЈУДИМК, Порторож, 1986., 253—262.
- [2] М. Симић, В. Георгијевић и М. Рекалић: Мултиелементна сонда за мерење температуре у тлу и у коловозним конструкцијама, Зборник радова XII југословенског симпозијума о мерењима и мерној опреми, Београд, 1986, 301—306.
- [3] R. Benedict: Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurement, John Wiley and Sons, New York, 1977.
- [4] G. Asch: Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod, Paris, 1982.
- [5] М. Симић, В. Георгијевић, Ч. Максимовић: Линеарни отпорни термометар за динамичка мерења температуре, Зборник радова са Првог југословенског скупа Мерења у хидротехници, 1987, Загреб, 29—32.

Одређивање топлотног режима у коловозној конструкцији

Мр БОРБЕ УЗЕЛАЦ, дипл. инж.
Институт за испитивање материјала СРС, Београд

Научни рад
UDK 536.12:625.8:681.32

РЕЗИМЕ

У чланку се анализира топлотни режим у коловозној конструкцији и подтлу аутопута кроз Београд. Мерење температура ваздуха, површине коловоза и на осам тачака у коловозној конструкцији и подтлу вршено је у току протеклих 10 година. Статистичком анализом одређени су значајни показатељи: годишње и месечне средње и екстремне температуре у појединим слојевима, релативна фреквенција појаве температура у току године и у току појединих месеци на различитим дубинама у коловозној конструкцији у подтлу.

Чланак представља приказ другог дела магистарског рада аутора под називом: „Топлотни режим и његов утицај на механичко понашање материјала у коловозној конструкцији“.

Ако се проблем ограничи на предвиђање максималне дубине продирања мраза испод коловоза са кога се уклања снег, могуће је доћи до решења на више начина:

— помоћу рационалних и емпиријских формула и дијаграма;

— на основу лабораторијских експеримената и опита на прототиповима;

— графичким и нумеричким поступцима заснованим на приближном решавању диференцијалних једначина (најчешће методом коначних разлика);

— нумеричким методама уз употребу рачунара;

— путем аналогije — применом одговарајућих решења добијеним за сличне математичке моделе у другим областима физике.

У пракси се најчешће користе формуле и дијаграми базирани на аналитичким решењима фундаменталних једначина модифицираних усвајањем одређених претпоставки уз коришћење података о посматрањима.

Смрзавање и кривљење тла се јављају као последице одвођења или додавања топлоте некој маси тла и при том је кретање топлоте увек у правцу ниже температуре. Брзина промене количине топлоте зависи од разлике температура (температурног градијента) у правцу топлотног тока и од термичких особина тела.

За анализу дубине смрзавања тла као и уопште за анализу распрострањавања топлоте у коловозној конструкцији и подтлу, неопходно је познавати три врсте података:

— Физичке и термичке особине материјала

— Постојећи термички режим

— Природу и трајање граничних услова који изазивају промене термичког режима.

Најважнији подаци којим се дефинишу особине материјала су: врста (класификација), запреминска маса, садржај воде или леда, топлотна проводљивост, специфична топлота и латентна топлота фузије. У случају прорачуна кретања топлоте кроз коловозну конструкцију наведене податке треба познавати за сваки слој материјала кроз који пролази топлотни ток.

1. УВОД

Потреба за упознавањем топлотног режима у коловозној конструкцији прво се појавила приликом анализе дубине продирања мраза, па постоје многобројни радови који се односе на ту проблематику. Са развојем механике коловоза, захтеви за прецизнијим познавањем топлотног режима постају све оштрији, јер температура има врло значајан утицај на механичко понашање појединих материјала у слојевима коловозне конструкције.^{1,2}

Преношење топлоте у тлу, укључујући и промену фазе воде врло је сложен процес и захтева озбиљан математички третман.

Решавање расподеле температуре у функцији времена поставља се као проблем решавања математичког модела за дати физички процес.

*) Чланак представља други део приказа магистарског рада аутора:

„Топлотни режим и његов утицај на механичко понашање материјала у коловозној конструкцији“, обрађеног на Грађевинском факултету у Београду, октобра 1987. год. Први део приказа објављен је у „Путу и саобраћају“ бр. 1—2/1988.

Проблематика преношења топлоте кроз коловозну конструкцију и подтло детаљно је разматрана у магистарском раду аутора¹, а овде ћемо се ограничити на приказивање података добијених експерименталним радом.

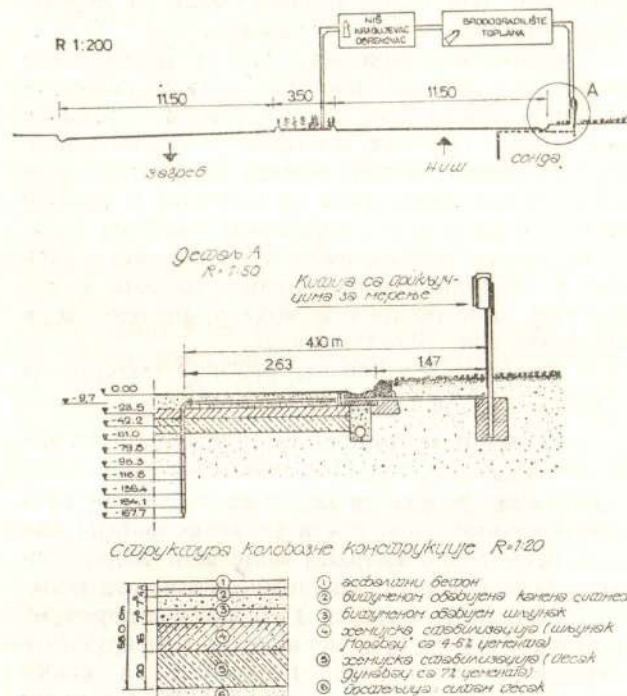
2. АНАЛИЗА ТОПЛОТНОГ РЕЖИМА У КОЛОВОЗНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ АУТО-ПУТА КРОЗ БЕОГРАД

Праћење температурних промена ваздуха, површине коловоза и у слојевима коловозне конструкције и постелици на различитим дубинама, вршено је на аутопуту кроз Београд, у коловозној траци за смер Загреб — Ниш, на око 600 м испред надпутњака за „Сава центар“ у Новом Београду³. Место је у широком усеку дубине 1,3 м тако да је изложено сунчевим зрацима и ветру, поготову што на том потезу нема зграда око ауто-пута.

Сонда за мерење температуре уграђена је у јесен 1977. године и са читавањем је започето у децембру исте године. Очитавања су редовно вршена сваког дана ујутро, у 7 часова и поподне у 15 часова све до марта 1981. године. После тога је са читањем настављено само у зимским периодима, односно у периодима мрза. Повремено је долазило до краћих прекида мерења у трајању од неколико дана због различитих разлога техничке и организационе природе.

На слици 1. шематски је приказан положај сонде, начин уграђивања и структура коловозне конструкције на осматраном месту.

Постелица је од ситног песка. На делу коловозне конструкције налазе се прва три мер-



Сл. 1 — Положај термосонде »Leger« уграђене на деоници аутопута кроз Београд

на елемента. Први је на 0,5 цм испод границе асфалтних слојева, па практично показује температуру на дну асфалтних слојева, односно на горњој површини цементне стабилизације; други је приближно у средини цементом стабилизираних слојева (средишња равна ових слојева је на дубини 40,5 цм а термоелемент је на 42,2 цм); трећи је на дубини 61 цм, односно 3 цм испод доње површине цементом стабилизираних слојева. Остали термоелементи су у пешчаном подтлу.

2.1. Прикупљање, чување и приказивање података

Приликом очитавања термосонде прикупља се укупно 16 података који се уносе у теренски записник. Са теренског записника подаци се преносе на магнетни диск у рачуномском центру Института за испитивање материјала Србије (ИМС) ради обраде и чувања. При томе се шифрују, претварају у целобројне вредности и слажу у матрицу са 16 колона, чији сваки ред садржи резултате једног посматрања. На тај начин прикупљено је 39456 података, сортиранх у 2466 редова, односно подаци су добијени из 2466 очитавања. Поједине колоне матрице имају следеће значење:

- колона 1 — дан (датум 1 до 31)
- колона 2 — месец (1 до 12)
- колона 3 — година (77, 78, 79, ... итд.)
- колона 4 — време очитавања:
 - 1—7 часова ујутро
 - 2—15 часова поподне

Колона 5 — временске прилике:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 1 — ведро | 11 — ведро са ветром |
| 2 — облачно 1/2 | 12 — облачно 1/2 са ветром |
| 3 — облачно | 13 — облачно са ветром |
| 4 — киша | 14 — киша са ветром |
| 5 — суснежица | 15 — суснеж. са ветром |
| 6 — снег | 16 — снег са ветром |

Колона 6 — стање коловоза:

- 1 — сув
- 2 — влажан
- 3 — мокар
- 4 — каша од снега, соли и воде
- 5 — снег
- 6 — лед

колона 7 — температура (+10) ваздуха на 1,8 м изнад коловоза

колона 8 — температура (+10) површине коловоза

колона 9 — температура (+10) у коловозу на дубини 23,5 цм

колона 10 — температура (+10) у коловозу на дубини 42,2 цм

колона 11 — температура (+10) у коловозу на дубини 61,0 цм

колона 12 — температура (+10) у коловозу на дубини 79,8 цм

колона 13 — температура (+10) у коловозу на дубини 98,3 цм

колона 14 — температура (+10) у коловозу на дубини 116,8 цм
 колона 15 — температура (+10) у коловозу на дубини 135,4 цм
 колона 16 — температура (+10) у коловозу на дубини 154,1 цм

2.2. Анализа прикупљених података

Статистичка обрада података вршена је по моћу програма „Статис“, посебно састављеног за ову сврху. Програм омогућује издвајање жељене колоне из матрице и затим за податке који се у њој налазе срачунава основне статистичке величине:

- фреквенцију појаве по задатим интервалима,
- појаву по интервалима у процентима,
- суму,
- средњу вредност,
- стандардну девијацију,
- минималну вредност,
- максималну вредност.

У програм се поред анализиране колоне података читава и још једна колона из матрице (по слободном избору) чији подаци могу да се користе као контролне променљиве, или уз мале допуне у програму, за упоређивање и утврђивање веза између двеју променљивих.

Претходно наведене основне статистичке величине срачунате су за све податке о температурама: температура ваздуха, температура површине коловоза и температуре мерене на осам различитих дубина испод површине коловоза. Ови подаци су смештени у колонама 7 до 16 матрице података.

Средње и екстремне вредности температуре за три посматране године приказане су у табели 1 и на сликама 2 до 5. Такви подаци

за сваки месец у години могу се наћи у литератури⁽¹⁾.

Учесталост (трајање) појаве одређених температурама на посматраним нивоима у коловозној конструкцији анализирана је за температурне интервале величине 5°C. Опсег у коме је очекивана појава температура подељен је на дванаест интервала од по 5°C, почевши од -15°C до +45°C. Поред тих дванаест ограничених интервала додат је још по један интервал на почетку и крају наведеног опсега, да би се у њима регистровале вредности мање од -15° односно веће од +45°C. Графички приказ релативне фреквенције појаве температура за 1979. годину дат је у виду хистограма на слици 6. Такви хистограми су у раду¹ приказани и за сваки месец у години.

Ови подаци могу се врло успешно користити при анализи понашања коловозне конструкције:

— код провере критичних напона и деформација потребно је прорачун извршити при екстремним температурним условима, односно при нормалним и максималним температурама у појединим слојевима,

— код анализе замора, уз коришћење Минеровог закона о акумулативности оштећења, анализа се може вршити по појединим месецима уз дате температурне услове. Једноставним сабирањем месечних штета добија се годишња сума оштећења која служи као основ за предвиђање века трајања коловозне конструкције.

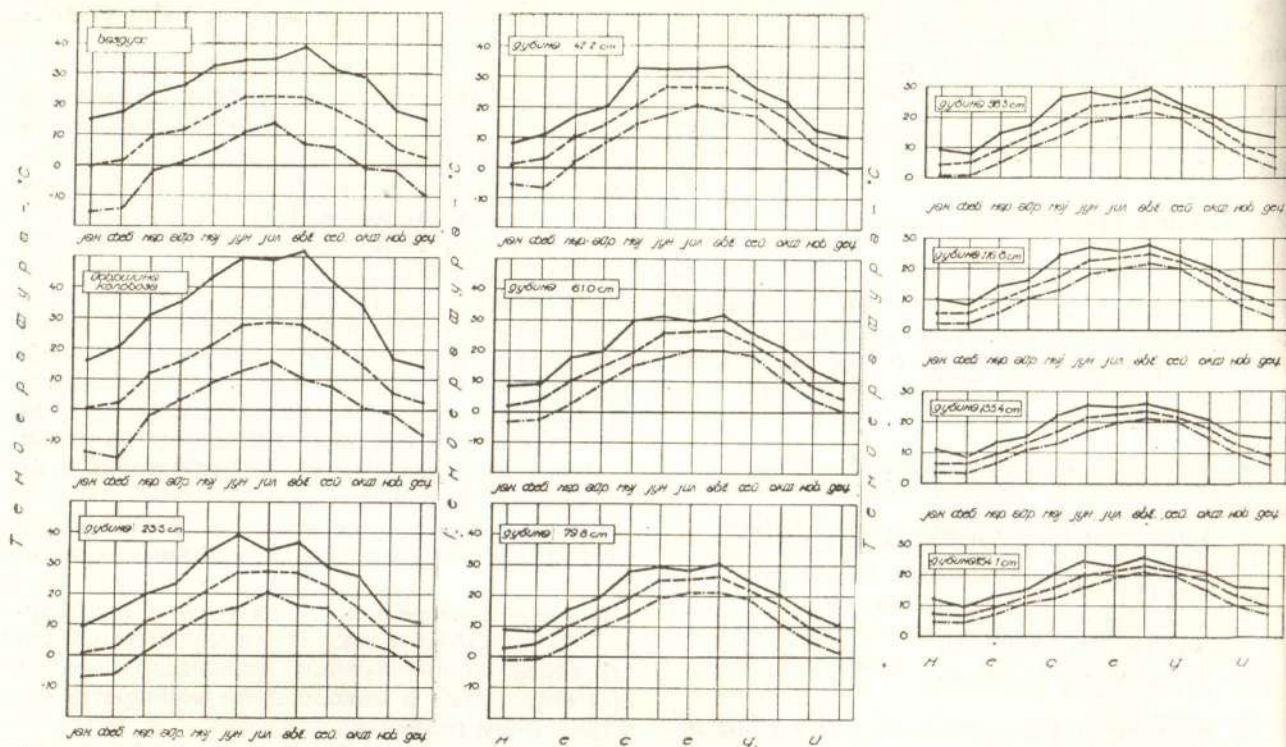
3. ЗАКЉУЧЦИ

Способност коловозне конструкције да дуги низ година подноси саобраћајно оптерећење и да при том пружа одређен ниво сигурности и удобности вожње зависи од многобројних утицајних фактора. Данас се за упознавање тих

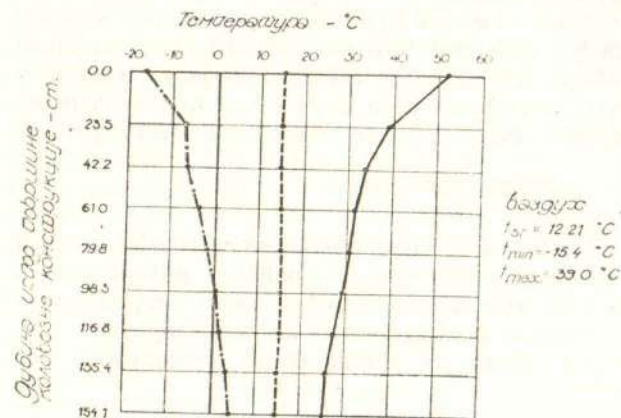
Табела 1. — Средње, минималне и максималне температуре за годину 1978, 1979, 1980.

Табела 1

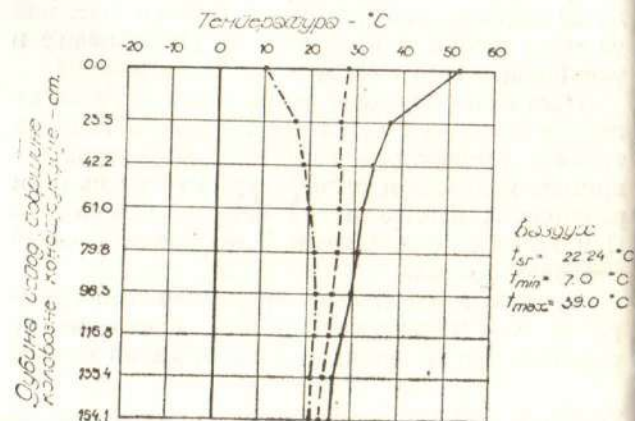
МЕРНА ТАЧКА	ГОДИНА												
	1978.				1979.				1980.				
	Средња температура t_{sr} °C	Стандардна девијација δ °C	Минимална температура $\min t$ °C	Максимална температура $\max t$ °C	Средња температура t_{sr} °C	Стандардна девијација δ °C	Минимална температура $\min t$ °C	Максимална температура $\max t$ °C	Средња температура t_{sr} °C	Стандардна девијација δ °C	Минимална температура $\min t$ °C	Максимална температура $\max t$ °C	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ваздух на 1,8 м изнад коловоза	11,8	9,1	—14,0	33,0	13,4	9,3	—12,0	39,0	11,8	9,7	—15,4	36,0	
Површина коловоза	14,7	11,7	—9,0	47,0	16,0	11,8	—9,8	52,0	14,7	12,6	—13,8	51,0	
Дубина 23,5 цм	14,2	9,4	—1,8	34,0	16,5	10,0	—5,7	39,0	14,2	10,1	—5,6	36,5	
Дубина 42,2 цм	14,2	8,9	—0,4	30,4	16,5	9,4	—3,2	33,8	14,3	9,6	—3,2	31,5	
Дубина 61,0 цм	14,4	8,5	0,8	29,5	16,6	8,9	—1,0	31,6	14,4	9,1	—1,4	30,9	
Дубина 79,8 цм	14,7	7,9	0,5	28,2	16,7	8,2	0,7	30,6	14,6	8,4	0,5	29,8	
Дубина 98,3 цм	14,8	7,2	3,2	26,7	16,7	7,6	2,4	29,4	14,7	7,8	1,9	28,2	
Дубина 116,8 цм	14,7	6,6	4,1	25,4	16,5	6,9	3,7	27,5	14,6	7,0	2,8	26,8	
Дубина 135,4 цм	14,8	6,0	5,3	24,7	16,0	6,2	4,9	25,9	14,3	6,1	4,7	24,9	
Дубина 154,1 цм	14,5	5,4	6,2	23,4	15,9	5,6	5,8	25,7	14,4	5,6	5,8	24,9	



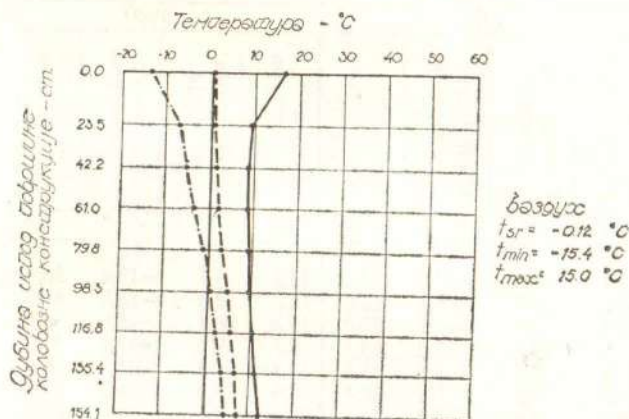
Сл. 2 — Средње, минималне и максималне температуре по месецима у току године



Сл. 3 — Средње и екстремне температуре измерене на различитим дубинама у периоду од 20. 11. 1977. до 31. 03. 1986. године



Сл. 5 — Средње и екстремне температуре измерене на различитим дубинама у августу 1978, 79, 80. године

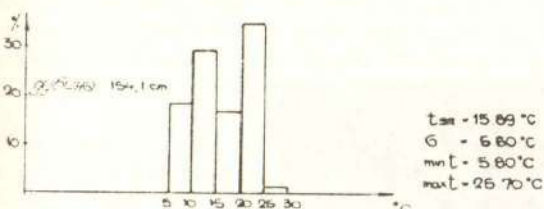
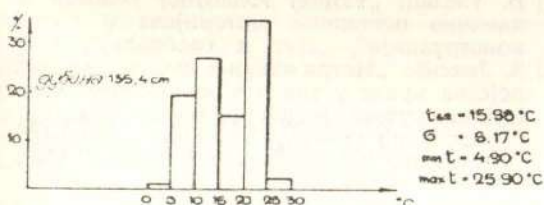
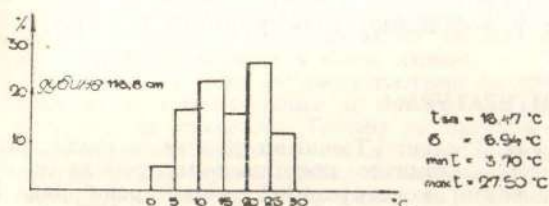
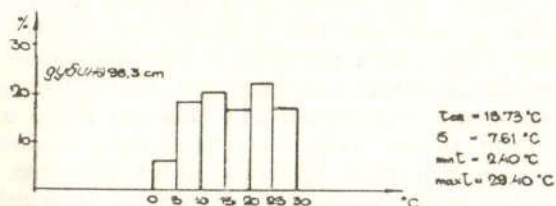
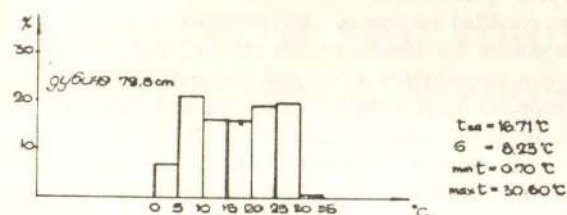


Сл. 4 — Средње и екстремне температуре измерене на различитим дубинама у јануару 1978, 79, 80, 81, 85, 86. године.

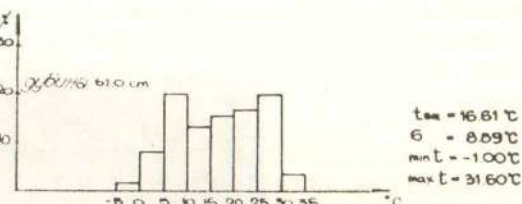
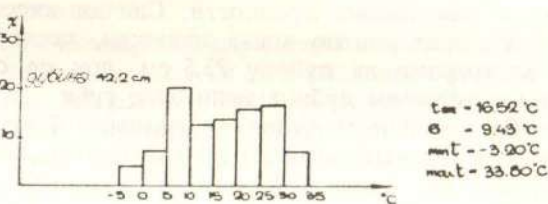
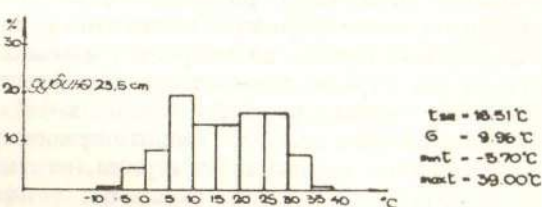
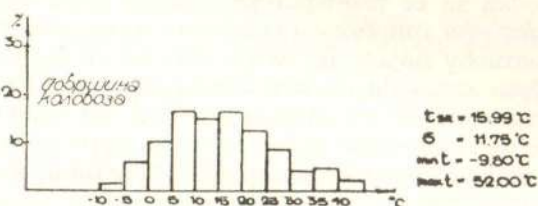
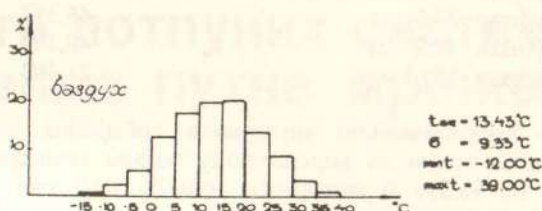
фактора улажу велики напори, многобројна истраживања се посвећују проучавању понашања појединих материјала или коловозне конструкције као целине при условима који ће реално владати у току њене експлоатације под саобраћајем. При томе се температура, или уопштено речено топлотни режим који се јавља у коловозној конструкцији, мора истаћи као један од најважнијих фактора са врло значајним и врло разноликим утицајем на понашање појединих материјала, а с тиме и на понашање целе коловозне конструкције.

Из приложених дијаграма, емпиријских или аналитички одређених веза добијају се врло употребљиви подаци за практичну примену код анализе различитих случајева понашања коло-

GODINA 1979



GODINA 1979



Сл. 6 — Релативна фреквенција појаве температура измерених 1979. године по интервалима величине 5°C .

возне конструкције при различитим температурама.

Укратко, најинтересантији закључци изведени из обављених испитивања су:

— Средње годишње температуре на различитим дубинама у коловозу и подтлу су уједначене и врло су блиске средњој годишњој температури површине коловоза; до посматране дубине од 154,1 cm максималне разлике између температура на појединим нивоима износе до $0,8^{\circ}\text{C}$.

— Средња годишња температура површине коловоза виша је од средње годишње температуре ваздуха за око 2,5 до 3°C , што се објашњава повећаним дотоком топлоте на површину коловоза услед преношења топлоте зрачењем.

— Ако се на основу статистичких показатеља срачунају интервали у којим су за посматране године вероватноће појаве температура износиле $95,5 (x \pm 2\sigma)$, најмањи и највећи добијени интервали су:

ваздух	$37,2^{\circ}$ и $38,8^{\circ}\text{C}$
на површини коловоза:	$46,8^{\circ}$ и $50,4^{\circ}\text{C}$
на дубини 23,5 cm:	$37,6^{\circ}$ и $40,4^{\circ}\text{C}$
на дубини 42,2 cm:	$35,6^{\circ}$ и $38,4^{\circ}\text{C}$
на дубини 154,1 cm:	$21,6^{\circ}$ и $22,4^{\circ}\text{C}$

(за остале податке видети табелу 1)

— Према минималним и максималним измереним температурама, на истим нивоима је опсег у коме се јављају температуре следећи:

ваздух	54,4°C
површина коловоза	68,0°C
дубина 23,5 см	45,3°C
дубина 42,2 см	40,1°C
дубина 154,1 см	21,4°C

— Упоређивањем интервала добијених рачунским путем за вероватноћу појаве температура од 95,5% и интервала између најниже и највише измерене температуре, долази се до закључка да се температуре стварно појављују у релативно широком опсегу ван интервала за вероватноћу појаве од 95,5%, али да се тај опсег брзо смањује са повећањем дубине испод коловоза, па се на дубини од 154,1 см максималне и минималне измерене температуре налазе чак унутар интервала за вероватноћу појаве од 95,5%.

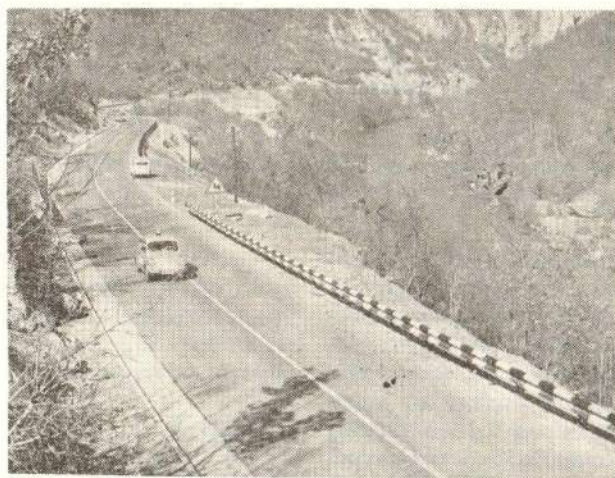
— Облик хистограма расподеле температура указује на закон нормалне расподеле, с тим што се код хистограма за површину коловоза запажа да на страни максималних вредности постоји већи ексцентритет расподеле, који се објашњава утицајем преноса топлоте зрачењем у топлим сунаним дачницама. На страни негативних температура не постоји адекватан утицај који би на сличан начин „развукао“ расподелу у смеру негативних вредности. Сличан ексцентритет, али знатно мање изражен, постоји код хистограма за дубину 23,5 см, док се са даљим повећањем дубина врло брзо губи.

— Са повећањем дубине у коловозној конструкцији и подтлу, утицај краткотрајних, екстремних температура се смањује, па се хистограм расподеле све више сужава. Практично се утицај дневних екстремних температура површине коловоза осећа до дубине од око 32 см (дно асфалтних слојева) а са даљим повећањем дубине брзо опада, тако да већ на око 61 см нема никаквог практичног значаја.

На крају се може нагласити да резултати истраживања топлотног режима у коловозној конструкцији и његовог утицаја на механичко понашање материјала у појединим слојевима треба да послуже као подстицај за ширу примену савремених поступака димензионирања и анализе понашања коловозних конструкција у току њихове експлоатације. На том пољу остаје још много отворених проблема, нарочито када су у питању одређивање динамичких модула и дефинисање закона замора материјала при различитим температурним условима који се у коловозној конструкцији појављују.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Б. Узелац: „Топлотни режим и његов утицај на механичко понашање материјала у коловозној конструкцији“, магистарски рад, Грађевински факултет у Београду, 1987.
- [2] Б. Узелац: „Утицај топлотног режима на механичко понашање материјала у коловозној конструкцији“, „Пут и саобраћај“, 1—2/1988.
- [3] З. Јоксич: „Истраживање дубине мржњења и дејства мраза у тлу и у коловозним конструкцијама путева и аеродромских pista“, тема обрађена по уговору са РЗНС у Институту за испитивање материјала СР Србије 1978. год.



Деоница пута бр. 15 од Бистрице до Пријепоља

Структура и могућности потпуних система за управљање коловозима путне мреже

Др ЗОРАН РАДОЈКОВИЋ, дипл. инж.
Институт за путеве, Београд

Високо стручни рад
UDK 625.71:(625.76+65.012.2)

РЕЗИМЕ

У овом раду објашњен је и описан комплетни развијени систем управљања путевима са приказаним примерима из разних земаља, а посебно оних у фази израде.

Описани су неки од ових система за програмирање краткорочних и дугорочних активности на путевима. Такође су приказане њихове оспособљености за процену односа између стања путне мреже и величине финансијских средстава одређених за поједине планске периоде.

УВОД

Системи за управљање коловозима путева прерасли су, у току двадесетогодишње праксе, од почетних концепата, до потпуних и готових радних принципа. Бројна искуства у примени ових система у различитим земљама и на различитим нивоима одлучивања довели су до веома добро формулисаних принципа формирања функционисања таквих Система.

Због чега системи за управљање коловозима путева изазивају велико интересовање и због чега ће, како се предвиђа, то интересовање све више расти? Свакако да се основни разлог садржи у чињеници да овакви Системи пружају најбоље могућности оцењивања добити, губитака и опште ефикасности уложених финансијских средстава. Они директно одражавају успешност улагања великих финансијских средстава у путну инфраструктуру, а при том остају функционални, релативно лако разумљиви и корисни, као помоћно средство, онима који доносе одлуке на свим нивоима (¹).

Првобитни концепти формирања Система нису се, у поменутом двадесетогодишњем искуству и примени, у погледу обима и систематичности процеса битно изменили (²). Променила се и мења се, захваљујући свакодневном напретку у појединим областима или „модулима“ Система, само његова „дубина“, прецизност и тачност, али они и даље, на систематичан начин обједињују све активности одржа-

вања и управљања: програме за сакупљање података различитих врста на различитим деоницама, њихову обраду, одређивање тренутних и дугорочних потреба рехабилитације и одржавања, и реализацију ових планова кроз пројектовање и извођење радова (³).

Већина постојећих система за управљање коловозима путне мреже представља систематичан приступ планирању радова рехабилитације или редовног или текућег одржавања, заснован на процени тренутног и будућег стања коловоза (^{4 5}).

То планирање, одржавање и рехабилитација, представља, како се зна, сложени процес доношења одлука у који је укључен избор одговарајућих деоница на којима треба интервенисати, као одговор на питање где; одговарајуће одређивање термина обављања тих интервенција, као одговор на питање када; и избор адекватних мера одржавања и рехабилитације, као одговор на питање како. Добијање оптималних одговора на сва ова питања, што претпоставља и избор најповољније стратегије у условима различитих финансијских, административних, организационих, технолошких и других ограничења, могуће је, једино, применом потпуних Система за управљање.

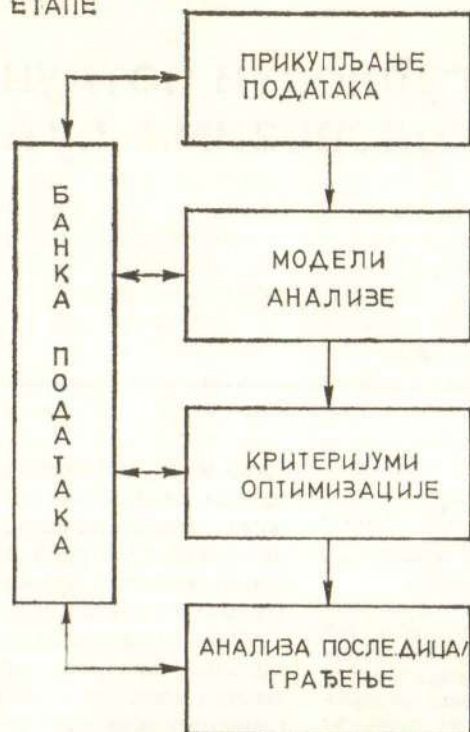
Овај рад приказује њихову основну структуру и неке користи од примене таквих Система.

1. ОСНОВНА СТРУКТУРА ПОТПУНИХ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ

Може се, са доста тачности, тврдити да Системи за управљање на данашњем степену развоја, у највећем броју случајева (земаља) садрже четири главне фазе. У првој фази се обично утврђује објективно стање путне мреже и то како тренутно тако и током периода за који се програм изводи (обично пет година за средњорочне и десет година за дугорачне програме). То се постиже једино коришћењем модела за предвиђање стања, односно перформанси, који су способни да објективно опишу стање коловоза без предузимања икаквих мера,

Рецензент: проф. др Здравко Јоксич

ЕТАПЕ



ЕЛЕМЕНТИ

- СТРУКТУРНО СТАЊЕ КОЛОВОЗА
- ФУНКЦИОНАЛНО СТАЊЕ КОЛОВОЗА
- САОБРАЋАЈНИ УСЛОВИ (ИНТЕНЗИТЕТ И ОПТЕРЕЂЕЊЕ ОСОВИНЕ)
- ТРОШКОВИ И КОРИСТИ (ЗА КОРИСНИКЕ, ЗА ДРУШТВО)
- ПРЕДВИЂАЊЕ ПЕРФОРМАНСИ КОЛОВОЗА
- ПРЕДВИЂАЊЕ ОШТЕЂЕЊА
- ОПЦИЈЕ/СТРАТЕГИЈЕ ОДРЖАВАЊА
- ТРОШКОВИ И КОРИСТИ ОД ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ У ОБЛАСТИ САОБРАЋАЈА
- ТРОШКОВИ И КОРИСТИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ У ОБЛАСТИ КОЛОВОЗА
- НАЈМАЊИ НИВО ФУНКЦИОНАЛНИХ СПОСОБНОСТИ КОЛОВОЗА
- НАЈМАЊИ НИВО СТРУКТУРНИХ СВОЈСТАВА КОЛОВОЗА
- МИНИМАЛНИ ОПШТИ ТРОШКОВИ ИЛИ МАКСИМАЛНА ЧИСТА ДОБИТ
- ВЕЛИЧИНЕ ПОТРЕБНИХ ФИНАНСИЈСКИХ СРЕДСТАВА
- ПЛАНИРАЊЕ РАДОВА ОДРЖАВАЊА

или са применом различитих алтернатива радова одржавања и рехабилитације. Друга велика фаза обухвата, обично, економску анализу (која може по својој природи бити различита, али је у највећем броју модела то анализа добити и трошкова за сваку од могућих, различитих, алтернатива рехабилитације) и то за све деонице путева или итинерере који су дефинисани према изведеним закључцима у првој фази. Изведене економске анализе у већини Система представљају улазне информације за спровођење поступка оптимизације. Циљ оптимизације је одређивање приоритета између деоница или целокупних итинера у путној мрежи, што има за последицу увећавање добити од уложених ограничених финансијских средстава. Резултат оптимизације је сам програм рехабилитације или друге врсте извештаја, о чему ће касније бити речи.

На слици 1 приказане су шематски основне етапе процеса управљања коловозима, као синтеза појединачних процеса који се користе у највећем броју постојећих Система у свету.

На слици 2 приказана је шема једног конкретног Система за управљање коловозима путева.

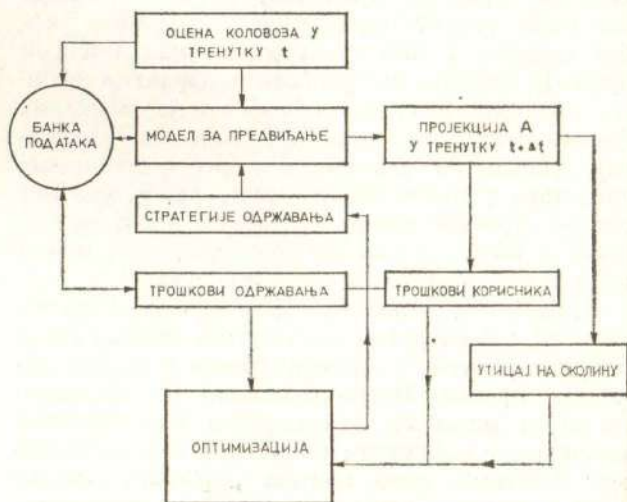
1.1. Банка података

Потреба формирања информатизоване Банке података потврђује се у свим до сада објављеним концептима Система за управљање коловозима. О начинима њиховог формирања, тешкоћама које тај процес прате, дилемама приликом избора података који ће се прикупљати

и складирати, постоје већ и добра југословенска искуства и литература⁽⁵⁷⁾.

Када се о Системима за управљање коловозима ради, битно је да се у Банку података унесу они подаци који ће омогућити реализацију постављених циљева Система и квалитативну процену могућих алтернатива одржавања или рехабилитације.

Пристап Банци података мора бити обезбеђен на свим нивоима њеног коришћења. У последње време то коришћење се обавља претраживањем информисања са микрокомпјутерима или великим Системима.



Сл. 2. — Шема модела за управљање коловозима путева у једном конкретном случају^(*)

Овакав начин коришћења информација из Банке података (Scientific Information Retrieval), уз развијање одређеног броја програма за исписивање жељених извештаја, омогућава стварање статистичке датотеке о коловозима путне мреже.

1.2. Испитивање коловоза, уређаји и системи за мерење

1.2.1. Класификација испитивања коловоза

Испитивања и мерења на коловозима путне мреже обављају се у унапред одређеним временским интервалима (сходно брзини промене индикатора који се мери, рангу пута, величини саобраћајног оптерећења, учинцима уређаја за мерење, итд.) да би се, с једне стране, оценило тренутно стање коловоза и с друге, проценио степен општећења у будућем програмском периоду. Уобичајно је, у Системима за управљање, постојање три категорије ових прегледа:

- 1) редовни прегледи коловоза на читавој путној мрежи
- 2) детаљно испитивање на нивоу једног пројекта (једне деонице) која служи пројектовању алтернатива или одржавања или рехабилитације; и
- 3) периодично обилажење и надзор путне мреже.

Зависно од локалних услова у којима се поставља Систем за управљање коловозима, јер је он пре свега конкретан на конкретне проблеме путне мреже у задатим политичким, административним, климатским и другим условима у пракси је уобичајно праћење и мерење различитих показатеља стања коловоза (7). Такође, на општи начин, ова испитивања, начини и уређаји са којима се она обављају могу се груписати и синтетизовано приказати на начин показан на табели број 1.

Табела 1. — Најчешће коришћени показатељи стања и уређаји за њихово мерење

Врсте прегледа и мерења (показатеља)	Визуелни преглед	Носивост коловозне конструкције	Подужна равност коловоза	Храпавост површине коловоза	Друга мерења
Начин и уређаји за мерење	● Ручно	● Дефлектограф »Lascoix«	● APL	● SCRIM	● Специјални уређаји за мерење дубине колотрага
	● Ручно као додатак мерењу носивости	● Дефлектограф »Lascoix« модифицирани	● Бумп Интегратор	● Уређаји са при-колицама	
	● GERPHO	● Дефлектограф са падајућим теретом FWD	● Соилтест СТ44		
	● Ручно и GERPHO	● Динафлет	● Видео ласерски уређај		● Видео и ласерски уређај
	● Ласерски уређај	● Бенкелманова греда	● Ласерски уређај		

Очигледно је да су за показатеље стања, захваљујући све већем напретку науке и посебно механике коловоза као и разумевању понашања коловоза у експлоатацији, изабрани показатељи који на то понашање имају и највише утицаја. Уређаји за мерење су развијани у релативно дугом периоду времена (више од 20 година) до остваривања садашњих, добро познатих верзија. Међутим, напредак је свакодневни и најчешће се односи на побољшање њиховог учинка, аутоматизацију и тачности података мерења која ће задовољити касније суштинске техничке и економске анализе.

Највећи број уређаја за мерење наведених у Табели 1 познат је нашој стручној јавности. Неки од њих се (на жалост, недовољно коришћени већ су на крају свог века експлоатације) налазе и у нашој земљи, те ћемо се овде задржати једино на краткој информацији о потпуно новим системима за мерење, непознатим у нас. Недавно је у Јапану у практичну употребу уведен нови аутоматизовани систем за сакупљање података о коловозима APDSC (Automated Pavement Data Collection System) који истовремено мери три површинске карактеристике коловоза (пукотине, дубину и распрострањеност колотрага и равност), при нормалној брзини кретања у саобраћају (8). Посебна својства овог система су:

- веома брзо снима податке и ефикасно их обрађује;
- довољно висок ниво тачности мерења;
- Системом се управља из возила па се мерења на путу обављају без угрожавања нормалног тока саобраћаја

На табели 2 су приказани основни поступци које користи систем APDS.

Један од најразвијенијих уређаја за аутоматску обраду и снимање података о путевима и коловозима је без сумње канадски уређај ARAN (Automatic Road Analyzer)(9).

Табела 2. — Врсте испитивања и механизам мерења уређајем APSD (8)

Предмет испитивања	Механизам мерења
ПУКОТИНЕ	Површина коловоза се непрекидно фотографише при нормалној брзини вожње. Филм се носи у лабораторију на обраду, а распрострањеност пукотина на свакој деоници обрачунава се комбинаваном мерном методом. Комбинација камере и извора светлости се мења, зависно од модела. Карактеристичне су следеће комбинације: а) дифракциона камера и халогена лампа, б) специјална видео камера и скенерски поступак ласерским светлосним снопом, г) 35-милиметарска камера и стробоскопска лампа
КОЛОТРАЗИ	Попречни профил деонице коловоза мери се на унапред одређеном интервалу (на пример 20 м), при нормалној брзини вожње. Дубина колотрага сваке деонице аутоматски се обрачунава. Опрема која се користи при мерењу, мења се зависно од модела. а) статичка ТВ камера и скенерски поступак ласерским светлосним снопом, б) телевизијска камера и оптички пројектор са скалом
РАВНОСТ	Раздаљина између три детектора закачена испод возила којим се врши испитивање, и површине пута, мери се узастопно на интервалима од 1,5 м. Затим се вредност подужне равности сваке деонице, аутоматски обрачунава. Специфична опрема која се користи за мерења, варира зависно од модела. а) ласерски даљиномер б) уређај за мерење убрзања (акцелерометар)

Његова примена у бројним државама Северне Америке и Европе (Холандија, Белгија, Италија, Швајцарска) је већ у току или се предвиђа коришћење у најскорије време.

Уређај за мерење ARAN мери и оцењује:

- удобност вожње, подужну неравност
- дубину колотрага, (мм)
- подужни нагиб, (%)
- попречни нагиб, (%)
- попречни профил
- полупречник хоризонталних кривина,

- стање оштећености површине коловоза су израчунавање оцене стања појединачних потеза,
- видео снимак.

Како се види, уређајем ARAN не мере се једино дефлексија и отпор клизању (храпавост).

Најкраћи опис начина мерења и излазних података се може дати на следећи начин:

— Удобност вожње, односно неравност површине коловоза мери се применом уређаја за мерење убрзања акцелерометра монтираног на задњој осовини возила ARAN, којима се мери просечно вертикално убрзање акцелерација) између два точка возила.

Резултати мерења исказују се Индексом удобности вожње (RCI) у опсегу од 0—10, или Индексом употребљивости коловоза (PSI) у опсегу од 0—5, или Интернационалним индексом неравности (IRI).

На основу измерених вредности израчунава се и подужни профил коловоза.

Сви резултати се могу приказати на електронском систему за обраду података још у току самих мерења.

— Дубина колотрага мери се са 13 ултраосетљивих померљивих претварача (трансдјусера) лоцираних на вертикално померљивој јединици (бамперу) са одговарајућом шпиком. Излазни податак мерења може се приказати у цоловима или милиметрима. Интервал мерења података о дубини колотрага одабира корисник система. Мерење се може вршити до максималне брзине кретања уређаја од 55 км/час.

— Попречни профил и покретни нагиб коловоза мере се са ултраосетљивим сензорима. Попречни нагиб се израчунава у процентима.

— Радијус хоризонталних кривина мери се применом дирекционог жирокопа. Мерења, анализе и приказ полупречника кривине добија се комбинацијом ARAN жирокопа, одговарајућег софтвера и завршног процесног програма.

— Стање површине коловоза, тј. стање његове оштећености оцењује се уређајем ARAN, примењујући пар микропроцесора за контролисање оцене стања коловоза (PCR), за унете и забележене податке оператора који опажа оштећења.

Систем обраде даје оцену стања коловоза срачунату и са подацима о индивидуалним опажанјем оператора, који подразумевају и нивое тежине оштећености које дефинише оператор.

Оштећеност се исказује као Индекс оштећености површине коловоза (SDI). Максимална брзина при прикупљању података о оштећености површине коловоза зависи од могућности оператора да запажа и бележи податке и од захтеваног нивоа тачности. Неке могућности за PCR мерење са ARAN системом укључују примену и друге видео камере, монтиране на задњем делу ARAN возила. Друга ка-

мера је уперена вертикално на површину коловоза и њоме је могуће направити снимак по читавој ширини коловоза при брзини кретања до 55 км/час. Овај снимак може се применити за побољшање тачности унетог податка о оштећености коловоза, а снимање се може вршити и снимак по снимак.

— осим наведеног, ARAN систем пружа и „видео податак“, снимљен помоћу видео камере, видео монитора и видео рикордера који су монтирани на њему.

1.2.2. Оцена тренутног стања коловоза

За објективну процену стања виталних елемената коловозне конструкције пута могућа су два прилаза: оценом „индекса употребљивости“ и оценом појединачних параметара од којих је сваки повезан са одређеним употребним својством конструкције.

Први од ових приступа је онај који се користи у СД Америке (метод PSI) и то на темељу резултата испитивања AASHO теста. На сличним или на истим основама засновани су бројни други глобални индикатори стања који се примењују у многим земљама од којих су неки већ поменути, а други ће овде бити више објашњени. Најзначајнија вредност ових поступака је што омогућавају изражавање стања

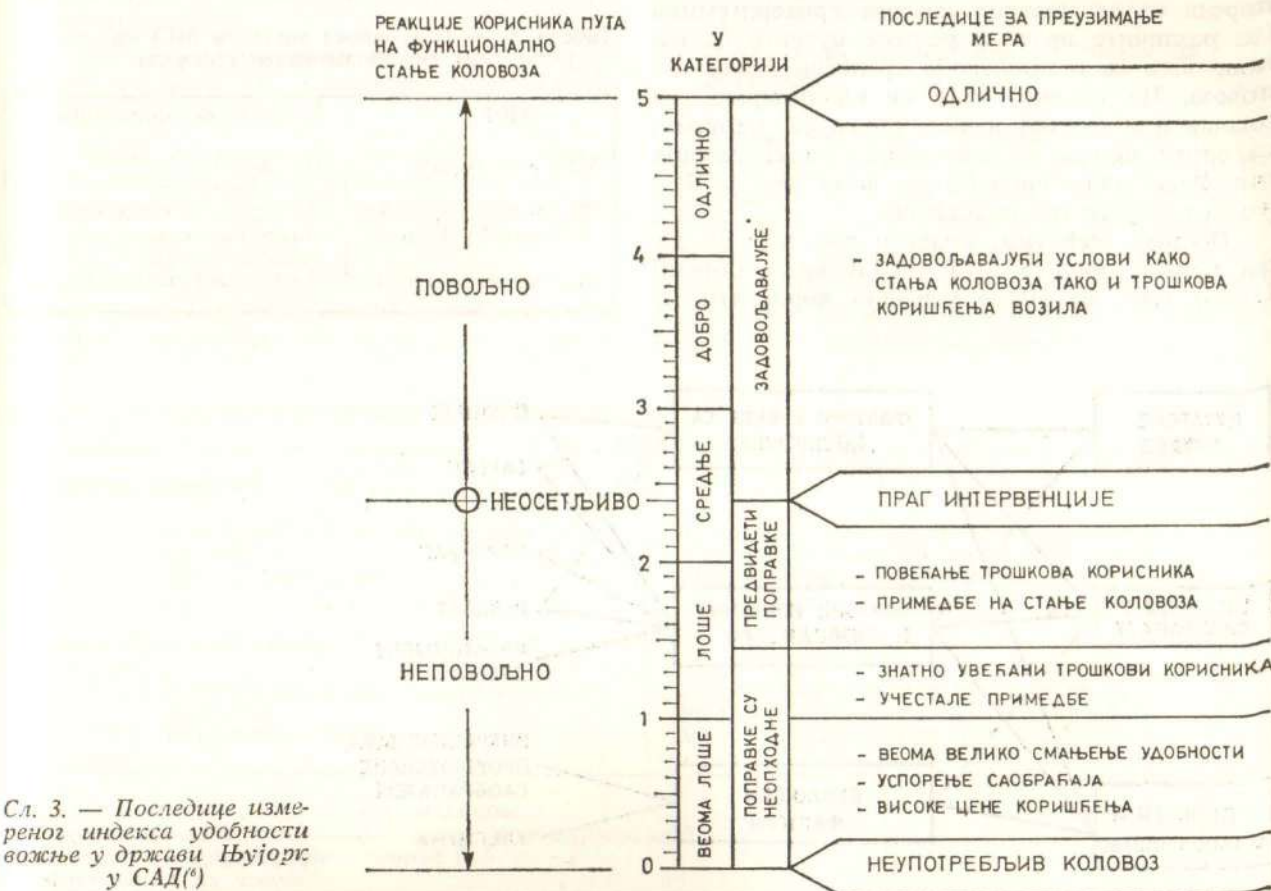
коловозних конструкција једном, јединственом оценом, чиме се омогућава лака и брза класификација, и на искуству заснован однос између те оцене и будућег понашања конструкције. Међутим, не могу се сакрити и неке неподобности овог поступка, од којих су наведене само неке, повезане са тешкоћом интерпретације:

— Глобални показатељи овог типа најчешће се практично изражавају преко индекса удобности, трења, итд. што доводи до тога да спајање њихових различитих природа у један нумерички коефицијент није једноставно начинити;

— Могуће је лако добити исту вредност за различите деонице путева, сасвим другачије по природи оштећења;

— Вредност оваквих показатеља није повезана са носивошћу коловозне конструкције, итд.

Ови глобални показатељи добијају се обично из резултата мерења више карактеристика и показатеља коловоза који се замењују једним јединим бројем. Пример оцењивања стања на основу једнога од њих, индекса удобности возње (Present Readability Index) који се користи у бројним земљама Северне Америке и Канаде, заједно са последицама које та оцена стања има на коришћење коловоза, приказан је на слици 3.



Сл. 3. — Последице измереног индекса удобности возње у држави Њујорк у САД(а)

Постоје, такође, индекси којима се класификују и квантификују површинска оштећења коловозне конструкције, који се заснивају на интерпретацији података о броју- интензитету и распрострањености појединих типова оштећења запажених на коловозу током визуелног или аутоматског снимања. У највећем броју случајева запажају се: попречне и подужне пукотине, мрежасте пукотине малог или великог пречника окца мреже, ударне рупе, површинска заступљеност и површина коловоза на којој су већ примењене интервенције делимичног (редовног) одржавања. Ове се врсте оштећења спајају у један индекс (мада има и сасвим другачијих начина интерпретације ових резултата) као на пример у индекс оштећења (Distress Index/ID) како је то случај у Финској⁽¹⁰⁾ множењем степена оштећења и следећих фактора:

Индекс оштећења = 1,0 x мрежасте пукотине (представља (м)² + збир свих 0,5 x подужне пукотине врста (м) + пукотина) 0,1 x попречне пукотине (м) + 1,0 x (број ударних рупа) + 1,0 x површина оштећеног коловоза (м²).

Овај се индекс срачунава на сваких 100 метара коловоза. Добивена вредност индекса пореди се са унапред задатим критеријумима (за различите врсте и рангове путева), на основу чега се и процењује тренутно стање коловоза. Из индекса који су конципирани на овакав или сличан начин, тешко је, међутим, створити моделе за предвиђање даљег развоја оштећења или понашања коловоза, што је битно за поступак оптимализације.

Постоје, међутим, индекси као што је то, на пример индекс MCI (Maintenance Control Index) који се може успешно користити не

само као средство за процену општег стања коловоза, већ и за предвиђање његовог будућег понашања на начин како ће то бити касније објашњено⁽⁸⁾. У процесу његовог формирања, вредности субјективне процене стања коловоза добијене визуелним прегледима доведене су у узајамни однос са објективним мерењем три карактеристике коловоза: распрострањеност пукотине, дубина колотрага и подужна равност.

На слици 4 приказана је међусобна зависност различитих корисника ових информација и њихова класификација у три основне групе података од интереса за сам Систем управљања и доношење одлука.

Једначина којом се срачунава MCI број гласи:

$$MCI = 10 - 1,48CR^{0,5} - 0,29RD^{0,7} - 0,47LR^{0,2}$$

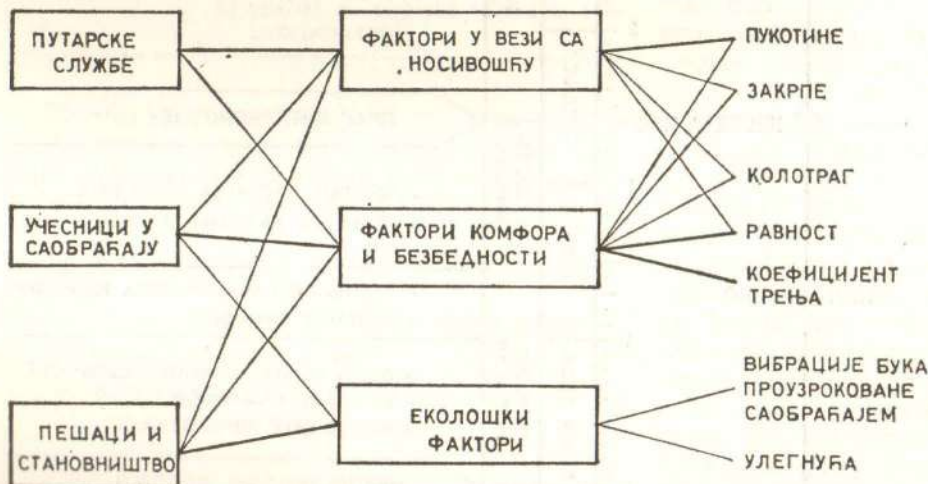
где су:

CR — површина коловоза захваћена пукотинама (%),
RD — дубина колотрага (mm) и
LR — подужна равност (mm)

На следећој табели 3 приказан је опсег вредности MCI броја и његова директна функционална повезаност са различитим мерама одржавања или рехабилитације коловоза.

Табела 3. — Повезаност индекса MCI са потребама рехабилитације коловоза

MCI	Потреба рехабилитације
MCI веће од 5,0	Непотребно је интервенисати
MCI између 4,0 и 5,0	Потребно је одржавање
MCI између 3,0 и 4,0	Потребна мања рехабилитација
MCI мање од 3,0	Потребна рехабилитација



Сл. 4. Класификација информација и њихова повезаност са корисницима⁽⁸⁾

Други приступ оцењивању стања коловоза назван „параметарском анализом“ ослања се на предходне, обично стандардима одређене доње, граничне, вредности сваког појединог параметра. Те вредности, или прагови толеранције добијају се, за сваки од њих, у функцији дозвољених последица по кориснике удобност и безбедност), као и у зависности од дозвољеног, граничног стања коловозне конструкције у погледу њене носивости и оштећења. Измерене вредности појединих параметара по том се, на једноставан начин, упоређују са дозвољеним. Овакав приступ омогућава лаку интеграцију резултата мерења, мада су ти резултати по природи различити, као и њихову комбинацију у функцији сваког појединачног циља одржавања.

Вероватно је да се најразвијенији систем за параметарску анализу налази, међу до данас познатим решењима, у француском „Водичу за превентивно одржавање“ који се, као обавезан, примењује на националној путној мрежи Француске (28.000 км).

1.2.3. Предвиђање перформанси коловоза

Досадашња истраживања у овој области имала су два основна циља који би требало да омогуће прецизније познавање трошкова експлоатације и спровођење исправног поступка оптимизације⁽¹⁾.

— Оцена утицаја промене стања (перформанси) коловоза на трошкове експлоатације возила;

— Оцена ефикасности стандарда и норматива за пројектовање и грађење поређењем различитих типова решења, да би се за будућност изабрало најбоље.

Треба, међутим, приметити да веома мало истраживања постоји у овим областима. Сва досадашња изучавања имала су у жижи инте-

ресовања квантификацију промене стања у смислу утицаја те промене на трошкове одржавања и трошкове експлоатације.

У неким случајевима, промена стања коловоза у моделу перформанси оцењује се на основу равности (Индекс ИРИ — Интернационални индекс равности) као што је то у случају модела Светске банке — трећа верзија HDM — III⁽²⁾. Неки модели се, опет, заснивају на проучавању промене дубине колотрага или индекса оштећења.

Статистичке анализе које су послужиле за формирање оваквих модела перформанси показале су да се најбољи модели, са високим коефицијентом корелације, добијају формирањем линеарних једначина које узимају у обзир и саму природу појава које проучавају. У случају већих искустава у праћењу стања, ове се једначине могу поставити и за сваку деоницу посебно. Овако добијени резултати су веома поуздани, али њихово обезбеђење захтева дуготрајна осматрања. Поред оваквих статистичких анализа података о стању коловоза, могућа је и теоретска процена коловоза. Она се обавља на темељу познавања, на пример вредности дефлексија, оптерећења, сукцесивних линија замора материјала у појединим слојевима конструкције, итд.

Као примр, а табели 4. приказане су једначине за предвиђање промене MCI вредности, а које су формиране на основу прво поменутих поступака (8).

1.3. Потребе рехабилитације коловоза на путевима

У овом „модулу“ укупних Система за управљање коловозима, срачунавају се потребе за различитим алтернативама рехабилитације на основу модела предвиђања и граничних или дозвољених вредности појединих индикатора стања — глобалних или појединачних, зависно од Система. Те се потребе рачунају у целокупном периоду планирања, што у средњорочним

Табела 4. — Предвиђање промене MCI вредности

Умерени климатски услови Новоградња и реконструкција Појачање Површинска обрада	$MCI = 9,2 - 4,8 \cdot a - 0,34 \cdot 10^{-4} \cdot b - 0,22 \cdot 10^{-1} \cdot c$ $MCI = 9,3 - 0,51 \cdot a - 0,49 \cdot 10^{-4} \cdot b - 0,22 \cdot 10^{-1} \cdot c$ $MCI = 8,7 - 0,65 \cdot a - 0,63 \cdot 10^{-4} \cdot b - 0,22 \cdot 10^{-1} \cdot c$
Тешки климатски услови Новоградња и реконструкција Појачање Површинска обрада	$MCI = 10,1 - 0,41 \cdot a - 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot b - 0,10 \cdot 10^{-1} \cdot c$ $MCI = 9,7 - 0,42 \cdot a - 0,27 \cdot 10^{-3} \cdot b - 0,45 \cdot 10^{-1} \cdot c$ $MCI = 10,2 - 0,71 \cdot a - 0,44 \cdot 10^{-3} \cdot b - 0,28 \cdot 10^{-1} \cdot c$
где су: а: старост изражена у годинама б: густина саобраћаја (возила/саобр.трака/дан) ц: учешће теретних возила (%)	

периодима представља уобичајено раздобље од пет година.

Ове претпоставке дозвољавају да се одређене деонице пута могу појавити на списку потреба за рехабилитацијом више пута. (На пример: случај одлучивања по параметру појаве колотрага на веома оптерећеним деоницама путева са каналисаним саобраћајем и, наравно, у случају асфалтних коловоза).

Све деонице посматране путне мреже на којима је процењена потреба различитих мера рехабилитације, осим оних на којима се та мера мора поновити, подвргавају се економској анализи, за период програмирања. За такве изузетне деонице то значи да се оне морају узети у обзир више пута, односно исте године када се, као у примеру колотрага, прекораче његове дозвољене вредности.

1.4. Економска анализа

Срачунати трошкови и добит различитих алтернатива рехабилитације на свакој деоници путне мреже користе се као улазни подаци за спровођење економске анализе (оптимизације). Та економска анализа обухвата поређење две различите стратегије рехабилитације које су технички оправдане, а могу се спровести сваке године током периода програмирања, на свим оним деоницама на којима је предузимање ових мера потребно током тог периода. Овакав приступ, наравно претпоставља постојање веома развијених могућности примена адекватних техничких мера рехабилитације. То значи да сваком појединачном недостатку коловоза одговара најмање једно, а често и више различитих, адекватних техничких решења, која се међусобно могу поредити у смислу економске анализе трошкова и добити. Трошкови редовног одржавања узимају се у обзир у случају одгађања примене мера рехабилитације после оптималног временског момента, или када се на темељу модела перформанси очекује прекорачење дозвољене вредности појаве посматраног показатеља.

Срачунавање финансијских ефеката померања пожељног термина извођења радова (унапред, тачно на време, или кашњење) врши се за случај сваке алтернативне стратегије, при чему се добит дефинише тако што се век трајања алтернативног решења рехабилитације множи са просечним дневним саобраћајем. Правовременост извођења радова се такође узима у обзир, тако што се у неким Системима, на пример, успостављају граничне вредности за прву и последњу прихватљиву годину рехабилитације. Прва прихватљива година рехабилитације дефинише се обично тако што се радови рехабилитације могу обавити када вредност глобалног индекса или посматраног показатеља стања пређе, на пример, 75% од вредности која се претходно усвојила као дозвољена. Последња година рехабилитације обично

значи да се радови морају извести пре него што величина тих вредности (показатеља на темељу којих се одлучује) не пређе двоструку вредност од дозвољене. Овакви критеријуми, поред осталог, како то искуства из примене Система показују, спречавају планирање рехабилитације путева који су у добром стању, или пак одлагање предузимања мера, из године у годину, на путевима која доносе малу срачунају добит.

1.4.1. Оптимизација

У бројним Системима за управљање коловозима, пошто се за сваку годину програмирања срачунају трошкови и добит за сваку деоницу и свако алтернативно решење, формира се матрица улазних података за поступак оптимизације^(10 11 13). Тако се добија коначни програм рехабилитације за посматрани период планирања. Поред програма, на овај се начин могу добити и бројне друге информације и извештаји. Циљ оптимизације у свим постојећим Системима је максимално увећавање добити, без пробијања обезбеђених или одређених финансијских средстава и то у свим годинама програмирања. Основна математичка формулација линеарног програмирања по овим условима гласи⁽¹⁰⁾:

$$\text{Максимизирање добити: } \sum_{i,j,t}^m \sum_{j,t}^h \sum_{i,j,t}^k X_{ijt} \times B_{ijt} \quad (2)$$

$$\text{Под условом да је: } 0 < X_{ijt} < 1 \quad (3)$$

$$\text{Ограничења: } X_{ijt} \times C_{ijt} < BU_t \quad (4)$$

У овим једначинама су:

X_{ijt} — одлучујуће променљиве

B — добит i — идентификација деонице

C — трошкови j — алтернатива рехабилитације

BU — буџет t — година

Након формирања и срачунавања оптималног програма рехабилитације, према оваквим принципима оптимизације, у највећем броју случајева корисници могу да, по свом нахођењу, преуреде улазне податке у програм оптимизације и добију нови редослед рангирања. Те модификације су обично изазване неким искуственим техничким ограничењима или, што је чешће, ограничењима која произилазе из социјалних, политичких и других разлога.

Ова могућност поновног обављања поступка оптимизације са уношењем поменутих ограничења, сматра се веома важним квалитетом сваког Система за управљање коловозима пут-

не мреже, јер се, на пример, може догодити да оптимални програм оптимализације предлаже две деонице од три на једном итинереру за рехабилитацију, а не и трећу која се уз то може налазити у средини. Како се унапред зна да је економичније обавити радове на све три међусобне деонице најједном, корисник Система може ову своју опцију унети у укупно решење.

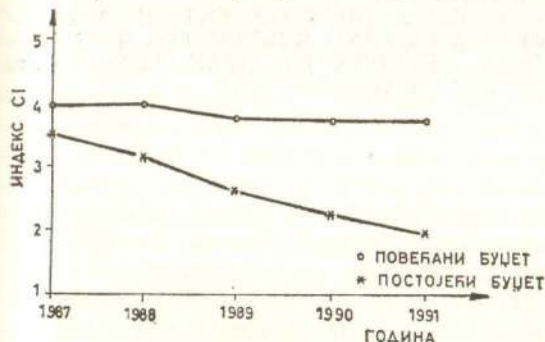
У коришћењу резултата оптимизације могућ је и други прилаз. Могу се, тако, од стране корисника претходно утврдити алтернативе рехабилитације, а онда „омогућити“ оптимизацији (линеарном програмирању) да изабере најбоље моменте (календар) извођења тих радова, или се пак тај „календар“ може саопштити као улазни податак, а оптимизација потом бира најбољу стратегију.

Као што се види, сврха линеарног програмирања је да помогне доношењу исправних одлука и то узимајући у обзир и све „спољашње“ практичне захтеве који се могу поставити кориснику.

1.4.2. Оцена утицаја висине планираних финансијских средстава на дугорочно стање путне мреже

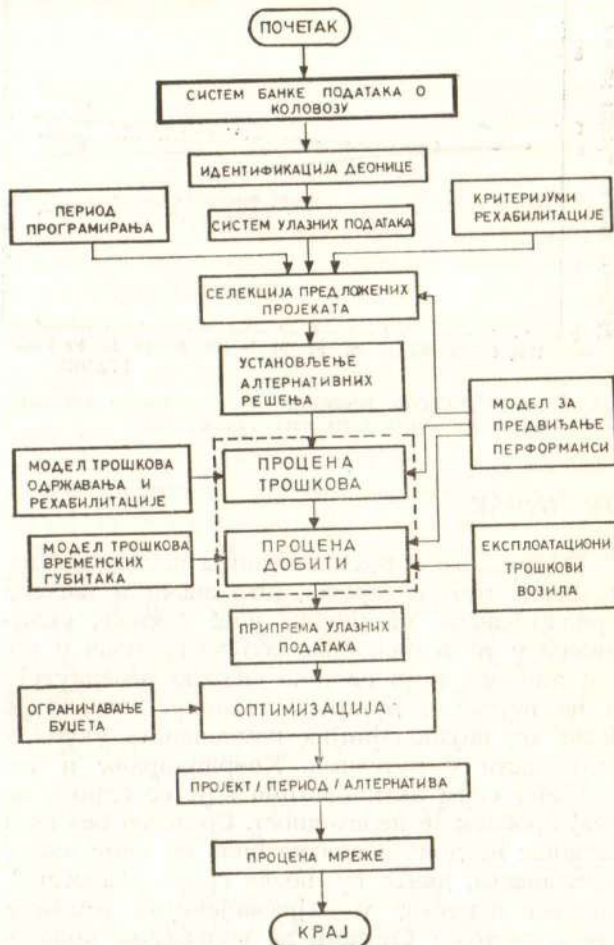
Поред тога што су, како смо видели, целовити системи за управљање путевима способни да првенствено омогуће да се програмирају неопходни радови рехабилитације и одржавања на посматраној путној мрежи они су развијени, обично и тако, да пруже информације и о утицају различите висине планираних финансијских средстава за те радове на дугорочно стање мреже. На слици 5 је показан пример такве процене обављене Системом DIPMS (District Network Level Pavement Management System) где се промена стања мреже, оцењена индексом CI (CI=5 врло добро, CI=1 слабо) ставља у зависност и повећања финансијских средстава у односу на постојећа⁽¹⁰⁾.

Јапански систем за дугорочно програмирање радова рехабилитације LTRPS (Long-term Rehabilitation Programing System), чији је органиграм приказан на слици 6, који се углавном користи за припремање дугорочних плано-



Сл. 5. — Зависност индекса CI од повећања планираних финансијских средстава ⁽¹⁰⁾

ва на свим нивоима одлучивања представља, такође, добру могућност за оцењивање утицаја величине финансијских средстава која се намеравају наменити путевима, на њихово дугорочно стање. Тај систем представља веома развијени метод програмирања на нивоу путне мреже и има, при том, бројне функције: да процени дугорочна потребна финансијска средства намењена радовима одржавања и рехабилитације, да процени економске ефекте унапред одређених нивоа инвестиција намењених рехабилитацији, да одреди најбољи пројект међу предложеним и оптималну годину његовог извршења, итд. ^(8 14).



Сл. 6. — Органиграм система ЛТРПС за дугорочно програмирање⁽⁸⁾

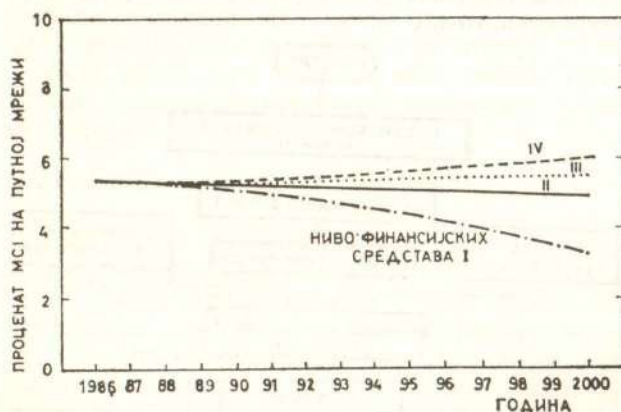
Систем LTRPS је у једном тренутку истраживања био примењен на целокупну националну путну мрежу Јапана управо у циљу испитивања дејства различитих нивоа финансијских средстава у наредних петнаест година, на стање те мреже⁽⁸⁾.

На слици 7 приказан је резултат тог истраживања променом индекса MCI у посматраном периоду од 1986. до 2000. године.

У самој анализи претпостављена су четири нивоа финансијских средстава: први ниво од 580 билиона јена за петнаест година, други ниво од 810 билиона јена у истом периоду, тре-

ћи од 1000 билиона јена и четврти од 1250 билиона јена.

Дијаграми на слици 7 показују резултате испитивања тако што илуструју чињеницу да просечна вредност индекса МСИ пада испод 3,5, са почетног нивоа, на 5,6 у току петнаест година за случај првог нивоа финансијских средстава. Са трећим нивоом финансијских средстава, почетна вредност индекса МСИ може се задржати у посматраном периоду, док у случају четвртог нивоа финансија, просечни индекс МСИ расте и 2000. године достиже вредност од 6,3.



Сл. 7. — Промена индекса МСИ зависно од планираних финансијских средстава^(*)

ЗАКЉУЧАК

Одржавање и рехабилитација постојећих изграђених путних мрежа, што значи и њихово прилагођавање на укупне нове захтеве, укључивши у то технолошке захтеве времена у којем живимо, који се тако снажно реперкутују и на путеве и путарску технику, постало је једна од најзначајнијих компонената укупних активности у путевима. Координирање и управљање свим активностима које се односе на овај проблем је неопходност. Средство без кога се више не доносе одлуке било на коме нивоу одлучивања, данас су, после скоро двадесетгодишњег искуства у најразвијенијим земљама света, потпуни Системи за управљање коловозима. У раду је приказана и у најкраћем објашњена структура таквих потпуно развијених система са примерима из постојеће праксе.

Приказане су и неке могућности краткорочног и дугорочног планирања које такви Системи омогућавају и њихова способност за предвиђање и оцењивање зависности стања путне мреже од финансијских средстава.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. R. C. G. Haas, W. R. Hudson, FUTURE PROSPECTS FOR PAVEMENT MANAGEMENT Proceedings, V. 1. Second North American Conference on Managing Pavements, Toronto, 1987.
- [2]. Ralph Haas, W. Ronald Hudson, PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEMS, McGraw-Hill Book Company, New York, 1978.
- [3]. K. Majidzadeh, CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR A THIRD GENERATION PAVEMENT MAINTENANCE MANAGEMENT PROGRAM, Proceeding, V. 1. Second North American Conference on Managing Pavements, Toronto, 1987.
- [4]. З. Радојковић, ДЕФИНИЦИЈЕ И КЛАСИФИКАЦИЈЕ АКТИВНОСТИ У ОДРЖАВАЊУ И УПРАВЉАЊУ ПУТЕВИМА, Пут и саобраћај бр. 9—10, Београд, 1987.
- [5]. З. Радојковић, КАРАКТЕРИСТИКЕ САВРЕМЕНИХ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ ПУТЕВИМА, Пут и саобраћај бр. 5 и 6, Београд, 1987.
- [6]. Recherche en matiere de routes, SYSTEMS DE GESTION DES CHAUSSEES, OCDE, Paris, 1987.
- [7]. З. Радојковић, ПРЕДЛОГ СТРАТЕГИЈЕ ОДРЖАВАЊА ПУТЕВА У ЈУГОСЛАВИЈИ, Институт за путеве, бр. 17, Београд, 1987.
- [8]. S. Kikukawa, Y. Anzaki, PRESENT SITUATION AND PROSPECTS OF PAVEMENT MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM IN JAPAN, Proceeding, V. 1. Second North American Conference on Managing Pavements, Toronto, 1987.
- [9]. W. R. Hudson, W. Udin, FUTURE PAVEMENT EVALUATION TECHNOLOGIES PROSPECTS AND OPPORTUNITIES, Proceedings V. 3. Second North American Conference on Managing Pavements, Toronto, 1987.
- [10]. H. Jamsa, PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM AT DISTRICT LEVEL, Proceeding V. 1. Second North American Conference on Managing Pavements, Toronto, 1987.
- [11]. A. I. P. C. R. — P. I. A. R. C, SYSTEMES DE GESTION DES ROUTES, Conference — Debat No. 3, Bruxelles, 1987.
- [12]. The World Bank, HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE MODEL, Washington, D. C. 1986.
- [13]. ARE Inc.-ENGINEERING CONSULTANTS, PMS Software Demonstration Program, Austin, 1987.
- [14]. S. Kikukawa, DEVELOPMENT OF A PAVEMENT MANAGING SYSTEM FOR THE HIGHWAY NETWORK IN JAPAN, MaSc Thesis, University of Waterloo, 1987.

Безбедност саобраћаја у тунелима дужим од 500 метара на магистралној мрежи у Босни и Херцеговини

СЛАВКО СТАРОВИЋ, дипл. инж. грађ.
РО за пројектовање „ТРАСЕР“, Сарајево

Стручни рад
UDK 624.195:656.13.08(497.15)

Резиме

У раду су приказани услови и критеријуми за пројектовање путних тунела дужих од 500 м у вези с безбедношћу (осветљење, прегледност, загађеност ваздуха, противпожарна заштита и др.) и опремљености тунела у свету и нашој земљи. Анализирано је стање у БиХ, тј. величине и опремљеност изграђених тунела и мере које би требало предузети да се они доведу у функцију као и мере на допуни постојећих стандарда у вези с овом материјом у нашој земљи који би требало да обезбеде уједначавање захтева и степена опремљености.

1. УВОД

Изградња путева, а нарочито аутопутева који захтевају велике брзине, односно велике радијусе и мале подужне нагибе, оставља пројектантима мање могућностим у погледу прилагођавања разумењем теренима, а нарочито кроз изграђена подручја. Долази се често у ситуацију кад даље отворено вођење трасе није могуће, па тунел остаје једино решење.

Тунели се изводе код превојних траса и економична су алтернатива због смањења висине дизања и развијања трасе по разумењем и нестабилним падинама. Једним тунелом 1000 до 1500 м дужине може се, уз скраћење трасе, избећи грађење више краћих тунела и вијадуката, као и скупа санација нестабилних падина. Чак и кад је превојно решење са тунелом скупље, ти трошкови се компензирају смањењем трошкова корисника и штета трећим лицима. Тунелом се избегава тешко одржавање саобраћаја у зимском периоду (чишћење снега, завејавање, магла) а у тунелу нема опасности од бочног ветра, поледице и аквапланинга.

Код измештања путева око акумулација на стеновитим преградним профилима (локацијама брана) неизбежни су краћи или дужи тунели.

Рецензент: проф. др Здравко Јоксич

Поред наведеног, напредак технике пробијања и подграђивања, а посебно позитивна искуства постигнута у погледу функционисања опреме за безбедно одвијање саобраћаја у тунелима, давно су разбили првобитни страх од примене путних тунела и учинила да се путни тунели све више граде и у нашој земљи, а поготову у иностранству.

Тако је у БиХ, у досадашњој изградњи магистралних путева, изграђен велики број тунела (укупне дужине преко 20 км), а од тога 11 тунела дужих од 500 м (укупне дужине скоро 9 км).

У Италији је 1971. било у погону и изградњи 468 км тунела, а у Швајцарској, на националној мрежи било је 1973. год. преко 100 тунела са једном или две цеви, укупне дужине преко 135 км.

Тунели често омогућавају оптимална решења и при савлађивању препрека као што су заливи и пристаништа, ако треба обезбедити габарит за велике бродове. Према подацима из литературе, још у древном Вавилону изграђен је тунел испод реке Еуфрат.

У градским условима тунелима се избегавају рушења урбаног ткива и омогућава заштита формираних градских центара. И ако је грађење градских тунела 2 до 5 пута скупље од високих улица, гледано комплексно, то су најјефтиније деонице градских аутопутева. Површине изнад градских тунела могу се користити за друге сврхе, нема скупих експроприација и рушења. У зависности од дубине тунела пружа се могућност изградње изнад тунела објеката друге намене (гараже, склоништа) ако се тунел изводи у отвореној јами. У одређеним случајевима, у градовима где тунели нису условљени конфигурацијом, а ради заштите од буке и загађивања као и због скупог земљишта, прешло се на тунелска решења, а простор изнад аутопута је урбанизован (Зап. Берлин, Париз — насеље Défense, Ница).

У табели 1 приказани су изграђени тунели на магистралној мрежи путева у Босни и Херцеговини чија је дужина већа од 500 м са основним подацима.

Редни број	Назив тунела	Ознака пута	Дужина и ширина тунела (м)	Карактер терена	Елементи у ситуационом плану	Уздужни профил	Удаљеност тунела од ватрогасног пункта	Година изградње
1.	СИКОЛА	E73	1190+108 9.3	падински	R=600	благ нагиб	2 км, Маглај	1983.
2.	КАРАУЛА	"	577 9.3	превојни	правац	Вертикална кривина	15 км, Маглај	1970.
3.	ВРАНДУК	"	1060+410 9.5	гребен	R=	благ нагиб	10 км, Зеница	1974.
4.	ИВАН ТУНЕЛ	"	650 8.0	превој	правц	благ Рв	20 км, Коњиц	1962.
5.	ОСТРОЖАЦ „ЦРНАЈА“	"	552 8.0	гребен	R=	благ нагиб	16 км, Коњиц 7 км, Јабланица	1953.
6.	ЛЕНДАВА	"	620 8.0	гребен	правац	нагиб 3.4‰	3 км, Јабланица	1953.
7.	САЛАКОВАЦ	"	650 10.0	поред бране	R=400	благ нагиб	12 км, Мостар	1975.
8.	ЧЕЉИГОВИЋИ	E761	581 8.55	гребен	R=500	нагиб 3.3‰	6 км, Сарајево	1979.
9.	БРЧИГОВО	E761	941 8.0	гребен	правац благ R	благ нагиб	8 км, Рогатица	1977.
10.	ДОБРО ПОЉЕ (Миљевина)	E762	604 8.0	гребен	R=400	благ нагиб	10 км, Миљевина	1977.
11.	НЕЗУЦИ	E761	715 8.60	поред бране	R=600	благ нагиб	3 км, Вишеград	1985.

Поред изграђених тунела на магистралној мрежи у БиХ, у непосредној или даљој будућности предстоји изградња и нових тунела као незаобилазних или економски оправданих решења: проширење железничких тунела „Стамболчић“, „Комар“ и „Јучево“ на деоници Међеба — Устипрача; тунел „Караула“ дужине 1300 м на путу М5 (Јајце — Турбе) којим се садашња релација преко Доњег Вакуфа дужине 63 км скраћује скоро на пола; излаз из Сарајева у долину реке Дрине, тунел на превоју Чемерно на путу М20 и други.

2. БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У ПУТНИМ ТУНЕЛИМА

Опште је прихваћено схватање у свим земљама света, да несрећа у тунелу може имати теже последице за кориснике, него на отвореном путу. Ово важи нарочито за случај пожара иако статистике показују да је у путним тунелима, по км пута сразмерно мање несрећа него на отвореној траси. На такву констатацију утичу мере безбедности које се у европским земљама и у свету, доследно спроводе, без обзира на коштање и које су доведене до савршенства.

Земље са туристичким амбицијама као што су Аустрија, Швајцарска, Италија на неки начин се такмиче да корисници њихових путева

не осете разлике, односно да се не осете мање безбедни него у својој земљи.

Сматра се да би било неодговорно, да се због штедње или алкавости, при пројектовању, грађењу и експлоатацији иде на штету сигурности корисника, јер увек постоји могућност катастрофа.

Код нас је, на жалост, пре неколико година у железничком тунелу „Врандук“, због пожара на композицији воза угушен велики број путника, мада се таква катастрофа могла очекивати са мање вероватноће него у путном тунелу.

У чему је специфичност вожње кроз тунел? Због тога што се захтев „исправно видети и чути“ у тунелу, објективно, и поред свих предузетих мера, ограничава мање или више, зависно од објекта, услова саобраћаја и разних сметњи као што су:

— сметње опажања при уласку у тунел са мање светла. За промену отвора зенице треба 3 сек а дотле возило пређе различит пут, зависно од брзине (око 50 м за $V=60$ км/час, односно 33 м за $V=40$ км/час), тако да је у то време човек практично слеп;

— сметње због измењених услова одбијања звука у односу на отворени простор. Бука у тунелу већа је и за 10 dB због вишеструког одбијања звука;

— сметње због недовољне подужне прегледности и/или смањене видљивости због дима који испуштају мотори;

— емоционалне сметње, несигурност, нелагодност, урођени страх од мрака, клаустрофобија;

— оријентација и управљање је ограничено. Отежана је процена сопствене позиције и размака у правцу вожње и у попречном профилу због повећане буке и сметњи у опажању.

За вожњу ноћу и у мраку потребан је већи маневарски простор за возила, према испитивању, за око 20 см на отвореном путу, а у тунелу и више.

Евентуални пожар код лабилних возача изазива панику, а последица је или потпуна обамрлост или погрешне реакције (као притискивање гаса) па се возачи не понашају разумно и сврсисходно.

3. УТИЦАЈ ПРОЈЕКТНИХ РЕШЕЊА И ИЗВОБЕЊА РАДОВА НА БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У ТУНЕЛИМА

Тунел је у крајњој линији краћи или дужи потез јединствене целине одређене саобраћајнице. Он треба да се прилагоди њеној важности тако да омогући одвијање саобраћаја сагласно условима на отвореној траси. У принципу се у одређеним случајевима може дозволити да ниво услуге буде и нешто нижи него на отвореној траси, због повећаних трошкова подземне изградње и опремања тунела.

Заустванна прегледност у тунелу треба и мора бити довољна и већа од минимално захтеване за отворену трасу и одређену брзину. Геометријске карактеристике тунела морају омогућити добру циркулацију ваздуха и проветравање. Без обзира на потребу у моменту пуштања у саобраћај, треба предвидети да се потребна опрема у профилу може доградити и прилагодити нараслом саобраћају. Тунели су скупи и трајни објекти и у фази пројектовања се не сме ништа предвидети што би довело у питање њихову трајност и функционалност, посебно у погледу безбедног одвијања саобраћаја.

Улаз тунела пројектовати по могућности у правцу, да се вожњом кроз кривину не смањи пажња возача при адаптацији на тунелско светло. С друге стране блага кривина на излазу, опажање засјењујућег отвора помера за касије и постепено.

За оне који улазе у тунел треба нагласити значај утиска светлог тунелског простора, при чему „уста тунела“ треба по могућности обликовати левкасто или бар свод подићи тако да дневна светлост продире дубље у тунел.

Важећим правилником за пројектовање и грађење тунела у члану 16. захтева се најмањи радијус у тунелу, $R_{\min}=300$ м, који због прегледности реално ограничава брзину на 65 км/час. Поставља се питање да ли се у том случају може проћи са отвореном трасом која може имати мањи радијус за ту брзину.

Више узастопних кратких тунела иритирују возаче и објективно смањују брзину и до 20 км/час.

Треба, такође, проверити користи од траке са радијусима 300 м и више, на којој се понављају узастопни тунели, који често, на деоници и до 10 км онемогућавају претицање (на путевима са двосмерним саобраћајем) поготову ако има и нагиба који успоравају тешке камионе, а ови онда формирају колоне и своде стварну брзину и испод 30 км/час.

Кроз кратке тунеле на успонима треба провући траку за спора возила, ако је предвиђена на отвореној траси.

На превојним тунелима треба на рампама испред и иза тунела обавезно предвидети траке за спора возила да би се избегле колоне које се онда преносе и у тунел. То има за последицу пуњење тунела већим бројем возила од дозвољеног и могућност инцидентних ситуација са катастрофалним последицама. Овакве траке на успонима требало би изградити и уз постојеће тунеле који су дужи од 500 м.

Делови пута испред и иза дужих тунела треба да имају опружену трасу, без „дрни тачка“, јер застоји саобраћаја у случају незгода изазивају опасно гомилање возила у тунелу.

Раскршћа, поготову семафоризована, треба по могућности одмаћи што даље од тунела.

При избору уздужног нагиба у тунелу водити рачуна да већи нагиби изазивају повећану производњу отровних гасова и дима од дизел мотора (4 пута више на успону од 4% него на хоризонталу). Повећани нагиби изазивају и повећану buku (на нагибима 7% и више до 5dB) што је значајно. У дугачким тунелима препоручује се да нагиби не пређу 1 до 2%, а најмањи подужни нагиб ради одводњавања може бити 0,25%.

Код кратких тунела до 1 км, на путевима где се не очекује густ саобраћај, подужни нагиб може бити и до 4%.

Број и ширина саобраћајних трака у тунелима треба да су исти као и на отвореној траси. Ширина коловоза од 8,5 између ивичњака омогућује опрезну вожњу на две траке поред путничког возила у квару. Ширина од 9 м потребна је да се саобраћај може одвијати на обе траке поред заустављеног камиона у квару.

На планинским путевима са slabим саобраћајем (мање од 100 возила/дан) може се као минимум усвојити ширина коловоза у тунелу — 6 м.

Према важећем Правилнику за пројектовање чл. 23, тражи се ширина коловоза у тунелу према отвореној траси, међутим у тунелима на магистралним путевима не би требало ићи на мању ширину од 7,0 м, поготову у тунелима у кривини. Ниски закошени ивичњак уз пешачку стазу омогућује склањање возила у квару уз делимично коришћење пешачке стазе.

У Швајцарској су ширине коловоза у тунелима 7,25 до 7,75 м. (слободни простор за монтажу заштите од буке, трака за осветљење, евентуално семафора). Аксијални вентилатори за подужну вентилацију могу се поставити у нишама са стране уколико тунел има правоугаони профил (извођење у отвореној јами).

Код тунела са раздвојеним смеровима вожње поставља се питање да ли градити један тунел са већим профилом или два одвојена тунела, при чему се при раду у отвореној јами обе цеви раде као јединствена конструкција са разделним платном.

Тунели у тешким теренима и иначе постају дренажне цеви — галерије околног терена, па се изолацији и одводу воде цевима довољног профила мора посветити пуна пажња. До сада изграђени тунели у БиХ често су са импровизованом изолацијом, па то отежава одржавање инсталација осветљења, а изглед тунела није у складу са захтевом да зидови тунела имају светлу површину и изглед пријатан за око. На овој ставци при даљој изградњи не би требало штетити.

Посебно се мора решити одводња око портала, да би се спречило стварање леденица на своду и гомилање леда на коловозу око ивичњака, што може одбацити возило и довести до судара.

Посебан проблем је заштита од падања камена на самим порталима. То се мора апсолутно искључити било извлачењем тунела или изградом надстрешница.

Коловозна конструкција у тунелу мора имати задовољавајуће димензије јер је понашање коловоза у тунелу због влаге и других услова сасвим другачије него на отвореном путу. Искуства са изграђених тунела су крајње неповољна. Хабајући слој треба да има што светлију боју што се постиже додацима белих зрна у асфалтну мешавину. Обнављање коловоза у тунелима захтева прекид саобраћаја и непријатне застоје.

У дужим тунелима, преко 500 м, изградити нише за телефоне и ватрогасну опрему, без обзира да ли ће се та опрема одмах поставити.

У иностранству се у оваквим тунелима обавезно поставља водоводна инсталација са хидрантима за гашење пожара и притиском од најмање 10 атм.

Због потребе склањања возила у квару, служби за интервенције у тунелу, као и за његово одржавање, пожељно је да се пред тунелима дужим од 500 м предвиде проширења за паркирање.

Код тунела на аутопутевима који имају одвојене цеви за сваки смер вожње, размак цеви треба да је бар као ширина једне цеви, а у тешким теренима 2—3 d. На излазу и улазу тунела треба предвидети могућност превођења саобраћаја у једну цев, због затварања саобраћаја у другој.

4. КРИТЕРИЈУМИ ЗА СПРОВОЂЕЊЕ МЕРА ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА У ПУТНИМ ТУНЕЛИМА

Генерално се не би могла прописати дужина тунела за коју се морају предвидети мере заштите од пожара. То треба решавати од случаја до случаја. Може се ипак претпоставити да не може доћи до катастрофе, ако корисници тунела не морају претрчати више од 500 м до излаза из тунела.⁽³⁾

Овај критеријум треба посматрати посебно за сваки тунел зависно од значаја пута и густине саобраћаја, да ли је двосмеран, учешћа тешких возила и аутобуса, ограничења у превозу опасних материјала кроз тунел, квалитета и стандарда изведених радова тунела, удаљености и приступачности за прилаз ватрогасаца и службе безбедности, утицај саобраћаја у шпацима на приградским тунелима. Због тога наведена граница може и **треба бити знатно нижа.**

За тунеле веће дужине од 500 м у највећем броју случајева морају се предвидети мере заштите од пожара, без обзира на повећане трошкове. Добар део изграђених инсталација за ту сврху (телефон, хидрантска мрежа,) олакшавају одржавање тунела.

Поред наведених критеријума који су сви за наше тунеле и прилике неповољни, могу се дати и допунски: осветљеност тунела (јер има и неосветљених), сигурност да осветљење функционише непрекидно (веза на два извора), постојање минималног сигурносног светла за правца и оријентацију корисника у случају пожара, које је независно од инсталација за редовно осветљење а укључује се при испадању нормалног, дисциплинованост возача да се придржавају прописаних мера безбедности при пролазу кроз тунел (забрана претицања, паљење и обарање светла, ограничења брзине и др.).

Наш важећи Правилник о пројектовању и грађењу тунела, чл. 63. предвиђа постављање телефона у дужим тунелима од 500 м, у посебним нишама, у којима по правилу треба поставити и уређаје за заштиту од пожара. Овај захтев није у БиХ реализован, а у прилогу таквог третмана и схватања иде срећна околност да до сада, и поред великог броја тунела, није дошло ни до једног инцидента. Критеријум нашег правилника у сагласности је са ставом радне групе А.И. С.Р.Р.

Због чега толики страх од пожара у тунелима у иностранству и доследно поштовање прописаних критерија?

Као прво, пожари мањих или већих размера ипак се, иако ретко, дешавају. Примера ради, у тунелу Сан Бернардино дужине 6,6 км, за шест година експлоатације (1968—73) десила су се 4 пожара.⁽³⁾

У Елбском тунелу, у Хамбургу, дужине 2653 м за 3 год. дошло је до пожара 32 пута.

До пожара долази због судара возила у двосмерним тунелима (запали се гума, мотор или инсталација, па се то прошири на терет).

При пожару, настају опасности за кориснике тунела и инсталације у тунелу због следећих разлога: нагло развијање дима, високе температуре, угљен моноксид, угљен диоксид, недостатак кисеоника, стварање паре при гашењу водом, појава бензинских пара, а са тим и опасности од експлозије.

На огледима вршеним за ову сврху у Швајцарској дим ствара проблеме одмах по избијању пожара. Смањење видљивости настаје 10 до 20 сек после избијања пожара, а дим се креће брзином и преко 10 м/сек у суседне делове тунела. Повољно делује струјање ваздуха у доњем делу профила, које побољшава видљивост.⁽²⁾

Примерна је опасност од високих температура за особље и инсталације. Оне се јављају и при паљењу релативно малих количина горива у близини места пожара. Код огледа, после 30 сек, температуре су износиле у висини главе између 300 и 900°C. На растојању од 10 м температура опада. Највише температуре на висини главе споро опадају, али се на 80 м од места пожара промена температуре мало осећа. При повећању количине горива зона опасних температура шири се у околни простор.

При огледима утицаја на најближа возила при сагоревању 100 л горива на растојању од 4,5 м од места пожара јавиле су се мале или никакве штете, при паљењу 500 л потпуно су сагорела возила на растојању 4 м, а 1000 л на растојању 1,1 м.

Недостатак кисеоника јавио се у близини пожара. Обнављање садржаја кисеоника било је брже од смањења концентрације отровног угљен моноксида. При паљењу 500 л горива и више наступа мањак кисеоника пре свега у деловима ближим своду.

При огледима са аутоматским гашењем пожара појавиле се, поред корисних (хлађење, гашење пожара) и негативне последице као: погоршавање видљивости због брзог кретања фронта дима и падања на нижи ниво због хлађења, појава паре, а као последица — брзо продирање врућих гасова у оближни простор.

Због високих температура брзо страдају каблови и долази до испадања светла и евентуалних других инсталација.

Уколико дође до неконтролисаног пуњења двосмерног тунела возилима са једне и друге стране места пожара, приступ екипа је онемогућен, а евакуација људи је могућа само на једну страну, јер пролаз поред места пожара није могућ. Пожар се може десити на 50 м од портала, па је у тунелу 500 м дужине евакуација на једну страну 450 м. Уколико је природно струјање ваздуха баш на ту страну, јер у нашим тунелима те дужине и нема вентилације, може се претпоставити каква опасност

прети колони возила са те стране. Дода ли се томе и могућност да у тунелу на тој страни стоји и покварено возило, онда је ситуација још тежа.

Према иностраним статистикама до кварова и несрећа возила у тунелу долази са учесталости 20 несрећа и кварова на милион возила и на 1 км тунела. Од укупног броја, несреће се дешавају: у возњи 5 до 10%, због кочења 20 до 80%, убрзања — до 60%, непоштовања прописа 10 до 15%. Од укупног броја (100%) кварови се дешавају: због нестанка горива 20 до 30%, због гума 10%, електромеханичких кварова 50 до 60%, кварови на систему хлађења 10%.⁽⁴⁾

5. ПРИМЕР ДОБРЕ ОПРЕМЉЕНОСТИ ТУНЕЛА НА ПУТУ

● На примеру »Voflsberg« тунела дужине 750 м на »Таурен аутопуту« између Шпитала и Филаха,⁽⁵⁾ важне саобраћајнице за везу севера и југа од Салцбурга према Корушкој, Италији и Југославији, може се показати перфекција реализованог система сигурности саобраћаја у тунелу чија је дужина иста као и изграђених тунела у БиХ.

Још знатно пре него што возило уђе у тунел, мерач светлости аутоматски утврђује оптимално осветљење тунела, тако да оно гарантује улазак и почетак вожње у тунелу без засењивања.

Индукциони бројачи на оба портала региструју улазак сваког возила и у случају ако због застоја дође до прекорачења највећег броја возила у тунелу, аутоматски активирају црвено светло на порталима.

Стално се надзире садржина угљен моноксида (CO) и у случају кад се прекорачи дозвољена граница укључује се и до 10 аксијалних вентилатора за подужну вентилацију, постављених на своду тунела. Вентилатори су изоловани да не стварају буку. У случају да и то није довољно, аутоматски се затвара тунел.

Два мерача региструју степен видљивости која се смањује због издувних гасова дизел мотора. Мерачи раде на принципу одапиљања светлосних зрака, који се на 200 м одбијају од огледала и повратку мере њихову јачину. У моменту кад се прекорачи критеријум довољне видљивости аутоматски се укључују вентилатори.

Специјална апаратура одређује правац природног струјања ваздуха, који се у сваком тунелу формира на основу климатских разлика на порталима, и утицаја кретања возила и у том правцу усмерава вентилаторе. На овај начин се смањује потрошња електричне енергије и погонски трошкови.

У тунелу је најопасније ако се догоди пожар на цистерни за гориво. Алармни уређаји за пожар, који су уграђени на сваких 10 м на

плафон тунела, алармирају ватрогасце у оближњем Шпиталу, који могу стићи за 8 минута на место пожара.

Поред тога, угрожени корисници тунела могу користити уређаје за позив хитне помоћи који су постављени у нишама на сваких 212 м. Притискивањем на једно од 4 дугмета „лекар“, „саобраћајна полиција“, „квар“ или „ватрогасна команда“. Без говора позив се преноси на одговарајуће место. Притиском дугмета аутоматски се укључује упозорење на опасност на порталима (трепћуће жуто светло). У свакој ниши стоје припремљена два ватрогасна апарата са пеном и пакет за пожар.

Само ватрогасци се могу служити посебним уређајима за гашење пожара водом. И ти уређаји се налазе у нишама. Дужина ватрогасних црева омогућава гашење упаљеног возила са обе стране. Водовод је стално под притиском 10 атм. и зими се греје електричним путем.

Из погонске зграде на јужном порталу могу се сви уређаји за сигурност саобраћаја у тунелу надгледати и укључити. Ту се налазе дуги низови батерија и агрегата који омогућавају наставак функције постројења за случај прекида у јавној струјној мрежи.

Сву опрему израдила је фирма „Сименс“. Подаци потичу из 1974. год., а у међувремену је техника аутоматизације напредовала и све се вероватно може опремити савршеније и сигурније, а можда и јефтиније.

На пример: дојављивачи пожара се не уграђују местимично него је уведен тзв. линијски систем. Швајцарци препоручују (⁶⁷) тзв. »Tragsafe« систем који је дуги низ година у употреби у војним подземним магацинима муниције. Местимично постављени дојављивачи, сагласно тамо постављеним захтевима и индустријским стандардима, треба да покривају површину 40 м² морали би бити на размаку од 5 м. Поред тога они су несигурни, јер је долазило до активирања фаровима.

Линијски систем базира се на дојави промене температуре преко бакарне цеви Ø 5мм са испуном, која се причвршћује на своду тунела. Предности су му: континуирани надзор целог тунела (одговара захтевима брзог и поузданог укључивања сигурносних мера и спасилачких и пожарних екипа), отпорност је на спољне утицаје, не захтева посебно одржавање, а може се контролисати без обуставе саобраћаја. Не треба струју, отпоран је на механичко чишћење и прање тунела, а уграђује се и улази само 1 цм (у слободни профил).

Из свега наведеног види се да уграђена опрема поред највеће сигурности води рачуна и о потрошњи енергије за осветљење и вентилацију, а систем мора бити поуздан да брзо и без сметњи достави информацију на одговарајућа места.

● Колико се води рачуна у иностранству о функционисању економичности осветљења тунела може се видети на примјеру тунела

»Cimiez« дуж. 477 м у Ници (Travaux, 1976) који има 6 режима осветљења: ноћ, сутон, облачно-суморно, облачно, умерено ведро и сунчано. У другом тунелу на обилазном путу око Нице примењена су три режима осветљења: навече (70 luxa), дневни режим са редуцираним саобраћајем (35 luxa) и ноћни, са редуцираним саобраћајем (17,5 luxa).

Коштање опреме тунела, креће се од 10 до 20% трошкова изградње. Овде су укључени трошкови за осветљење у тунелу и испред, заштита од буке, вентилација, уређаји за надзор и саобраћајну сигнализацију и остали уређаји.

Ако се пође од тога да се осветљење мора уградити, а оно износи 1/3 ових трошкова, да се у прво време може одгодити уградња вентилације која такође кошта, онда се поставља питање оправданости уштеда на опреми за заштиту од пожара.

6. НЕОПХОДНОСТ ПРЕДУЗИМАЊА МЕРА ЗА ЗАШТИТУ И ПОВЕЋАЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА У ТУНЕЛИМА ДУЖИНЕ ПРЕКО 500 М НА МАГИСТРАЛНОЈ МРЕЖИ ПУТЕВА У БИХ

Из датог прегледа у поглављу види се да се сви тунели дужи од 500 м налазе на магистралној мрежи која има и ознаку Е (европски путеви). Седам од једанаест тунела налази се на најважнијој саобраћајници у БиХ, на правцу север — југ (Шамац — Сарајево — Опuzен) тј. на ТЕМ магистралу.

Пораст туристичког саобраћаја се ипак остварује, поготово на главним артеријама према мору, а ПГДС већ сада прелази и 8000 возила на дан на појединим деоницама где су наведени тунели. Процентуално учешће теретних возила и аутобуса у укупном саобраћају веће је него на западу. Сви тунели су двосмерни и још ће дуго такви остати. Неки од тунела доста су удаљени од насеља са екипама за интервенцију, а они ближе градова изложени су утицају саобраћајних „шпицева“ у градовима. Већина тунела је у хоризонталној кривини, а они у правцу и вертикалне преломе нивелете. Изведени радови на облози, изолацији, а нарочито стање коловоза и целокупни изглед унутрашњости тунела су знатно испод стандарда за овакве објекте.

Осветљење је (у једном нема ни осветљења) несигурно, везано за један извор, са честим испадањем. О посебном светлу за сигурност и оријентацију корисника нема ни говора. Вероватно ни економичност осветљења, зависно од спољне видљивости, није спроведена.

Стање трасе на суседним деоницама углавном је незадовољавајуће, има оштрих кривина, нагиба преко 4% без трака за спора возила, „дрних тачака“, одрона земље и камена, поледице на излазу и улазу тунела. Саобраћај-

на сигнализација је углавном неодговарајућа и непотпуна. Дисциплина возача је испод нивоа у другим земљама. Кроз тунеле пролазе камиони са опасним и запаљивим материјалима у свако доба и без пратње. Често су камиони непрописно товарени, па угрожавају саобраћај и на отвореном путу, а погтово у тунелима.

Стање возног парка и техничка исправност је незадовољавајућа. Није уобичајена појачана контрола саобраћаја око и у тунелу. Казне за прекршаје не гарантују побољшање садашњег стања.

Ни у једном тунелу нема никаквих уређаја за гашење пожара, нити могућности да се хитно алармирају екипе за спашавање, гашење пожара и за регулисање саобраћаја у инцидентним ситуацијама.

За време саобраћајних „шпицева“ тунелску цев напуне колоне возила на размаку од неколико метара, често у оба правца, а нарочито у тунелима „Лендава“, „Челоговићи“ и „Острожац“. У прва два су подужни нагиби преко 3%, дим и издувни гасови смањују видљивост и уз непотребно активирање сирсена и буку, кошмар који доводи у питање раније поменути принцип за сигурну возњу у тунелу „исправно видети и чути“. Сличних ситуација има повремено и у осталим тунелима.

Није искључено да се у тим ситуацијама повећава учешће отровног угљен монооксида (СО) изнад дозвољених граница, поготово ако колона застане, а возила не гасе моторе, док природна вентилација — због неповољних метеоролошких услова и двосмерног саобраћаја — није довољна. Тровање и у малим количинама СО доводи до поспаности и отупљења реакција.

Ако се на крају подсети на повећану осетљивост јавности за заштиту човекове средине и дода констатација да није испоштован чл. 63. Правилника о техничким нормативима и условима за пројектовање и грађење путних тунела (Сл. лист СФРЈ бр. 59/73) којим се прописују мере за контролу садржаја СО, видљивости и заштите од поакра, онда је јасно да је неопходно предузимање мера за повећање безбедности саобраћаја у тунелима.

7. МЕРЕ ИЗ ДОМЕНА ОРГАНИЗАЦИЈЕ, ПРОПИСА И РЕГУЛИСАЊА САОБРАЋАЈА

До доношења одлуке о евентуалним допуњским инвестицијама за повећање сигурности саобраћаја у тунелима, обезбеђења финансијских средстава избора врсте, приоритета и обима радова, могу се предузимати многобројне акције и мере у функцији средстава одржавања путева. Чак и кад се приступи реализацији допуњских мера и инвестиција, потребно је време да се то реализује под саобраћајем, поготово где су прикључци до извора струје и телефона далеко.

Што се тиче прописа, Савезни закон о безбедности саобраћаја (Сл. лист СФРЈ бр. 63/80) у чл. 117. забрањује у тунелу засуставање, окретање и кретање уназад, а у чл. 118. прописује се возња са обореним светлима.

Кроз тунеле дужине 500 м и више (а можда и краће) требало би забранити пролаз пешака, бициклиста, запрега, обуку возача, спортске приредбе на путу. Због неопремљености тунела, треба размотрити и забрану превоза одређених опасних материја и упаливих и токсичних хемикалија или да се кроз тунел крећу под пратњом, односно кад нема другог саобраћаја (ноћу). Ово би важило за период док се не уграде уређаји за дојаву и гашење пожара и алармирање екипа за спашавање. Према подацима (LE STRADE 8/9/74) за 800 светских тунела не постоји забрана за градске тунеле краће од 600 м, односно 1200 м за ванградске. Само у градским тунелима преко 1800 м дужине постоји апсолутна забрана превоза опасних материја.

Такође, треба законом забранити полагање у тунелу инсталација које могу представљати опасност у случају пожара (гасоводи, нафтоводи, пароводи и др.).

Нацрт Правилника о техничким условима и нормативима за пројектовање и грађење цесовних тунела из 1980. год. требало би издискутовати, допуњити, прецизирати и објавити у службеном листу за обавезну употребу на целој територији СФРЈ. Нарочито је важно да се строго прецизира одређени минимум мера сигурности од пожара, без којих се дужи тунели (од 500 м) не би могли да пусте у саобраћај. На овај начин би се избегло да инвеститори сами одлучују о одгајају опремање тунела или да то, без потребе, раде на своју одговорност. Ово због тога што ти радови не чине велики проценат у односу на укупну инвестицију у моменту изградње тунела, што је то далеко теже и скупле радити касније под саобраћајем.

До тада мере из важећег Правилника (чл. 62) треба реализовати на великим паноима, с тим што за сваки тунел, зависно од услова, треба прописати ограничење брзине у тунелу (највеће и најмање), у распону од 70 до 40 км/час. Треба обавезно прописати размак возила не мањи од 70 м. Пожељно би било да нацрт буду на три језика (српскохрватски, француски и немачки). Панони би требало да буду добро осветљени и ноћу.

У самим тунелима, треба на сваких 100 м видно означити стационажа од улаза и до излаза. У случају застоја у тунелу упозорити на обавезу гашења мотора. Забрана претицања треба да обухвата 500 м испред и иза тунела. Све што је прописано Законом и Правилником треба да буде предмет обуке возача и питања на полагању возачког испита, уз упозоравање на специфичности возње кроз дуже тунеле.

Мора се подићи ниво саобраћајне културе и свест о чувању постављених знакова и опре-

ме, а у интересу сопствене сигурности. (Према садашњем стању јавне телефонске говорнице демолирају се и у граду).

Треба поопштити казне за прекршаје, посебно везане за безбедност возње у тунелима, као и контролу саобраћајне милиције. Присуство патрола саобраћајне милиције, треба да у саобраћајним шпигеловима обезбеди и искључи гомилање возила у тунелу и да се возачи придржавају свих предвиђених мера.

Непрописно натоварена возила не треба пуштати кроз тунел. Коловози у тунелима и хоризонтална сигнализација морају се редовно одржавати и обнављати. Замена дотрајалих светилки треба да је редовна.

У тунелима би требало одмах поставити канте са песком ради скупљања запаљивих течности које истичу из хаварисаног возила.

Предвиђањем и спровођењем наведених мера знатно би се повећала безбедност у тунелима, а све се то може решавати у оквиру редовног одржавања, ажуриране регулативе и спровођења контроле саобраћаја.

8. МЕРЕ КОЈЕ ЗАХТЕВАЈУ ДОПУНКСКЕ ИНВЕСТИЦИЈЕ ЗА ОПРЕМАЊЕ ПУТНИХ ТУНЕЛА

У свим тунелима дужине од 500 м треба решити сигурно и функционално осветљење, а могућност „испадања“ свести на најмању могућу меру (прикључење на два извора енергије), уградити сигурносно осветљење за оријентацију корисника у случају пожара или престанка рада нормалног осветљења.

Исто тако би требало уградити систем аутоматске дојаве пожара, повезан са семафорима на улазу и излазу тунела, преко којих би се одмах спречно улаз возила у тунел.

Касније би требало уградити телефоне — уређај за позив хитне помоћи, саобраћајне милиције, АМС-а и ватрогасаца. На местима уз телефоне треба поставити по два ручна апарата за гашење пожара.

Водоводне инсталације са хидрантима требало би убудуће уградити у нове тунеле, без обзира да ли ће одмах бити доведена и вода.

Уређаје за мерење угљен монооксида (СО) и видљивости, довољан 1 до 2 у сваком тунелу, треба поставити у тунелима са великим успоном и где је саобраћај најгушћи. У тунелима са јаким саобраћајем пожељно би било поставити индукционе бројаче саобраћаја на улазу и излазу из тунела, који би палили црвено светло семафора на порталима чим број возила у тунелу пређе одређену границу.

Вентилација би се уградила тек кад контроле садржаја СО и видљивости покажу да се ситуације са загађеношћу ваздуха и недовољне видљивости понављају, трају и поново појављују. Она се мора поставити макар да је рад вентилације потребан само 10 до 12 сати месечно. Поред тога и вентилација је у функцији заштите корисника тунела у случају пожара.

Изградња трака за спора возила на рампама за прилаз тунелима треба да има приоритет а ти радови се могу обавити без великих издатака и у склопу одржавања. „Караула“, „Челиговићи“, јер су за „Иван“ тунел у раду, а за „Лендаву“ пројектоване).

Пројектовање и избор опреме треба унифицирати и решити за све тунеле, без обзира када ће се оне поставити.

Што се тиче приоритета, у I категорији би дошли тунели „Врандук“, „Острожац“, „Челиговићи“ и тунел на деоници Добро Поље — Миљевина, а затим „Сикола“, „Караула“, „Иван“ тунел, па затим остали.

Уосталом, 7 од 11 тунела налази се на ТЕМ правцу, који је у предлогу СИБ-а у склопу мреже југословенских путева предвиђених за побољшање.

Без обзира шта ће саобраћај захтевати у моменту обезбеђења средстава и инвестирања, сви изграђени тунели — као врло скупи објекти — морали би се уклопити у будућу саобраћајницу (као једносмерни или двосмерни) јер скоро на свим локацијама постоје стари локални путеви којима се може усмерити онај саобраћај, који не жели користити нови пут, односно локални саобраћај. У склопу радова на овом правцу никако не би требало заборавити сређивање и савремено опремање тунела, уколико се раније ништа не учини. У сваком случају не би требало чекати да се деси неки инцидент, па да се онда нешто предузима.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Hürlimann F., Psychologische Aspekte beim Befahren von Tunneln, Strasse und Verkehr, 7, 1977.
- [2]. Bürgi H., Tunnelbrandbekämpfung Strasse und Verkehr, 7, 1977.
- [3]. Ruckstuhl F., Sicherheitsmassnahmen gegen Brände in Tunneln, Strasse und Verkehr, 4, 1975.
- [4]. P. Oehm, Stadtautobahnen, 1973.
- [5]. Europas sicherster Strassentunnel Strasse und Autobahn, 6, 1974.
- [6]. Korell B., Anforderung an ein Brandmelde System, Strasse und Verkehr, 7, 1977.
- [7]. Hess E., Transafe-Brandmeldesystem, Strasse und Verkehr, 7, 1977.

Искуства стечена у Ираку на ископу и уградњи земљаних материјала

ГЕОРГИЈЕВ СЛОБОДАН, дипл. инж.
ГРО „Гранит“ — ООУР Лабораторија, Скопље

Стручни рад
UDK 624.133(567)

РЕЗИМЕ

Приказани су карактеристични земљани материјали који су највише распрострањени у средњем току реке Еуфрата у Ираку, а посебно њихове геотехничке карактеристике и проблеми које треба решити при извршењу геотехничких радова — могућности фундирања на њима и њиховог коришћења као грађевинског материјала (технологије ископа, прераде и припреме за уграђивање као и заштите од ерозије и неповољних дејстава промене влажности). Посебна пажња посвећена је лапоровитим кречњацима и прашинастим песковима уз значајна искуства са радова који су обављани на већем броју објеката нискоградње.

1. УВОД

У страним земљама, посебно у Ираку, на наша предузећа су се сусретала с најразличитијим проблемима у погледу материјала.

Земљани материјали заузимају посебно место јер су они често неубичајени и углавном нама непознати. Непознавање земљаних материјала проузрокује, врло често, да избор машина за ископ и уграђивање буде по узор на наше прилике, те да оне у потпуности не одговарају сврси. Није био редак случај да се накнадно купују машине које могу успешно одговорити задатку, што изискује додатне непланиране трошкове.

Будући да у нискоградњи земљани радови имају значајно место у целокупном задатку, познавање материјала је врло важно и захтева пуну пажњу. Тим више што се врло често догађа да су подаци с којим се располаже веома оскудни, недовољни или, у најгорем случају, не постоје.

У овом чланку биће речи о карактеристикама земљаних материјала који се сусрећу уз реку Еуфрат, на висоравни на десној обали, у њеном средњем току кроз Ирак, на потезу од градова Хадите до Рамадија. Сматрамо да ове информације могу корисно послужити свим извођачима радова који буду изводили радо-

ве у близини означене локације а и на другим местима где се овакви материјали налазе а врло су чести у средишњем делу Ирака.

2. КРАТАК ГЕОЛОШКИ ОПИС ТЕРЕНА

На бази извршених проспекција и испитивања, утврђено је да је терен изграђен од седиментних стена. На основу литогенетских особина, оне се могу издвојити у два типа и то:

- еолски седименти
- марински седименти

2.1. Еолски седименти граде површинске, горње делове терена. Дебљина ових слојева износи 60 до 140 цм. То су седименти настали таложењем материјала донесеног ветром. Геомеханичке карактеристике ових седимената уврђују у прашинасте пескове. Садрже органске састојке, гипс и соли. Овај се материјал налази у слабо збијеном стању и веома је стисљив. У нашем случају, овај материјал је сматран неупотребљивим и није коришћен за уграђивање у земљане објекте. Будући да се ради о веома непогодном материјалу који је извођачима задавао велике потешкоће, о њему ће бити посебно речи.

2.2. Марински седименти налазе се испод еолских седимената и они граде дубље делове терена. Њихова граница при нашим ископавањима није достигнута. Стварани су у геосинклиналном маринском басену са колебљивим нивоом воде. Слојеви су хоризонтални и на основу састава, генезе и физичко-механичких особина могу се поделити у следеће типове:

- Гипс
- Органски кречњак
- Комплекс лапоровитог кречњака

Будући да су марински седименти ти у којима се објекти могу фундирати те представљају једини употребљиви материјал за изградњу земљаних објеката и њима је посвећена највећа пажња у овом чланку.

● Гипс

Јавља се на контакту површинског слоја са моринским седиментима у слојевима дебљине 15 до 30 цм. Врло је стишљив и с водом ступа у хемијску реакцију. Геомеханичке карактеристике чине овај материјал неупотребљивим при извођењу земљаних радова.

Фундирање објеката на овом слоју није могуће те се он мора најпре уклонити.

Лабораторијским испитивањима се показало да гипс садржи, у односу на укупну масу материјала:

— органских материја	19,3%
— сулфата	9,8%
— гипса	16,6%

● Органски кречњак

Јавља се у виду коре и заузима највиши ниво у моринским седиментима. Његова дебљина износи од 50 до 100 цм.

Слојеви су подвојени прослојцима гипса. Ова кора је настала прекристализацијом у површинским условима у процесима литификације. Овај се материјал одликује ситнозрнастом структуром и има велику чврстоћу:

— Притисна чврстоћа у сувом стању	33,6 Мпа
— Притисна чврстоћа у водозасићеном стању	28,5 Мпа.

Овај кречњак спада у групу врло чврстих стена за чије ископавање је неопходна употреба експлозива. Том приликом се добијају блокови и плоче које се не могу уграђивати у насипе ни са најтежом механизацијом. Према томе и овај материјал је неупотребљив.

● Лапоровити кречњак

Ове су стене настале у геосинклиналном басену са колебљивим нивоом воде, где је у басен доношен различити материјал. Тако су створени различити варијетети стена са сличним механичким карактеристикама те се могу уврстити у исти комплекс. То су стене са ниском чврстоћом на притисак, која се креће око 7 Мпа, мада се понекад, наилази и на много чвршће партије. Ископ у овом материјалу може се извршити риперовањем тешким булдожерима.

Овај материјал је једини употребљиви у целом низу неупотребљивих материјала. Због тога ћемо посветити највећу пажњу, описујући детаљно све његове особине јер је веома деликатан за уграђивање у земљане конструкције.

3. ГЕОМЕХАНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛАПОРОВИТОГ КРЕЧЊАКА

Најпре треба рећи да су геомеханичке карактеристике овог материјала веома различите и унутар једног истог позајмишта — како по хоризонталним слојевима тако и по дубини. Различитост материјала није могуће утврдити по боји, мада су постојали извесни варијетети од беле до бледожућкасте боје.

У лабораторији извођача извршен је огроман број испитивања геомеханичких особина ово материјала и ево његових главних оквирних карактеристика:

— Сува запреминска маса	од 1,5 до 1,7 т/м ³
— Оптимална влажност по Проктеровом поступку	од 12% до 20%
— Природна влажност	од 5% до 12%
— Границе течења	од 32% до 34%
— Границе пластичности	од 24% до 28%
— Индекс пластичности	од 6 до 10
— Индекс носивости ЦБР	већи од 15%

Класификација материјала вршена је према ААСХО класификацији и овај материјал је сврстан у групу А4, са групним индексом од 0 до 2.

Од свих наведених карактеристика важно је приметити да је разлика између природних и оптималних влажности значајна, што указује да ће приликом уграђивања материјала у земљане објекте бити потребно велико додавање воде. Ово се и у пракси показало као велики проблем те је обезбеђивање технолошке воде био основни задатак.

4. ТЕХНОЛОГИЈА УГРАЂИВАЊА МАТЕРИЈАЛА

Како је већ речено, једино употребљиви материјал за изградњу земљаних објеката је лапоровити кречњак. Он се налази у чврстом стању и за његово ископавање је потребно риперовање тешким булдожерима. Приликом риперовања стварају се комади различите величине које је потребно накнадно дробити гажењем гусеницама и гурањем. На овај начин се може добити материјал гранулације од 0 до 300 мм.

Разастирање материјала потребно је урадити уобичајеним поступком — грејдерима. Након тога долази најважнија операција — уситњавање материјала гажењем тешким вибрационим јежевима уз обилато квашење водом. Уситњавање, или боље речено мрвљење, материјала потребно је јер грудве лапоровитог кречњака не примају воду и другачије их није могуће наквасити. Подсећамо на податак да је

природна влажност далеко испод оптималне, а природна сува запреминска маса је, такође, мања од оне коју треба постићи збијањем.

Јасно је да у овом случају употреба ваљака са глатким челичним точковима је потпуно бескорисна јер се њиховим коришћењем ствара површинска кора која спречава квашење материјала по дубини слоја. Максималну збијеност слоја могуће је постићи само употребом вибрационих жежева, али под условом да максимална дебљина слоја у растреситом стању не буде већа од 30 cm.

Огромне су количине воде које треба употребити за квашење материјала па је због тога једино прихватљиво време за процес збијања у летњим месецима ноћу.

5. УПОТРЕБА ПОВРШИНСКОГ СЛОЈА — ПРАШИНАСТОГ ПЕСКА

На почетку овог чланка било је речи о овој врсти материјала уз напомену да је неупотребљив као материјал у коме ће се фундирати објекти и од кога би се градили насипи. Због тога је најбоље решење његово одстрањивање. Међутим, код објеката нискоградње, често пута се ради о веома великим количинама које треба бацити у депонију, а то је веома скупо и неприхватљиво за инвеститора.

Овај проблем нас је натерао да у извесним случајевима и за мање важне објекте, омогућимо уградњу овог материјала на тај начин што је он мешан са лапорцем. Мешање је вршено грејдерима, а збијање на исти начин као и других материјала. Овај начин је употребљаван једино за израду подтла и треба истаћи да је једино тамо и могућ.

ЗАКЉУЧАК

За избор технологије рада код земљаних радова најважније је познавање материјала у којима ће се објекти изводити и од којих ће се сами објекти градити. У овом чланку сам покушао пренети стечена искуства у извођењу земљаних радова у горе наведеном региону у Ираку и у једном специфичном материјалу неуобичајеном за наше прилике.

Грађевинска радна организација „ГРАНИТ“ из Скопља успела је да захваљујући, пре свега својим стручњацима, брзо и успешно нађе потребна решења за овај и сличне проблеме. С тиме је успела да на време и квалитетно изврши свој задатак а на велико задовољство инвеститора.



Мост преко Дунава у Новом Саду

Асфалтни бетон са утиснутим зрнима каменог агрегата

Мр ПРВОСЛАВ МАРКОВИЋ, дипл. инж.
СОУР „ГРАНИТ“ — ООУР Лабораторија, Скопје

Стручни рад
UDK 625.855.3

РЕЗИМЕ

Приказ домаћих и иностраних искустава и могућности примене (технологије пројектовања, припреме и уграђивања) асфалтних мешавина за коловозне засторе са утиснутом висококвалитетном каменом ситнежи која је претходно обавијена битуменом. Корист од оваквих технологија је што се уместо израде асфалтних застора у потпуности од висококвалитетног агрегата исти користи само за повећање хранивости док се за основни део слоја (у који се материјал утискује) може користити агрегат слабијих својстава (у нашим условима кречњаци и доломити).

1. УВОД

Примена кречњачког каменог агрегата за асфалтне бетоне за хабајући слој за путеве вишег ранга све је већа и то на начин да се хабајући слој изради сасвим од кречњачког агрегата или у комбинацији са еруптивним.

Добре стране кречњачког агрегата су познате, а основни недостатак, који и ограничава његову примену на путевима I и II разреда је његова релативно мала отпорност на хабање дробљењем (Лос Анђелес), и на хабање брушењем. Асфалтни бетони израђени од кречњачког агрегата у веома кратком року, под дејством саобраћаја, глачају се и постају клизави — небезбедни за саобраћај.

Постоји више начина да се отклони овај недостатак, а овде ће бити реч о методи Асфалтног бетона са утиснутим зрнима (HOT ROLLED ASPHALT). Сама метода се састоји у томе да се у топао асфалтни бетон од кречњачког агрегата, утисну зрна еруптивног агрегата обавијена претходно битуменом. На овај начин се задржавају све предности кречњачког агрегата, а отклања се главни недостатак — заглађење површине коловозног застора. Овако израђена коловозна површина је изузетно хлапава (временом постаје још хлапавија) са одличним условима за површинско дренажање воде, а с тиме и изузетно безбедна за одвијање саобраћаја.

Рецензент: проф. др Здравко Јоксин

Метода је доста распрострањена у свету под различитим именом, док је у Југославији скоро непозната. У Енглеској, то је HOT ROLLED ASPHALT; у Белгији — асфалтни бетон тип II; у Француској — патентиран под насловом RUGOSHAPE.

У раду ће бити изложена нека лична искуства о примени овог типа асфалтног бетона.

2. КОМПОНИРАЊЕ АСФАЛТНЕ МЕШАВИНЕ

Асфалтни бетон са утиснутим зрнима се састоји од основног — носивог дела, израђеног од асфалтног бетона типа АБ 11 мм., у складу са важећим стандардом ЈУС У.Е4.014, у који се у току уграђивања, одмах иза финишера, утискује фракција 11,2/16 мм. високо квалитетног каменог агрегата.⁽¹⁾

2.1. Асфалтна мешавина за основни — носиви слој

Асфалтни бетон за основни — носиви слој у који се утискује висококвалитетни камени агрегат претходно обавијен битуменом мора бити сасвим у складу са прописом ЈУС У.Е4.014 од 1983. год. за израду асфалтних бетона за путеве I и II разреда с тиме што се за квалитет каменог агрегата могу усвојити ниже вредности и то:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1. Хабање по Лос Анђелесу | max 25% |
| 2. Хабање брушењем по Бемеу | max 18 $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ |

Гранулометријска крива треба да буде око горње граничне линије прописане наведеним стандардима. Асфалтна мешавина мора бити густа, затворена, са нешто већим учешћем битумена, али и отпорна на пластичне деформације.

Дебљина основног асфалтног слоја би требало да буде око 5 цм да би се омогућило нормално утискивање висококвалитетног каменог агрегата претходно обавијеног битуменом.

Гранулометријске криве основног слоја које се примењују у појединим земљама дате су на слици 1 заједно са граничним кривама прописаним стандардом ЈУС У.Е4.014.

2.2. Камени агрегат за утискивање

Камени агрегат који се утискује у основни слој од асфалтног бетона одмах иза финишера, мора бити високо квалитетан агрегат еруптивног порекла фракције 11,2/16 мм, који у свему задовољава услове прописане стандардом ЈУС У.Е4.014 за путеве I и II разреда.

Агрегат се обавија битуменом по врућем поступку у асфалтном постројењу.

Уколико је лепљивост битумена за агрегат слаба треба применити неки од уобичајених поступака за повећање лепљивости.

Количина битумена за обавијање каменог агрегата креће се око 1%, а потребно је претходно утврдити из услова да зрна буду обавијена минималном количином битумена лакирана. Већа количина битумена доводи до каснијег међусобног слеplивања зрна, па не би било могуће њихово утискивање у основни слој.

Одмах након испуштања обавијеног агрегата из силоса за вруће одлагање потребно га је охладити водом, да би се спречило слеplивање зрна.

Овако припремљен агрегат се депонује и по потреби превоза малим возилима.

3. ВЕЗИВНО СРЕДСТВО

Везивно средство — битумен за основни слој мора у свему задовољавати услове прописане важећим стандардом за асфалтне бетоне.

За обавијање висококвалитетног агрегата за утискивање користи се исти битумен као и за основни слој (најчешће битумен 60).

4 УГРАБИВАЊЕ

Уграбивање асфалтног бетона са утиснутим зрнима врши се уобичајеним поступком, с тим што одмах иза финишера долази машина која разастире агрегат за утискивање.

Збијање се изводи гарнитуром ваљака, и то најпре глатким ваљком са челичним точковима, са 3 до 4 прелаза, а после ваљком са гуме-ним точковима до прописане збијености за асфалтне бетоне.

Уколико се не располаже специјалним разастирачем, за обавијени агрегат може се користити кош за разастирање песка којег користе предузећа за одржавање путева, с тим што је потребно овај кош монтирати на мање теретно возило.

Гуме на овом возилу би требале да буду без израженог профила, а потребно је обезбедити квашење гума бар у почетку.

Ручно разастирање је у принципу неприхватљиво.

Температура асфалта у основном слоју, у моменту утискивања зрна висококвалитетног агрегата, треба да је већа од 135°C како би се омогућило коректно утискивање.

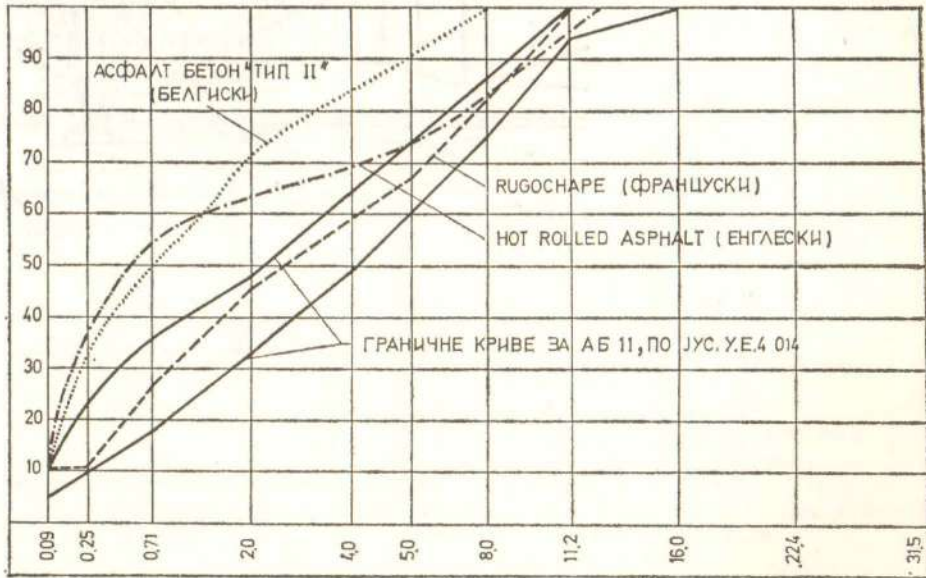
Оријентациона количина агрегата за утискивање износи 6 кг/м² и требало би је претходно одредити из услова да не буде до преклапања појединих зрна нити до већих празнина на површини коловозног застора.

Евентуални вишак неутиснутог материјала после првог преласка глатког челичног ваљка треба уклонити чишћењем.

5. ЗАКЉУЧАК

Технологија асфалтног бетона са утиснутим зрнима захтева незнатна улагања у допунску опрему и његова цена је у сваком случају мања него цена асфалтног бетона израђеног у потпуности од еруптивне камене ситнежи. По-

Сл. 1. — Гранулометријске криве различитих врста асфалтних мешавина коришћених за основни слој у који се утискује битуменом обавијени агрегат.



себно је погодан за крајеве где нема квалитетног каменог агрегата, а количина агрегата за утискивање је мала па се може довести и са веће удаљености.

После извесног времена, под дејством саобраћаја долази до бржег хабања кречњачког агрегата из основног слоја па хрпава структура коловоза постаје још изразитија. Оваква површина коловозног застора пружа:

- одличне дренажне способности
- коефицијент трења посебно добар за велике брзине

- мањи ризик од клизања возила при слабијој поледици

- добре оптичке и психолошке ефекте, јер после оголења танког битуменског филма са коловозног застора, кречњачка асфалтна мешавина добија светлу боју, која олакшава вожњу ноћу и у магли, а ефекти утиснутих зрна повећава утисак сигурности при вожњи.

Треба напоменути још да је асфалтни бетон од кречњачког агрегата са утиснутим зрнима од еруптивног агрегата, са ниским процентом шупљина и нешто већим процентом битумена,

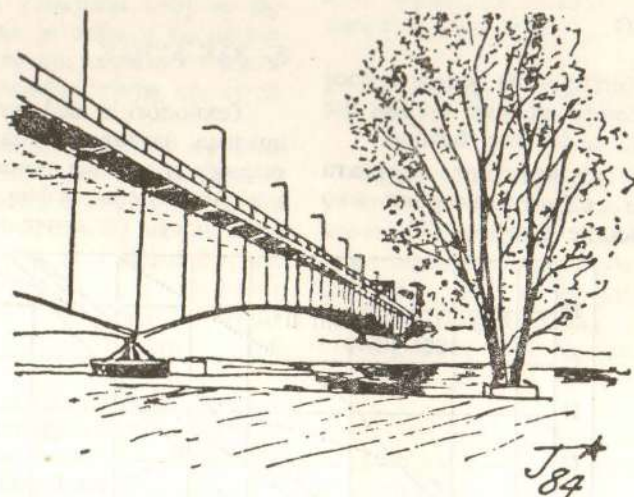
практично непропустљив за воду, отпоран још на старење, корозију и на прскање (појава прслина) на ниским температурама.

Треба једино бити обазрив да се не излази из оквира прописаних стандардом ЈУС У.Е4.014 за асфалтне бетоне, и пажљиво саставити асфалтну мешавину тако да она поред осталих услова буде отпорна и на пластичне деформације.

Широка искуства о примени ове врсте асфалтног бетона у Енглеској, Белгији, Скандинавији, Јужној Африци, Француској и другим земљама пружају довољну гаранцију за његову примену и код нас.^(2,3)

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Марковић П.: „Примена кречњачког агрегата за асфалтне бетоне намењене брзом и интензивном моторном саобраћају“ (магистарски рад), Скопје, 1982.
- [2]. Bulletin de liaison des LCPC, N 93, LCPC, Paris,
- [3]. Réalisation des couches de surface de chaussées en beton bitumineux clouté, Recommandation — SETRA, LCPC, Paris, 1978.



Узроци насталих оштећења и санација спојница између асфалтног и цементно-бетонског коловоза

ТРАЈАНОВСКИ ЗОРАН, дипл. инж.
ГРО „ГРАНИТ“ — ООУР „ЛАБОРАТОРИЈА“,
Скопје

Стручни рад
UDK 625.8.089.25:625.717.2

РЕЗИМЕ

У раду су приказани резултати истраживања узрока настајања оштећења спојница између асфалтног и цементнобетонског коловоза на једном пројекту у Ираку с обзиром на примењену технологију изградње, исецања и испуне спојница, климатске и друге услове као и поступци санације (примењена решења и материјали).

Због насталих оштећења на овим спојницама, у једном тренутку је доведено у питање и коришћење маневарских површина, због опасности уисавања одломљених зрна у млазне моторе, летелица. Зато је брзо преузета акција за санацију спојница на начин приказан у даљем тексту.

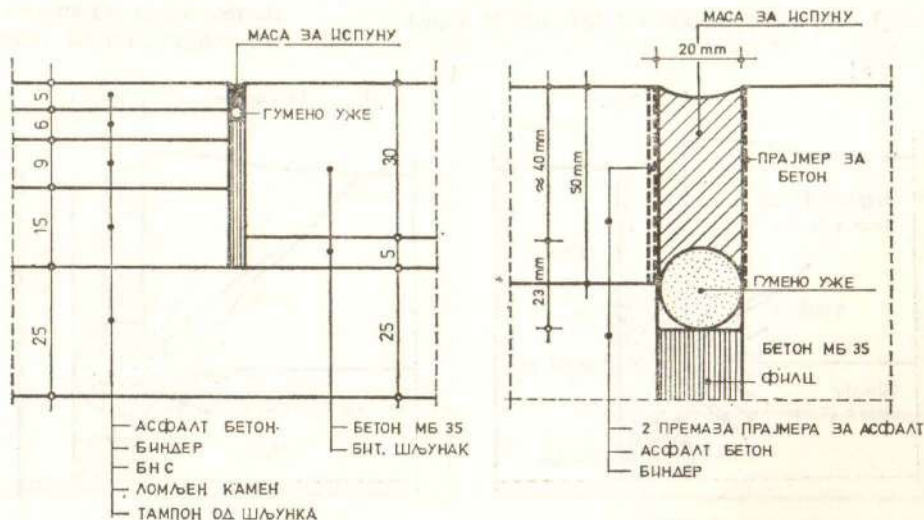
1. УВОД

Спојнице између асфалтног и бетонског коловоза (у даљем тексту спојнице) на пројектима у Ираку где су с обзиром на климатске услове, температурне разлике у летњем и зимском периоду као и варијације дневних температура, веома велике представљају велики проблем за све извођаче. Чињеница је да на свим пројектима где су радиле наше радне организације (инжењеринг систем), постојао овај проблем. У првом реду, пројектовање ових спојница базирало се на недовољно простудираним условима, параметрима и начину „рада“ истих. Познато је и то да је врло тешко давати принципијелна решења, јер сваки случај је посебан и тако га треба третирати. Уопштавање овог проблема доводи до ситуације коју смо имали.

2. ПРОЈЕКТОВАНА ТЕХНОЛОГИЈА ИЗРАДЕ СПОЈНИЦА

Пројектовани детаљ спојнице између асфалтног и бетонског коловоза на рулним и полетно-слетним стазама приказан је на слици 1.

Израда спојница обављена је у периоду од почетка јануара до краја маја месеца исте године. У овом периоду према подацима градилишне лабораторије, температура ваздуха се кретала од -2 до $+42^{\circ}\text{C}$. Спојнице су сечене кружном плочом на ширини 20 мм до дубине око 7 цм (до филца). Дешавало се да су извесне спојнице сечене у једном периоду, а заливане у другом. На пример сечене су у јануару, а заливане у фебруару месецу или сечене у истој ширини у априлу, а заливане у мају месецу. Шта то практично значи? Оне спојнице које су сечене у мају ширине 20 мм у зимском периоду следеће године отвориле су се на 30



Сл. 1. — Пројектовани детаљ спојница између асфалтног и бетонског коловоза на рулним и полетно-слетним стазама.

мм, а оне које су сечене у фебруару, истом ширином, у летњем периоду су се затвориле и на 11 мм.

Спојнице су после сечења биле детаљно пране водом и издуване компримираним ваздухом, због потребне савршене чистоће, да би прајмер имао што бољи контакт са зидовима асфалта и бетона. Затим се уметало гумено уже са дебелином која је одговарала одређеној спојници, да се спречи продирање мастика у доњи део делимично због економије, а делимично због његовог неповољног дејства притиска према горе и избацивања мастика и гуме ван спојнице у летњем периоду.

3. ОШТЕЂЕЊА НА СПОЈНИЦАМА И УЗРОЦИ

По истеку првог годишњег циклуса температурних промена догодила су се оштећења на спојницама и то како следи:

3.1. Отцепљење и издизање ивица асфалтног коловоза код контакта са мастиком (слика 2а и 2б)

Ове деформације и овај вид отцепљења ивица јавља се као резултат два узрока али не и истовремена.

3.1.1. Први узрок због кога настају ове деформације (издизање асфалтне ивице) на овим спојницама (слика 3) је дилатационо померање бетонских плоча.

Дилатационо померање бетонских плоча обрачунавано је по следећем обрасцу:

$$\Delta T = L/2 \times \Delta T \times \alpha T \dots (\text{mm})$$

$L = 40 \text{ m.}$ — размак експанзионих спојница

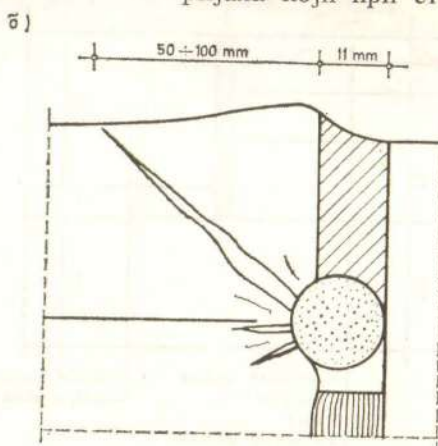
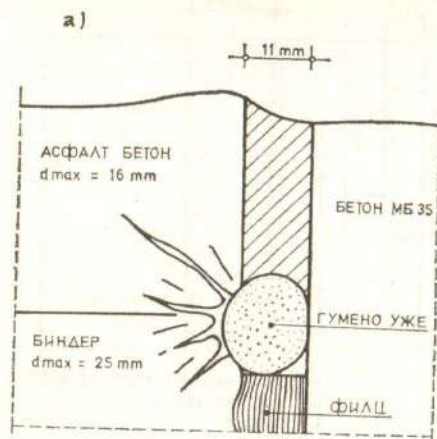
$L/2 = 20 \text{ m.}$ — претпоставка је да бетонске плоче раде подједнако на обе стране

$\Delta T = 30^\circ\text{C}$ — температурна разлика

$\alpha T = 0,00001$ — коефицијент температурне дилатације

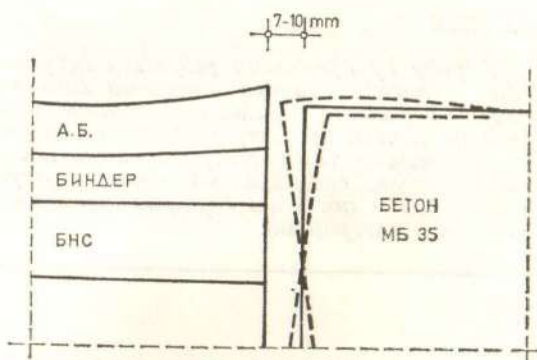
па је:

$$\Delta L = 20 \times 30 \times 0,00001 = 0,006 \text{ m. (6 mm)}$$



Сл. 2. — Издизање и отцепљење асфалтне ивице спојнице.

Међутим мерењем отвора (ширине) спојница је доказано да нису једнака померања после првог затвореног годишњег циклуса температурних промена и у каснијем периоду, као у овом случају после 3 до 4 године. Због „ослобађања“ конструкције после четири узастопна циклуса, смањен је коефицијент трења између бетона и асфалтне подлоге и уз истовремено повећање чврстоће бетона услед његовог старења, резултирало је и са 30% већим дилатирањем конструкције. Очекује се да се овај процес „ослобађања“ конструкције продужи и у следећем периоду. Све ово је допринело да имамо веће дилатирање коловоза у односу на предвиђено, што је резултирало изгуравањем асфалта.



Сл. 3. Издизање асфалтне ивице спојнице.

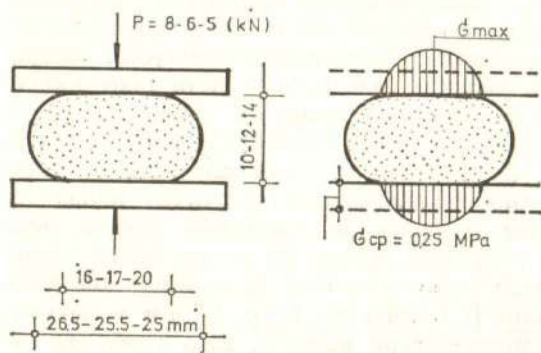
Поред чеоног притиска појавило се и издизање које је проузроковало конкавно и конвексно (сферично) витоперење бетонских плоча као резултат променљивог термичког градијента и запреминског поремећаја у асфалтној мешавини у зони деформација.

Овај вид деформација је делимично примењен и код обрабених спојница (сечене и заливане), док су се необрабеним спојницама (између бетонског коловоза и асфалтног шолдера) деформације појавиле свуда, као по правилу.

3.1.2. Други разлог је неповољни утицај гуменог ужета и постављеног у експанзионим, контракционим и експанзионим спојницама између асфалтног и бетонског коловоза. Уже је направљено од скоро идеално еластичног материјала који при стешњењу спојнице под при-

тиском зидова асфалта и бетона деформише се и уједно делује контракционим континуирано распрострањеним, теретом. Бетон као крути материјал, ова напрезања може поднети без последица, али не и асфалт који у летњим месецима (кад се овај процес јавља), због своје тамне боје апсорбира сунчеву топлоту и загрева се за око 20 до 30°C више од температуре ваздуха која је око 55°C. Ова напрезања као термопластичан и деформабилан, асфалт не може поднети и због тога се деформише.

На слици 2а приказана је и прелазна фаза пре настајања тоталног прелома у асфалту, у којој долази само до издизања ивице и почетног деформисања на контакту уже — асфалт. Горе наведено поткрепљујемо неким испитивањима које смо вршили у градилишној лабораторији. Мерили смо контракционо деловање гуменог ужета $D=23$ мм које износи, како следи на слици 4. Треба напоменути да уже које се користи у ову сврху не сме имати бочна ширења приликом притискања како не би истискивало мастикс према горњој ивици спојнице, што није био случај код нас.



Сл. 4. — Одређивање контракционог притиска ужета.

Ово напрезање услед деловања ужета при поменутим температурама асфалтно бетонски слој није могао да поднесе с обзиром на време трајања оптерећења. Временски интервал у коме ће се појавити ове деформације зависи, у првом реду, од карактеристика битумена, а с тим и од саме асфалтне мешавине.

Одређивање чврстоће асфалтне мешавине (смицање и затезање преко модула крутости) је комплексан проблем који изискује обимна истраживања што није предмет овог приказа.

У прилог овоме објаснићемо оглед направљен у градилишној лабораторији на пројекту.

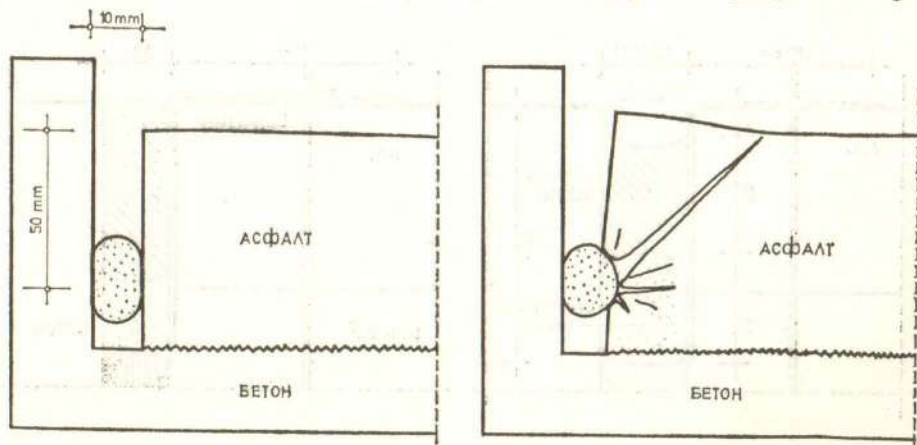
Израдили смо модел спојнице (слика 5), тако што смо на унапред припремљени бетонски елемент залепили епоксидом обрађени узорак асфалта из готовог коловоза. У спојницу ширине 10 мм увукли смо гумено уже пречника $D=23$ мм, а затим цео модел потопили у водено купатило на температури од 75°C. По истеку два сата од тренутка потапања дошло је до ломљења, као што је приказано на слици 5. С обзиром да дистрибуција температуре од површине коловоза ка доњим слојевима конструкције према литератури износи 0,8°C (што је у нашем случају занемарљива величина), мислимо да су створени услови у лабораторији, блиски стварним на терену.

3.2. Цепање асфалта услед ширења спојнице и доброг контакта са мастиксом

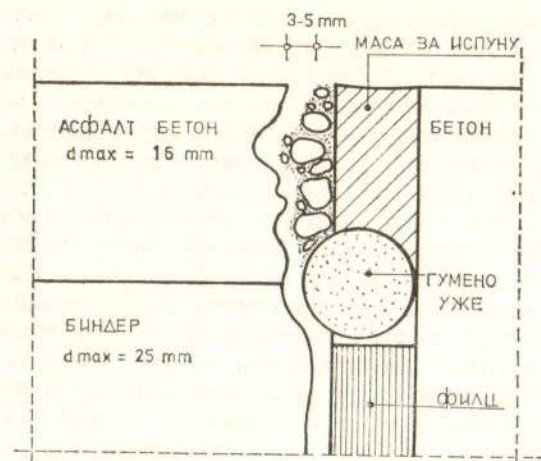
Овај тип оштећења, као на слици 6, догодио се на оним спојницама које су заливане у топлијем делу године (април, мај) при температури ваздуха од 30 до 40°C, због тога што су се исте у зимском, хладнијем периоду године отвориле под дејством ниских температура. Првобитно употребљена маса за испуну спојница показала се неподесном за затварање оваквог типа експанзионих спојница, због тога што је иста прилично крута (нееластична) на ниским температурама. Прајмирањем асфалтне и бетонске површине зидова спојнице добила се изванредна лепљивост са мастиксом која је уједно проузроковала откидање залепљеног слоја асфалтног бетона који је пратио бетон у његовом померању.

4. САНАЦИЈА СПОЈНИЦА

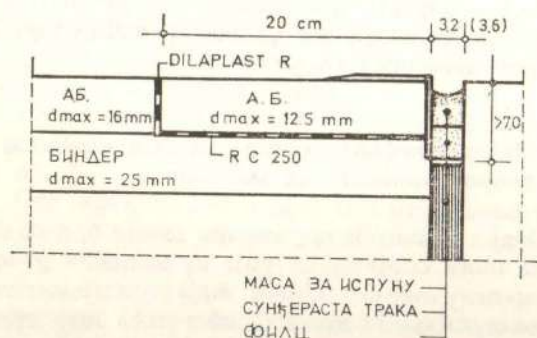
Санација спојница између асфалта и бетона започета је у октобру месецу при темпера-



Сл. 5. — Модел спојнице израђен у лабораторији.



Сл. 6. — Цепиње асфалта услед скупљања бетона.



Сл. 7. — Детаљ саниране спојнице.

тури ваздуха од 20°C. Извршено је резање оштећеног асфалтно-бетонског слоја на ширини 20 цм (слика 7). Вертикална ивица асфалта је премазивана због бољег контакта са новим асфалтом, производом Sika: DILAPLAST-R, а хоризонтални спој (биндер) је премазан емулзијом RC-250. Асфалтирање је извршено ручним разастирањем мешавине асфалтног бетона ($D_{max}=12,5$ mm), а збијање равним ваљком AD-100 и ваљком са гуменим точковима BW-20R. Другог дана је вршено сечење спојнице кружном тестером ширине 32 мм, до дубине „филца“ али не мање од 7 цм. У хладнијим месецима као што су јануар и фебруар кад се дневна температура креће око 5 до 10°C, се-

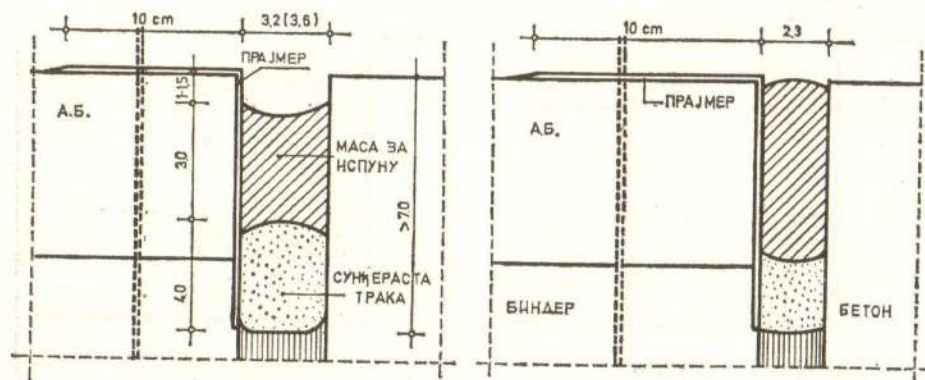
чење је вршено кружном плочом ширине 36 мм. Због тога што су све спојнице на бетонском коловозу (експанзионе, контракционе и лонгитудиналне) заливане масом KEKOLUX TF — SPECIAL, која се показала релативно добрим материјалом у односу на еластичност на нижим температурама, одлучили смо се да исти материјал употребимо и за заливање ових спојница између асфалтног и бетонског коловоза. Због тога што овај материјал има гарантирану и доказану добру лепљивост само са бетоном, требало је наћи решење за побољшање лепљивости са асфалтом. (Задовољава ASTM D-3406).

За ову намену употребљен је прајмер припремљен са природним кварцним песком ($D < 1\text{mm}$), сулфатно резистентним цементом и полимером немачке производње KEWA MUL — S, у следећим размерама:

кварцни песок : цемент : KEWA MUL — S :
: вода = 3 : 3 : 1,5 : 1,5

Пре наношења прајмера извршено је стругање асфалтне горње ивице спојнице челичном четком до појаве чисте камене површине због омогућавања делимичног хемијског споја, поред физичке везе која је исто тако добра. После пет до шест дана од наношења прајмера, вршено је уметање сунђерасте траке у спојнице, са димензијама довољним да се онемогући пропадање врелог мастика поред ње, а затим и заливање претходно добро очишћене спојнице. Заливање је извршено тако да горњи ниво мастика буде нижи од коте асфалта и бетона за 1 до 1,5 цм у зависности од температуре ваздуха, што треба да онемогући веће издизање мастика у летњем периоду. Заливање у зимском периоду са друге стране онемогућује (не у целости) напрезања затезања у зимском периоду која би евентуално оштетили асфалтни зид спојнице (слика 8).

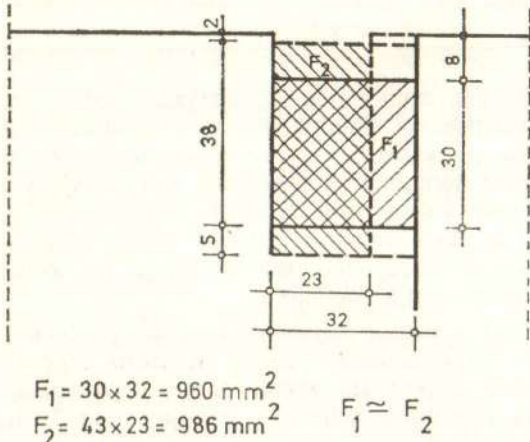
Треба напоменути да је приликом заливања мастика, који је морао бити загрејан до температуре од 130°C, редовно долазило до сагоревања сунђерасте траке на контакту, при че-



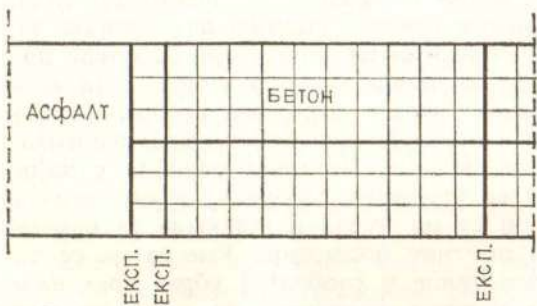
Сл. 8. — Стање саниране спојнице у зимском и летњем периоду.

му се стварала кора али не за више од 1 до 2 мм пропадања мастика дубље од предвиђеног.

Обављено је више испитивања у градилишној лабораторији за проверу лепљивости мастика за прајмер и, уједно, постојаности везе између прајмера и асфалтног зида спојнице. Симулирани су различити враменски и температурни услови при чему су добивени задовољавајући резултати.



Сл. 9.



Сл. 10. — Предвиђени распоред експанзионих спојница.

Циљ премазивања горње површине асфалта на спојници је био тај, да се колико-толико

укрути ивица и онемогући одломљавање приликом деловања динамичких удара точкова тежких авиона (с обзиром на нешто већу ширину спојница), који великим брзинама прелазе преко њих.

5. ЗАКЉУЧАК

Као закључак може се навести да је основни разлог за оштећења на спојницама између асфалтног и бетонског коловоза, велико дилатационо померање бетонских плоча због великог међусобног растојања експанзионих спојница услед температурних промена као и, у конкретном случају, погрешно одабрани материјали за израду истих.

Убудуће циљ пројектаната требало би да буде „ослобађање“ спојница (асфалт — бетон) од великих дилатационих померања, због чињенице да асфалт са својим карактеристикама није у могућности да их „безболно“ поднесе. Да не би долазило до ситуације коју смо описали потребно је променити приступ овоме проблему приликом пројектовања ових спојница.

Једно од могућих решења за смањивање дилатационих померања на попречним спојницама овога типа на рулним и полетно-слетним стазама, је и уметање експанзионе спојнице (бетон — бетон) непосредно до разматране, уколико се не примени неко решење овога детаља из литературе које би било скупље и компликованије од наведеног (слика 10). У овом случају пошто смо елиминирали у већем делу померања на спојници и свели их на само 10% од претходне вредности, лакше је изабрати материјал за њихово затварање и мања је могућност за појаву оштећења која смо описали у горњем тексту.

Шта изазива даље смањивање ограничења максимално дозвољене брзине у насељу?

Проф. др РАДОСЛАВ ДРАГАЧ, дипл. инж. саобр.
Саобраћајни факултет, Београд

Стручни рад
UDK 656.13.052.44:711.4

РЕЗИМЕ

На основу анализе последица које ће изазвати даље смањивање максимално дозвољене брзине у насељеним местима са 60 км/ч на 50 км/ч аутор указује на искуства других земаља са оваквим покушајима која показују да се на овај начин битно не побољшава сигурност и не ублажавају последице саобраћајних незгода а да се режим рада возила погоршава као и њихов век трајања, уз повећање буке и загађења ваздуха и просредних губитака због дужег бављења возила и робе на саобраћајницама.

Према одредби члана 46. Закона о основама безбедности саобраћаја на путевима, у насељу возач не сме возилом да се креће брзином већом од 60 км/час, односно брзином већом од брзине дозвољене постављеним саобраћајним знаком за цело насеље или његов део. На основу ове, сада важеће одредбе, у већем броју насеља или на појединим деловима насеља брзина је ограничена на 50 или 40 км/час. Могу се наћи делови путева или улице на којима је брзина ограничена и на мању величину (30 или 20 км/час) и ако такво ограничење није условљено условима за нормално одвијање саобраћаја. Овде, посебно треба имати у виду и одредбу члана 47. ЗОБС-а која предвиђа да се брзина под нормалним условима одвијања саобраћаја не сме ограничити саобраћајним знаком испод 40 км/час. Но, и поред тога органи који се баве проблемима регулисања саобраћаја лако се опредељују на значајнија ограничења брзине саобраћаја и ако се оправданост за такве поступке не може аргументовано оправдати и образложити.

Са развојем градова модернизује се и саобраћајна мрежа у њима, па се на магистралним улицама великог капацитета чији саобраћајнотехнички елементи то омогућавају, постављањем саобраћајних знакова, дозвољава кретање возила и брзином већом од 60 км/час. По правилу, у тим случајевима није повећана утроженост у саобраћају, а битно је повећана пропусна моћ улице и удобност путовања. За обезбеђење уреднијег и квалитетнијег саобраћаја у градовима треба у што већем обиму стварати овакве услове и применом нових метода и поступака у регулисању саобраћаја побољшавати услове за већу проточност у одвијању саобраћаја. Посебним мерама треба суз-

Рецензент: доц. др Вера Мијушковић

бијати сва понашања и поступке који доводе до успоравања саобраћаја и стварања честих застоја на уличној мрежи произведених некоректним понашањем учесника саобраћаја у коришћењу улица при кретању или при паркирању и заустављању возила ради обављања утоварно-истоварних манипулација на коловозу где се одвија саобраћај.

Нема одредби којим се налаже увођење забране заустављања возила и њена стриктна примена барем на магистралним улицама да би се спречило ометање одвијање саобраћаја барем у вршним часовима. Заустављена возила на коловозу испред продавница ради истовара робе, којом се продавнице снабдевају и стајање возила градске чистоће на коловозу да би се манипулисањем контејнера за смеће по коловозу, извршио истовар смећа у та возила, озбиљно омета и утврђава саобраћај на улицама и показује наш однос према заштити човекове околине. На овим улицама у највећој мери се утврђава саобраћај и оваквим понашањем се он омета и успорава уз изазивање низа штетних последица. Уместо да се таква пракса укине и саобраћај убрза пред њом се чине уступци предлогом за даље смањивање опште ограничene брзине у насељу.

Оваква пракса условила је недисциплиновано понашање возача у саобраћају који, не видећи оправданост оваког ограничења брзине, најчешће возе већом брзином од одређене постављеним саобраћајним знаком. У пракси контроле брзине, најчешће се баш на тим местима инсталирају радар ради мерења прекорачења брзине чиме се потврђује хипотеза возача о неоправданости уведеног ограничења које није условљено оправданим разлозима обезбеђења одвијања саобраћаја. Како међу возачима постоји уверење да се таква места вештачки стварају ради убирања прихода од казни за прекорачења безразложно ограничene брзине они се организованим отпором супротстављају таквом понашању. Места скривених радара који мере брзину возила, возачи брзо откривају и из солидарности се одређеним знацима за међусобно споразумевање опасност од радара сигнализира возачу кога очекује скривена замка. У оваквим случајевима контрола брзине постаје неефикасна и бесмислена, ако на тим местима возачи не утврђавају безбед-

ност саобраћаја, али праве прекршај што не поштују ограничење брзине које није прилагођено стању пута и саобраћаја на њему. Из ових разлога у изрицању мандатне новчане казне за прекорачену брзину долази до жустрих расправа и одбијања плаћања новчане казне на лицу места, а то ствара одређене непријатности и повећано администрирање у вођењу прекршајног поступка код судија за прекршаје. У предлогу за измене ЗОБС-а (Закон о безбедности саобраћаја) нису сагледани сви аспекти овог проблема, јер се није нашао бољи механизам за регулисање и сузбијање опасних ситуација које узрокује вожња возила превеликим, (неприлагођеним) — небезбедним и недозвољеним брзинама.

Према статистичким подацима о саобраћајним незгодама произилази да су возачи више од 40% незгода узроковали вожњом возила неприлагођеним и недозвољеним брзинама. Зна се да се најчешће само возачи позивају на одговорност за узроковану незгоду у којој је настала само материјална штета или још и страдање лица.

Предлогом измена ЗОБС-а предвиђа се смањење ограничења брзине у насељу са 60 на 50 км/час. Ова измена, по мишљењу предлагача треба да обезбеди повећање безбедности у саобраћају и да ублажи последице од саобраћајних незгода. Неки ефекти би се могли очекивати, али само у случају ако би се доследно поштовало ограничење брзине. При томе би се произвело и штетно дејство других ефеката које такво ограничење неминовно производи (сл. 1).

Међутим, данас, и при ограничењу брзине на 60 км/час велики број возача вози брже. Већи ефект у повећању безбедности би се постигао ако би се повратило поверење возача на реално сигнализiranу опасност од небезбедне брзине. У оквиру општег ограничења брзине на 60 км/час могу се сигнализирати опасних места, са примереним ограничењем брзине, постићи исти ефекти у безбедности саобраћаја, а да се при томе не наруше други саобраћајни фактори. Ово је тежи али исправнији пут за који се предлагач измена није определио. Уко-

лико би се прихватило предложено смањење општег ограничења брзине у насељу са 60 на 50 км/час то би довело и до штетних последица чије ефекте предлагач није имао у виду:

— Не би се обезбедило дисциплинованије поштовање ограничења брзине, а у статистици незгода већи процент би се приписивао узроку „вожња возила недозвољеним и неприлагођеним брзинама“, што не би допринело реалном утврђивању узрока незгода и одмеравању адекватне и правичне санкције са превентивним дејством.

— Смањивањем брзине са 60 на 50 км/час безбедност се не би битно повећала, јер се релативни број незгода не би смањило (сл. 1). При овоме ни просечна сударана брзина не би се битно смањивала да би се очекивале блаже последице од саобраћајних незгода.

— При смањивању брзине за 10 км/час производност аутомобила би опала за око 10%, а то би при истом транспортном раду и при истом ангажовању возила у саобраћају захтевало повећање возног парка за око 15%.

— У измењеном режиму рада возила већи број аутомобила, а посебно тежа комерцијална возила радила би у неповољнијим условима јер би дошло до повећане потрошње горива, веће буке од рада мотора, непотпунијег сагоревања горива и до већег загађивања околине отровним издувним гасовима. Повећани број возила захтевао би веће капацитете инфраструктуре (саобраћајница, паркиралишта, сервис).

— Век трајања возила у неповољнијем режиму рада би се смањило, а трошкови одржавања возила у експлоатацији би се повећали.

— Због дужег временског бављења робе и путника у транспорту појавили би се посредни губици који би падали на терет корисника транспортних услуга, а ти трошкови би се преносили и на цене свих роба и производа што би се негативно манифестовало и на животни стандард грађана.

Имајући наведено у виду предлог за смањење ограничења брзине у насељу не би требало прихватити, јер у нашим условима такво ограничење неће дати повољне ефекте, а уз то се не може у задовољавајућем обиму ни испоштовати.

Оправдано је поштовање санкција за непоштовање ограничења брзине, али исто тако веома је важно исправно одмеравање висине ограничења брзине на опасним местима или деоницама путева на којима се оно уводи. Кад је оно правилно примерено условима пута и саобраћаја на њему учесници саобраћаја га лако схватају и дисциплиновано спроводе у пракси.

Неоправдано се прецењује дејство утицаја брзине на безбедност саобраћаја, а занемарује се и потцењује значај и утицај других фактора у сложеном систему возач — возило — околина на безбедност и уредност у одвијању саобраћаја на путевима и улицама у насељеним местима.



Сл. 1. — Зависност реалног броја саобраћајних незгода и производности аутомобила од брзине кретања.

Међународна конференција о структурном пројектовању асфалтних коловоза

Др ПРЕДРАГ БРАУНОВИЋ, дипл. инж. грађ.
Институт за путеве, Београд

Стручна информација
UDK 625.85.021:061.3

РЕЗИМЕ

Шеста Међународна конференција о структурном пројектовању асфалтних коловоза одржана је у Анн Арбору, у организацији Универзитета у Мичигену, САД, и у традицији одржавања сваке пете године од завршетка AASHTO опитних деоница 1962. године. Ова VI-та Конференција је истовремено и последња у низу досадашњих, тако да сумирање научноистраживачких и професионалних активности у области коловозних конструкција од 1988. год. преузима новооснована асоцијација IASP — „Међународно друштво за асфалтне коловозе“. На овој Конференцији је такође анимиран тзв. Програм SHRP** или Програм стратешких истраживања на путевима у САД.

VI Међународна конференција о структурном пројектовању асфалтних (флексибилних) коловоза, као врхунски међународни форум за представљање нових достигнућа у развоју пројектовања, оцене, одржавања и рехабилитације асфалтних коловоза, примењујући механистички приступ у решавању коловозних конструкција током 25 година, одржана је овог пут у Ан Арбору, при Универзитету у Мичигену, САД, у периоду од 13 до 17. јуна 1987. године.

За разлику од првобитно одржаваних (од 1962. год.), оквири ове Конференције су се битно изменили од ранијих концепата, тако да сада омогућује вече учешће делегата, што је у случају ове последње износило чак 430 присутних из 30 земаља са свих пет континената. Поред доминирајућег броја учесника из САД и Канаде (више од 50%), значајно је повећано учешће из других развијених земаља са по 10 до 20 делегата (Јапан, Енглеска, Француска, Шведска, СР Немачка, Холандија, Швајцарска, Аустралија, Јужна Африка, Шпанија). Са по једним учесником представиле су се земље као Кенија Нигерија и Југославија. Из источне Европе није било присутних делегата.

ОКВИРИ КОНФЕРЕНЦИЈЕ '87.

Шеста Међународна конференција следила је програм и претходно припремљену публикацију: проф. др Здравко Јоксич

кацију (књига 1), са радовима истакнутих аутора у оквиру тематских области предвиђених на Конференцији, и радила је на одређеним заседањима, по темама:

ТЕМА 1: Пројектовање коловозне конструкције и материјали

ТЕМА 2: Понашање и оцена коловозне конструкције

ТЕМА 3: Системи управљања коловозима и рехабилитација

Завршна тема, под називом „Премошћавање јаза“ (Praving the Gap), била је посвећена постигнутим успесима и проблемима практичне примене резултата истраживања.

Оквир сваке теме укључивао је пленарно заседање са по пар предавања из области теме, праћено приказивањем четири одабрана рада од стране њихових аутора. Конференција је такође радила са четири формације паралелних радних заседања (Workshop Sessions) на специфичним радовима у оквиру теме, од којих један рад је био посвећен питањима практичне технике. Коначно, одржавана су пост-заседања која су омогућавала симултану дискусију радова са њиховим ауторима. Сваког наредног дана на Конференцији рекапитулирани су изводи радова, у форми резимеа, на пленарном заседању.

ЗНАЧАЈНИ ДОМЕТИ КОНФЕРЕНЦИЈЕ НА АРБОР 1987.

● На Конференцији је доминирала филозофија механистичких метода у пројектовању коловозних конструкција и на одређени начин конфронтирала се са класичним емпијским приступом заснованом на осматрањима и експериментима на терену и статистичкој анализи. Демонстрирана је значајна веза између механистичких својстава материјала коловозне конструкције и поступака пројектовања који укључују теоријске анализе. У изводу је приказано неколико оригиналних механистичких метода пројектовања коловоза, које су биле при-

мењиване у разним земљама. Феномен пукотина на коловозу укључен је у неким достигнућима истраживања на асфалтним материјалима због отврђивања битумена, ефекти великог притиска у гумама возила, као и динамичка интеракција између возила и коловоза. Улога постелице као основне коловозне конструкције и важност посматрања принципа механике тла у решавању и понашању, добила је истакнуто место. Ова дискусија је осветлила сврсисходност коришћења дренажних (тампонских) слојева високе водопропустљивости испод коловозне конструкције као и улогу геотекстила (геосинтетике).

● Примена дефлектометра са падајућим тегом FWD (Falling Weight Deflectometer) констатује се да је сада у широкој пракси као уређај за испитивање коловозне конструкције у смислу оцене њеног структурног капацитета. У контексту ових искустава, неколико истраживачких група, из различитих земаља, развили су компјутерске програме за структурну анализу и интерпретацију података добивених испитивањем на терену. Од посебног смисла у вези са већ постигнутим резултатима у примени FWD, је потреба за прецизнијим срачунавањем ефективног еластичног модула крутости за сваки значајан слој коловозне конструкције. При томе је јасно да се за постелицу и зрнасте (невезане) материјале траже примеренији нелинеарни модели. Данас постоји широк избор овакве опреме и уређаја за оцену других аспеката коловозне конструкције, који у контексту примене FWD могу да обезбеде мноштво информација за дијагностицирање стања коловоза и за се формирање добре основе за актуелне пројекте рехабилитације коловозних конструкција. Неке активности у оквиру међународне стандардизације у овој области су управо у развоју. Успех са јужноафричким симулатором тешких возила намењених убрзаном испитивању деоница коловозних конструкција током неколико година, демонстриран је поново на овој Конференцији. Слични, мада мање флексибилни уређаји, коришћени су у више других земаља у циљу акумулирања података у пројектима рехабилитације коловоза.

● Системи управљања (менаџмента) коловозним конструкцијама се и даље развијају и усавршавају, са оценом да је евидентан прогрес у системима на нивоу пројекта; међутим, примена у већим системима мреже путева остаје да се даље побољшава и верификује у примени. Неке методе за пројектовање појачања (надградње слојевима) коловоза, базираним на механистичким принципима, представљени су на овој Конференцији. Већина од поменутих метода користе податке стања постојећих коловоза добијених мерењима са FWD и одгова-

рајућим структурним анализама. Изложене су и разматране бројне иновирание технике за испитивања и истраживања на проблемима рефлектујућих пукотина у слојевима ојачања коловозне конструкције.

● У сврху успешнијег „премошћавања јаза“, постоји још увек потреба да се више ради на примени расположивих знања у пракси, као и на унапређењу технологије у контроли квалитета постојећих и нових коловозних конструкција. Техничке спецификације (стандарди) за материјале као крајњи резултат иновираних налаза, још увек нису широко уведене у примену, међутим, заузет је став да је битно благовремено и прописно увођење извођача у укупни механистички приступ у пројектима коловозних конструкција. Увођење нових модификованих материјала (асфалт, комплексна стабилизација и сл.) може се ефектуирати коришћењем механистичких метода, односно повезујући са механичким (реолошким) својствима материјала. За примену разних техничких иновација (уређаји, инструменти) и њихов прогрес, разматрања су ишла у правцу захтева за вишим образовањем оперативног кадра као и потребом за сталним обучавањем, уз констатацију да треба повећавати финансијску потпору за истраживања и развој. Истиче се да треба подстицати што тешњу сарадњу истраживача, пројектаната и извођача у циљу што комплетнијег развоја практичних метода које би биле широко прихватљиве.

● Шеста Међународна конференција о структурном пројектовању асфалтних коловоза, као традиционални високостручни и научни скуп у области коловозних конструкција још од комплетирања AASHTO Road Test (1962), је последња у низу одржаваних сваких пет година (Ann Arbor — 1962, Ann Arbor — 1967, Лондон — 1972, Ann Arbor — 1977, Delft — 1982, и Ann Arbor — 1987). У будуће ова Конференција, тзв. Ann Arbor, прелази у надлежност новоосноване институције „Међународно друштво за асфалтне коловозе“ (ISAP — International Society for Asphalt Pavements). Ово тело биће формално конституисано почетком 1988. године, са својом управом и одборима, који ће у међувремену преузети послове око предлагања заинтересованих групација земаља за улогу домаћина 7-ме Међународне конференције у 1982. години.

Ауторски радови који су послужили раду 6-те Међународне конференције обухватили су 83 чланка и исти су били одштампани према тематским областима у публикацији Конференције, Књига 1 (Volume 1). Друга књига (Volume 2) биће накнадно припремљена и укључиће прихваћене писане дискусије разних намена, кључне напомене изведене током Конференције, као и извештаје са радних заседа-

ња. Ове две публикације са Конференције '87, (Volume 1, 2) препоручују се као значајне и вредне књиге за све оне који су заинтересовани у области коловозних конструкција. Публикације са Конференције Ann Arbor 1987, могу се поручити преко: Professor E. Tons, University of Michigan, Department of Civil Engineering, P. O. Box 7619, Ann Arbor, Michigan 48109, U. S. A.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Program — STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS, University of Michigan, Ann Arbor, 13—17 Juli, 1987.
- [2]. Brown F. S. — CONFERENCE OF ANN ARBOR, The Journal of the Institution of Highways and Transportation, London, 1987.
- [3] Брауновић Ј. П. — Документација са 6-те Међународне конференције о структурном пројектовању асфалтних коловоза, Ann Arbor 1987.

ИНСТИТУТ ЗА ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА СРС

11000 Београд
Булевар Војводе Мишића бр. 43
Пошт. преградак 834, тел. 650-322

ИНСТИТУТ ЗА ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА СР СРБИЈЕ

КАО НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКА ОРГАНИЗАЦИЈА ВРШИ ТЕОРЕТСКА, ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА И ПРАКТИЧНА ИСПИТИВАЊА У ОБЛАСТИ МАТЕРИЈАЛА И КОНСТРУКЦИЈА, РАЗВОЈНА И ДРУГА ИСТРАЖИВАЊА СИСТЕМА И НОВИХ МЕТОДА ГРАБЕЊА СТУДИЈЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ СА ОРИЈЕНТАЦИЈОМ НА ГРАБЕВИНАРСТВО И ИНДУСТРИЈУ ГРАБЕВИНСКИХ МАТЕРИЈАЛА, КОНТРОЛУ КВАЛИТЕТА МАТЕРИЈАЛА, КОНСТРУКЦИЈА И ОПРЕМЕ, И ИЗРАДУ НОВИХ УРЕБАЈА И МАШИНА ЗА ПОТРЕБЕ ИНСТИТУТА ИЛИ ДРУГИХ НАРУЧИЛАЦА.

ДЕЛАТНОСТ ИНСТИТУТА, ОБУХВАТА СЛЕДЕЋЕ ОБЛАСТИ:

- КАМЕН, ОПЕКА И ГРАБЕВИНСКА КЕРАМИКА;
- БЕТОН, АГРЕГАТ, ЦЕМЕНТ, ЛАКИ БЕТОНИ;
- ГЕОМЕХАНИКА И ФУНДИРАЊЕ ЗГРАДА И ИНЖЕЊЕРСКИХ ОБЈЕКТА, ПУТЕВА — ОДРЖАВАЊЕ, ГРАБЕЊЕ, ПРОБНЕ ДЕОНИЦЕ;
- ДРВО И ЊЕГОВИ ПРОИЗВОДИ, СИНТЕТИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ;
- МЕТАЛИ И МЕТАЛНИ ПРОИЗВОДИ, ДЕФЕКТОСКОПИЈА, БРОДСКА, ХИДРОМЕХАНИЧКА И ДРУГА ОПРЕМА;

- ХЕМИЈА МАТЕРИЈАЛА И ПРОИЗВОДА ЗА ГРАБЕВИНАРСТВО И ИНДУСТРИЈУ;
- ПРОСТОРНА АКУСТИКА, ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА, ТЕРМОХИГРОМЕТРИЈА, ВИБРАЦИЈЕ МАШИНА;
- ГРАБЕВИНСКЕ И ДРУГЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И КОНСТРУКТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ ОД БЕТОНА, ЧЕЛИКА, ДРВЕТА И ДРУГИХ МАТЕРИЈАЛА;
- БИТУМЕН И ДРУГА УГЛОВОДОНИЧНА ВЕЗИВА, АСФАЛТ, ХИДРОИЗОЛАЦИЈЕ;
- СТАНОВАЊЕ СА ПРАТЕЋИМ САДРЖАЈИМА, ЈАВНО И ДРУГИ ОБЈЕКТИ ВИСОКОГРАДЊЕ;
- МОДЕЛСКА ИСПИТИВАЊА СЛОЖЕНИХ И ДРУГИХ СИСТЕМА КОНСТРУКЦИЈА;
- ЛАБОРАТОРИЈСКА ОПРЕМА, АПАРАТИ И ДРУГИ ЕЛЕМЕНТИ;
- ОПРЕМА ЗА ПРЕДНАПРЕЗАЊЕ;
- ОПРЕМА ЗА ПРОИЗВОДЊУ И МОНТАЖУ БЕТОНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА.

ИНСТИТУТ КАО АУТОР, РАСПОЛАЖЕ:

- СИСТЕМОМ ПРЕДНАПРЕЗАЊА;
- СИСТЕМОМ МОНТАЖНИХ СТАМБЕНИХ, ДРУШТВЕНИХ И ПОСЛОВНИХ ЗГРАДА;
- СИСТЕМОМ МОНТАЖНИХ ХАЛА И
- СИСТЕМОМ МОНТАЖНИХ МОСТОВА.

Из Друштва за путеве СР Црне Горе

Из Друштва за путеве

Председништво Социјалистичке Федеративне Републике Југославије, Указом бр. 107 од 31. децембра 1987. године, поводом четрдесетогодишњице изградње и општег развоја путне мреже у СР Црној Гори, за нарочите заслуге и постигнуте успехе у раду од значаја за напредак земље, доделио је истакнутим члановима и активистима Друштва за путеве СР Црне Горе висока одликовања.

Орденом рада са златним венцем одликовани су:

1. БЛЕЧИЋ Милосава
ПЕТАР
2. ЛАЗАРЕВИЋ Влада
ЈОВАН
3. МАЛИШИЋ Љуба
МИЛОРАД
4. ПАВИЋЕВИЋ Милоша
БОРИСЛАВ
5. ПЕТРОВИЋ Милорада
ДРАГОСЛАВ
6. РАДУСИНОВИЋ Радована
БОЖИДАР
7. РАЖНАТОВИЋ Јоша
СВЕТОЗАР
8. СЛАВИЋ Новице
ГРУЈО

Орденом рада са сребрним венцем одликовани су:

1. БОРОВИЋ Сава
СЛАВКО
2. ЈОКИЋ Зарије
ГОЛУБ
3. НОВАКОВИЋ Ника
ВОЈИСЛАВ
4. ПЕЈОВИЋ Јована
ДРАГОЈЕ
5. РАЈОВИЋ Андрије
ДАНИЛО
6. РАСПОПОВИЋ Вукашина
ПАВИЋ
7. ШЕСТОВИЋ Огњена
ВИДАК

На пригодној свечаности Друштва за путеве СР Црне Горе, одржаној у Титограду 2. фебруара 1988. године, у присуству представника Председништва СР ЦГ, Скупштине и Извршног вијећа СР ЦГ, Социјалистичког савеза, Привредне коморе, радничке организација и већег броја чланова Друштва за путеве, одликовања је уручио Петрашин Касалица, члан Извршног вијећа и републички секретар за послове привреде, који је између осталог рекао:

Данас када вам се уручују одликовања Председништва СФРЈ и када прослављамо 40-годишњи јубилеј изградње путева морамо рећи да су иза вас и свих нас грандиозни резултати у путној привреди. Исто тако морамо рећи да су пред вама и свима нама још већи задаци. Већи ниво развијености тражи још више и боље и јаче, а садашња економска криза нам то императивно намеће. Желимо и морамо из ње изаћи брже. Вјерујемо у себе, у сопствене снаге, у наш одабрани пут социјалистичког самоуправљања, у радничку класу, у радне људе. Изградили смо потенцијале који се огледају у средствима рада, у људима, стручњацима, чија снага је гаранција изласка из кризе и нашег просперитета. У име одликованих захвалио се Борислав Павићевић, дипл. инж. истакавши, између осталог: Дугачка би била прича како су грађени и одржавани путеви у протеклом периоду, какве су тешкоће и препреке искрсавале пред градитеље, како су се кроз њих челичили и калили неимари наше путоградње. То је прича дуга 40 година, делимично при-

Одликовани чланови Друштва
за путеве СР Црне Горе са
другом Касалицом



казана у Монографији о развоју путева у Црној Гори од 1945. до 1985. године, издатој 1986. године.

У четрдесетогодишњем периоду путоградње у Црној Гори изграђено је, реконструисано или модернизовано 1710 км, магистралних и регионалних путева, сви са асфалтним застором а већи део са савременом коловозном конструкцијом. На њима је изграђе-

но 148 тунела (дужине 16.637 м) и 280 мостова (дужине 14.077 м).

Свакако да ће ова признања за нас бити подстрек за даља прегнућа, а надам се, да ће резултати досадашњег нашег рада и његова јавна друштвена оцјена и признање исказано на овај начин, млабој, надоласећој генерацији градитеља путева бити врело надахнућа за наставак започетог дијела својих претходника.

Додјела високих одликовања члановима и активистима представља уједно и признање бројним и садржајним активностима и успјесима које остварује Друштво за путеве СР Црне Горе, као и подстрек бројним члановима Друштва за постизање још већих успјеха у даљем стручном и друштвеном раду.

Бољевић Љубомир, дипл. инж. гр.

Конгреси, Саветовања

1. ПРВИ ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИЈУМ О ТУНЕЛИМА

Први југословенски симпозијум о тунелима одржаће се на Брионима, од 24 до 26. новембра 1988. год., у организацији Савеза друштава за тунеле (у оснивању) и Друштава за тунеле Хрватске. У склопу рада симпозијума одржаће се и I Скупштина Савеза друштава за тунеле.

Теме Симпозијума:

1. Урбанистичко-архитектонски аспекти подземних структура у градовима

2. Истражни радови, класификације и категоризације масива, методе прорачуна подграда и облога

3. Прометни тунели: цестовни, железнички, пловни и метрои (пројектирање, изведба и одржавање)

4. Хидротехнички тунели (пројектирање, изведба и одржавање)

5. Велики подземни простори (пројектирање изведба и одржавање))

6. Вишенаменски подземни простори (пројектирање, изведба и одржавање)

7. Подземне просторије у рударству (пројектирање, изведба и одржавање)

8. Методе побољшања масива код подземних радова (дренирање, ињектирање, подграђивање сидрењем и млазним бетоном)

9. Предусједи, портали, улазне грађевине (пројектирање, изведба и одржавање)

10. Проблеми грађевинске физике, климатизације, вентилације, расвјете, енергетике, сигнализације и мониторинга код подземних простора

Програмом симпозијума предвиђа се изложба у вези с темама, посете научно-истраживачким институцијама, објектима на Ријечко-истарском подручју и градилишту тунела Караванке.

Пријава реферата уз доставу радног наслова са резимеом од 200 речи до 15. 05. 1988. год. с тим да обим саопштења реферата дефинитивно припремљеног за штампу не сме прећи 8 страна формата А4 (крајњи рок за предају 15. 09. 1988. год.).

Примљени реферати штампаће се у посебној публикацији коју ће учесници добити пре одржавања симпозијума, а генерални извештаји, анотације и дискусије биће штампани у другој књизи, после одржавања симпозијума.

Адресе за пријаву и слање резимеа: **Грађевински институт - Завод за геотехнику** (I Југословенски симпозијум о тунелима), 41000 Загреб, Јанка Ракуше 1.

2. ПРВИ ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИЈУМ О СЕКУНДАРНИМ СИРОВИНАМА

Први југословенски симпозијум о секундарним сировинама одржаће се у Београду, у Сава Центру,

од 16. до 18. новембра 1988. год., у организацији Института за путеве, Београда, уз сарадњу Грађевинског института—ООВР Факултет грађевинских знаности Свеучилишта у Загребу.

На симпозијуму ће се обрађивати следеће теме:

1. Методолошки приступ за утврђивање и оцену квалитета секундарних сировина

2. Могућности примене секундарних сировина у великим урбаним срединама и путоградњи

3. Могућности примене секундарних сировина у производњи грађевинског материјала

4. Економско-еколошки аспекти коришћења секундарних сировина.

Пријава реферата: до 1. марта 1988. год. теме реферата, а реферате са резимеом на енглеском језику најдаље до 15. јуна 1988. год. Адреса за пријаву реферата и за све информације о симпозијуму је: **Институт за путеве, ООВР Институт за истраживања и испитивања**, Београд, Кумодрашка 257, или на телефон (011) 471-773, код др Љубинка Драгићевића.

3. САВЕТОВАЊЕ О РАЗВОЈУ ПУТНЕ ПРИВРЕДЕ ЈУГОСЛАВИЈЕ ДО 2020. ГОДИНЕ

Саветовање о развоју путне привреде Југославије до 2020. године одржаће се у **Београду**, у Сава Центру, 26. и 27. маја 1988. год. у организацији Савеза друштава за

путеве Југославије, посредством Савеза друштава за путеве Србије. На саветовању ће се обрадити следеће тематске области:

1. Анализа свих врста саобраћаја у Југославији и правци њиховог развоја
2. Квантитативна и квалитативна анализа путева у оквиру интегралног саобраћаја Југославије
3. Систем финансирања изградње, одржавања и развоја путева
4. Просторни аспекти развоја путне мреже Југославије
5. Управљање путевима
6. Безбедност на путевима
7. Информатика у области путева
8. Унапређење технологије и организације пројектовања, грађења и одржавања
9. Осавремењавање и унапређење путне регулативе и стандарда

10. Унапређење и едукација стручних кадрова у путарству

11. Научно-истраживачки рад у путној привреди

Уводне реферате за назначене тематске области написаће аутори па позиву Иницијативно-организационог одбора, а заинтересовани стручњаци могу написати реферате по сопственом избору из неке од наведених тематских области Саветовања.

После одржаног Саветовања, посебно ће се одштампати дискусије и закључци.

Адреса за пријаву реферата и за све информације организатору саветовања: **Савез друштава за путеве Србије**, Београд, Кумодрашка 257, или на телефон: (011) 493-134, код Марије Боне, техн. секретара.

4. ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИЈУМ О ИЊЕКТИРАЊУ

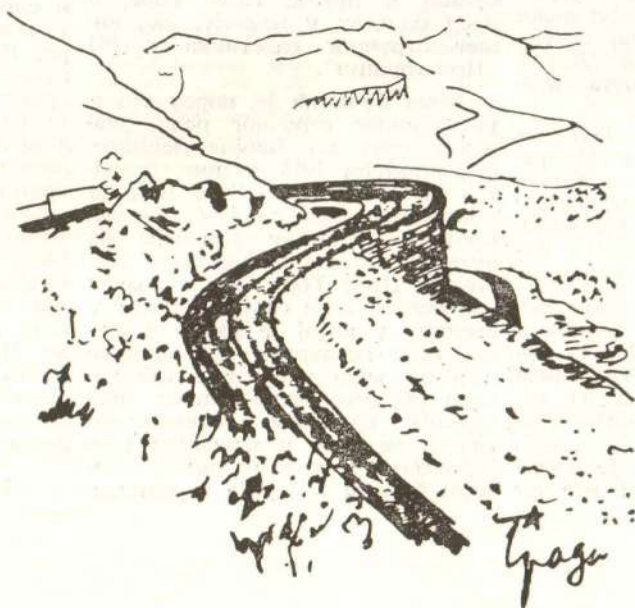
Југословенски симпозијум о ињектирању (ЈуСИ, '88) одржаће се у Београду, од 14 до 16. децембра 1988. године у организацији Савеза грађевинских инжењера и техничара Југославије-Југословенско друштво за високе бране.

На симпозијуму ће се обрадити следеће теме:

1. Истраживања и подлоге за пројектовање ињекционих радова
2. Пројектовање ињекционих радова
3. Ињекциона маса и њихови саставни материјали
4. Извођење ињекционих радова: ињекционе завесе; остали ињекциони радови, санације и специјални ињекциони радови
5. Осматрање и одржавање изведених ињекционих радова
6. Техничка регулатива из области ињектирања.

Рок за пријаву стручних радова (назив реферата) је 15. 05. 1988. год.

Адреса за пријаву реферата и за све информације у вези са симпозијумом: **Организациони одбор Југословенског симпозијума о ињектирању (ЈуСИ — '88)**, Геосонда, 11000 Београд, 27. марта 99.



In memoriam

ВУКО ВУЧИНИЋ

дипл. грађ. инжењер

Инжењери и техничари, а посебно Друштво за путеве Црне Горе, 19. августа 1987. године, изгубили су племенитог, искреног, поштеног, а изнад свега хуманог и вредног човека и друга, великог ентузијасту и доајена црногорских путара.

Након завршене гимназије Вуко Вучинић опредељује се за један тешки али лепи и хумани позив, да учи и научи како се граде савремени путеви, мостови и друга грађевинска остварења. Када је требало да дипломира пред сам рат, мобилисан је као потпоручник, а убрзо, априла 1941. године, и заробљен. Године рата провео је у немачким заробљеничким логорима.

Студије на грађевинском факултету завршава у Љубљани, августа 1946. године, где и почиње са радом као грађевински инжењер на пројектовању путева и мостова, на изградњи „Литостроја“ и на изградњи пута Љубљана — Врхника.

По потреби службе, 1947. године прелази на рад у Министарство грађевине Босне и Херцеговине, да би убрзо био постављен и за директора Грађевинског предузећа „Мајевица“ у Тузли, где остаје до 1949. године.

Маја 1949. године почиње његова изузетно плодна активност у Црној Гори, од помоћника министра Министарства грађевина до директора предузећа за изградњу Титограда и Општег грађевинског предузећа „Титоград“. На свим пословима дао је изузетан допринос, тако да је већ та-

да стекао углед једног од искуснијих привредника црногорског грађевинарства.

Његова већ тада испољена стручност и велико радно искуство, а надасве његов прегалачки и самопрегоран рад, били су довољни да му влада НР Црне Горе повери организовање путне службе у републици, постављајући га за директора Републичке управе за путеве и саобраћај.

Слободно се може рећи да се не може наћи готово ни једна значајна акција или подухват у путној мрежи СР Црне Горе, од одржавања и модернизације до изградње савремених саобраћајница, а да у њој није уткано име друга Вука Вучинића — као првог директора Предузећа за путеве, главног инспектора за саобраћај и путеве Црне Горе, а пред одлазак у пензију, као вишег стручног саветника у РО „Црнагорапут“.

Вуко Вучинић је, поред веома интензивног стручног рада, значајно окупио бројне неимаре, формирајући 1953. године, Друштво за путеве Црне Горе, чији је председник био до 1966. године. Бројном чланству Друштва за путеве и Савеза инжењера и техничара Црне Горе био је познат као човек који свој ауторитет у средини у којој је радио и живео није остваривао дистанцирањем од људи и средине, већ управо обрнуто, непосредним, природним држањем, племенитим срцем, нежном и преданом речју, топлим и драгим ликом, људском бригом за своје сараднике.

Где год се налазио, у породици, радном колективу, на градилишту или у слободним часовима са друговима и пријатељима, увек је зрачио добродушношћу и оптимистичком вером у могућност решења свих, па и оних најтежих, животних и радних проблема.

Његова основна животна идеја била је што више дати својој социјалистичкој заједници и што више свог искуства пренети на млађе колеге и сараднике. Кроз свој дуги радни век стекао је широк круг познанника и пријатеља међу грађевинарима и путарима широм Југославије и није случајно да је међу првима проглашен за заслужног члана Друштва за путеве Црне Горе и Савеза друштава за путеве Југославије.

За успешно обављање свих послова и задатака на одговорним и сложеним функцијама које му је поверавала влада НР Црне Горе, Извршно веће, Предузеће за путеве и његов укупан радни и друштвени допринос одликован је Орденом рада II реда. Медаљом заслуге за народ и Орденом заслуге за народ са сребрним зрацима.

Уваженог колегу Вучинића, заједно са његовом породицом, дубоко и искрено су ожалили и бројне колеге и сарадници у Савезу Друштава за путеве Југославије, а посебно Друштва за путеве Црне Горе, јер су његовом смрћу изгубили једног од најистакнутијих чланова Друштва, а његови поштоваоци и сарадници драгог пријатеља и колегу.

Љубомир Бољевн, дипл. инж.

Summary

MEASUREMENT SYSTEM FOR MONITORING THE TEMPERATURE GRADIENT IN THE GROUND AND IN PAVEMENTS

Prof. MILIVOJE SIMIC, Ph. D., B. Eng.
Prof. ZDRAVKO JOKSIC, Ph. D., B. Eng.
Ass. VELJKO GEORGIJEVIC, Ph. D., B. Eng.

This paper presents the analysis of annual variations of the thermal flux in boundary between the ground and the surrounding atmosphere. Three kinds of electrical transducers for temperature measurement (semiconductor, resistance and NTC thermometer) are designed as multielement probes and carried on during several years on two different locations. The presented results are discussed from the aspect of the 6°C isotherm position in the ground.

Scientific paper
UDC 536.531:625.8.042.3

PAVEMENT TEMPERATURE ANALYSIS

Djordje Uzelac M. Sc., B. Eng.
Institute for Testing Materials of the SR of Serbia

The purpose of this paper is to analyze flexible pavement (and subsoil) temperatures at different depths for the highway passing through Belgrade. Measurements of temperatures of air, surface and eight subsurface points were made in the preceding 10-year period. Statistical analysis has provided significant parameters: mean, minimum and maximum temperatures in different depths for the year and for specific months including frequency for the year and for the months.

The paper is the review of the second part of the author's Ms.Sc. titled: *Temperature Regime and its Influences on the Mechanical Behaviour of Materials in the Pavements*.

Scientific paper
UDC 536.12:625.8:681.32

THE STRUCTURE AND CAPABILITIES OF THE PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEMS

Z. G. RADOJEVIC, BSc (C. E.) MSc. PhD
The Highway Institute, Beograd

The paper deals with an explanation and description of complete developed highway management systems, wherein the examples from some countries were used, particularly those actually in practice during operation phase.

Some of such systems for programming short-term and long-term activities in highways were discussed, as well as their abilities for evaluation of the relationships between road network condition and the magnitude of financial funds allocated for particular planned periods.

UDC 625.71:(625.76 + 65.072.2)
High level professional paper

SAFETY OF TRAFFIC IN TUNNELS EXCEEDING 500 m ON PRIMARY ROUTES NETWORK IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

SLAVKO STAROVIC, B. Civ. Eng.
The TRASER design organization, Sarajevo

The paper presents conditions and criteria for the design of road tunnels exceeding 500 m with reference to safety (illumination, visibility, air contamination, fire protection and so on) and the equipment of the tunnels in the world and in our country. The conditions in Bosnia and Herzegovina have been analyzed, the dimensions and equipment of the constructed tunnels together with the measures to be taken to make those tunnels function including the measures to supplement the relevant existing standards in our country which should provide the uniformity of the requirements.

Professional paper
UDC 624.195:656.13.08 (497.15)

EXPERIENCE GAINED IN IRAQ WITH EXCAVATION AND BUILDING OF EARTH MATERIALS

SLOBODAN GEORGIJEV, B. Eng.
Construction Work Organization GRANIT
Basic Organization of Associated Labour
LABORATORIJA, Skopje

Characteristic earth materials have been presented which are mostly found in medium part of the Euphrates river valley in Iraq with special emphasis to their geotechnical properties and the problems to be solved during the execution of geotechnical works. This covers the possibility of foundation on those materials and their use as construction materials (technology of excavation, processing and preparation for erection including erosion protection and the protection against inconvenient action of humidity changes). Special attention has been paid to marly limestones and silty sands including important experience gained with a large number of highway engineering structures.

Professional paper
UDC 624.133 (567)

ASPHALT CONCRETE WITH EXTRUDED CHIPPINGS

PRVOSLAV MARKOVIC, M. Sc., B. Eng.
Composite Organization of Associated Labour
GRANIT
Basic Organization of Associated Labour
Laboratorijs, Skopje

The paper is the review of domestic and foreign experience and of possibility to apply (design technology, preparation and building in) asphalt mixtures for pavement surfacings with extruded high-quality bitumen-coated chippings. The advantage of such technologies is that instead of complete usage of high-quality aggregate such aggregate is used only for the increase of roughness while the lower-quality aggregate can be used for the basic part of the layer into which the material is extruded. In our conditions such aggregates are limestones and dolomites.

Professional paper
UDC 625.855.3

CAUSES OF DAMAGES AND REHABILITATION OF JOINTS BETWEEN ASPHALT AND CEMENT-CONCRETE PAVEMENT

ZORAN TRAJANOVSKI, B. Eng.
Construction Work Organization **GRANIT**
Basic Organization of Associated Labour
LABORATORIJA, Skopje

The paper presents the results of research of causes of damages in joint between asphalt and cement-concrete pavement on a structure in Iraq. The problem is treated with regard to the applied technology, cuttings and infillings of the joints, climate and other conditions as well as with regard to the rehabilitation procedure the applied solutions and materials).

Professional paper
UDC 625.8.089.25:625.717.2

CONSEQUENCES OF FURTHER DECREASE OF MAXIMUM PERMITTED SPEED IN SETTLEMENTS

Prof RADOSLAV DRAGAČ, Ph. D. B. Eng.
Faculty of Transportation, Belgrade

On the basis of analysis of consequences to be caused by further decrease of maximum permitted speed in settlements from 60 km/h, to 50 km/h, the author points out to the experience of other countries with such attempts. Such experience shows that no essential improvement of safety is achieved without mitigation of consequences of accidents but the regime of vehicles operation is aggravated together with their age with simultaneous increase of noise and air contamination including indirect losses due to longer stay of vehicles and goods on the roads.

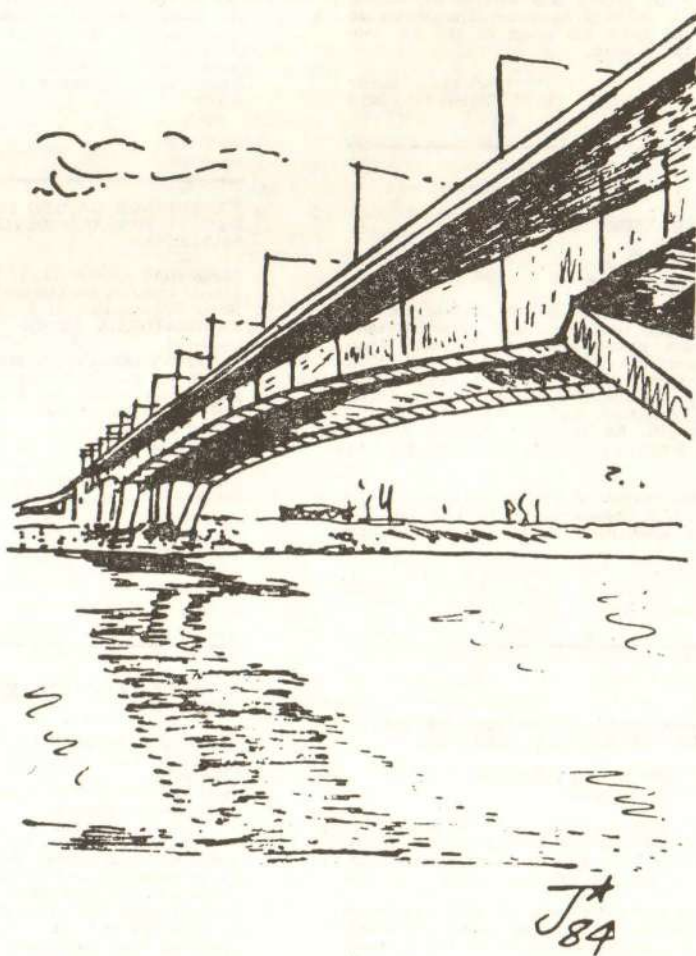
Professional paper
UDC 656.13.052.44:711.4

P. J. BRAUNOVIĆ, B. Sc. (C. E.) Ph. D
The Highway Institute, Belgrade

INTERNATIONAL CONFERENCES ON STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS

The Sixth International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements was held in last July in Ann Arbor being organized by the University of Michigan, USA as a world meeting traditionally used to be held every five years since the completion of the AASHO Road Test, 1962. The sixth Conference was also the one in the series of those already held. In future, it will be within the competence of the newly founded **International Society of Asphalt Pavements (ISAP)**, starting in 1988. The mentioned Ann Arbor Conference has emphasized the action on world wide significant Strategic Highway Research Program (SHRP) originally oriented towards the improvement of the highways in the USA.

Professional information
UDC 625.85.021:061.3





Издавачка радна организација

Грађевинска књига

Трг Маркса и Енгелса 8/II

11000 БЕОГРАД

ПОШТАНСКИ ФАХ 798

ЖИРО РАЧУН БР. 60801-603-15416

Телефони:

директор 333-565

редакција 344-359

општи сектор 344-345

финансијски сектор 333-234

комерцијални сектор 347-662

магацин 4440-652

ПРЕПОРУЧУЈЕМО

- | | |
|--|------------------|
| 1. ТУНЕЛИ — Проф. др Бранислав Поповић | цена 16.200 дин. |
| 2. ТЕОРИЈА САОБРАЋАЈНОГ ТОКА — Проф. др Љубиша Кузовић | цена 5.950 дин. |
| 3. КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПУТЕВА — пројектовање, грађење, одржавање — проф. др Здравко Јоксић | цена 7.500 дин. |
| 4. ОРГАНИЗАЦИЈА И ТЕХНОЛОГИЈА ДРУМСКОГ ТРАНС-ПОРТА — проф. др Љубомир Топенчаревић | цена 10.300 дин. |
| 5. НОРМАТИВИ И СТАНДАРДИ РАДА У ГРАБЕВИНАРСТВУ — нискоградња, 6 | цена 16.200 дин. |
| 6. НОРМАТИВИ И СТАНДАРДИ РАДА У ГРАБЕВИНАРСТВУ — нискоградња, 7 | цена 21.200 дин. |
| 7. ПРИРУЧНИК ЗА ИЗРАЧУНАВАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА И ОБЕЛЕЖАВАЊЕ УНУТРАШЊЕ ИВИЦЕ КОЛОВОЗА У КРИВИНА-МА МАЛОГ РАДИЈУСА — дипл. инж. Мартин Липичник и сарадници | цена 5.400 дин. |
| 8. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУТЕВА — доц. др Војо Анђус, доц. Јован Катанић, доц. др Михајло Малетин | цена 4.750 дин. |
| 9. ЗБИЈАЊЕ — ПУТЕВИ И АЕРОДРОМСКЕ ПИСТЕ, СРЕД-СТВА И МЕТОДЕ — Ж. Аркие (превод: З. Јоксић) | цена 500 дин. |
| 10. ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ТРАСИРАЊЕ ПУТЕВА И АУТО-ПУТЕ-ВА — Х. Лоренц (група преводаца) | цена 1.000 дин. |
| 11. ГРАБЕВИНСКА ФИЗИКА — Шилд/Каселман (превод: А. Флашер) | цена 2.600 дин. |
| 12. ГРАБЕВИНСКЕ МАШИНЕ — (7 издање) — Проф. др Богдан Трбојевић | цена 2.200 дин. |
| 13. ПРАКТИКУМ ИЗ ЧЕЛИЧНИХ МОСТОВА — дипл. инж. Братислав Стипанић, дипл. инж. Драган Буђевац | цена 2.500 дин. |
| 14. ОБЕЛЕЖАВАЊЕ ПРЕПРЕКА ЗА ВАЗДУШНУ ПЛОВИДБУ — дипл. инж. Љиљана Рашајски | цена 3.000 дин. |

ПОРУЏБЕНИЦА

Овим неопозиво наручујемо примерака књига под редним бројем што укупно чини динара.

Уплату ћемо извршити у законском року. У случају спора надлежан је суд у Београду.

М. П.

ПОТПИС

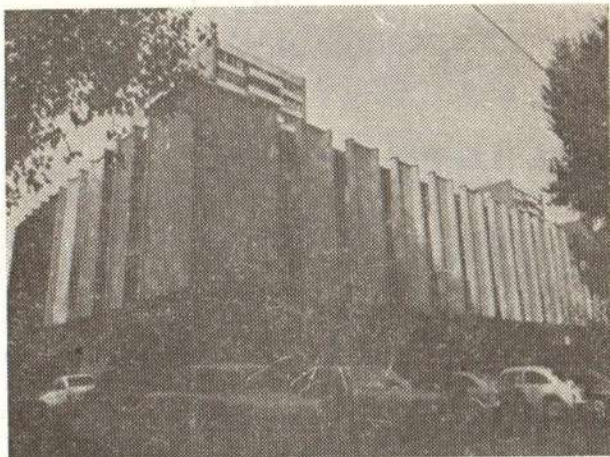
ИРО „ГРАБЕВИНСКА КЊИГА”, Београд, Трг Маркса и Енгелса 8/II тел.: 347-662.

Сложена организација удруженог рада за путеве

„СРБИЈАПУТ“

БЕОГРАД

Београд, Булевар револуције 282
Телефони: централа 011/417-955
Директор 411-735
Техн. директор 413-694
Telex: Yu: 12093 „Србијапут“



Основна делатност СОУР-а за путеве „Србијапут“, Београд је:

- одражавање, реконструкција, грађење путева и објеката везаних за пут;
- производња грађевинског материјала и опреме пута и путне сигнализације за путеве и објекте на њима;

СОУР за путеве „Србијапут“, Београд располаже савременом механизацијом и опремом за грађење путева и објеката и запошљава велики број стручних радника и инжењерско-техничког кадра.

Са својим стручним, инжењерско-техничким кадром и механизацијом са којом је опремљен, може самостално да изводи радове на грађењу: ауто-путева, магистралних и регионалних путева, свих објеката за потребе пута (мостови, тунели и др.), да изврши опремање путева сигнализацијом и опремом потребном за пут.

Радна организација за путеве „БЕОГРАД“

11.000 Београд, Видска 24
Телефон: централа 011/4440-722
Директор 4442-769
Техн. директор 4447-829
Telex: YU 12486 Београд

Радна организација за путеве „Врање“

17.500 Врање, Боре Станковића 5
Телефон: Директор 017/21-014
Техн. директор 22-638
Telex: YU 16760 ПЗП. Врање

Радна организација за путеве „Зајечар“

19.000 Зајечар, Бориса Кидрича 68
Телефон: Централа 019/22-088
Директор 21-251
Техн. директор 21-179
Telex: YU 19291 ПЗП. Зајечар

Радна организација за путеве „Крагујевац“

34.000 Крагујевац, Индустијска бб.
Телефон: Централа 034/69-520
Директор 67-305
Техн. директор 60-515
Telex: YU 17218 РОЗП. Крагујевац

Радна организација за путеве „Ниш“

18.000 Ниш, Владимира Назора 13А
Телефон: Централа 018/46-699
Директор 47-286
Техн. директор 47-160
Telex: YU 16262 ПЗП Ниш

Радна организација за путеве „Нови Пазар“

36.300 Нови Пазар, Шабана Коча 19
Телефон: Директор 020/21-692
Техн. директор 23-552
Telex: YU 17656 ПЗП Нови Пазар

Радна организација за путеве „Титово Ужице“

31.000 Титово Ужице, Народног хероја
А. Дејовића 38
Телефон: Централа 031/23-822
Директор 24-090
Техн. директор 27-241
Telex: YU 13651 пут Титово Ужице

