ГОД. XIX. СТРУЧНИ ДОДАТАК Јули — Септембар

СРПСКИ
ТЕХНИЧКИ ЛИСТ
ОРГАН УДРУЖЕЊА СРПСКИХ ИНЖЕЊЕРА И АРХИТЕКТА.

УРЕДИЛИ:

Душан Божић
инжењер Канализационог Одсека

Павле Димић
инжењер Министарства Грађевина

ИЗ НАУКЕ И ПРАКСЕ.

Статичко испитивање лукова и засведених носача

од камена, гвожђа, бетона или армираног бетона. По основама ставова еластичке теорије, помоћу методе са сталним лучним количинама.

од Dr. thechn. Robert-a Schönhöfer-a

Са сликама на Листу 13.

ПРВИ ДЕО.

Суштина методе.

У основним једначинама за статичко прорачунавање лучних и засведених носача по еластичкој теорији, налази се под интегралним знаком израз $\frac{ds}{J}$

У поменутим једначинама $\frac{ds}{J}$ означава диференцијал лучне или сводне осовине а J моменат лењивости дотичног пресека. Само кад су осовине лукова параболног облика, онда дотични интегрални дају за праксу употребљиве изразе, а за све остале лучне облике принуђени смо, да интегралисање заменимо неком приближном методом нпр. Симпсоновом методом. Изузимају се плитки сводови кружнога облика, код којих можемо са довољном тачношћу, да сматрамо осовину лука као параболу и онда се нужна интегрисања дају лако извести. Овде ћемо сада, место диференцијала ds лучне осовине, узимати један коначно мали део s лучне осовине а са J означаваћемо средњи моменат лењивости лучнога комада дужине s. Овај израз $\frac{s}{J}$ ми ћемо крстити именом лучна количина лучнога комада дужине s.

Код метода, које су до сада употребљаване за прорачун стабилности сводова, дељена је лучна о сови на у извесан број једнаких делова и кроз ове овакодобивене подеоне тачке, повлачене су вертикале које су ограничавале комаде s на лучној осовини. Само по некад, из нарочитих разлога, узимати су комади s сасвим неправилно.

Ако потпуно занемаримо случај, по коме су моменти лењивости у свима лучним пресецима једнаке величине, пошто је такав лук статички нерационалан и неекономичан, то је појмљиво, да су код свију поменутих метода дељења лука у ламеле испадале лучне количине неједнаке величине. Ова неједнакост лучних количина чинила је досадању методу рачунања приличо заметном и дангубном. Зато се је тежило, да се за ове лучне количине добију подједнако велике

количине тј. да се подела лучне осе у комаде S тако раздели да $\frac{S}{J}$ постане константна количина.

Узмимо ма где на луку један комад дужине S_r (мерено на лучној осовини) и нека J_r означава средњи моменат лењивости (види сл. 1.) па ћемо лучну количину моћи да изразимо са

$$\frac{S_r}{J_r} = \frac{1}{k} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1),$$

где k представља константну количину.

Средњи моменат лењивости дотичног лучног комада можемо ставити да је:

$$J_r = \frac{1}{2}(i_r + i_r + 1)$$

Даље ћемо замислити, да је лучна осовина развијена у правој линији и од ове ћемо навише и наниже на вертикалама у извесној размери пренети моменте лењивости дотичних пресека. На тај ћемо начин добити две симетричне криве линије момената лењивости, које леже изнад и испод развијене лучне осовине. У границама лучнога комада дужине S_r можемо сматрати, да су обадве кривине линије момената лењивости праве линије. Према овоме из сл. 1. добија се одмах:

$$BE = i_r + i_r + 1 = 2 J_r$$

даље

$$\frac{CE}{BE} = \frac{S_r}{2 J_r} = \operatorname{cotg} \varphi$$

Ако сада узмемо делове S такве, да угао φ остане једнаке величине, онда можемо написати да је

$$\operatorname{cotg} \varphi = \frac{1}{2k}$$

и добићемо

$$\frac{S_r}{J_r} = \frac{1}{k}$$

а то је изложени услов у једнач. 1. из које се добијају константне лучне количине.

Сада ћемо на основи овог посматрања поставити методу за поделу лука. Али пре но што на исту пређемо изложићемо још неколико напомена. Дужина целокупне лучне осовине S може се одредити рачуном или графијски. Која ће се од ових двеју метода узети, зависи од тачности, која се захтева. Ако је лучна оса кружни лук или ма каква друга прорачунљива крива линија, онда треба лучну дужину рачуном одредити. Кад одредимо дужину S, онда ћемо је поделити у извесан број једнаких делова и подеоне тачке пренећемо на саму осовину (види сл. 2.) Да би ову помоћну поделу тачније добили, препоручује се, да се делови што мањи узму. За тим ћемо у подеоним тачкама одредити моменте лењивости лучних пресека и пренећемо их од развијене лучне осовине на вертикалама кроз одговарајуће тачке горе и доле, па ћемо добити две линије момената лењивости. Код сводова од камена или бетона са сталним повећањем дебљине и дубине свода, имаће линија момената лењивости једнообразни ток. Код сводова пак од ојачаног бетона и гвоздених лучних носача линија момената лењивости неће имати једнообразни ток, усљед неједнаке промене попречних пресека. Природно је, да се изломљена линија момената лењивости може заменити са једном непрекидном изравњајућом линијом. Да је ово гледиште оправдано, показаће нам сљедеће посматрање. Код гвоздених лучних конструкција *) појачање пресека постизава се, по правилу, додавањем плоча. Јасно је дакле, да пресек сваке додате плоче, може тек онда да се рачуна да даје отпора, кад се прикује одговарајући број закивака потребних са преношење напрезања. Од првог спојног закивка па до овог потребног броја закивака појавиће се поступно рашћење момента лењивости. Линија момената лењивости, која одговара правом стању неће показивати скокове и на њено место узета изравнавајућа линија поклопиће се са овом линијом момената лењивости. Код бетонских армираних конструкција појачања гвоздених пресека (појачање бетонског пресека по правилу бива увек) постизавају се додатком гвоздених шипака или појачањем гвоздене конструкције (систем Meian) И овде ће нови додатак пресеку тек онда моћи давати отпора, кад се постигне између гвожђа и бетона моћ лепљивости, која је потребна за преношење сила. И овде се може линија момената лењивости заменити изравњавајућом линијом. На послетку поменућемо и сводове код којих дебљина свода опада ка темену у виду степена, слично цигљаним сводовима на грађевинама. И овде се може узети да линија момената лењивости има једнообразни ток, пошто они степенасти ћошкови на своду немају никаква удела у преношењу напрезања. Ми ћемо дакле, код свију случајева у пракси узимати линију момената лењивости са једнообразним током. Сад ћемо прећи на опис саме методе за поделу лука.

Узећемо за први комад лучне осе дужину S_1' и пренећемо га на развијену лучну осовину, У крајњим тачкама дужине S_1' повући ћемо управне, које секу обе линије момената лењивости у двема тачкама B и D и добићемо трапез ABCD. Сад ћемо повући дијаганалу AD и овој једну паралелну кроз тачку B до пресека са доњом линијом момента лењивости; кроз ову пресечну тачку E треба повући управну EF, која ће одсецати лучни комад S_2' на развијеној лучној осовини. За тим ћемо начинити FG||BE и повући управну GH и добити S_3'. Лако је појмљиво да ће код оваквог начина дељења праве преостати комад $\triangle S$. Ако је ово $\triangle S$ сразмерно врло мало, онда се може S у истој сразмери да раздели пошто нам је $(S - \triangle S)$

*) Ово важи за носаче са пуним зидовима.

познато. Рачунским се путем садашњи лучни комади добијају из следећег израза.

$$Sr'' = Sr\frac{S}{S - \triangle S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots, \quad 2).$$

Ако би $\triangle S$ испало веће, онда треба дељење поновити, ради тега је потребно први лучни комад повећати за одговарајући део од $\triangle S$. Ово поновно дељење довешће нас до резултата при чему ће се добити или сасвим шчезавајуће мало $\triangle S$, које би се могло занемарити или ће $\triangle S$ бити тако мало. да се S може одмах по горњој методи разделити. После неколико вежбања успећемо да дељење одмах извршимо Напослетку ћемо добити дужину **S** подељену у n делова за које ће важити следећи однос:

$$\frac{S_1}{J} = \frac{S_2}{J} = \frac{Ss}{J} = \ldots = \frac{S_n}{J} = 2\ \text{cotg}\ \varphi = \text{константно.}$$

На овај начин добивене подеоне тачке пренећемо на лучну осовину повлачењем вертикалних, чиме ће лук бити подељен у n лучних комада. Сад треба још одредити лучне тачке (тачке тежишта лучних комада) 1, 2, 3 . . . . . n. Ове се лучне тачке могу приближно узети у средини делова s. Само код већих лучних комада или при успољеној већој тачности мораће се лучне тачке одредити по некој тачнијој методи.

Као што се из изложене методе дељења јасно види, размера је сасвим произвољна, у којој се преносе моменти лењивости пошто су овде у питању само међусобни односи појединих J. Треба се само постарати да размера за линију момената лењивости не испадне ни сувише ниска ни развучена. Напред поменута околност, да је у питању само међусобни однос појединих J ловоди нас у могућност, да у обрасцима изоставимо све константне за моменте лењивости. Ако је у питању свод од камена или бетона. онда је моменат лењивости за ма који пресек свода дат изразом :

$$J = \frac{1}{12}\ bd^3$$

где b означава дубину а d дебљину свода. У овом ће случају бити довољно да израз bd^3 пренесемо у извесној размери на вертикалма кроз подеоне тачке на развијеној сводној осовини. Ако је дубина свода b свуда подједнака, или, ако је по уобичајеној пракси узето да је = 1,0 метар, онда ћемо у овом случају моћи место момената лењивости, непосредно да узмемо и у извесној размери да преносимо трећи степен дебљине свода. На исти начин а у сличним прилик ма, можемо да упростимо и изразе за моменте лењивости.

У прилог избора величине првог лучног дела S^1 имамо још следеће да напоменемо. Пошто величина S_1 опредељује број n лучних комада, то ћемо се, разуме се постарати да s, што веће узмемо, те да што мањи број n добијемо ако желимо да рачун упростимо. У противном случају, ако се место простоте рачуна тражи већа тачност, трудићемо се, да за n добијемо што већи број и разуме се, да ће то, за сваки појединии случај зависити од практичног искуства, те да се и у овом погледу постигне што бољи избор.

Код напред изложеног примера несиметричног свода (сл. 2) морали смо цео лук да делимо у лучне комаде. Овде не треба нарочито напоменути, да је код симетричног свода довољно само једну половину свода поделити на константне лучне количине.

Код предњег посматрања намерно смо прећутали да је модуо еластичности за цео лук константан. Ако би наступио обрнути случај онда E остаје под знаком интеграла односно суме. У овом случају извршићемо дељење лука тако да израз $\frac{S}{EJ}$ буде константне величине, дакле

$$\frac{S}{EJ} = \frac{1}{k^1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 3)$$

Метода код овог дељења биће у опште иста, с том само разликом, што ћемо, на место линије момената лењивости, добити линију из производа EJ.

На случај, да се модуо еластичности мења у скоковима, и да се усљед тога добије и ток криве линије EJ у скоковима, може се лако увидети, да ћемо и у овом случају такву линију моћи да сменимо са изравњавајућом линијом. Није потребно нарочито напоменути, да се и овде имају преносити међусобни односи величина EJ. Овде ћемо још приметити, да ће се у сљедећим одељцима при извођењу основних образаца, ради простоте, узимати да је E константно. Не би било никаквих тешкоћа, да се поставе обрасци и за промењљиво E применом дељења са константним лучним количинама $\frac{S}{EJ}$.

Напослетку ћемо изложити још и ове напомене : Константа k може се у обрасцима само онда да изостави, кад се смемо да задовољимо са приближним резултатом. У сваком другом случају k мора остати у обрасцу и мора се израчунати. Кад би било могуће да се подела математички тачно изврши по константној лучној количини, онда би било довољно, да се узме ма који n лучни део и да се израчуна $k = \frac{J}{s}$ (односно $k^1 = \frac{S}{JE}$) Али, пошто количине k не могу бити математички једнаке, већ показују мале диференције, то се препоручује, да се количине $\frac{J}{s}$ (одн. $\frac{EJ}{s}$) према условљеној тачности, за неколико лучних комада прорачунају и онда за k (одн. k_1) узети аритметичку средину из израчуњених вредности.

ДРУГИ ДЕО.

Статичко испитивање лучних и засведених носача са зглобовима на ослонцима.

1). Извођење основних образаца за оптерећени носач без обзира на утицај промене температуре

За ма који пресек лучнога носача замишљеног без тежине (сл. 3.) може се моменат савијања M написати:

$$M = \mathfrak{M} - H_q \sec \alpha . y \cos \alpha$$

или

$$M = \mathfrak{M} - H_q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4.)$$

Овде значи:

y вертикално одстојање тежишне тачке пресека од осе K_1 K_2

H_q хоризонтални потисак

$\mathfrak{M}$ моменат савијања оптерећеног слободно подупртог носача дужине l.

Ако даље означимо са:

S дужину лучне осовине (спојне тачке тежишних тачака појединих пресека, неутралну осу)

$\frac{ds}{J}$ диференцијал лучне осовине.

J моменат лењивости пресека, однесен на хоризонталну тежишну осу.

F површину пресека.

N нормалну силу пресека

онда је по познатим ставовима науке о јачини израз за механички рад (Formänderungsarbeit) дат обрасцем:

$$\mathfrak{A} = \int_0^s \frac{M^2\,ds}{2\,EJ} + \int_0^s \frac{N^2\,ds}{2\,EF} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5).$$

Овде је претпостављено, да се нормално напрезање σ у одстојању η од тежишне осовине пресека може израчунати из обрасца

$$\sigma = \mp \frac{M\eta}{J} - \frac{N}{F}$$

који, строго узев, важи само за прав штап, и да се даље рад попречних (трансверзалних) сила сме занемарити.

У једначини 5). члан који зависи од N од таквог је незнатног утицаја на крајни резултат, да се приближно може ставити

$$N = H_q \sec \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6).$$

Ако са F_0 означимо средњу вредност од равних вредности F, онда можемо написати:

$$\int_0^s \frac{N^2\,ds}{2\,EF} = \frac{H^2\,qs\sec^2\alpha}{2\,EF_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 7).$$

Са претпоставком стања температуре, за коју је лук без напрезања и да су ослонци непомични, мора на основи става за минималну вредност механичног рада бити:

$$\frac{d\mathfrak{A}}{dH_q} = 0$$

Диференцијалењем са обзиром на једнач. 4.

$$\frac{dM}{dH_q} = -y$$

добија се следећа једначина:

$$\int_0^s \frac{\mathfrak{M}y\,ds}{J} - H_q \int_0^s \frac{y^2\,ds}{J} - \frac{H_q\,s\sec^2\alpha}{F_0} = 0$$

Одавде се добија:

$$H_q = \frac{\int_0^s \frac{\mathfrak{M}y\,ds}{J}}{\int_0^s \frac{y^2\,ds}{J} + \frac{s\sec^2\alpha}{F_0}}$$

Ако интегралне знаке заменимо са знацима сума и узмемо, да је лук са константним лучним количинама у n делова подељен, добићемо;

$$H_q = \frac{\sum_1^n \mathfrak{M}y \frac{s}{J}}{\sum_1^n y^2 \frac{s}{J} + \frac{s\sec^2\alpha}{F_0}}$$

Кад сада још узмемо, да је по једнач. 1.

$$\frac{s}{J} = \frac{1}{k}$$

онда ћемо за хоризонтални потисак добити овај простији израз:

$$H_q = \frac{\sum_1^n \mathfrak{M}y}{\sum_1^n y^2 + \frac{k\,s\sec^2\alpha}{F_0}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 8).$$

Кад даље узмемо случај, да су код лука ослоначки зглобови у истој висини, онда ћемо добити сљедећи образац

$$H_q = \frac{\sum_1^n \mathfrak{M}_y}{\sum_1^n y^2 + \frac{ks}{F_o}} \quad \ldots\ldots 9.)$$

Пошто прорачунамо хоризонтални потисак, онда ћемо моменте савијања одредити из једнач 4. Остају још да се одреде нормалне силе N што се чини из следеће једначине:

$$N = H_q \cos\psi + V \sin\psi \quad \ldots\ldots 10).$$

За угао ψ види сл. 3. V је равна реакцији на ослонцу за слободно подупрту греду дужине l.

2). Извођење основних образаца за неоптерећени носач са обзиром на утицај промене температуре.

Лук замишљен без тежине и оптерећења нека подлежи равномерном загревању за τ^0 у односу на температуру, на којој се сматра, да је без напрезања*) Кад зглобови не би лук чврсто држали, онда би се он истегао и тетива $K_1 K_2$ (сл. 3.) издужила би се за количину $\varepsilon\tau l \sec\alpha$. Овди ε значи средњи топлотни модуо истезања лучног материјала. Претпоставка непокретних ослонаца условљавља силе $H_t \sec\alpha$, које дејствују на зглобове, оне су једне величине а противног знака. Моменат савијања, који температурно напрезање изазива у некој тачци лучне осовине, дат је у изразу:

$$M = -H_t y \quad \ldots\ldots 11).$$

Механички се рад одређује сада из обрасца

$$\mathfrak{A} = \int_o^S \frac{M^2\,ds}{2EJ} + \int_o^S \frac{N^2\,ds}{2EF} + W \quad \ldots 12).$$

Последњи члан ове једначине одговара раду ослоначких сила и дат је у изразу.

$$W = -\varepsilon\tau l \sec\alpha . H_t \sec\alpha \quad \ldots\ldots 13);$$

Са обзиром на упрошћења у једначинама 6). и 7). можемо и овде написати:

$$\mathfrak{A} = \int_o^S \frac{M^2\,ds}{2EJ} + \frac{H_t^2 S \sec^2\alpha}{2EF_o} - \varepsilon\tau l H_t \sec^2\alpha$$

Применом става минималног механичког рада добићемо на исти начин, као и у прошлом одељку:

$$H_t \int_S^o \frac{y^2\,ds}{\varepsilon J} + \frac{H_t s \sec^2\alpha}{EF_o} - \varepsilon\tau l \sec^2\alpha = 0$$

*) Ова температура одговара од прилике средњој температури за време извођења лука.

Ако и овде интегрисање заменимо сумама, онда ћемо, са обзиром, да је

$$\frac{s}{J} = \frac{1}{k}$$

добити за хоризонтални потисак овај израз:

$$H_t = \frac{k E \varepsilon\tau l \sec^2\alpha}{\sum_1^n y^2 + \frac{k s \sec^2\alpha}{F_o}} \quad \ldots\ldots 14).$$

За случај када су ослонци у истој висини добија се овај образац

$$H_t = \frac{k E \varepsilon\tau l}{\sum_1^n y^2 + \frac{ks}{F_o}} \quad \ldots\ldots 15).$$

На случај да температура опада, и да је за τ^0 спала испод температуре, за коју је пук посматран да је без напрезања. хоризонтални ће потисак дејствовати у противном смислу и израз за H_t добиће знак — (негативан).

Кад се одреди хоризонтални потисак онда се израчунава моменат савијања из једначине 11). а нормална сила одређује се по овом обрасцу

$$N = H_t \cos\psi \quad \ldots\ldots 16).$$

3) Основни обрасци за оптерећени носач са подједнаким утицајем температурне промене.

Из основних образаца, које смо извели у предњим одељцима под 1). и 2). добијамо алгебарским сумирањем одмах изразе за целокупни хоризонтални потисак и то:

За случај да ослонци нису у истој висини.

$$H = \frac{\sum_1^n \mathfrak{M}_y \mp k E \varepsilon\tau l \sec^2\alpha}{\sum_1^n y^2 + \frac{k s \sec^2\alpha}{F_o}} \quad \ldots\ldots 17).$$

За лучне носаче са ослонцима у једној висини добија се:

$$H = \frac{\sum_1^n \mathfrak{M}_y \mp k E \varepsilon\tau l}{\sum_1^n y^2 + \frac{k s}{F_o}} \quad \ldots\ldots 18).$$

Знак + (више) важи са температуру + τ^0 (т. ј. већу за τ^0 од средње температуре при извођрњу лука) а знак — (мање) за температуру — τ^0.

Израз за моменат савијања гласи :

$$M = \mathfrak{M} - Hy \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 19).$$

а за нормалну силу

$$N = H \cos \psi + V \sin \psi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad , \quad 20).$$

4. Статички прорачун лука са два зглоба са непроменљивим оптерећењем.

Пре свега овај се прорачун односи на лучне носаче и сводове на зградама, где се по правилу прорачун окончава са одредбом једног или са два случаја оптерећења.

Али такође и код носача са променљивим теретима као нпр. код лучних и засведених мостова може да наступи случај, да прорачунавамо само један случај оптерећења, кад имамо да одредимо облик лука, који најбоље одговара статичким односима или кад желимо да испитамо неки лучни облик, који је утврђен помоћу неких других основних ставова, за неповољан случај оптерећења пре но што приступимо тачном прорачунавању.

Ако имамо према томе посла само са један или два одређена случаја оптерећења, онда ће бити практичније да испитивање за сваки случај оптерећења извршимо а не да одмах отпочнемо са одредбом утицајних линија.

Ово се испитивање може рачунским или графијским путем извршити.

Са претпоставком, да имамо лук са неједнако високим ослонцима и да нам је хоризонтални потисак усљед промене температуре по једнач. 11, дат изразом:

$$H = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}y \mp T}{\sum_{1}^{n} y^2 + C} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 21).$$

где је

$$T = k\,E\,\varepsilon\tau\,l\,\sec^2\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 22).$$

и

$$C = \frac{k\,s\,\sec^2\alpha}{F^0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 23).$$

Прорачун овога израза је сасвим прост. Прво треба одредити одстојања лучних тачака 1, 2, 3, . . . n лучних комада и одговарајуће моменте савијања $\mathfrak{M}$ за ове тачке а за дато оптерећење, однесено на слободно подупрти носач дужине l, чиме су и изрази за суму дати. Ради бољег прегледа послужићемо се оваком табелом :

Тачка	y у мет.	y^2 у m^2	$\mathfrak{M}$ у tm	$\mathfrak{M}y$ у tm^2
1	. . .	. . . .	. . .	. . . .
2	. . .	. . . .	. . .	. . . .
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
n	. . .	. . . .	. . .	. . . .
		u $\sum_{1} y^2 = \ldots$	n $\sum_{1} \mathfrak{M}y = \ldots$	

Остале су количине у обрасцу за H познате. Изрази за T и C су сразмерно мали и могу се приближно (помоћу рачунаљке) прорачунати. Сад се могу моменти савијања M из једначине 19. а нормалнне силе N из једнач. 20, одредити, из којих се опет може да израчуна максимално напрезање за сваки пресек

Статички прорачун графијским путем види се из сл. 4. Узећемо за полно одстојање pq и нацртаћемо за дато оптерећење од сила Q_1 Q_2 . . . . један верижни полигон за тим ћемо за лучне тачке 1, 2, 3 . . . . n одредити одговарајуће ординате m_1 m_2 . . . m_n. Сад су моменти савијања дати изразом :

$$\mathfrak{M} = pq \quad m$$

Израз у бројиоцу за H може се онда написати

$$\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}\,y = pq \sum_{1}^{n} my$$

$\sum_{1}^{n} my$ можемо сматрати као статитчки моменат идеалних сила m, које дејствују у лучним тачкама однесен на осу $K_1 K_2$ а да тај моменат нађемо нацртаћемо полигон сила m са вертикално меренним полним одстојањем pm. Најбоље је да се силе m пренесу у смањеној размери $\left(\frac{1}{a\,m}\right)$

Последње стране добивеног верижног полигона одсецају на оси K_1 K_2 комад wm. Услед тога ће бити :

$$\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}y = pq\ am\ pm\ wm$$

На исти се начин одређује и

$$\sum_{1}^{n} y^2$$

као статички моменат идеалних сила однесених на осу K_1 K_2 па ћемо онда добити :

$$\sum_{1}^{n} y^2 = p_y a_y W_y$$

И тада ће хоризонтални потисак бити:

$$H = \frac{p_q a_m p_m W_m \pm T}{p_y a_y W_y + C} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 24).$$

Сад узмимо да је $a_m = a_y = a$ и $p_m = p_y = p$ па ћемо добити:

$$H = \frac{p_q (W_n \pm t)}{(W_y + c} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 25).$$

где је

$$t = \frac{T}{a_p p_q} = \frac{k E \varepsilon \tau l \sec^2 \alpha}{a_p p_q} \quad \ldots\ldots \quad 26).$$

и

$$c = \frac{C}{a_p} = \frac{k s \sec^2 \alpha}{a_p F_0} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 27).$$

Даље хоризонтални потисак добија се графијском променом полне дистанце p_q из односа:

$$\frac{(W_m \pm t)}{(W_y + c)}$$

Дужине t и c су сразмерно мале и могу се рачунаљком приближно прорачунати.

Сада се може израз за моменат савијања написати:

$$M = p_q m - \frac{p_q (W_m \pm t)}{W_y + c} . y$$

или

$$M = p_q \mu \quad \ldots\ldots\ldots \quad 28).$$

где је

$$\mu = m - \frac{(W_m \pm t)}{(W_y + c)} . y \quad \ldots\ldots \quad 29).$$

Количине μ су ординате линије момената савијања и могу се одмах графијски одредити из односа

$$\frac{(W_m \pm t)}{(W_y + c)}$$

када се графијски промењено у одузме од m.

Нормалне силе могу се такође на простији начин графијски да одреде из односа у једнач. 20. На основи сада одређених линија момената савијања M и нормалних сила може се за сваки пресек лука графијски по познатој методи, да одреде максимална напрезања.

За одредбу ових напрезања може нам послужити и потпорна линија лука. Она пролази кроз средишне тачке ослоначких зглобова и одређује се на познати начин, као верижни полигон са планом сила од терета Q и полном дистанцијом H. Помоћу нападних тачака нормалних сила, које су одређене положајем потпорне линије као и оних количина одређених из плана сила могу се такође графијски одредити максимална напрезања.

5., Статички прорачун лука са два зглоба за променљиво оптерећење.

У овом случају најбрже се врши прорачун помоћу утицајних линија. У тој цељи је ипак нужно, да се утицајне линије одреде независно од промене температуре.

Узећемо и овде општи случај, да лучни ослонци не леже у истој висини и онда ћемо по једнач. 8. израз за хоријзонтални потисак бити:

$$H = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}_y}{\sum_{1}^{n} y^2 + \frac{k S . \sec^2 \alpha}{F_0}} \quad *)$$

Замислимо да у ма којој тачци слободно подупртог носача дужине l дејствује једна сила Q (види сл. 3.) онда ће моменат савијања од овог терета у односу на тачку P. бити изражен са

$$\mathfrak{M} = Q \frac{(l - \lambda)}{l} x$$

односно

$$\mathfrak{M} = Q \frac{\lambda}{l} (l - x)$$

Ако ове изразе за $\mathfrak{M}$ ставимо у $\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}_y$ онда ћемо моћи Q да изнесемо пред знаком сума. Означимо ли ординате у као силе, онда ће израз за суме представљати моменат од у за тачку P и ми ћемо моћи написати:

$$\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}_y = Q \mathfrak{M}_y$$

Представимо себи, да смо ово сменили у израз за H, то ћемо увидети да тако добивена једначина има константан именилац, да је, дакле, за сваку P тачку H пропорционално $\mathfrak{M}_y$. Изгледа. дакле, да је утицајна линија за H представљена са линијом од $\mathfrak{M}_y$. Да се рачунским путем одреде ординате ове утицајне линије, види се, да нема никаквих тешкоћа. За ову одредбу послужићемо се по правилу простијом графијском методом. Тога ради нацртаћемо верижни полигон, који одговара плану сила од y које вертикално дејствују (види сл. 5.)

*) Зарад простоте стављаћемо H на место Hq

Означимо полно одстојање у плану сила са p а ординате верижног полигона са h па ће бити:

$$\mathfrak{M}y = aph$$

Сад нека дејствују у паралелно са K_1 K_2 и кад нацртамо верижни полигон са одговарајућим планом сила са вертикално мереним полним одстојањем p, онда ће прва и последња страна истога сећи на осовини K_1 K_2 дужине w.

Биће, као што је већ познато

$$\sum_{1}^{n} y^2 = apw$$

Израз за H може се сада написати

$$H = \frac{Q\,aph}{apw + \frac{k\,S\,sec^2\alpha}{F}}$$

Ставимо ли

$$c = \frac{k\,S\,sec^2\alpha}{ap\,F_o} \quad \ldots\ldots 30)$$

онда је:

$$H = Q\frac{h}{(w + c)} \quad \ldots\ldots 31)$$

Ова једначина показује, да ординате верижног полигона сила у мерене дужинама (w + c) као јединицом размере представљаiv утицајне вредности хоризонталног потиска. Дужина c је сразмерно мала и може се из једначине 30. са рачунаљком приближно израчунати. Кад се не тражи велика тачност онда се c може и занемарити.

Кад одредимо утицајну линију хоризонт. потиска, онда имамо два начина да извршимо статичку одредбу лука. Или ћемо одредити за различна оптерећења хоризонтални потисак и нацртати потпорну линију лука као верижни полигон од терета однесен на полно одстојање H одговарајућег плана сила при чему, као што знамо, потпорна линија има да пролази кроз тачке ослоначких зглобова. Или ћемо за извесан број лучних тачака одредити утицајне линије момента савијања чиме ћемо бити у стању да за дотичне лучне пресеке одредимо одговарајуће моменте савијања за сваки неповољан положај терета, што је, разуме се, од велике користи наспрам прве методе, код које се неповољна подела терета мора унапред да узме по оцени.

За ма коју тачку P лучне осовине моменат савијања дат је једнач. 4.

$$M = \mathfrak{M} - Hy^*)$$

*) Сравни: Melan: „Die Beton— Eisenbrücke Chauderon— Mont benon im Lausane. Стр. 18. и 19. Издање Wilh. Ernst & Sohn. Berlin.

Као што је познато утицајну линију момента савијања $\mathfrak{M}$ за за тачку P представља троугао са врхом у вертикали кроз P. Означимо ординате ове утицајне линије са m и узмимо за јединицу размере, јединицу дужине, па ће за ма који терет Q у ма којој тачци лука бити: $\mathfrak{M} = Q\,m$.

За овај исти терет је по једнач. 31. хоризонтални потисак у ма којој тачци дат са

$$H = \frac{Q\,h}{w + c}$$

Сад предпоставимо себи, да смо за производ Hy који такође представља моменат, нацртали утицајну линију и да њене ординате h' такође меримо јединицом дужине, то ће за исти терет Q у ма којој тачци бити:

$$Hy = Q\,h' \quad \ldots\ldots 32).$$

На основи тако добивеног односа тражени моменат савијања је:

$$M = Qm - Q\,h' = Q\mu \quad \ldots\ldots 33).$$

где је μ ордината утицајне линије од M мерена са јединицом дужине и ове се ординате добијају као разлика из ординате утицајне линије од $\mathfrak{M}$ и Hy:

$$\mu = m - h' \quad \ldots\ldots 34).$$

Применом горе именоване размере за утицајне линије може се линија за m одмах нацртати, пошто је њена ордината за средину од l дата обрасцем

$$m_o = \frac{x}{2} \quad \ldots\ldots 34).$$

Исто тако није тешко одредити ни одговарајућу линију за h' и ово се може на два начина учинити. По једнач. 31 и 32 добија се сљед. однос:

$$\frac{h'}{h} = \frac{y}{(w+c)} \quad \ldots\ldots 36).$$

Линије за h и h' могу се нацртати као верижни полигони са силама y. У овом случају ординате h и h' стоје у обрнутој размери са полним одстојањима p и p' и добијамо однос:

$$\frac{p}{p'} = \frac{y}{(w+c)} \quad \ldots\ldots 37).$$

Изражени однос у једнач. 36. показује графијску одредбу ординате h' променом дате ординате h из односа:

$$\frac{y}{(w+c)}$$

Однос изражен у једнач. 37 показује, да се полно одстојање p' за план сила линије h' може графијски одредити променом датог полног одстојања p из односа $\frac{(w + c)}{y}$.

Обе методе су изложене у сл. 5.

Поред утицајних линији за M за поједине тачке лука морамо још да одредимо и утицајне линије за

V те да можемо по једнач. 10 да одредимо и нормалне силе а по томе и максимална напрезања.

Као што је познато ова утицајна линија за V је једна права линија са крајњом ординатом 0 у јединичној размери за утицајне линије (ово се не види из сл. 5).

При објашњењу методе утицајних линија ми смо условили, да се утицај температурне промене одељено одреди. Одредба ове промене рачунским се путем врши из једначина: 11, 15 и 16 — зашта не требају нарочите напомене. Што се тиче графијске одредбе имамо да напоменемо, да линију момента савијања одређену из једнач. 11 представља сама лучна осовина, ако ову будемо сматрали као верижну линију са одговарајућим полним одстојањем Ht.

Нормалне силе добијају се из једначине 16 као пројекције хоризонталног потиска на вертикалама појединих тачака лучне осовине.

ТРЕЋИ ДЕО.

Статичко испитивање лучних и засведених носача без зглобова.

1). Извођење основних образаца за оптерећени носач без утицаја промене температуре

Израз за механички рад за узидани (eingespannt) лук, замишљен без терета (види сл. 6). дат је, као и код лукова са зглобовима на ослонцу, једначином

$$\mathfrak{A} = \int_0^S \frac{M^2\, ds}{2E\, J} + \int_0^S \frac{N^2\, ds}{2E\, F}$$

По сличној претпоставци као и напред (једнач. 5 до 7) добићемо за

$$\mathfrak{A} = \int_0^S \frac{M^2\, ds}{2E\, J} + \frac{H^2 q\, S\, \sec^2 a}{2E\, F_0}$$

Ми можемо и овде, као и код лука са два зглоба, прво да одредимо опште важеће основне обрасце, па онда да их реконструишемо у смислу методе са константним лучним количинама. У овом се случају препоручује, да се обрасци, који се добијају за лукове подељене са константним лучним количинама, још у почетку упросте.

Према овоме израз за механички рад може се написати

$$\mathfrak{A} = \frac{1}{2E\, k} \sum_1^n M^2 + \frac{H^2 q\, S\, \sec^2 \alpha}{2E\, F_0} \quad . \quad . \quad . \quad 38)$$

Означимо са x_1 хоризонтална одстојања лучних тачака 1, 2, 3 .... n од вертикалне осе AK_1, а са y вертикална одстојања истих тачака од осе $K_1 K_2$ и уведимо у рачун ове нове осе, које су са поменутим паралелне и стоје у одстојању u и v од пређашњих осе, при чему је:

$$u = \frac{\sum_1^n x'}{n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 39).$$

$$v = \frac{\sum_1^n y'}{n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 40)$$

па ће за нова одстојања $x = (x' - u)$ и $y = (y' - v)$ важити следеће једначине:

$$\sum_1^n x = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 41).$$

$$\sum_1^n y = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 42)$$

и приближно

$$\sum_1^n xy = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 43).$$

Ова последња приближна вредност за

$$\sum_1^n xy$$

је код статички рационално конструисаног лучног или засведеног носача оправдана. Ако би пак накнадни прорачун дао неку вредност, која се не би могла занемарити, то би се могло одговарајућом реконструкцијом лучног облика, добити вредност за

$$\sum_1^n xy$$

сасвим ишчезавајућа. У осталом може се још унапред за лучни носач узети такав облик, да буде

$$\sum_1^n xy = 0$$

У тој цељи поставићемо у средини осе $K_1 K_2$ једну

управну и према овој управној нацртаћемо потпуно симетричну лучну осу са ослоначким тачкама у K_1 и K_2. Сад ћемо кроз средњу тачку од K_1 K_2 повући једну вертикалу и лучну осу тако пројектовати да њена стрелица падне на ову вертикалу. Сад ћемо за део лучне осе, који лежи лево од вертикале одредити пресеке и тај део лука поделити са константним лучним количинама. Према овима тако добивеним лучним тачкама левога дела лучне осе, изнаћи ћемо оне десног дела, које имају исто одстојање од осе K_1 K_2 и изабраћемо такав лучни пресек да

$$\frac{S}{J}\left(\text{одн.}\frac{S}{Ej}\right)$$

буде константна количина, као и код левог дела лука. За овако добивени лук је

$$u = \frac{J}{2}$$

и као што се лако увиђа биће и

$$\sum_{1}^{n} xy = 0^{*})$$

Ако испрекидана линија O_1 L O_2 (у сл. 6) представља потпорну линију лука за ма какво оптерећење, онда је као што је познато, моменат савијања за ма који пресек у тачци P дат изразом:

$$M = H_q \cdot \overline{PL} = H_q\,[\overline{RL} - (y+e)]$$

Али, пошто је RL ордината верижног полигона

*) На случај кад имамо сасвим неправилни облик носача морамо да би било

$$\sum_{1}^{n} xy = 0,$$

да одредимо систем осовина на овај начин: (Сравни Müler-Breslau: „Vereinfachung der Theorie der statisch unbestimmten Bogenträger" Zeitschr. d. Arch.— u. Jng. Verein zu Hannover 1884 H. 8 S. 635) Прво ћемо однети координате лучних тачака на правоугаони систем AK_1D. Означимо ове ординате са x' и y', па ћемо добити координате новог система из

$$u = \frac{\sum_{1}^{n} x'}{n} \quad \text{и} \quad v = \frac{\sum_{1}^{n} y'}{n}$$

Нова ординатна оса је управна на K_1 D_1 а апсцисна је оса међу тим под углом γ нагнута према K_1 D_1:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{u\sum_{1}^{n} y' - \sum_{1}^{n} x'\,y'}{u\sum_{1}^{n} x' - \sum_{1}^{n} x'^2}$$

Остали прорачун остаће непромењен.

добивеног помоћу плана сила са полном дистанцијом H, то ће бити

$$H_q \cdot \overline{RL} = \mathfrak{M}$$

Пошто је сада:

$$e = e_0 + \frac{(e_1 - e_2)}{l}\,x$$

то ћемо добити:

$$M = \mathfrak{M} - H_q\,y - H_q\,\frac{e_1 - e_2}{l}\,x - H_q\,e_0$$

или

$$M = \mathfrak{M} - H_q\,y - Xx - Z \quad \ldots\ldots\ldots \quad 44)$$

где је:

$$X = H_q\,\frac{(e_1 - e_2)}{l} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 45).$$

и

$$Z = H_b\,e_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 46).$$

X означава силу и то разлику између вертикалне компоненте ослоначког притиска узиданог лука и реакције на ослонцу слободно подупрте греде дужине l. Z означава моменат.

По ставу минималног механичког рада и са поставком, да су ослонци непомерљиви мора бити:

$$\frac{d\,\mathfrak{A}}{d\,Hq} = 0 \qquad \frac{d\,\mathfrak{A}}{d\,X} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{d\,\mathfrak{A}}{d\,Z} = 0$$

Пошто је

$$\frac{dM}{d\,Hq} = -\,y\,, \qquad \frac{dM}{d\,X} = -\,x \quad \text{и} \quad \frac{dM}{d\,Z} = -\,1$$

то ће се добити сљедеће једначине:

$$-\frac{1}{k\,E}\sum_{1}^{n} My + \frac{Hq\,S\sec^2\alpha}{E\,F_0} = 0 \qquad \sum_{1}^{n} M\,x = 0$$

$$\text{и} \quad \sum_{1}^{n} M = 0$$

Сменимо ли M са изразом из једнач. 44 и размотримо ли при томе постанак једнач. 41, 42 и 43 онда ћемо напослетку добити след. основне обрасце:

$$Hq = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}y}{\sum_{1}^{n} y^2 + \frac{k\,S\sec^2\alpha}{F_0}} \quad \ldots\ldots \quad 47).$$

$$X = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}x}{\sum_{1}^{n} x^2} \quad \ldots\ldots \quad 48$$

$$Z = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}}{n} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 49.)$$

За случај, кад ослонци лука леже у истој висини и кад је лук симетричан имаћемо:

$$u = \frac{\sum_{1}^{n} x'}{n} = \frac{l}{2}$$

и тада ће бити x и y координате лучне тачке однесене на правоугаони координатни систем, чија је апсцисна оса паралелна са K_1 K_2 и стоји у одстојању.

$$v = \frac{\sum_{1}^{n} y'}{n}$$

а ординатна оса уједно и оса симетрије лука. Израз за хоризонтални потисак у овом је случају:

$$Hq = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}y}{\sum_{1}^{n} y^2 + \frac{kS}{F_o}} \quad \ldots\ldots\ldots 50.)$$

Изрази за X и Z једнаки су са онима у једначинама 48 и 49.

Образац за нормалну силу је такође исти, као и код лукова са два зглоба:

$$N = Hq \cos \varphi + V \sin \varphi \quad \ldots\ldots 51.)$$

Вертикална компонента V резултанте, која дејствује у пресеку састављена је из реакције $\mathfrak{V}$, која одговара слободно подупртој греди дужине l и из силе X она је:

$$V = \mathfrak{V} + X \quad \ldots\ldots\ldots 52.)$$

2. Извођење основних образаца за неоптерећени носач са обзиром на утицај промене температуре.

Ово је испитивање слично ономе код лукова са два зглоба. Израз за механички рад, кад се лук подели са костантним лучним количинама следећег је облика.

$$\mathfrak{A} = \frac{1}{2Ek} \sum_{1}^{n} M^2 + \frac{Ht\, S \sec^2 a}{2 E F_o} - \varepsilon \tau l\, Ht \sec^2 \alpha \quad \ldots\ldots 53.)$$

Моменат савијања за неку тачку лучне осе у опште гласи: $M = -Ht\, y - X\, x - Z$

По закону минималне вредности механичког рада мора бити;

$$\frac{d\,\mathfrak{A}}{dHt} = o \qquad \frac{d\,\mathfrak{A}}{dX} = o \quad \text{и} \quad \frac{d\,\mathfrak{A}}{d\,Z} = o$$

По извршењу парцијелног дифиренцијалења до бијају се следеће основне једначине:

$$X = 0 \text{ и } Z = 0$$

а тиме и

$$M = -Hty \quad \ldots\ldots\ldots 54).$$

Према томе израз за хоризонтални потисак гласиће

$$Ht = \pm \frac{k\, E\, \varepsilon\, \tau\, l \sec^2 \alpha}{\sum_{1}^{n} y^2 + \frac{k\, S \sec^2 a}{F_o}} \quad \ldots\ldots 55).$$

Сравнењем ових образаца са једначином 11 и 14 видеће се, да су потпуно истоветни, само што је овди другачче значење одстојања y. За све остало читаоци ће наћи у тач.. 2 другог одељка.

3). Основни обрасци за оптерећени носач на који утиче равномерна промена температ уре.

Основни обрасци за укупни хоризонтални потисак са обзиром на измењено значење од y, изложени су у једначинама 17 и 18 у тач. 3. другог одељка. Изрази за X и Z узимаће се непромењени из једначина 48 и 49. Израз за моменат савијања дат је једначином;

$$M = \mathfrak{M} - Hy - Xx - Z \quad \ldots\ldots 56).$$

а образац за нормалну силу гласиће;

$$N = H \cdot \cos \psi + (\mathfrak{V}+X) \sin \psi \quad \ldots\ldots 57).$$

4). Статички прорачун узиданог лука са непроменљивим оптерећењем.

Како се и под којим условима врши прорачунавање лукова за извесни случај оптерећења изложено је у тач. 4. другог одељка.

За општи случај, кад су ослонци лука у неједнакој висини а под утицајем промене температуре, добијају се след. основни обрасци:

$$H = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}y \pm T}{\sum_{1}^{n} y^2 + C} \quad \ldots\ldots 58).$$

где је

$$T = k\, E\, \varepsilon\, \tau\, l \sec^2 \alpha \quad \ldots\ldots 59).$$

и

$$C = \frac{kS \sec^2 \alpha}{F_o} \quad \ldots\ldots 60).$$

даље је;

$$X = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}x}{\sum_{1}^{n} x^2} \quad \text{и} \quad Z = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}}{n}$$

Ове изразе није тешко прорачунати. Пре свега треба из датих одстојања x' и y' а из једначине 39 и и 40 израчунати одстојања осовина u и v као и нова одстојања x и y. Затим треба за лучне тачке одредити статичке моменте $\mathfrak{M}$ и тиме су дати укупни изрази за суме. За ову циљ нека послужи следећа табела:

Тачке	x' y met.	x y met.	x^2 y m^2	y' y met.	y y met	y^2 y m^2	$\mathfrak{M}$ y tm	$\mathfrak{M}x$ y tm^2	$\mathfrak{M}y$ y tm^2
1	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
2	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
n	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
	$\sum_1^n x' = \ldots$		$\sum_1^n x^2 = \ldots$	$\sum_1^n y' = \ldots$		$\sum_1^n y^2 = \ldots$	$\sum_1^n \mathfrak{M} = \ldots$	$\sum_1^n \mathfrak{M}x = \ldots$	$\sum_1^n \mathfrak{M}y = \ldots$

За прорачун количина T и C важи оно исто што је за њих речено у тач. 4. другог одељка. Сад се могу из једнач. 56 да одреде моменти савијања M и из једнач. 57 нормалне силе N а из овога се израчунава неповољно напрезање за сваки пресек.

Ако се хоће графијским путем да изврши статичко испитивање (в. сл. 7.) онда пре свега треба одредити одстојања оса u и v. Тога ради замислићемо да су бројилац и именилац једнач. 39 и 40 умножени са неком произвољном силом g, дакле да је;

$$u = \frac{\sum_1^n x' g}{ng} \quad \text{и} \quad v = \frac{\sum_1^n y' g}{ng}$$

Нека ове силе g у лучним тачкама дејствују једанпут паралелно са осом ΛK_1 а други пут паралелно са осом $K_1 K_2$, па ће се одстојање оса u и v добити као одстојања садање резултујуће силе ng од осовина ΛK_1 и $K_1 K_2$ или што је једно и исто, нове су осе*) дате правцима обеју средњих сила. Сада треба на познати начин са оптерећењем од сила $Q_1 Q_2 \ldots$ нацртати линију момената савијања за слободно подупрти носач дужине l, па ће тиме бити одређене и ординате $m_1 m_2 \ldots m_n$, које одговарају лучним тачама. Израз за $\mathfrak{M}$ гласиће:

$$\mathfrak{M} = p_q m$$

И овде се хоризонтални потисак одређује слично као и код лука са два зглоба а добијају се и слични обрасци:

*) Одредба ових оса није представљена у сл. 7.

$$H = \frac{p_q a_m p_m w_m \pm T}{p_y a_y (w_y + C)}$$

Упрошћена примена једнаких смањених размерника ($a_w = a_y$) за ординате које овде дејствују као силе, као што се види, није извршљива и рационална, али се ипак зато могу узети једнака полна одстојања, дакле $p_m = p_y = p$. Тиме ћемо за хоризонтални потисак добити израз

$$H = \frac{p_q a_m (w_m \pm) t}{a_y (w_y + c)} \quad \ldots\ldots\ldots 61)$$

где је:

$$t = \frac{T}{a_m p p_q} = \frac{k E \varepsilon \tau l \sec^2 \alpha}{a_m p p_q} \quad \ldots\ldots 62).$$

и

$$c = \frac{C}{a_y p} = \frac{k S \sec^2 \alpha}{a_y p F_0} \quad \ldots\ldots 63).$$

Метода како се одређују количине w_m и w_y види се из сл. 7. а одредба малих дужина t и c види се из тачке 4. другог одељка.

Бројилац у изразу за X представља статички моменат идеалне силе m која дејствује вертикално у лучној тачци и однесена је на осу x—x. Биће:

$$\sum_1^n x = p_q \sum_1^n m x$$

Слично се добија и именилац као статички моменат идеалних сила x које дејствују у лучним тачкама а однесене су на осу x—x. Отуда добијамо след. образац

$$X = \frac{pq\ am'\ pm'\ wm'}{ax\ px\ wx}$$

На исти начин као код хоризонталног потиска можемо и овде узети, једнака полна одстојања

$$pm' = px = p'$$

Са овом претпоставком добићемо:

$$X = \frac{pq\ am'\ wm'}{ax\ wx} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 64(.$$

Да би Z могли графијски да одредимо, умножићемо бројилац и именилац са произвољном количином g и онда је:

$$Z = \frac{\frac{1}{n}\sum^{n} Zg}{g} = \frac{pq\ \sum^{n} mg}{ng}$$

Сада добивени израз

$$\frac{\frac{1}{n}\sum^{n} mg}{ng}$$

означава одстојање резултутујуће силе ng од сила g, које дејствују у крајњим тачкама ордината m паралелно са осом CD и онда можемо написати:

$$Z = pqz \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 65,)$$

Моменат савијања је сада дат изразом

$$M = pq\ m - \frac{pq\ am\ (wm + t)}{ay\ (wy + c)}\ y - \frac{pq\ am'\ wm'}{ax\ wx}\ x - pq\ z$$

или

$$M = pq\ \mu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 66.$$

где је

$$\mu = m - \frac{am\ (wm \pm t)}{ay\ (wy + c)}\ y - \frac{am'\ wm'}{ax\ wx} - z \quad . \quad 67.$$

Ординате μ линије момената савијања добићемо на тај начин, када од ордината m одбијемо x и y, који су по предњим односима графијски измењени, као и дужину z. Тако добивене тачке спојене међусобом, дају линију момента савијања представљењу у сл. 8.

За одредбом напрезања у пресецима требају нам још и нормалне силе. Ове ћемо одређивати из једначине:

$$N = H \cos \psi + (S + X) \sin \psi$$

Ако се хоће статички да испита узидани лук пв методи потпорне линије, то треба прво одредити количине H, X и Z из једначина 61. 64 и 65 што се даје графијски лако извршити. Сада можемо да израчунамо дужине, које утврђују положај закључне линије $0_1\ 0_2$ од потпорне линије.

По сл. 6 је:

$$e_1 = e + \frac{(e_1 + e_2)}{l}\ u$$

и

$$e_2 = e_0 + \frac{(e_1 - e_2)}{l}\ (l - u)$$

Са обзиром на једнач. 45 и 46 добијамо:

$$e_1 = \frac{(Z + X)}{H}\ u \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68).$$

и

$$e_2 = \frac{(Z - X)}{H}\ (l - u) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 69).$$

Потпорна ће се линија добити на познати начин као верижни полигон помоћу плана сила из терета Q са полним одстојањем H. Одре ба неповољног напрезања у појединим пресецима може се слично учинити као и код лукова са два зглоба (Срав. стр. 8.),

5). Статички прорачун узиданог лука са променљивим оптерећењем.

Као год код лука са зглобовима на ослонцима тако исто ћемо и овде по методи са утицајним линијама најбоље доћи до цељи. Тога ради ће и овде бити потребно, да се прорачун врши засебно од утицаја промене температуре.

Овде се имају да одреде утицајне линије за хоризонтални потисак Hq *), сила X и момената Z. Исто тако и овде са обзиром на једнакост образаца (в. тач. 5. другог одељка) можемо утицајне линије хоризонталног потиска представити са верижним полигоном од идеалних сила y, које вертикално дејствују у лучним тачкама (в. сл. 8) и онда је:

$$H = Q\ \frac{h}{(w\,y + c)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 70).$$

где је

$$c = \frac{k.\ S\ \sec^2 \alpha}{a\ py\ F_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 71).$$

Дужину wy добијамо на исти начин као и код лука са два зглоба, цртањем верижног полигона идеалних сила y, које дејствују у лучним тачкама паралелно оси y—y, и последње стране верижног полигона одсецају на овој осовини комад wy**

Сличан је поступак и за одредбу утицајних линија силе X. Пошто је:

---

*.) Ради простоте писаћемо H на Hq

**) Наравно да оба плана сила из идеалних сила y, које вертикално и косо дејствују, имају исту размеру и исто полно одстојање.

$$\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}x = Q\ \mathfrak{M}x^{*})$$

то ћемо добити

$$X = \frac{Q\ \mathfrak{M}x}{\sum_{1}^{n} x^2}$$

Пошто је израз у имениоцу константан то изгледа да утицајну линију силе X представља верижни понигон идеалне силе x, која дејствује вертикално у лучне тачке

$$\sum_{1}^{n} x^2$$

је моменат идеалних сила x, однесен на осу x--x. Означимо ординате ове утицајне линије са ξ и одсечак, који одсецају прва и последња страна верижног полигона на оси x—x означимо са w, онда ће се добити X за терет Q из

$$X = \frac{Q\ ax\ px\ \xi}{ax\ px\ wx} = \frac{Q\ \xi}{wx} \quad \ldots\ldots 72).$$

Утицајна линија за моменат Z одређује се на следећи начин: Умножи се бројилац и именилац у изразу за Z са извесном произвољном количином g дакле

$$Z = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}}{n} = \frac{\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}\ g}{ng}$$

Сад је опет

$$\sum_{1}^{n} \mathfrak{M}g = Q\ \mathfrak{M}g \text{ дакле } Z \quad \frac{Q\ \mathfrak{M}g}{ng}$$

Нацртајмо сада од ових сила g које дејствују вертикално у лучне тачке, један верижни полигон, па ће овај представљати утицајну линију за Z. Означимо ординату ове линије са ζ а полно одстојање дотичног плана сила са pz, па је

$$Z = \frac{Q\ pz\ \zeta}{ng}$$

Начинимо ли сада pz = ng, то је онда

$$Z = Q\zeta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots, \quad 73).$$

т. ј. јединица размере утицајних линија је равна јединици дужина.

Сад смо у стању да, на основи утицајних линија за H, X, и Z за ма какав случај оптерећења, одредимо ове количине и да нацртамо потпорну линију. Потребне податке за ову одредбу наћи ћемо у једначинама 68 и 69.

Ако имамо да одредимо више случајева оптерећења, онда морамо за систем терета да одредимо најне овољнији положај терета, а то ћемо постићи, кад за извесан број пресека одредимо утицајне линије момента савијања M. И овде се ради слично као и код лука са два зглоба. Ипак се овде мора поћи са другог гледишта. Израз за M по једнач. 44 дат је изразом:

$$M = \mathfrak{M} - H.y - Xx - Z$$

Унесимо у овај израз односе из једначине 70. 72 и 73 и са обзиром да је $\mathfrak{M} = Qm$ добићемо

$$M = Qm - \frac{Q\ h}{(wy + c)}\ y - \frac{Q\ \xi}{w\ x}\ x - Q\ \zeta$$

Ако x и y сматрамо као ординате тачке P (в. сл. 8.) за коју треба одредити утицајну линију момента савијања и ако Q значи покретни терет на носачу онда можемо написати:

$$M = Q\left|m - \frac{y}{(wy + c)}\ h - \frac{x}{wx}\xi - \zeta\right| = Q\mu \quad \ldots\ 74).$$

где је

$$\mu = m - h' - \xi' - \zeta \quad \ldots\ldots\ldots 75)$$

$$h' = \frac{y}{(wy + c)}\ \zeta \quad \ldots\ldots\ldots 76).$$

и

$$\xi' = \frac{x}{wx}\xi \quad \ldots\ldots\ldots 77).$$

Ординате μ тражене утицајне линије момента савијања добијају се дакле, кад се од ординате m одузму ордкнате h и ξ које су по поменутој методи промењене као и ордината ζ. Јединица размере за утицајне линије равна је јединици дужине. Као што је већ познато, линија m је троугао са врхом у вертикалној кроз P са ординатом у средини l, и онда је дата изразом :

$$m_0 = \frac{x'}{2} \quad \ldots\ldots\ldots 78).$$

Промена ордината h и ξ по једнач. 76. и 77. може се графијски извршити исто тако, као и код лука са два зглоба. И овде се може и на други начин ово да учини, кад одредимо линије за h' и ξ'. Пошто су h' ξ', пропорционални са h и ξ то се могу линије h' и ξ' нацртати као верижни полигони. Треба само полно одстојање ради тога сменити, па ће важити односи :

$$\frac{p\ y'}{p\ y} = \frac{h}{h'} \text{ и } \frac{p\ x'}{p\ x} = \frac{\xi}{\xi'}$$

С погледом на једнач. 76 и 77 добићемо за измењена полча одстојања ове изразе :

$$p\ y' = \frac{(wy + c)}{y} py \quad \ldots\ldots\ldots 79).$$

и

$$p\ x' = \frac{w\ x}{x} px \quad \ldots\ldots\ldots 80).$$

*) види страну 7.

У слици 8. ова метода за одредбу момента савијања није представљена. Тога ради упућујемо читао на тач. 5. другог одељка и сл. 5.

Сад нам још преостаје да одредимо утицајну линију за V. У тој цељи сумираћемо (са обзиром на означења) ординате утицајне линије x са ординатама праве утицајне линије. V. (ово није представљено у сл. 8). Одредбе нормалних сила и неповољна напрезања добијају се на познати начин.

За особену одредбу утицаја од промене температуре, упућујемо на тач. 5. другог одељка који се може и на овај случај да примени.

превео
Свет. Јовановић.
виши инжењер

Одредба максималног повијања под пробним возом, за нови железнички мост преко Топчидерске реке.

(са 1 листом слика)

Ради лакшег савлађивања познатог раљског успона, Дирекција срп. држ. железница решила је, да на делу пруге Београд—Младеновац, уведе јаче и теже локомотиве.

У време грађења наше главне пруге, за рачунање гвоздених мостова са нормалним колосеком, беху меродавне троосовне локомотиве и тендери, са притисцима 13t односно 8t и двоосовна кола, са притисцима од 8t све однето на једну осовину. Од тога доба, па до данас, тежина возних средстава а нарочито локомотива за главне пруге знатно је порасла, услед чега су у свима западним државама предузета и извршена нужна појачања гвоздених мостова. Данашње локомотиве главних пруга, имају махом по пет осовина, са притисцима између 16 и 21t. по осовини. Три тендерске осовине обично су по 13t, и двоосовна кола са притисцима између 9 и 13t по осовини. Сасвим је природно и основано било, што је и наша Дирекција, у својим штампаним прописима, за рачунање будућих гвоздених мостова издатим у 1907 години, предвидела за мостове са нормалним колосеком воз из две локомотиве, свака са по пет осовина од 16t са одговарајућим троосовним тендерима по 13t и колима двоосовним по 11t на осовину. Новим прописима Дирекције, морају одговарати и мостови на делу пруге Београд—Младеновац на коме ће се ускоро увести тежа возна средства.

Према реферату колеге г. К. Савића проф, универзитета коме је Дирекција поверила била, да испита могу ли постојећи мостови у Топчидеру, вијадукт пред Раљом и у Раљи поднети нова оптерећења, Дирекција се решила, на замену свију гвоздених мостова на поменутом делу пруге са новим конструкцијама које ће бити у стању, да приме оптерећења садањих прописа.

Израду планова и самих конструкција, уступила је Дирекција познатој бечкој фирми Вагнер и Комп. која поверени јој посао већ приводи крају.

Да би се могло на основу уговора извршити пробно оптерећење нових мостова, Дирекција је поверила потписатом рачунање максималних еластичних повијања за девет типова нових мостова са обичним и близним лиманим главним носачима распона 1,45—12,57 м., и два типа са решеткастим главним носачима и то: тип моста преко Топчидерске реке и вијадукт у Раљи. Први има распон 20,72 м. а други четири распона по 44,10 м. са истим системом главних носача.

Повијање за вијадукт пред Раљом прорачунао је инспектор г. Мих Илић, шеф одсека за одржавање.

Како ће се и на осталим нашим пругама, пре пријема, гвоздени мостови морати подвргавати потребном оптерећењу, за које је нужно претходно рачунање максималног повијања, сматрамо, да ће читаоце С. Техн. Листа интересовати ако им изнесем резултате свога рачунања и то за сада само повијање моста преко Топчидерске реке, са решеткастим главним носачима, а првом подесном приликом, изнећу и повијање за један мост са лиманим главним носачима променљивог пресека, као што је нов мост у Реснику.

На приложеном листу — цртежу, означена је шема главног носача за мост у Топчидеру, а уз то и и најнеповољнији положај пробног воза за повијање σ_4 са назначењем притисака осовинских.

До траженог повијања σ_4, изазватог пробним возом, долазимо на следећи начин:

Прво ваља једним планом сила одредити напрезања **S**, у свима штаповима главног носача од пробног воза. За тим, морамо одредити другим планом сила напрезања **S'**, у свима штаповима носача, за случај, да у чвору у коме се повијање тражи, дејствује сила P=1 (овде P_4=1).

Прва напрезања S добијамо, ако за терете пробног воза помоћу повољне полне дистанције H конструишемо верижни полигон:

1, 2, 3 .....11, у који ваља уцртати нов полтон I, II, III .....VIII, који одговара чворовима A

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, В доњег појаса, у којима се налазе попречни носачи.

Очевидно је, да ће зраци повучени из новог пола O_1 паралелно са странама: I, II, III, .. VIII, новог уцртаног полигона, одсецати на вертикали удаљеној од пола O_1 за претпостављену полну дистанцију H терете: P_1, P_2, P_3 .... P_7, које пробни воз предаје чворовима доњег појаса 1, 2, 3, ... 7.

Кад имамо терете P_1, P_2, P_3, ... P_7, лако је одредити планом сила реакције A и B, као и напрезања S, у свима штаповима решетке, изазвата пробним возом.

Другим планом сила, добијамо напрезања S', у свима штаповима решетке, изазвата оптерећењем $P_4=1$, дејствујућим у оном чвору (овде чвору 4.), доњег појаса, у коме се повијање δ тражи.

Како је чвор 4 у нашем примеру у средини распона, биће реакције: $A = B = \frac{P_4}{2} = 0{,}5$. услед симетрије оптерећења, довољно је конструисати план сила да половине носача,

Из овог плана сила излази, да су напрезања S', у свима вертикалама $V = 0$, што значи, да су вертикале без утицаја на тражено повијање код овог система носача.

Пошто смо за све штапове појасева и испуне главног носача изнашли **S** и **S'**, ваља за сваки штап дужине s и пресека F израчунати одговарајући скраћења s, ако је штап притиснут, односно издужења, ако је штап затегнут, изазвата напрезањима S и то по познатом обрисцу.

$$\triangle s. = \frac{S.s}{EF}$$

у коме је E модуо еластичности материјала од кога је носач.

Како се помоћу $\triangle s.$ и осталих количина, овом Моровом методом, долази до траженог повијања δ_4 види се из следеће табеле;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
конструктивни део	штап	**S** напрезање у штапу од пробног воза	s дужина штапа	F пресек штапа	$\triangle s = \frac{S.s}{E.F}$ скраћење односно издужење штапа	S' напрезање за силу $P_4 = 1t$	$\triangle s.S'$	$\Sigma \triangle s.S'$	за топљено гвожђе је модуо еластичности $E = 2150000$ кг/см² = 2150 t/см²
		t	cm	см²	cm	t	cm	cm	
Горњи појас	O_1	— 46,0	368.4	118.32	— 0.066	— 0,7	+ 0,0462		
	O_2	— 61,5	259	140 32	— 0,052	— 1,0	+ 0,0520		
	O_3	— 61,5	259	140,32	— 0,052	— 1,0	+ 0,0520		
	O_4	— 79,0	259	151,32	— 0,063	— 2,0	+ 0,1260		
	O_5	— 79,0	259	151 32	— 0,063	— 2,0	+ 0,1260		
	O_6	— 58,5	259	140,32	— 0,050	— 1,0	+ 0.0500		
	O_7	— 58,5	259	140,32	— 0,050	— 1.0	+ 0,0500		
	O_8	— 52,5	368,4	118,33	— 0,076	— 0,7	+ 0,0532	+ 0,5554	
Доњи појас	U_1	+ 32,4	259	69,84	+ 0,056	+ 0,5	+ 0,0280		
	U_2	+ 32,4	259	69,84	+ 0,056	+ 0,5	+ 0,0280		
	U_3	+ 77.0	259	111,04	+ 0,083	+ 1,5	+ 0,1245		
	U_4	+ 77.0	259	111 04	+ 0,083	+ 1,5	+ 0,1245		
	U_5	+ 69,0	259	111,04	+ 0,075	+ 1,5	+ 0,1125		
	U_6	+ 69,0	259	111,04	+ 0,075	+ 1,5	+ 0,1125		
	U_7	+ 37,0	259	69.84	+ 0,0638	+ 0 5	+ 0,0319		
	U_8	+ 37,0	259	69,84	+ 0.0638	+ 0,5	+ 0,0319	+ 0,5938	
Дијагонале	D_1	+ 41,0	368,4	66,4	+0,1058	+ 0,7	+ 0,0740		
	D_2	+ 23,0	368,4	68,0	— 0,058	— 0,7	+ 0,0406		
	D_3	— 2,6	368.4	29,4	+ 0,015	+ 0,7	+ 0,0105		
	D_4	+ 14,0	368 4	29,4	+ 0,080	+ 0,7	+ 0,0560		
	D_5	— 15,5	368,4	68,0	— 0,039	— 0,7	+ 0,0273		
	D_6	+ 31,0	368,4	66,4	+ 0,080	+ 0,7	+ 0,0560	+ 0,2644	

Отуда повијање δ_4 изазвато означеним пробним возом у тачци 4, т. ј, у средини распона, извоси:

$\delta_4 = 0{,}5554 + 0{,}5938 + 0{,}2644 = 1{,}4136$ см. $= 14{,}136$ мм. $= \approx \frac{1}{1465} l$,

где је l распон носача.

Утицај вертикала V на повијање δ_4 раван је као што смо напред поменули нули, пошто су у њима напрезања S', па према томе и количине $\triangle s.S' = 0$

У општи узев количине у рубрикама 8 и 9 каше табеле, позитивне су код простих решеткастих носача. Одговарајуће количине за штапове испуне, могу бити позитине или негативне те их при рачунању повијања δ морамо увести са стварно добивеним знацима.

При рачунању повијања δ узимају се у рачун пресеци појединих штапова F нето или бруто (без

односно са одбитком рупа за закивке); или се за притиснуте штапове узму бруто, а за затегнуте нето пресеци, као што је у овом примеру учињено.

На сличан начин, долази се до повијања за случај кад имамо меродавно једнако подељено оптерећење од људске навале, на пр. за веће друмске мостове.

У последњем случају, за потпуно оптерећење моста, биће терети P_1, P_2, P_3... P_7, у чворовима доњег појаса једнаки. Тога ради, довољно је, због симетрије оптерећења, конструисати план сила за напрезања $\underline{S}$ само до половине распона.

Одредба повијања у средини распона, од укупног оптерећења, — сталног и прелазног, потребна је, због издизања доњег појаса главног носача, над хоризонталом кроз ослонце (Sprengung), којим се отклања прозвођење трбуха испод хоризонтале при оптерећеном мосту.

У прописима за рачунање гвоздених мостова, дозвољава се да повијање δ, изазвато прелазним теретом, сме достићи највише вредност

$$\text{од } \frac{1}{1000}l \text{ до } \frac{1}{1200}l,$$

где је $\underline{l}$ распон носача, чије повијање испитујемо.

Приликом вршене пробе топчидерског моста, у недостатку предвиђених петоосовних локомотива са притисцима по 16 тона на осовину узете су петоосовне покомотиве са притисцима по 13 тона на осовину, са истим размацима осовина, као и код прве локомотиве. Услед овога, смањују се и повијања δ у сразмери

$$\frac{13}{16} = 0{,}8.$$

Из овога излази, да ће повијање δ_4 с обзиром на табелу бити:

$$\delta_4 = 14{,}136\,\frac{13}{16} = 14{,}136.0{,}8 = 11{,}3 \text{mm.},$$

док је нивелманом при проби нађено: $\delta_4 = 9.5$ m m. дакле се израчунато и стварно повијање добро слажу.

М. Трудић
ван. професор Универзитета

Главнији радови на прузи Зајечар — Боговина.*)

I Корекција Тимока на км. 4+500, код села Звездана

(Са сликама на листу 15.)

При пројектовању трасе за ову деоницу, на овоме месту била је повучена траса преко кључа тимочког са два моста, јер је првобитна траса била повучена за нормални колосек. Доцније када је Дирекција решила да се од Параћина до Зајечара гради жељезница уског колосека, траса се имала изменити и удесити према терену за узан колосек;

На овоме делу трасе, као што се види из слике, било је три решења:

1.) Да се пређе кључ Тимочки са два моста, као што је био пројекат за нормалан колосек

2.) Да се иде десном обалом Тимока преко руч-терена а поред саме обале Тимока; и

3.) Да се изврши корекција Тимока.

Првом начину решења била је мана та, што би се морала правити два моста од по 50 мет. распона и траса би ишла преко водоплавног терена.

Другом решењу била је замерка та, што би се ишло преко клизавог земљишта — руча — и усљед великих осигуравања од руча и од Тимока, тај део пруге коштао би веома скупо, а при том пруга би била увек несигурна и за одржавање веома тешка. Зато се узело треће решење, — да се изврши корекција Тимока.

Други начин решења избачен је од штудирања а остало је да се повуче паралела између првог и трећег, те да се види, који је бољи, рационалнији односно јефтинији.

Сад ћемо да споменемо само о превласти трећег решења над првим, без коштања, о чему ће мало доцније бити говора.

Као што се види из слике, при великој води Тимок на томе делу изађе из корита, и матица велике воде узимала је други — краћи пут од корита, и ишла приближно где је сада наша корекција, што се видело по самом земљишту.

Тимок се овде изливао поглавито усљед тога, што се загушивао у свом тесном кориту за велику воду, а и усљед бране, која на 1—2 км. ниже од корекције.

Висина велике воде на земљишту где је сад корекција варира од 1 до 2 метра и како је Тимок више брдска река са јаким падом, то је и његова брзина велика а при великој води још већа, те је то био главни разлог, што се одустало од првог решења, због бојазни (што је оправдано), да Тимок при великој води не однесе труп жељезнички између два моста.

При пројектовању корекције, поглавито пазило се на то, да се иде приближно матицом велике воде и да се згодно прилагоди почетак и крај корекције

*) Покојни П. Карацић инж. описао је у Срп. Техничком Листу бр. 20. и 21. од прошле године пругу Зајечар—Боговина у опште, а сада ћемо дати читаоцима „Срп. Техн. Листа детаљнији опис интересантнијих радова на тој прузи.

П. М.

са коритом тимочким. С тога је пруга обележена на овај начин: од км 4+211·6 од Зајечара уметнута је једна кривина до км. 4+769.09 са радијусом 400 m., која је обележена са два помоћна темена пошто јој је теме падало преко Тимока.

Корекција Тимока пак, на даљину од 730 метара од пруге са ширином дна од 22·5 метра обележена је концетрично и то на улазу на десној обали корекције од км. 4+990 до км, 4+365 обележена је кривина са радијусом 350 m., а на левој са радијусом 300 m., прилагодила се лева обала улаза са обалом корита Тимока. На изласку пак, десна обала корекције је савијена и управо иде до трасе — до крила засведеног пропуста од 2 метра на км 4+198 а лева обала прилагођена је обали Тимока са једном кривином од 120 m.

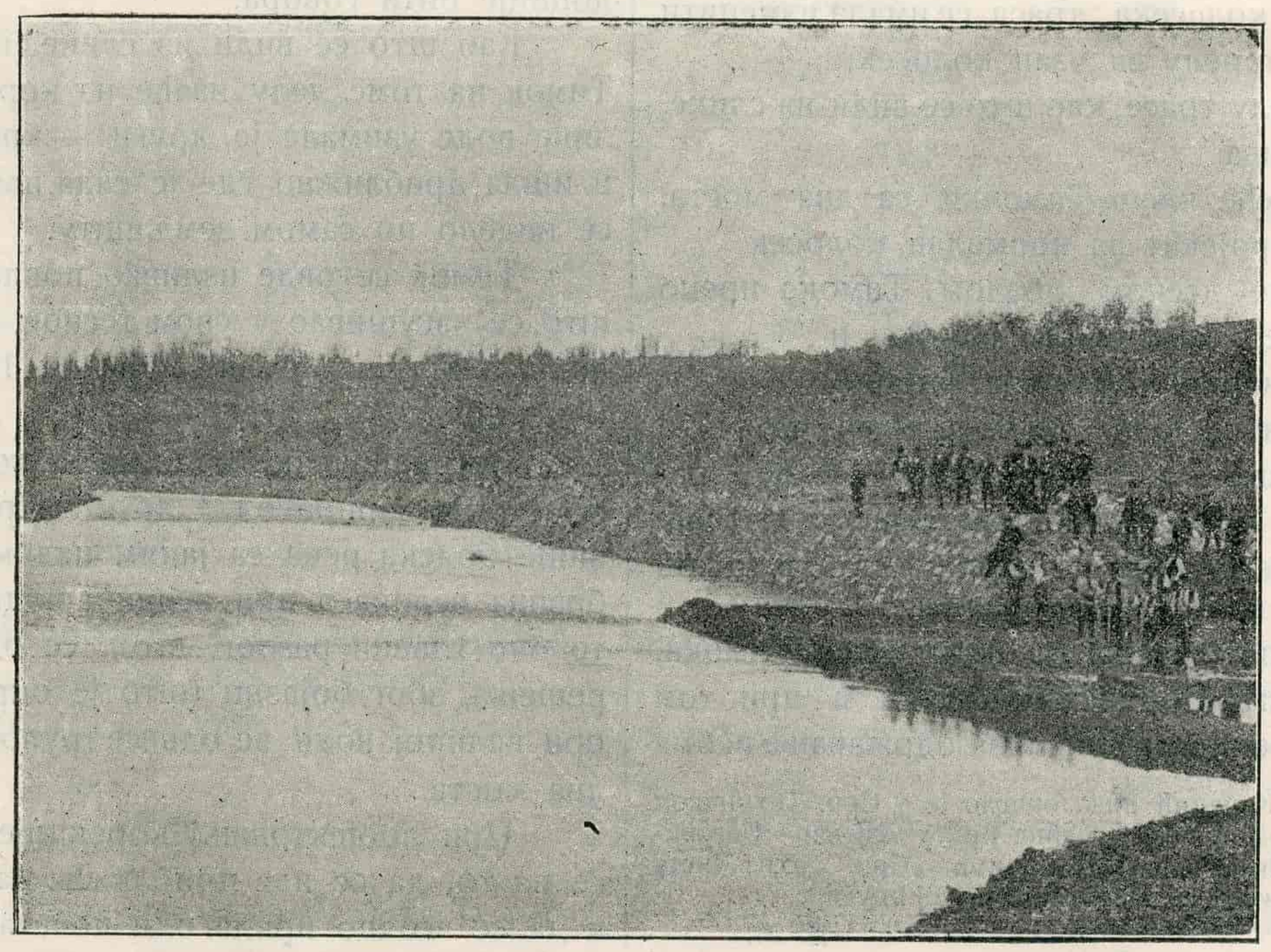
Као што се из слике види из профила на км. 4+500 и 4+920, корекција је пројектована тако, да се десна страна корекције, која цео удар матице Тимока прима, калдрмише са калдрмом од 0.50 m., дебљине са подлогом шљунка од 0.20 m., а ножица калдрме је трпанац са горњом ширином од 2.00 метра и дебљином од 1 метра. Такво је осигурање узето преко целе корекције, осим на улазу Тимока, где је преко засутог корита метнуто осигурање као на слици из профила 4+920 јер је ту главна нападна тачка Тимока. Лева страна корекције засечена је благо 1:2.

Нивелета пруге је на корекцији на коти 140.40 и хоризонтална је, дакле виша је од нивоа велике воде на улазу за 0.70 а на излазу корекције за 1.40, док је пак код корекције узета нивелета дна на улазу и излазу на коти дна Тимока, и тиме смо повећали пад Тимока на томе месту, а мало ниже видећемо последице усљед тога. Нивелета горње ивице калдрме је положена као и нивелета дна корекције, а за 2.50 метра више од трпанца, чија је горња површина у равни са дном корекције. Велика вода прелази осигурање и напада страну трупа жељезничког, која је врло блага са падом од 1:40 до 1:100, те велика вода не може нанети квара, а и због мале дубине велике воде на насипу.

На излазу корекције испод пруге остављен је пропуст од 2 метара кроз који ће одилазити вода из затвореног дела Тимока. На улазу корекције од км. 4 + 990 осигурање корекције прешло је у калдрму са дебљином од 0.30 а без ножице од трпанца до на даљину од 100 метара уз воду и тиме се избегло поткопавање и заобилажење осигурања корекције.

Радови на корекцији отпочети су августа месеца 1905 год. а завршени су септембра 1906. год. Предузимач је положио колосек од средине корекције до мајдана за ломљени камен више села Звездана на дужини од 2 км. и довлачио вагонетима камен за калдрму и трпанац. При изради трпанца за ножицу калдрме, радио је и у води. На раду предузимач није био изненађен великом водом, те је калдрмисање и копање темеља за трпанац као и копање земље ишло лако. Земља из корекције бацана је у насип железнички и између насипа и корекције.

На трпанцу и калдрми почели су да раде страни зидари, али због несолидног рада утекли су и посао су наставили и довршили наши зидари из околине Књажевца, који су се показали као марљиви поштени раденици и њихов рад може нам служити за углед.



Корекција Тимока код села Звездана.

На овоме месту да повучемо паралелу о коштању између првог начина решења и трећег.

По првој траси коштало би:

1. два моста од 50 м. преко Тимока са доњим и горњим стројем по ценама које има предузимач по 70.000 дин. 140.000 дин.

2. Насипање пруге између 2 моста на дужини од 700 метара са просечном висином насипа 2·5 м. кубатура насипа је 12162.5 по 0.68 дин. . . 8270.50

целокупно коштање је 148270.5

Док корекција по грађевинским књигама кошта.

1.) копање корекције
42210.00 м³ × 0.84 дин. = 35456.00

2.) „ темеља за трпанац
1524.0 × 0.68 = 1038.00

3.) додатак за копање под водом
925.0 × 3.20 = 2960.00

4.) израда трпанца 2554.0 × 8.00 = 20432.00

5.) израда калдрме од 0.50
3307 × 8.20 = 27117.40

6.) израда калдрме 0.30
350 × 5.4 = 1890.00

7.) засведен пропуст од 2 м. на км.
4 + 198 = 6660.0

Свега 95551.72

Из горњих цифара види се да је корекција не само са техничког гледишта боља већ и јефтинија.

Остаје нам још да видимо каквих је промена било у Тимоку услед корекције. Услед тога што је корекцијом смањена дужина Тимока, пад је на том делу знатно порастао па и брзина се повећала те због тога и отицање велике воде било је брже. — Прећашње поплаве, која је плавила цео ключ Тимока готово два пута годишње, с пролећа и с јесени сада готово нема. Брзо нам се је дала прилика да то констатујемо, јер је прошле године с пролећа Тимок јако био надошао и достигао своју готово највећу висину. На корекцији се приметило ово:

Да на калдрми није поремећен ни један камен, а трпанац је попустио делимично, услед тога, што је трпанац пројектован, као што се види из слике у равнини дна корекције а због велике брзине Тимок је готово на целој дужини ископао дно корекције за један метар и услед тога предњи део трпанца срушио се. После велике воде трпанац је допуњен и добио је облик као што је на слици у профилима 4+500 и 4+920 тачкасто означен.

Тимок је дно корекције тако изрио, да је од равног и правилног дна начинио себи за малу и средњу воду друго кривудаво корито (—приближно синусоиди са осовином $^1/_3$ ширине корекције од калдрме и трпанца) а тиме продужио себи корито и смањио пад свој. Наравно да се ово све губи при великој води.

Кад је довршена оправка трпанца велика вода није могла више начинити никакав квар на корекцији и на том делу пруге имаћемо сигуран и добар пут жељезнички.

Зајечар. септембра 1908.

П. Миленковић

Грађа за српску техничку Терминологију.

ПРИЛОЗИ

I. Путеви.

Пут, пута m. — **цеста** f. (у западним крајевима), der Weg, die Strasse; la route, la chemine, vay, road, strada.

Пут служи за саобраћај људи и пренос разноврсних производа природе и људске делатности, али се у народу под путем подразумева свако место, преко кога се може слободно и без препреке прелазити (забране, рова, стрмености и т. п.) Као пут сматра се и путања f. dim. путањица и стаза f. dim. стазица, der Fusssteig, der Steg, Fusspfad, le sentier.

Данас пут као саобраћајно средство има шире значење но што је некад имао, јер, данас имамо разноликих саобраћајних путова. Тако:

Путања и стаза су путови за саобраћај пешака, а по где кад и коњаника и прогон стоке.

Пут за саобраћај кола било са сточном запрегом било самокретних, велосипеда, коњаника, пешака и прогон живога мала. За ову врсту путева, чији смо наслов и горе исписали, у народу је стекао права грађанства израз друм m. (од грчкога δρομος) у новије доба насип m. (у нарочитоме значењу шљунком насутога — пошљунчанога пута), а чује се по кад кад и џада f. (турска реч).

Путеви кроз насељена места, могу бити двојаки, или су то пролазни, (транзитни) путови који везују више места преко појединих насеља, или служе само за месни саобраћај, у коме случају имају назив:

Улица f. die Gasse, platea, la rue

Сем овога чују се у народу за ову врсту путова и ови називи:

шор m. (у Срему); и

сокак m. (Турска).

У великим градовима и улице су подељене на више врста према својој ширини, дужини, правцу и другом, према чему имају и разне називе као: булевар, авни, пасаж. Код нас нема великих вароши, па немамо ни назива за те врсте улица.

Пут железни — железнице разних врста по конструкцији, вучи и намени којој служе.

Пут водени — мора, језера, реке и канали, по којима плове бродови.

Пут телеграфски.

Пут телефонски, а вероватно ће у скоро бити и пут ваздушни.

*

Пут сувоземни, израђен људском руком, уређен је за саобраћај између појединих места обично тако, да њиме могу возити кола вучена животињском или каквом другом снагом — самокретна кола или аутомобили, даље, велосипеди кретани људском или каквом другом моторном снагом, да њиме могу пролазити коњаници и пешаци и поред тога и живи мал прогонити.

Да се пут сагради и учини удобним за саобраћај, морају се често пута извршити многи вештачки радови, из чега излази, да пут није прост, једноставан предмет него тело сложено из много разних елемената. И баш та множина елемената тражи много знања и вештине за израду доброга и удобног пута. Истина је, да путеви постају и сами по себи када узастопно прође више људи једним и истим правцима или тачније речено истим стопама, па чак тај пут случајно може бити добар, али такви путеви у огромној већини могу служити само за пешаке, коњанике и прогон стоке, за грађење других путева треба знања, вештине и искуства.

Први елеменат који се појављује код пута јесте: **главни правац**, La direction principale. Hauptrichtung f; а то је онај правац, који везује две крајње тачке пута — два места; главни је правац н. пр пут Пожаревац—Ћуприја.

Главни правац — између две крајње тачке пута — веома је ретко кад права линија, но је обично састављен из два и више споредних праваца повезаних међу собом кривинама, што зависи од дужине пута и облика земљишта којим пут пролази. Главни је правац пута н пр. Пожаревац—Ћуприја, а споредни су: Пожаревац—Жабаре, Жабаре—Свилајенац, Свилајенац—Ћуприја, али и на овим споредним правцима, који међусобно везују поједина места има краћих праваца, што зависи, као што је већ речено од облика земљишта.

Два споредна правца, код добрих и правилно израђених путова, везује **кривина** f. la courbe de racordement, Krümmungen, Kurve, courve-line; curva

Кривина је обично кружна — део круга—лук и може бити **оштра кривина** Courbe forte; scharfe Kurve или **блага кривина** Curve de grand rayon; sanfte Kurve.

Оштре су кривине оне, које имају мали полупречник, а благе су са великим полупречником.

За наше путеве прописан је најмањи полупречник кривине од 24 met. за државне и окружне, а 20 met. за среске путеве (Распис Министра Грађевина од 1. авг. 1883. год. Бр. 4433).

Поред обичних кривина на путовима постоје и нарочите кривине познате под именом: **завојица** f. die Schleife.

У некојим нашим крајевима завојица се просто крсти именом **окука** а у источним **ковеј** и **ковеја**. Завојице су обично оштре и дуге кривине, које спајају два правца на стрмим падинама брда. Пут иде у једноме правцу косином брда и уз брдо, али, кад би истим пењањем и у истом правцу продужио пут би мимоишао најближе седло, стога се пут завојицом нагло враћа у други правац — супротан првоме по истој косини, само изнад — више првога правца и тежи правцем ка најнижем седлу.

Други је важан елеменат пута **нивелета** или **градијента** пута. les déclivités; die Nivelette, die Gradiente; the gradient; pendenze.

Нивелетом се одређују и утврђују висине, на којима су поједине тачке у оси пута. А оса пута — његова средина поклапа се са трасом.

Ако се пут полазећи од једне тачке ка другој пење на већу висину, онда пут има у томе правцу **успон** la rampe, die Steigung ако пак пада и силази на мању висину, онда има **пад** m. la pente; das Gefälle; fall; caduta. Обоје заједно зову се нагиби: la declivite, die Neigung према томе је и нивелета у успону или у паду. Пут може ићи и хоризонтално, што се по могућству избегава, таква нивелета пута назива се **хоризонтала**; die Horizontale; le palier, la ligne horizontale; horizontal line; orizzontale.

За наше путове прописани су разни успони према категорији пута и купираности терена. Тако прописани су ови max успони:

за путове	државне	окружне	среске
у равници	2%	3%	3%
у брдовитом терену	5%	6%	7%
у планинском терену	6%	7%	8%

(Распис Министра Грађевина од 1. авг. 1883. године број 4433.).

Поред хоризонтала, успона и падова на путу се може појавити и **изгубљен пад** Verlorenes Gefälle.

Када се пут од једне тачке ка другој без прекида пење, онда је пут стално у успону, или ако силази на ниже онда је стално у паду. Али ако такав сталан успон прекине каква увала, дољача или долина, па пут мора да се спушта и после поново пење на исту или још и већу висину, онда пут на томе месту има изгубљен пад. Исто је тако, кад пут

прелази висок гребен, на који се прво пење, да се опет спусти у долину.

Главни правац пута заједно са свима појединим правцима, кривинама и нивелетом (успонима и падовима) назива се **траса пута**; le trace; die Trace а сам рад око изналажења трасе у вези са снимањем зове се **трасовање**[1]) le tracage, l' etude d'un trace.

Пројекат за трасу пута треба да има: **котиран ситуациони план трасе**; le plan cóte; Kotierter Plan; и **подужни профил — пресек трасе**; le Profil en long; Längen Profil; у коме су означене висине терена, висине нивелете, откопавања и насипања, а поред тога правци, кривине и објекти као и на ситуационом плану.

Да се један пут сагради добрим и удобним за саобраћај колима, потребно је извршити врло много и врло разноликих послова.

Као први посао долази изналажење трасе — трасовање, а по том **дефинитивно обележавање** трасе; le piquetage; die Absteckung der Trace.

При дефинитивном обележавању трасе прво се обележе појединн правци. У пресеку двају праваца налази се **теме кривине**; l' intersection des tangentes; Tangentenschnittpunkt, der Winkelscheitel, Winkelpunkt а свака кривина има свој **почетак средину** и **крај кривине** што се такође обележава.

Траса се обележава колем, **колац** m. или кôц m. le piquet; der Pfahl, Pflock, тако, што се на поједине тачке у правцу или кривини трасе побије у земљу колац, а ради тачности, у дрвени колац укива се обичан гвозден клинац, обично са малом главом.

Иинструменте и справе за обележавање трасе нећемо овде помињати с тога, што све то долази у област Геодезије.

Када пут прелази равницу, онда је обично у равни терена — нешто мало издигнут са роговима са стране. Али ако је то земљиште плавно, онда се **тело пута**; l' assiette da la chaussée; der Unterbau der Strasse; l' infrastructure f. мора издићи изнад највеће воде и тада имамо **насип**; le remblai; der Auftrag: да би се пут дакле довољно подигао да га вода не плави или ради изравнања — што боље поделе нивелете ми пут—тело пута насипамо, другим речима, подижемо пут на насипу.

Насип са обе стране има по један **бок** (бок=падина=страна) насипа у извесноме нагибу, који је зависан од природе земљишта; le talus; die Böschung.

Када пут просеца какву косу или какав низак гребен и укопава се у земљу, онда имамо **усек** m. le deblai; der Einschnitt, код кога је цела површина пута испод природнога земљишта. И усек такође има своје стране — бокове, чији су нагиби зависни од природе земљишта.

Средину између насипа и усека чини **засек** m. Profil mixte; der Auschnit, а то је случај, када је пут делом израђен у страни брда и лежи на чврстом земљишту, а делом на насипу.

На путовима и дуж путова има разноликих објеката. Тако:

Прелив m. die Mulde — је на путу и коловозу калдрмисана површина, преко које се прелива вода са једне стране пута на другу.

Пропуст[2]) m. le Pronceau, l' aqueduc; der Durchlass, пропушта мање количине воде из ровова и мале атмосферске талоге с једне стране пута на другу.

Мост m. le pont; die Brücke премоштава потоке и реке и ствара пут непрекидним.

Вијадукт m. le viaduct; das Viaduct; је мост који премештава дубоке долине и јаруге.

Потпорни зид[3]) m. le mur de soutenement, le contrefort; Stützmauer; има за задатак, да подупре земљиште, било у телу пута, било изнад овога, које је у покрету или без потпоре, те би могло кренути и однети односно затрпати пут. По где кад потпорни зидови служе и као преливи, и онда су на доњој страни пута, пут је калдрмисан, зид је на крајевима виши, у средини нешто нижи да се вода скупља и прелива на средини. А да вода при преливању не би дубила земљу и подлокала темељ потпорнога зида, онда се обично доле сграде **јасле** das Joch од јакога побијеног кољa, испреплетаног шибљем и грањем и набацаног камена.

Бедем и обложни зид m. Futermauer, Bekleidungsmauer; le mur de soutenement, de revetement служи као заштита противосипања и одроњавања бокова усека и засека.

Тунел m. или како се по где кад чује тамник m. le souterrain, le tunel; der Tunel најинтересантнији је објекат, који се може појавити на једноме путу, а и веома је редак случај, да се пут

---

1). У службеном језику трасирање, где је латинском или романском корену додат немачки глаголски наставак и из те комбинације створена именица са српским наставком. Ово ме подсећа на баштованциницу, где је од баште постао баштован, па како је један наставак био недовољан, додан му је и турски наставак те добисмо баштованцију, и сад је њему требало створити баштованцијницу, да би се човек имао чиме занимати

2) О пропустима и мостовима говорићемо у другом чланку.

3). Погрешно се зове и подзида. Када већ један зид постоји, па у њему треба нешто мењати, или га спустити дубље, онда се каже подзидати н пр. кућу, која је поткопана, али се никако не може казати, да је подзида и онај зид, који је од самога почетка зида, од саме основе, из самога темеља. Рђава је одбрана, да је подзидано земљиште, јер оно није подзидано, није испод њега, него иза њега — земљишта, дакле у ствари је земљиште зазидано и пре би се могло рећи зазида него подзида,

потпуно пробија кроз стену или брдо тунелом. Ми у Србији имамо тунеле: један на Честобродичкоме а други на Овчарскоме путу.

Ваља напоменути још и **галерије** la galerie; die Galerie, за које нам није познат никакав термин. Галерија је засек у стени, али се стена наднела изнад пута — виси изнад пута. Од ових галерија треба одвојити галерије за заштиту од сметова, лавина и камена. Ово би била: **заштитна галерија**.

Пут на високом насипу, или кад иде стрмом страном брега ваља оградити. Ограде су разноликe: дрвене, гвоздене, зидане и камене. Ми ћемо поменути само ограду од камена самаца. Комад камена, обрађен или необрађен, укопан у земљу да брани стоци и колима силазак низа страну зове се **колобран** der Prellstein; la bouteroux.

Коловоз m. La chaussée, la supestructure; Fahrweg, Oberbau је горња површина пута, по којој се ходи и вози. Поред коловоза може бити са стране и **пешачка стаза** Fussweg, Fusspfad, Steg; le sentier, за саобраћај пешака.

Коловоз може бити израђен на разне начине. Ако је коловоз само насут шљунком разне крупноће, онда се тај насип зове **шљунчани застор** beschotterter Weg, la chaussée empirée en caloux, а сам рад **пошљунчавање**[4]) Empierement, die Beschotterung.

Код нас је прописано, да се пошљунчавање државних путева врши на ширину од три хвата (5,70 m,) а окружних и срески х путева на ширину од два хвата и четири стопе (5,0 met.) Дебљина слоја шљунчанога застора прописана је: ако је пут патосан крупним каменом највише 9 палаца (23,71cm.) а најмање 6 палаца (15,8 cm) у средини, а на крајевима у толико мање, колико то испупченост (конвекситет) друма допушта; ако се пут пак не може патосати каменом због оскудице истога, онда дебљина насипа од шљунка мора износити најмање 18 палаца (47,41 cm.)у средини, а на крајевима се смањује према попречном паду пута. (Распис Министра Грађевина од 30. марта 1866. год. Г. Бр. 825. Грађ. зб. I. 579. и Инжењер Мише Марковића 349.)

Коловоз може бити калдрмисан и тада је на коловозу **калдрма**, обично од ломљеног камена, le Pavé; das Pflaster даље коловоз од **клинкера** Klinkerpflaster; la chausée en brque de clinker.

Коловоз од насатице положених **опека**; Le pavé en briques; das Ziegelpflaster.

Макадам-исан коловоз; le makadam; das Makadam.

4.) У некојим окрузима овај се рад зове погрешно и о д а с и п а њ е. Наши инжењери место да утичу, да се та погрешна реч изгуби, и сами су је примили и полагано је увлаче чак и у службени језик. Није редак случај да се од наших инжењера чује с а н т и м у место с а н т и м е т а р и ако те две речи имају сасвим разно значење.

Шљунчани застор, калдрма и т. д. полаже се на уравнату по потреби набијену површину пута, која се назива **постељица** l' assiete; der Untergrund.

Макадам и шљунчани застор са стране добидобијају **ивични камен**, m. la bordure; der Randstein који са обе стране пута поред ивица држи шљунак да га вода не би спирала кроз пролоке, као и да точкови не разгазе и не разнесу шљунак и ван постељице.

Ради отицања воде са површине коловоза, поред пада у подужном правцу пута, шљунчани застор и свака друга врста израђеног коловоза добија и **попречни пад**; m. pente transversale; das Quergefälle тако, да се вода од средине пута слива лево и десно.

Ров, m. јендек, m. шанац, m. Le fausè; der Seitengraben, дуж пута служи за одвођење атмосферске воде, која се слива с пута и површина дуж пута. Ширина и дубина рова зависи од величине слива, врсте материјала у коме су и подужнога пада самога рова.

саопштио
П. А. Димић

II. Машински елементи.

1. **Висина завртњева хода**; Schraubenganghöhe; pitch of a screw, fillet of a screw; pas d' une vis; passo d' una vite.

2.) **глава завртња** (завртке); Schraubenkopf; srew-head; tête de vis; capocchia della vite.

3. **завојци**; Schraubengewinde; worm of a screw thread of the screw; filet d' une vis; pane d' una vite, verme, filetto della vite, impanatura.

4.) **завртањ** (завртка); Schraube; screw; vis; vite.

5. **завртњеви за пресе**; Presschrauben; male screw of the press; vis de la presse; vite del torchio.

6. **завртњеви за утврђивање** (спајање). Befestigungsschrauben; fastening screw; vis de serrage; vite d' attacco.

7.) **завртњев ход**; Schraubengang; worm, thread, fillet of a screw; filet de vis, pas d' une vis; passo della vite, spira della vite.

8.) **закивак**, заковак, укивак; Niete; nail, pin rivet; rivet, clou; chiodo.

9.) **закивати**, заковати, укивати; Nieten, vernieten; to rivet; river; inchiodare; ribadire.

10.) **кључ за завртке**; Schraubsnschlüssel; screwdriver, turn-screw; tonrnevis; cacciavite.

10.) **навртка** (матица, глава); Schraubenmutter; female-screw, nut-screw; écrou, vis femelle; dado, vite femmina, chiocciola.

12.) **преносни завртњеви**; Transmissionsschrauben; transmission-screw; vis de transmission; vite di transmissione.

13.) **спојница**, спрежница; Kuppelung, Kupplung; coupling, joining, joint; joint, accouplement, assemblage; guinto, accoppiamento.

14.) **укивање једноредно**, дворедно и т. д.; Nieten einreihig, zweireihig u. s. w.

15.) **укивање једноструко**, двоструко и т. д. Nieten einschnittig, zweischnittig u. s. w.

Саопштио

Ж. Димитријевић.

ИСПРАВКА И САОПШТЕЊЕ.

У II св. Стручног додатка Срп. Техничког Листа за год. 1908. у преводу расправе Dr. M. Миланковића; „Најрационалнија конструктивна висина и размак ребара код Енебикове таванице“ поткрала се следећа омашка.

На стр. 37, други стубац, 22 ред текста место реченице:

„Исто тако и количина арматуре и потребних савијених гвожђа чине незнатан део потребне арматуре, те их не треба у рачун ставити“.

Треба да стоји:

„Исто тако и количине узенгија и онога попречног гвожђа у плочи, што служи само за одржање размака арматуре, чини незнатан део потребне гвожђарије, те је не треба у рачун ставити.“

Моле се читаоци да ову исправку приме к знању.

Сматрамо да неће бити без интереса да нашим г. г. колегама учинимо на овом месту још и следеће саопштење:

Професори Engesser, Domke и Hess транформисали су употребивши дозвољена упрошћења — једначине за λ и H изведене од г. Dr. Миланковића, на облике згодне за праксу. Особито су једноставне једначине, што их је на тај начин Domke извео:

$$\lambda = \frac{1}{4}$$

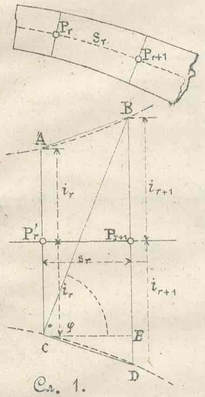
$$H = \frac{1}{40}\left(1 + \frac{g}{500}\right)$$

Исте дају вредности које се повољно подударају са онима, које су у таблицама I и II г. Dr. Миланковића наведене.

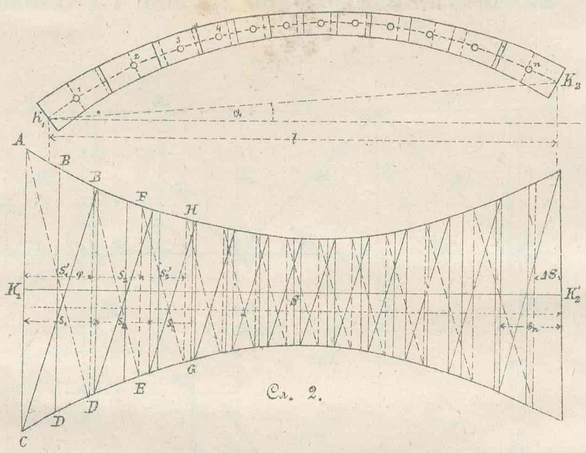
Уредништво.

Статичко испитивање лукова и засведених носача.

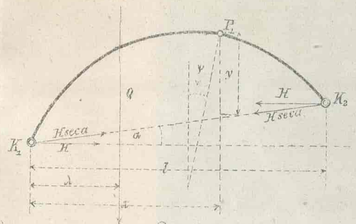
Dr Robert Schönhöfer



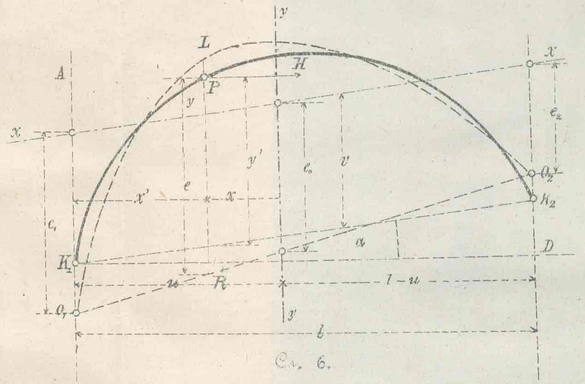
Сл. 1.



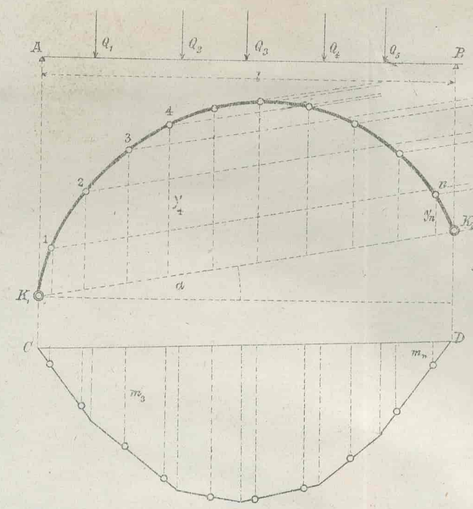
Сл. 2.



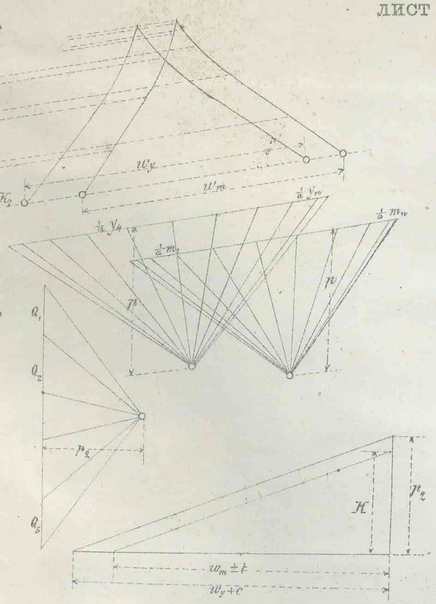
Сл. 3.

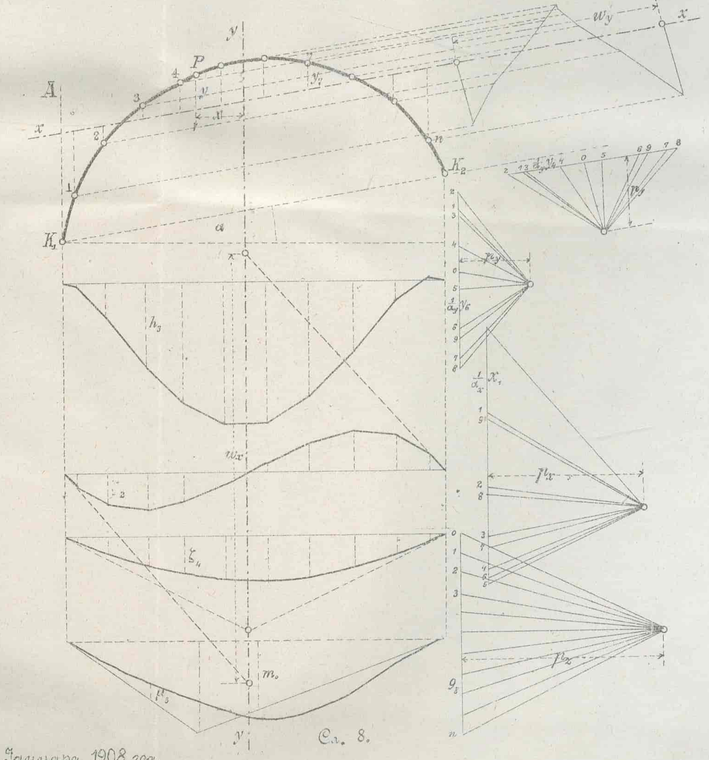


Сл. 6.

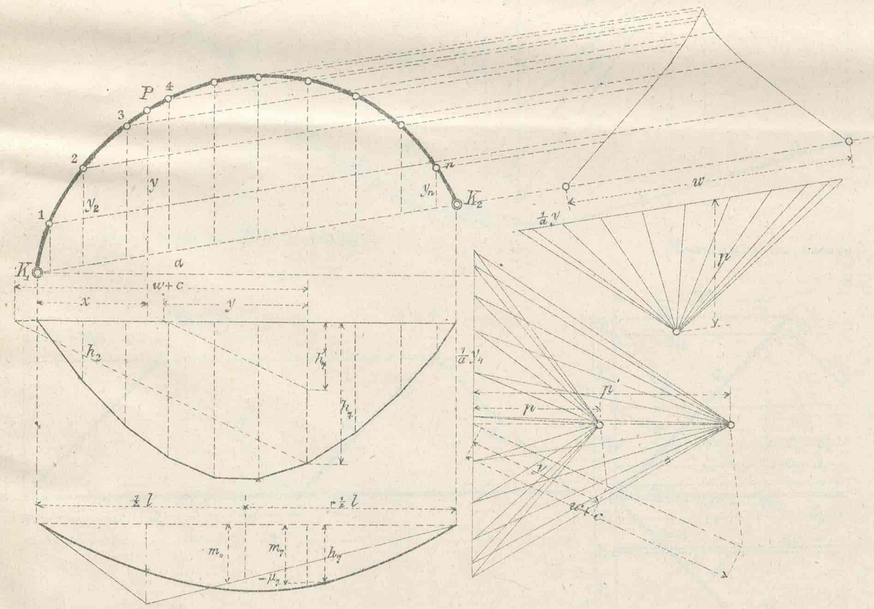


Сл. 4.

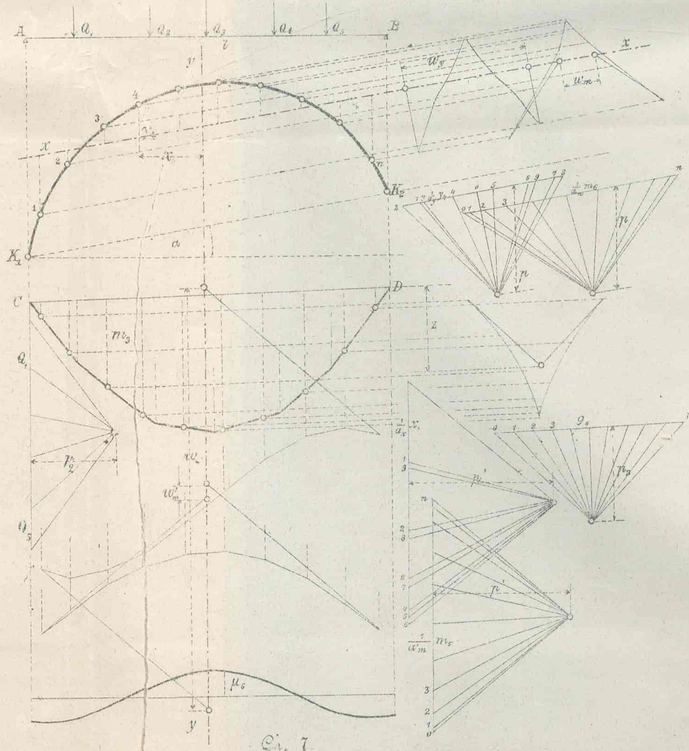




Сл. 8.



Сл. 5.



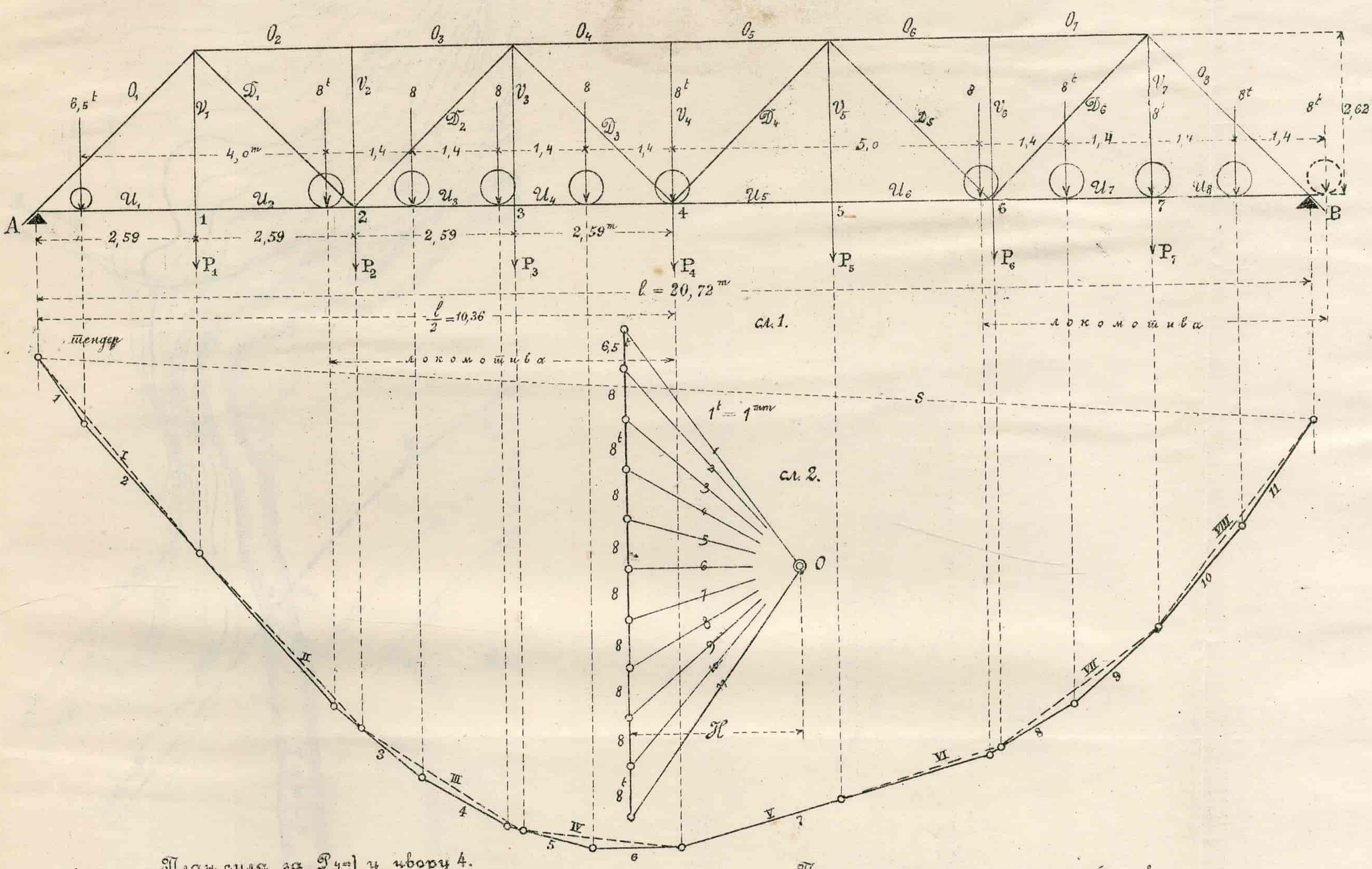
Сл. 7

Јануара 1908 год.
Врање

Свети Јовановић виши инжењер

НОВИ ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ У ТОПЧИДЕРУ

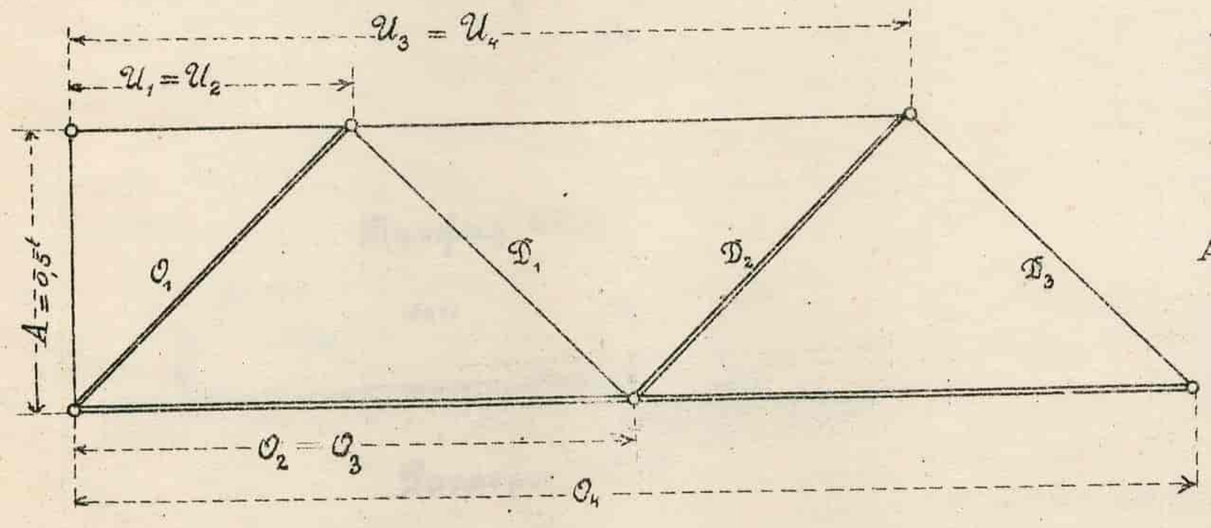
ОДРЕДБА ПОВИЈАЊА У ЧВОРУ 4. ПОД ОЗНАЧЕНИМ ПРОБНИМ ВОЗОМ



План сила за $P_4 = 1$ у чвору 4.

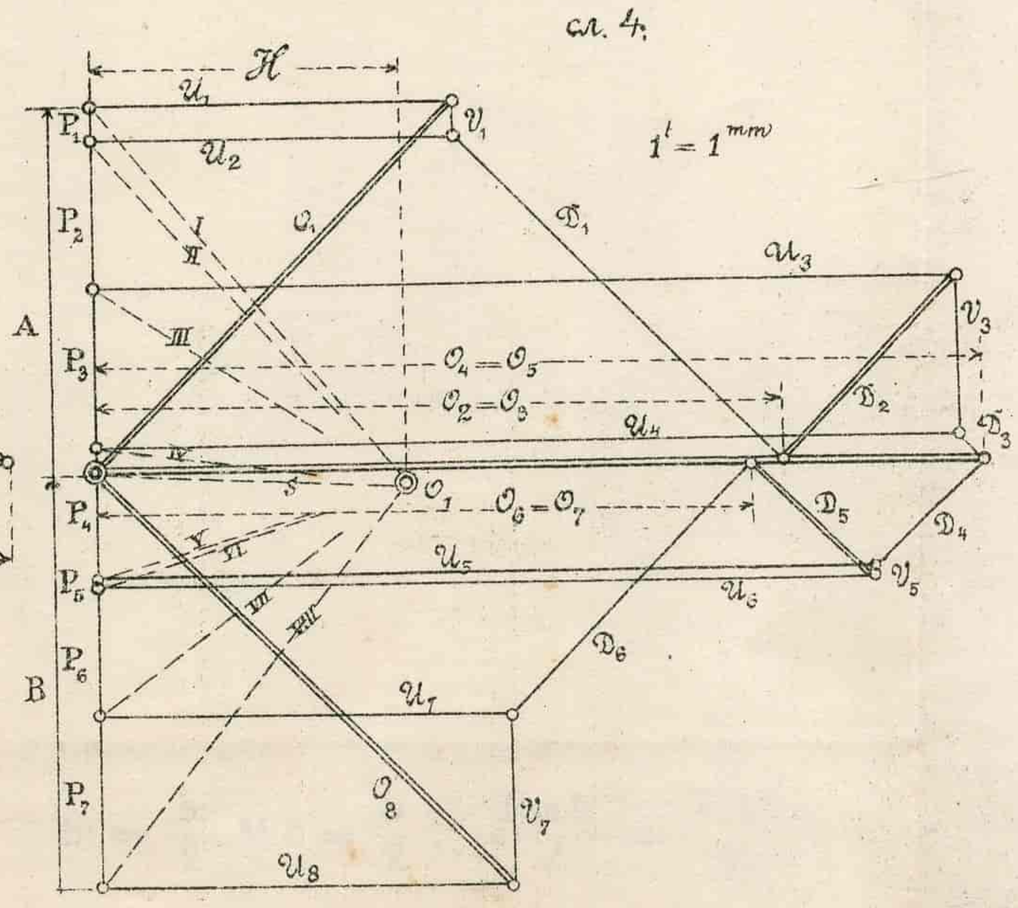
$1^t = 50^{mm}$

сл. 3.



План сила за означени пробни воз.

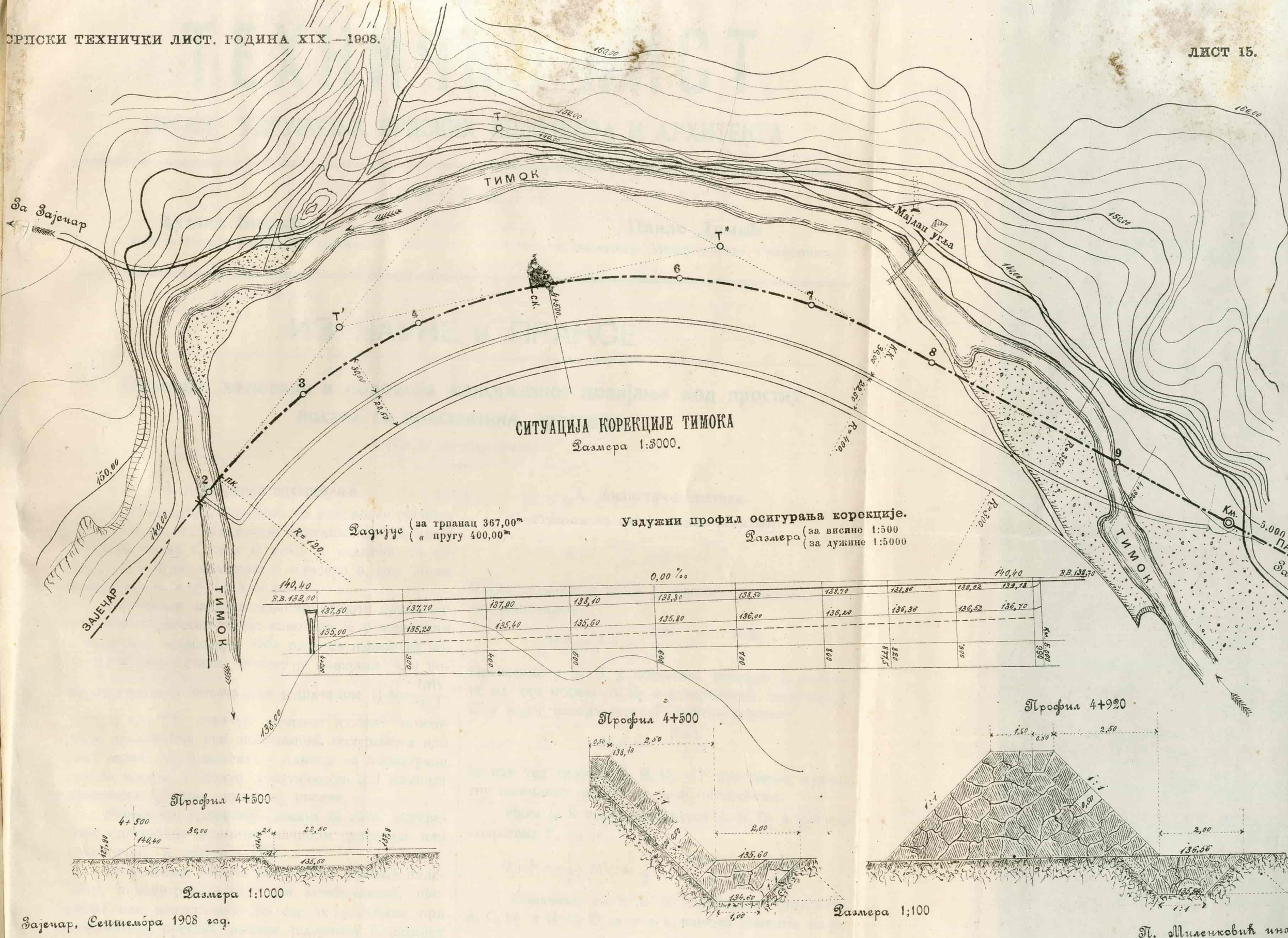
сл. 4.



——— затезање

═══ притисак

Ранунао М. Турудић



СИТУАЦИЈА КОРЕКЦИЈЕ ТИМОКА

Размера 1:3000.

Радијус { за трпанац 367,00м
« пругу 400,00м

Уздужни профил осигурања корекције.

Размера { за висине 1:500
за дужине 1:5000

Профил 4+500

Размера 1:1000

Профил 4+500

Профил 4+920

Размера 1:100

Зајечар, Септембра 1908 год.

П. Миленковић инжењер