ГОД. XIX СТРУЧНИ ДОДАТАК Јануар — Март 1908.

СРПСКИ ТЕХНИЧКИ ЛИСТ

ОРГАН УДРУЖЕЊА СРПСКИХ ИНЖЕЊЕРА И АРХИТЕКТА.

УРЕДИЛИ:

Душан Божић
инжењер Канализационога Одсека

Павле Димић
инжењер Министарства Грађевина

ИЗ НАУКЕ и ПРАКСЕ.

ТЕЧАН ВАЗДУХ

— од професора **Ђ. М. Станојевића** —

I.

1.— У науци не постоји реч „немогуће.“ Јер оно што је некада сматрано као савршено немогуће, оно о чему некада ни учени људи нису могли ни мислити а још мање говорити, то је данас наука не само прогласила као могуће већ је и остварила. Нашим су читаоцима познати многи такви научни проналасци а ми ћемо их само опоменути на спектарну анализу, Теслине струје, бежични телеграф, Рентгенове зраке и т. д.

У такве некадашње немогућности спада без сумње и претварање ваздуха у течно стање; због тога је он са још четири пет других гасова био назван „перманентан“ (постојан, сталан) гас и до скора се свима могућим покушајима опирао да се претвори у течност. Али непрекидном и неуморном научном истраживању и проучавању испало је најзад за руком да се најпре нађе прави пут којим је требало поћи и да се савладају све тешкоће око тога питања; данас се може ваздух сразмерно лако и просто претворити у течно стање, данас се може течан ваздух тако исто лако оточити славином из свога суда као и свака друга течност.

2.— Свакоме је познато да се сва тела у природи јављају у три тако звана „агрегатна“ стања и то као чврста, течна и гасна. Исто тако сваки зна да многа тела могу сразмерно лако и у обичним приликама прећи из течног у чврсто или гасно стање и обратно. Да споменемо само воду која може бити и чврста као лед и гасна као водена пара, у ком се стању налази не само у ваздуху већ креће и све наше парне машине, вршећи врло многе корисне наше послове.

Да ли ће једно тело бити чврсто, течно или гасно зависи *у исти мах од температуре* на којој се налази *и од притиска* под којим се налази. На пример под обичним ваздушним притиском од једне атмосфере, који на земљиној површини влада и који од прилике износи један килограм на сваки квадратни сантиметар вода је течна од 0° до 100°*. Чим се вода на том притиску охлади до или испод нуле она се смрзне и пређе у чврсти лед а чим се загреје до 100° она кључа т. ј. прелази у гасну водену пару.

Али кад се обично каже да је вода течна од 0° до 100°, ретко се помиње, јер се ћутке претпоставља да је вода течна у тим границама само за то што је под притиском једне атмосфере или што је под обичним атмосферским притиском који измерен барометром износи 760 м.м. живиногa стуба. Јер ако се тај притисак промени, вода се не мрзне више на 0° нити кључа на 100°. Кад се вода налази под великим притиском, она се може охладити испод 0° па да се не смрзне. Експериментима је утврђено да тачка топљења леда опадне за 1°, кад се притисак повећа за 133 атмосфере, тако ако се вода изложи притиску од 1330 атмосфера, неће се смрзнути до — 10° (испод нуле.)

3.— И то што вреди за мржњење воде вреди и за њено кључање. Вода кључа на 100° само кад је под обичним нормалним притиском од 760 м. м. барометарског стања. Ако је притисак мањи вода раније прокључа, као што под већим притиском прокључа доцније. Кад притисак изнад воде износи од прилике $\frac{1}{4}$ атмосфере вода кључа око 65°, под притиском од пола атмосфере кључа на 82° под притиском од две атмосфере вода кључа тек око 120°, кад је притисак четири атмосфере кључање воде се јавља на 144°, тако да се вода може загрејати и до 190° а да не прокључа кад притисак буде око 14 атмосфера.

И снижавање тачке кључања код воде смањивањем притиска као и повишавање те тачке повећавањем притиска под којим вода кључа нашло је разне примене у практичном животу и техници. При фабрикацији обичног кристаластог шећера, кува се раствор шећера у казанима у којима је ваздух до извесне мере разређен те кључање бива на нижим температурама.

*) Температуре су свуда означене степенима Целзијевим.

На тај начин за кључање раствора није потребна висока температура, на којој шећер не би остао у кристаластом стању већ би прешао у карамел.

При фабрикацији туткала из костију, кључање воде на 100° (под обичним притиском) није довољно да се кости раскувају. За то се оне кувају у затвореним казанима у којима је до исвесне мере ваздух сабијен, услед чега кључање бива на температурама вишим од 100° те је и раскуважање потпуније. На томе се оснива и домаће кување у затвореним судовима.

И то што вреди за воду вреди у главноме више или мање, у једном или другом смислу и за ова остала тела тако да се на тај начин оправдава оно што смо напред рекли да агрегатно стање једнога тела зависи у исти мах од температуре, на којој се и од притиска под којим се тело налази.

4.— Да бисмо утицај температуре и притиска на поједина агрегатна стања као и на њихову промену схватили како треба, потребно је да споменемо још једну околност која има пресудан значај нарочито за претварање гасова у течно стање па дакле и за претварање ваздуха у течност.

Кад комад леда хоћемо да растопимо, т.ј. да лед од 0° претворимо у воду опет од 0° треба да га грејемо. И сва топлота коју ми леду приносимо троши се само на топљење леда дакле не на његово загревање, јер као што рекосмо вода која из тога леда постаје има такође температуру од 0° као и лед. Другим речима, топлотом коју леду приносимо раскидамо и слабимо оне чврсте везе које постоје између појединих делића леда (у његовом чврстом стању) те да од чврстог леда постане течна вода, у којој је та веза много слабија него код леда. Та топлота, коју ми трошимо на слабљење чврстине у леду и коју термометар не показује (пошто вода коју од леда добијамо има температуру 0° као и лед) звала се некад због тога *скривена* или *латентна топлота*; та се топлота данас зове *топлота топљења* и она је код леда прилично велика. Да један килограм леда од 0° претворимо у један килограм воде опет од 0° треба нам толико топлоте колико је потребно да 80 килогр. воде загрејемо за 1°, или толико да 1 килогр. воде загрејемо за 80°. О томе се можемо најлакше овако уверити. Узмимо 1 килогр. воде од 80° и метнимо у њу 1 килогр. леда од 0°; кад се лед сав растопи добићемо два килогр. воде од 0° а то ће рећи, да је свих оних 80° што је било у води утрошено да растопе онај килограм леда.

Што вреди за лед и воду, вреди и за сва друга тела кад прелазе из чврстог стања у течно, само што разним телима треба разна количина топлоте за њихово топљење. И не обзирући се на бројне вредности колико коме телу треба топлоте за његово топљење можемо поставити опште правило да се при сваком топљењу, т.ј. да се при сваком прелазу чврстих тела у течна тела троши извесна количина топлоте и та се топлота — код једних тела већа, код других мања — назива *топлота топљења*.

Исто то бива и кад тела прелазе из течног стања у гасно т.ј. кад кључају и испаравају. Кад воду (на обичном притиску) загрејемо до кључања, термометар ће показати 100° и до год вода кључа, т.ј. до год прелази из течног стања у гасно, дакле у водену пару, термометар ће непрестано показивати само 100° ма колико ми ватру под водом појачавали. Већа ватра изазваће само јаче и брже кључање али се вода никако неће загрејати више од 100°, а то значи да се сва топлота из ватре троши на раскидање оних веза које постоје између течних делића воде те да они пређу у гасно или парно стање. Та топлота која се троши на испаравање течности, коју термометар не показује и која се због тога такође пређе звала *скривена — латентна — топлота* назива се сада *топлота испаразања*, јер се заиста троши на испаравање.

5. И још даље. Кад се један гас или пара загрева она се шири; али ако ми удесимо да се један гас рашири (а ми га нарочито не загревамо) онда пошто му је за ширење потребна топлота, он ће је узети из самог себе, т.ј. он ће се охладити и то тим јаче у колико му је и ширење јаче. И обратно, кад ми какав гас сабијамо, онда се он загрева и то тим јаче у колико га више сабијамо.

Према томе ми можемо један гас загрејати на два начина. Или да га нарочито грејемо ватром, или да га ватром не загревамо већ да га само сабијамо. Тако исто можемо гас и да хладимо на два начина: или да га нарочитим хладним телима хладимо или да то не радимо већ да га пустимо згодним начином да се рашири.

Према свему овоме може нам служити као правило ово: Кад год једно тело прелази из чврстог стања у течно или из течног у гасно оно троши извесну количину топлоте коју у истој мери враћа натраг кад из гасног стања прелази у течно или из течног у чврсто. Исто тако, кад год се један гас сабија он се греје а кад год се шири он се хлади. Што год је сабијање гаса веће, веће је и грејање, што год је ширење веће, веће је хлађење гаса.

II.

1. Познато је свакоме кад хоћемо воду или другу какву течност да претворимо у чврсто стање ми је само хладимо. Растопљено олово шчврсне кад се охлади до 325°, восак шчврсне на 76°, вода на 0°, терпентин на — 10°: ланени зејтин на — 20°; жива на — 40° и т. д.

Кад хоћемо какву пару или гас да претворимо у течност или како се научно каже да кондензујемо, онда у многим случајевима довољно је да је само хладимо. На обичном притиску на п.р. живина пара прелази у течну живу кад се охлади испод 357°, водена пара прелази у воду кад се охлади испод 100°, алкохол испод 78°, етар испод 35°, амонијак испод — 34°, угљена киселина испод — °78 и т. д. Кад су гасови такви да их треба дубоко испод 0 хладити ° па да их кондензујемо, као што је на п.р. угљена киселина и многи други гасови, онда је згодније и лакше такве гасове и сабијати и хладити у исти мах, јер онда нису потребне сувише ниске температуре, а високе притиске често је лакше извести но врло ниске температуре. Јер као што видимо, угљена се киселина претвара у течност под обичним притиском на температури — 78°, међутим ми њу можемо кондензовати и на температури 0° притиском од 50 атм. на температ. 21.5° притиском од 70 атм. и најзад. на температ. 31° притиском од 75 атмосф.

2. Али из ових комбинација између разних температура и притисака за кондензовање угљене киселине не треба закључити, да се угљена киселина (па дакле и други гасови) може кандензовати на много вишим температурама кад се само употребе довољно јаки притисци. На против за угљену киселину као и за све друге гасове постоји једна извесна и за сваки гас одређена температура *изнад које се не може кондензовати* па ма колики се притисак употребио. Та се температура за сваки гас назива његова *„критична температура“* и она је на пр. за угљену киселину 31°. То значи док је угљ. кисел. загрејана до 31° или испод тога, она се може претворити у течност одговарајућим притисцима, — на пример у крајњем случају на 31° притиском од 75 атмосф. Али ако угљ. кисел загрејемо само до 32° она се не може више кондензовати па ма колики притисак рецимо и 1000 атмосф. употребили.

Онај притисак под којим се један гас може кондензовати кад је на критичној темееratури назива се *„критични притисак.“* Тај притисак за угљ. киселину као што видимо износи 75 атмосф.

Узмимо на пр. водену пару. Зна се да водена пара прелази у воду чим се на обичном притиску охлади испод 100°. А по себи се разуме, да се водена пара може загрејати и више од 100° и ако хоћемо да је кондензујемо треба да употребимо јаче притиске од 1 атмосф. Али ако је водена пара загрејана изнад 370° никаквим је притиском не можемо више претворити у воду. На тој још температури од 370°, која је за водену пару критична температура, можемо је кондензовати притиском од 196 атмосф. који је у исти мах критични притисак за водену пару.

Алкохол који још лакше испарава од воде и чија се пара лакше на обичном притиску кондензује, загрејана изнад 244° (њене критичне температуре) никаквим се притиском не може кондензовати. На тој температури алкохолска пара прелази у течан алкохол под притиском од 63 атмосф. (критични притисак алкохола).

3. За критичну температуру и њен значај дознало се тек 1869 год. и с тога су сви ранији покушаји да се извесни гасови па међу њима и ваздух претворе у течност. остали без успеха ма да су употребљавани врло високи притисци. Јер тим гасовима критичке температуре леже врло ниско, испод — 100°, а при свима дотадашњим покушајима кондензације они нису ни до те температуре, били охлађени. Па пошто се кондензација никако не може извршити све док гасови не буду охлађени испод своје критичне температуре. с тога су и сви ранији покушаји остали без резултата. Ово су гасови који се из горњих разлога нису могли кондензовати и који су због тога названи перманентним: кисеоник (критична температура — 118°, крит. притисак 51 атмосф.) азот (крит. тем. — 147°, крит. притис. 85. атм,) водоник (крит. темп. — 242°, крит. прит. 20 атм.) угљенмоноксид (CO, крит. темп. — 141° крит. прит. 36 атм.), азотмоноксид (NO, крит. темп. — 94° крит. прит. 71 атм.) ваздух (крит. темп. — 140°, крит прит. 39 атм.) и метан (CH крит. темп. — 96° крит. прит. 50 атм.). Тим су се гасовима придружили доцније пронађени гасови аргон (крит. темп. — 121°, крит. прит. 51 атм.) неон (крит, темп. испод — 213°), криптон (крит. темп. — 62°, крит. прит. око 41 атм.), и хелијум (крит. темп. испод 263°). До данас су сви ти гасови кондензовани изузевши хелијум те се може рећи да више нема перманентних гасова, и ако хелијум још није претворен у течност јер је и то кондензовање без сумње само питање скорашњег времена.

Као што се из овога види, за кондензовање тако званих перманентних гасова потребно је да се они претходно до врло ниских, свакако до испод њихових критичких температура охладе; потребни притисци при том нису сувише велики и могу се лако остварити. Али хлађење гасова до тако ниских температура није тако лако и просто. Једна од најхладнијих смеша за хлађење добија се мешањем снега или ситног леда с хлорним кречом; тако добивена ниска температура достиже — 40° до — 50° али та температура, као што се види ни из далека није довољна да охлади горње гасове до њихових критичких температура што је неминовно потребно за њихове кондензовање.

4, Једног истог дана и то 24 децембра 1877 год. (по нов.) добила је Француска Академија Наука у Паризу два извештаја о кондензовању перманентних гасова. Један је послао Р. Пикте (R Pictet) а друго Кајте (Cailletet) који су независно један од другога у неколико разним начинима а у основи истим методама успели да кисеоник и друге гасове претворе у течност. Од тога се дана сматра да је питање о кондензовању „перманентних“ гасова једном за свагда решено.

Не упуштајући се у детаље, ми ћемо у главним принципским потезима изложити методе њихова рада и успеха.

Помоћу нарочитог хидрауличног шмрка, Кајте је извесну количину кисеоника сабио под притиском од 300 атмосфера и хладећим га смесама (и под тим притиском) охладио до — 30°. По себи се разуме да се под тим околностима кисеоник није могао претворити у течност, пошто му је критична температура — 118°. Тад је Кајте, овако охлађен кисеоник (отворивши једну славину) пустио да кроз једну стаклену цев нагло и слободно истиче у ваздух под обичним притиском. Истичући испод притиска од 300 атмосф. у ваздух под обичним притиском кисеоник се нагло раширио. Таквим наглим ширењем кисеоник се толико охладио (јер смо напред видели да се сваки гас при ширењу хлади) да му је температура сишла испод критичне температуре (испод — 118°) и да се у пролазу кроз стаклену цев кондензовао јер се она замаглила и овде онде показале се на цеви мале капи течног кисеоника.

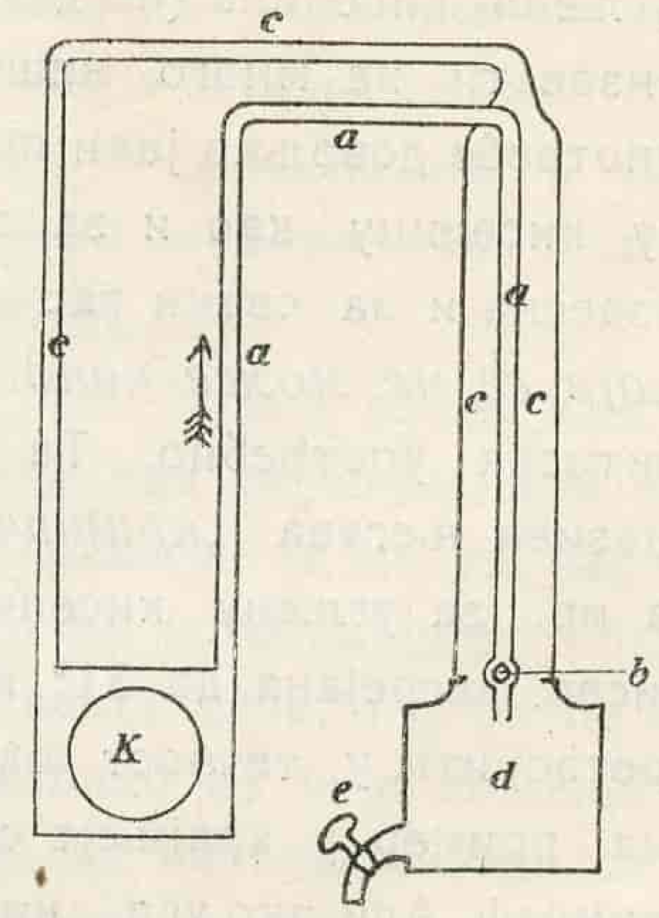
По тој методи, наглога ширења донекле охлађених и јако сабијених гасова постижу се врло ниске температуре у самоме гасу и оне су довољне да поједине „перманентне“ гасове па дакле и ваздух претворе у течност.

5. Пикте је употребио у принципу исту али у детаљима различиту, поступну методу. Он је најпре кондензовао угљену киселину која се као што смо напред видели сразмерно лако претвара у течност. Кад се славина на суду у коме се налази течна угљена киселина нагло отвори, угљ. киселина не истиче као течност већ одмах испари. При том наглом испаравању толико се охлади, да се смрзне и из славине избија смрзнута, као снег бела угљена киселина; овај снег угљене киселине хладан је — 80° и може се дуже време сачувати. Овим се снегом, може други какав сабијени гас који се теже кондензује од угљене киселине, охладити до те ниске температуре и истим начином кондензовати. Место чисте угљене киселине узима Пикте смешу од сумпорасте киселине (SO_2,64 дела) и угљене киселине (CO_2 44 дела), те добија кондензацијом течност, тако звану Пикте-ову течност која се спорим испаравањем лади до — 80° и остаје течна, што је свакако згодније за хлађење других гасова. Ако на пр. јако сабијен етилен охладимо снегом угљене киселине или још боље Пиктеовом течношћу до — 80° па нагло отворимо славину (као код Кајтеовог начина), етилен ће се наглим ширењем охладити до — 120° т.ј. сад можемо овом хладноћом охладити кисеоник до његове критичне температуре (— 118°) и њега под притиском од 51 атм. кондензовати. Течан кисеоник, својим испаравањем охлади се још више те њиме можемо кондензовати ваздух ит.д.

Ова Пиктеова поступна метода околишна је и прилично заметна због чега се она у практици сада за кондензовање ваздуха у том свом облику не употребљава. Али су ипак сви апарати, којима се данас прилично просто и лако производи течан ваздух основани на истој поступној методи али на други начин, као што ћемо ниже видети.

Немогуће нам је овде изнети целу серију радова кондензовања „перманентних“ гасова које су изазвали резултати Кајте-а и Пиктеа. Међу њима се нарочито истичу радови два пољака, Вроблевског и Олзевског који су најпре заједно (1883) а за тим сам Олзевски после смрти Вроблевског (у год. 1886), поменуте методе у једном или другом смислу упростили и усавршили. Вроблевски је као смесу за хлађење употребљавао кључали кисеоник (— 181.5° на обичном притиску) и њиме кондензовао азот који кључа на температури од — 200° од прилике. Олзевски је нашао да се метан мрзне (шчвршћава) на — 186°, азот се мрзне на — 214°. Олзевски је кондензовао водоник хладећи га кључалим кисеоником под притиском од 190 атмосфера. Доцније је нађено да се аргон мрзне на — 190° кисеоник на — 227°, неон на — 252°, криптон на — 169°, флуор на — 223°, алкохол на — 130° етар на — 118°, да течан ваздух кључа на — 190° а водоник на — 252°, водоник се мрзне на — 257°, (Dewar) и изгледа прозрачан и бистар као стакло.

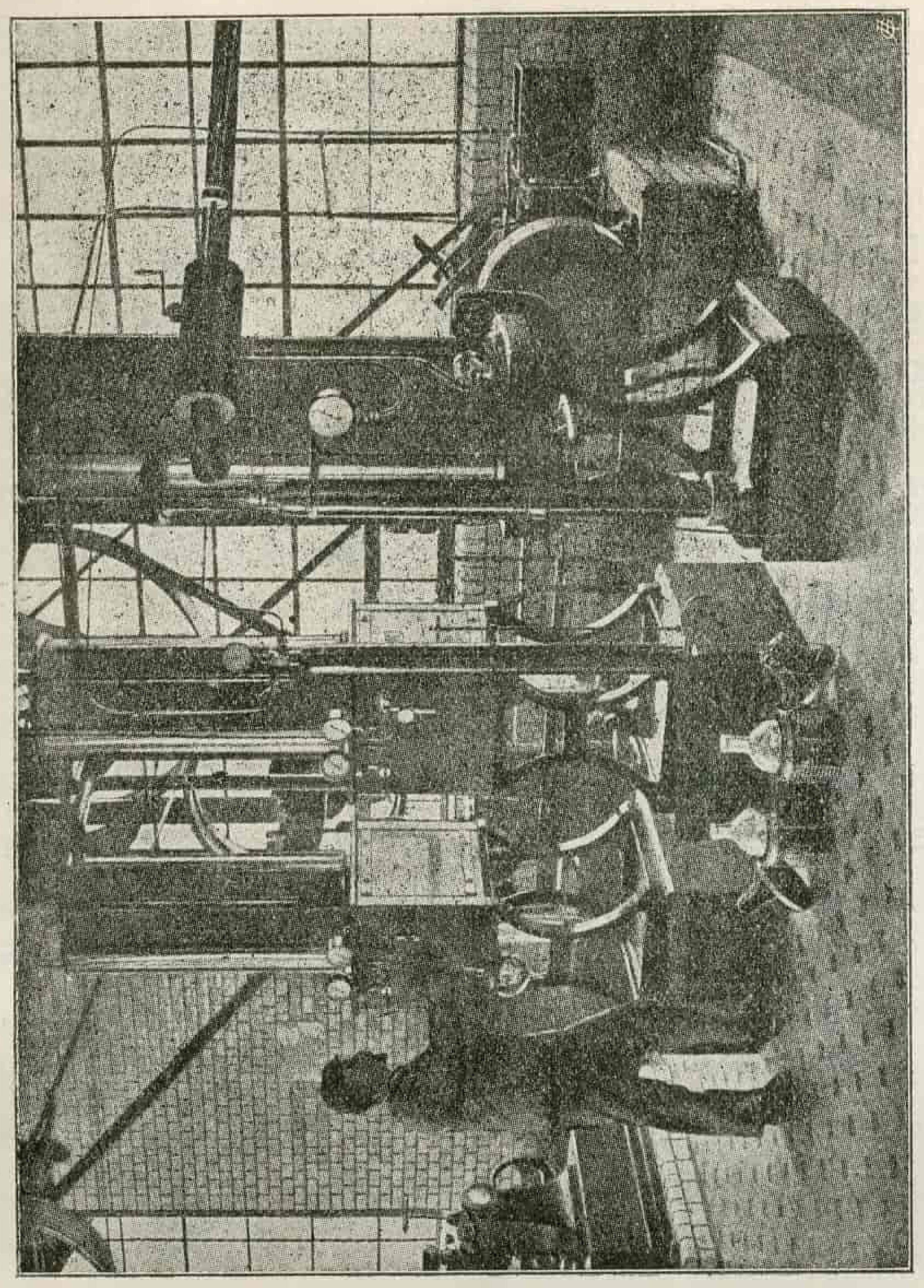
6. За добијање течног ваздуха у већим количинама и на чисто индустријској подлози конструисао је 1895 год. *Линде* нарочити апарат, на принципу поступности који смо мало час изложили. Линдеов се апарат разликује од горе изложеног начина поступности у томе што се ваздух не хлади кроз разне смесе за хлађење разних температура као горе већ се згодно удешеном циркулацијом сам собом хлади. Апарат Линдеов у најосновнијим цртама представљен је на сл 1.



Сл. 1

К. представља нарочити шмрк за сабијање ваздуха или компресор, који сабија ваздух на 200 атмосфера. Да се ваздух услед сабијања не би сувише загревао уштрицава се хладна вода у цилиндар шмрка па се ваздух тако сабијен проводи кроз цеви које леже у смеши леда и кух. соли те се ту још више охлади. Одатле се ваздух спроводи кроз цев *aa*. На крају те цеви код b налази се редукциони вентил кроз који ваздух излази у простор d у коме влада притисак од 16 атмосфера од прилике. Прелазећи из притиска од 200 атмосф. у притисак од 16 атм. ваздух се према горе изложеном принципу знатно охлади и тако хладан кроз широку цев cc која са свију страна омотава цев *a* враћа се натраг у шмрк. Теоријским се путем налази, да се ваздух кад од 200 атмосф. спадне на 16. охлади за 50°. У ствари је то хлађење мање због разних губитака топлотних који се не могу избећи. У свом повратку тај хладан ваздух хлади и онај на 200 атмосф. сабијени ваздух у цеви *a* који кад се рашири при изласку из вентима b биће још јаче охлађен. Према томе у шмрк сад улази тај хладан ваздух од 16 атмосф. (с малим додатком ваздуха из атмосфере), ту се понова сабија на 200 атмосфера понова циркулише кроз цев *a* и излази кроз вентил b хладећи се даље. Овом поновљеном циркулицијом ваздуха кроз *a* и понављеним ширењем па дакле и хлађењем, температура ваздуха у d пада све ниже, док не достигне најзад тако низак ступањ да се на њој а под притиском од 16 атмосф, ваздух кондензује и као течан остане у суду d из кога се славином *e* може оточити.

Горња скица представља Линдеов апарат у најосновнијим потезима. Иначе је шмрк или компресор састављен из два цилиндра. У једноме се онај ваздух који се из атмосфере узима сабија на 16 атм. и измеша с оним што се враћа из апарата, па се онда тај ваздух сабија у другоме цилиндру на 200 атм. Цеви *aa* и *cc* ни су кратке и праве већ врло дугачке (до 100 мет.) и више пута спирално завијене тако да се узана цев *a* налази у широким цевима *c*. Сем тога у апарату су удешени поједини његови делови тако да се ваздух од водене паре, која од шприцане воде долази, осуши. По себи се разуме, да су поједини делови апарата обложени хрђавим топлоношама да се спољашњом топлотом не би загревали. Потпуна инсталација за производњу течног ваздуха по Линдеовом начину представљена је на сл. 2. Шмрк или компресор *к* креће парна машина.



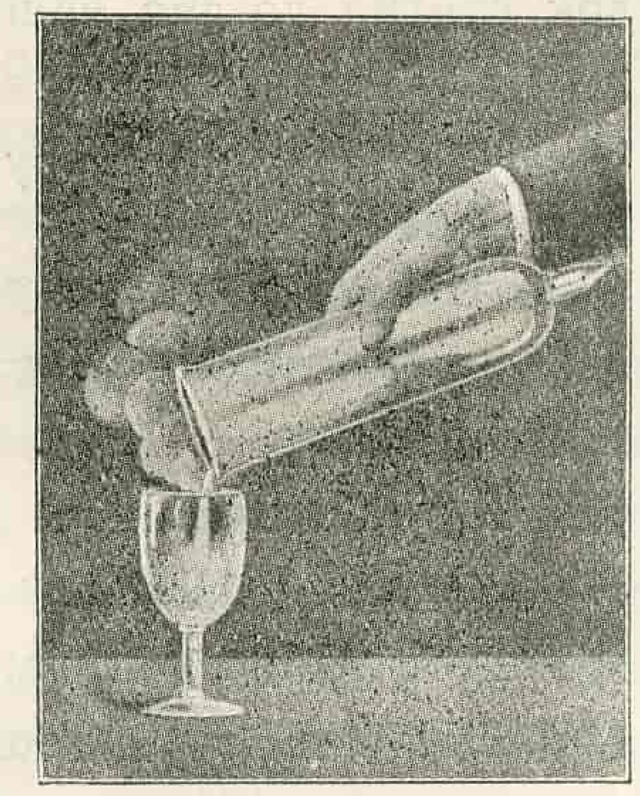
Сл. 2

По методи Линдеовој конструисани су доцније разни апарати за произвођење течнога ваздуха. Међу њима је најпотпунији апарат који је 1902. конструисао Клод (Georges Claude), код кога се ваздух, излазећи из вентила *b* не шири сасвим слободно као у Линдеовом апарату већ врши известан спољашњи рад услед чега се јаче хлади. По тој методи, нису потребни онако велики притисци од 200 атмосфера као код Линдеовог апарата јер је довољно да се ваздух сабија највише до 40 атмосфера. Овим се новим апаратом производи од прилике један литар течнога ваздуха снагом од једнсг парног коња на сахат. На тај начин можемо оценити непосредно коштање једног литра течног ваздуха. Ако узмемо да једна парна машина троши 3 килогр. угљена на парнсг коња и на сахат, онда при цени од 30 дин. 1000 килогр. угљена, један литар течног ваздуха кошта од прилике 0·10 дин, наравно не водећи рачуна о другим споредним трошковима.

III.

1. Пошто смо се упознали с методама којима се производе врло ниске температуре неопходно потребне за кондензовање гасова који се тешко претварају у течност као и с методима како се специјално добија течан ваздух, да видимо какве су особиче течнога ваздуха као и примене које се течним ваздухом могу постићи.

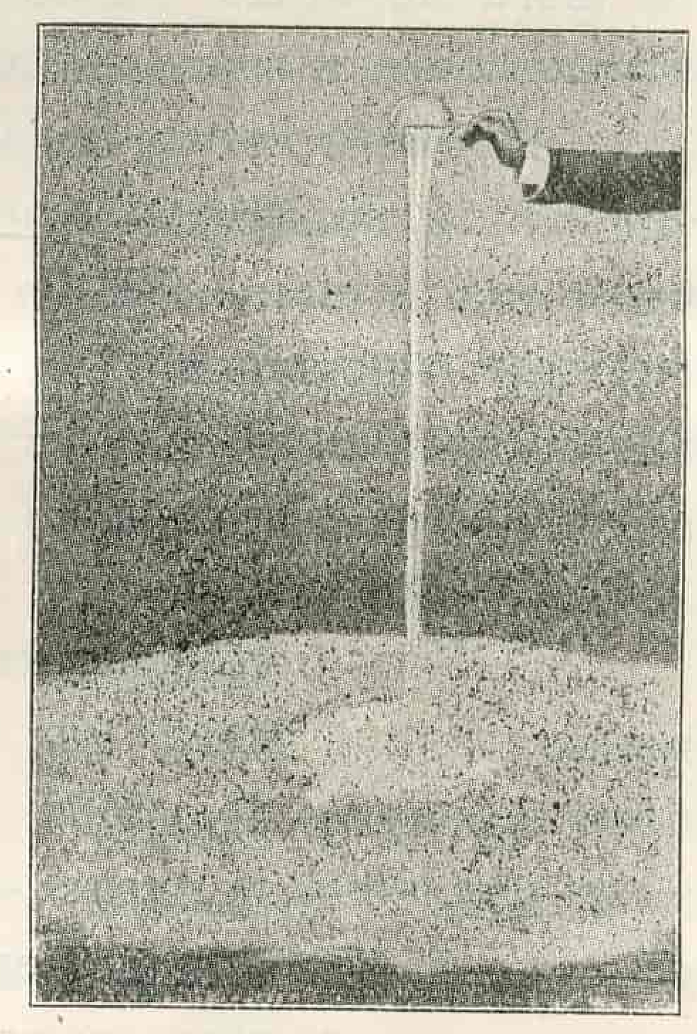
Кад отворимо славину на Линдеовом апарату и пустимо да течан ваздух тече у какав суд на пр. у стаклену чашу, приметићемо да поједине капи течног ваздуха неће нагло испарити као што би се могло очекивати, дакле неће експлодирати, већ ће као капи ма до какве друге течности пасти на дно суда. Прве капи течнога ваздуха које падну на дно чаше понашаће се онако исто као што се понашају капи воде кад падну на усијану металну плочу, т.ј. јуриће по дну чаше на једну и другу страну, не квасећи дно чаше; при том ћемо још чути познато карактеристично цврчање уз поступно и лагано испаравање капи течнога ваздуха док сасвим не испари. Кад још више течнога ваздуха пустимо у чашу, (сл. 3.) цврчање и испаравање у почетку биће много јаче, јер је сада течан ваздух оквасио чашу, али ју је у исти мах и охладио до своје ниске температуре. Течност ће сада спорије испаравати док сва не испари. По чаши ће се међутим с поља ухватити прилично дебела кора леда од водене паре и угљене киселине којих има у ваздуху и које се у додиру с чашом кондензују и одмах смрзавају. Најчешће чаша охлађена до тако ниске температуре прсне и разбије се.



Сл. 3.

Кад се течан ваздух просипа по столу или поду (сл. 4) те се на тај начин може јако да растури и да већом површином дође у додир с топлијом околином његово је испаравање много брже; при том се чује онакво исто цврчање као кад усијано гвожђе замочимо у воду.

Такво брзо испаравање течног ваздуха прати више или мање густ бео дим који је још гушћи кад на њ дувамо. Тај дим и ако изгледа из далека као водена пара, врло је хладан и долази од смрзнуте водене паре и угљене киселине из ваздуха.



Сл. 4

2. Прво питање, које нам се само собом поставља ово је: зашто течан ваздух дошав у слободу не експлодира т.ј. зашто нагло не испарава? — Ваздух се не одржава у течном стању у Линдеовом апарату услед високог притиска, (јер је у њему био под притиском од 16 атмосф. што свакако у овим приликама није висок притисак) већ у главноме услед врло ниске температуре. Кад ма каква течност испарава, видели смо, она троши за своје испаравање извесну количину топлоте. Ако у околини, у којој се течност налази има онолико топлоте колико јој је потребно да сва испари, она ће заиста одмах т.ј. нагло, експлозивно и испарити, али ако толико топлоте нема, она ће испаравати у оној мери, у којој јој топлота са стране придолази. Тако исто бива и с течним ваздухом. Прве слободне капи течнога ваздуха узму из околног гасног ваздуха потребну топлоту за испаравање али те топлоте нема у онопикој мери колико је потребно да све капи испаре и за то оне испаравају

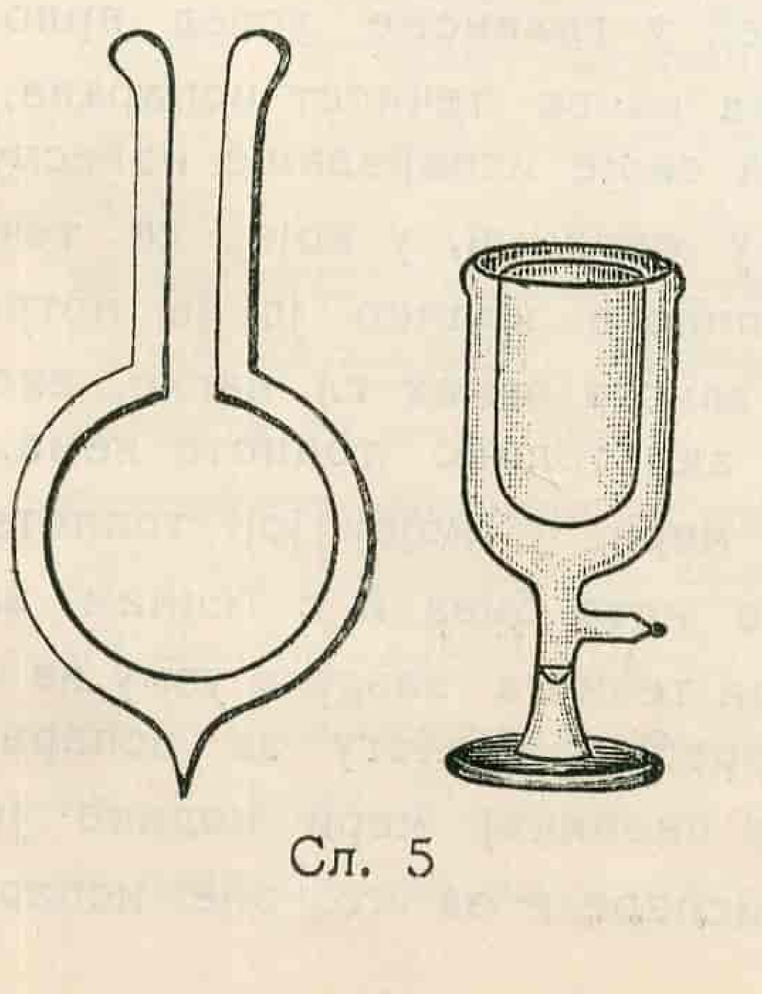
полако т.ј. у оној само мери у колико могу топлоте из околине узети. Пошто је гасни ваздух који капи течнога ваздуха омотава у исти мах и хрђав топлоноша, то нове количине топлоте, кроз гасни ваздух придолазе врло споро због чега и испаравање течног ваздуха бива споро. Кад би поједине капи течнога ваздуха падале кроз врео, усијан ваздух, оне би већ у путу док стигну до дна чаше испариле јер би на свом путу нашле довољно топлоте за своје испаравање.

Да објаснимо ову ствар која је врло важна и на други начин.

Ваздух прелази у течност на температури од — 140° и под притиском од 40 атмосф. Кад би ваздух охладили на — 150°, могли би смо га претворити у течност притиском од 30 атм. тако да кад се ваздух охлади до — 190°, он би се кондензовао и под обичним притиском. На тој ниској температури од — 190° течан ваздух кључа под обичним притиском, т.ј. прелази из течног стања у гасно, онако исто као што вода на обичном притиску кључа на 100°. И као год што врела вода од 100° унесена у огњиште од 1000° не експлодира т.ј. не испари нагло од један пут већ само брже кључа не загревајући се никако изнад 100° исто тако ни течан ваздух налазећи се на обичној температури, т.ј. у околини која је за 200° топлија од њега не може нагло да испари већ испарава постепено остајући непрестано на температури од — 190°.

Према томе течан ваздух остављен самом себи на слободном ваздуху и обичној температури испараваће брже или спорије према томе колико му топлоте из околине придолази, али то испаравање не може бити нагло, експлозивно, пошто велике количине топлоте, потребне за тако нагло испаравање не може из околине добити.

3. Кад течан ваздух држимо у обичној стакленој или металној чаши, или суду, испаравање је прилично брзо јер кроз дуварове чаше придолазе из околине нове количине топлоте — у колико не смета она ледена кора по спољашњем дувару чаше — које помажу испаравању течног ваздуха. Ово се од прилике дешава на исти начин као што вода у неком суду над ватром у толико брже испарава у колико је ватра јача и у колико топлота брже продире кроз дуварове суда у коме је вода. Због тога се течан ваздух не држи у обичним судовима стакленим или металним с простим дуварима већ се за што дуже чување течног ваздуха употребљавају стаклени судови с двогубим дуварима (Сл. 5). Шта више да би се продирање топлоте са стране кроз ове двогубе дуварове још више отежало, из простора који остане између оба дувара суда сасвим се исцрпи ваздух јер се кроз тако испражњен простор топлота 20 до 25 пута спорије простире него кроз ваздух под обичним притиском. А да



Сл. 5

би кроз те двогубе дуваре прошло што мање и зрачне топлоте, дуварови суда се превуку врло танким слојем живе или сребра те постану огледаласти, јер се зна да кроз огледаласте површине зрачна топлота врло слабо пролази. На тај начин топлота ма у ком облику може врло слабо кроз дуварове суда проћи те дакле не може потпомагати знатно испаравање течног ваздуха кроз дуварове суда у коме се налази.

Главно испаравање течног ваздуха у суду врши се према томе по површини, т.ј. онде где се течан ваздух додирује с гасним ваздухом, јер се суд у коме се течан ваздух налази мора држати отворен; он се не сме затворити. Кад би се суд затворио, напон гасног ваздуха који испаравањем течнога ваздуха постаје, био би толики да би суд разбио.

Али и кад би суд био тако јаких дуварова да издржи врло јаке притиске ипак се ваздух у затвореном суду не би могао одржати у течном стању сем ако би се чувао на температури нижој од — 140°. Јер док је ваздух у отвореном суду, у њему се због испаравања одржава стално његова температура кључања од — 190°. Кад се суд затвори и испаравање спречи, течан ће се ваздух загревати на — 180° — 170° ит.д. док не достигне температуру — 140°, која је, као што смо видели, критичка температура његова. Изнад те температуре, дакле на пр. на — 139 ваздух не може више остати у течном стању па ма колики притисак употребили; то значи, ваздух ће цео испарити и прећи у гасно стање развијајући огроман притисак од 800 атмосфера у суду у коме се налази. Суд је сада постао једна врста бомбе с јако сабијеним ваздухом али у њему нема ни капи течног ваздуха.

Пошто је испаривање течног ваздуха кад се чува у судовима с двогубим дуваровима (као што је горе речено) врло споро, то се течан ваздух и у отвореним судовима може прилично дуго одржати. У једноме суду од пет литара остало је мало течног ваздуха двадесет и осам дана после пуњења. Шта више у тако отвореним судовима може се ваздух и железницом на краћа растојања преносити.

4. Кад се течан ваздух из апарата за кондензовање оточи изгледа мутан и беличаст као млеко. То долази од смрзнуте угљене киселине које увек у ваздуху има и која се с њим заједно хлади, кондензује и мрзне. Често та смрзнута угљена киселина запуши поједине узане цеви и пролазе на апаратима за кондензовање ваздуха. Кад се међу тим такав течан ваздух процеди, филтрује кроз хартију, онда се добија чист течан ваздух и бистар од прилике као вода са слабом плавкастом нијансом.

5 Кад се на овај начин течан ваздух ослободи угљене киселине онда у њему остане кисеоник и азот, који у познатој размери ($^1/_5$ кисеоника и $^4/_5$ азота) сачињавају ваздух у гасном стању. Међу тим та размера не остаје иста у течном ваздуху јер течан ваздух има знатно више кисеоника но азота. То значи да у течном ваздуху, упоређен према гасном нема оне количине азота која се у гасном ваздуху налази, наравно, кад се ваздух кондензује на горе описани начин или кад се течан ваздух дуже време-

држи на отвореном ваздуху. Та се ствар сама собом објашњава кад се има на уму да се азот на нижој температури (—146°) претвара у течност него кисеоник (—118°) и да према томе азот лакше испарава него кисеоник. У самој ствари у течном ваздуху имамо смешу двеју течности кисеоника и азота од прилике као што у каквој алкохолској течности имамо смешу воде и алкохола И као год што на отвореном ваздуху лакше испарава алкохол, него вода тако исто од прилике из течног ваздуха лакше одилази азот него кисеоник. Због тога и специфична тежина течног ваздуха није стална као што не може бити стална ни спец. теж. једне смеше воде и алкохола кад се проценат алкохола мења. Према садржини кисеоника у течном ваззуху његова се спец. тежина (густина) мења од 0·93 до 1·12 (према води); другим речима може се рећи да је густина течног ваздуха приближно равна густини воде.

Пошто из течног ваздуха много лакше испарава азот него кисеоник, то ће после извесног трајања испаравања у течном ваздуху остајати све мање азота и смеша ће бити све богатија кисеоником, тако да најзад остане у суду само скоро чист течан кисеоник. На томе се факту оснивају извесне новије методе добивања чистог кисеоника из ваздуха и Ж. Клод, који је као што смо видели усавршавао Линдеов апарат за добивање течног ваздуха обећава да ће једна тона течног кисеоника добивена овим путем коштати 12 до 15 динара. Из тога се види како ће врло нагло напредовати извесне гране инустрије, којима је у великим количинама потребан кисеоник било у течном било у гасном стању.

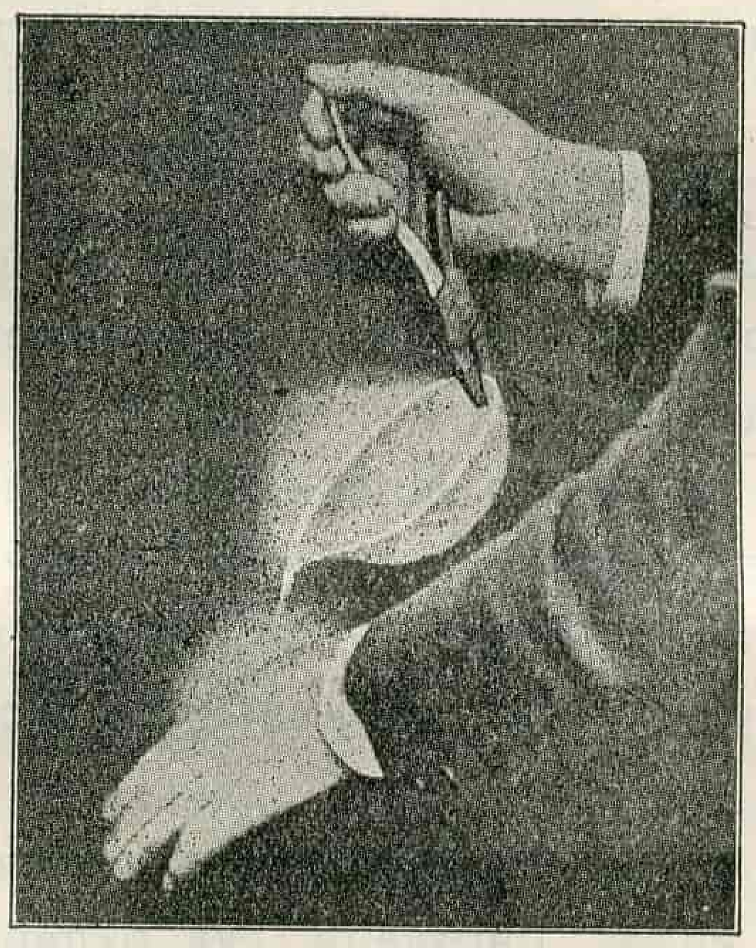
6. Да се задржимо с неколико речи на топлоти која је потребна ваздуху да из течног стања пређе понова у гасно.

Не водећи рачуна о количини топлоте која је потребна за испаравање течног ваздуха, многи би помислио, да би једна кап течног ваздуха налазећи се на врло ниској температури од -- 190° била довољна да заледи пуну чашу воде кад се у њу спусти. Међу тим то тако не бива.

Шта више кад се у једну чашу напуњену рецимо до половине водом, сипа извесна количина течног ваздуха, он ће дошав у додир с водом нагло испарити и из чаше ће избијати густ дим, али се вода у чаши неће замрзнути. Она ће се само до извесне мере охладити, али једва ће се наћи можда само који кристалић леда на оном месту где су поједине капи течног ваздуха испариле. То долази отуда што је за испаравање ваздуха потребна сразмерно мала количина топлоте. Да један килограм течног ваздуха испари потребно је само 65 калорија а то значи, да један килограм течног ваздуха при свом испаравању троши мање топлоте него један килограм леда кад се растопи, јер смо напред видели да за растапање једног килограма леда треба 80 калорија. Другим речима, кад у један суд с водом сипамо један килограм течног ваздуха вода ће се мање охладити него кад у њој растопимо један килограм леда.

Из тога излази да за обичне хладноће које можемо добити ледом или хладећим смесама (со и лед ит.д.) течан ваздух не може имати велике практичне примене јер је скупљи од леда. На против за врло ниске температуре на пр. за смрзавање живе, акохола ит.д. као и за извесне специјалне примене ма оне и незахтевале сувише ниске температуре течан је ваздух врло користан и погодан.

Споменуто је напред, да кап течног ваздуха кад падне на дно једне чаше јури по дну као на пр. кап воде кад падне на угрејану металну површину. Јер се зна да између водене капи и металне површине има један танак слој водене паре и на томе слоју лебди водена кап не додирујући непосредно метал Због тога се кап може дуго одржати у течном стању пошто се између ње и метала налази тај слој водене паре који отежава њено загревање и испаравање. Исто се то дешава и с течним ваздухом и предметима на обично температури. И као год што можемо влажним прстом додирнути за кратко време и без икакве опасности какву загрејану металну површину, тако исто можемо на руку пустити да пада (само не с велике висине) млаз течнога ваздуха без опасности по кожу. Јер у ствари течан ваздух не додирује кожу наше руке већ се између њега и коже налази танак слој испаренога ваздуха који није тако хладан као течан ваздух и који смета да ниска температура течнога ваздуха допре до коже. На руци се осећа само извесна хладовина.



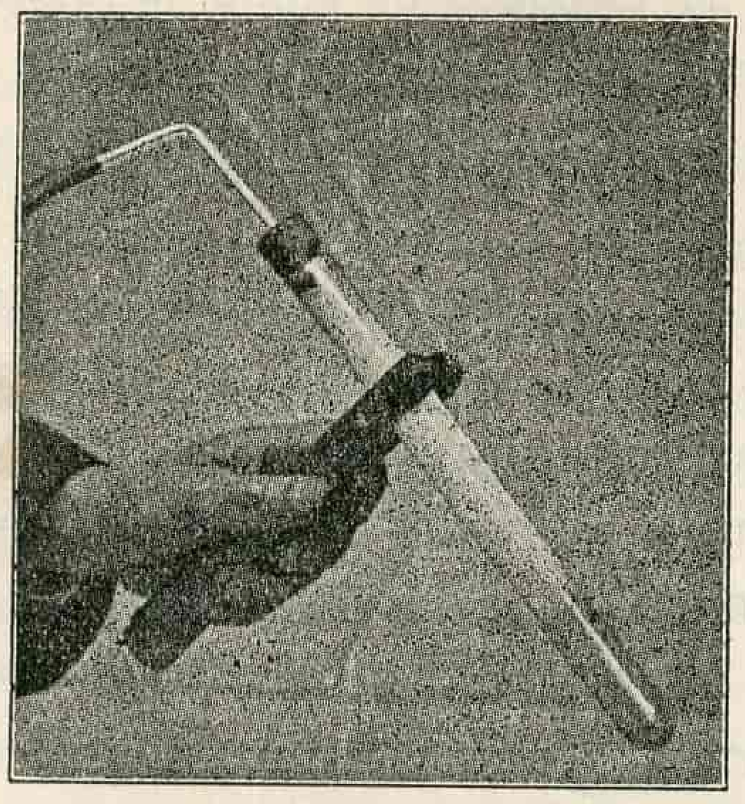
Сл 6.

Исто тако можемо замочити прст у течан ваздух и брзо га извући без опасности да ћемо се „опећи“ од прилике онако као што можемо умочити прст у растопљено олово.

Али ако течан ваздух пада на руку с веће висине или ако на руци дуже држимо кап течног ваздуха, те она додирне непосредно кожу, онда ће се јавити осећај као да смо се опекли и на том ће се месту појавити исте последице као и при изгоретини.

Ваздух се може и шчврснути кад се охлади испод — 200°. Тога ради се из суда у коме се налази течан ваздух шмрком за разређивање ваздуха јако разреди гасни ваздух над течним ваздухом у суду. Испаравајући на тај начин врло нагло, течан се ваздух брзо охлади испод — 200° и смрзне се у безбојну масу. У самој ствари ту се смрзне азот а кисеоник се као течан може цеђењем из смеше одвојити.

Сл. 7. показује како се смрзава течан ваздух. Из горњега дела стаклене цеви, која је донекле напуњена течним ваздухом кроз насађену цев извлачи се гасни ваздух шмрком услед чега се течни ваздух у њој охлади испод — 200° и шчврсне. Спољашњи атмосферски ваздух у додиру с дуваром цеви охлађеним до те исте ниске температуре кондензује се у течност и ми видимо како низ цев клизе капи течног ваздуха од прилике онако исто као што зими низ наше прозоре клизе водене капи од кондензоване водене паре.



Сл. 7.

IV.

1. Имајући у течном ваздуху средство да сразмерно лако располажемо с врло ниским температурама т. ј. с врло великом хладноћом важно је да знамо како се друга тела понашају кад их охладимо до близу —200° помоћу течног ваздуха.

Комад каучука охлађен у течном ваздуху изгуби сасвим своју еластичност, постаје крт и ломи се ударен чекићем као стакло.

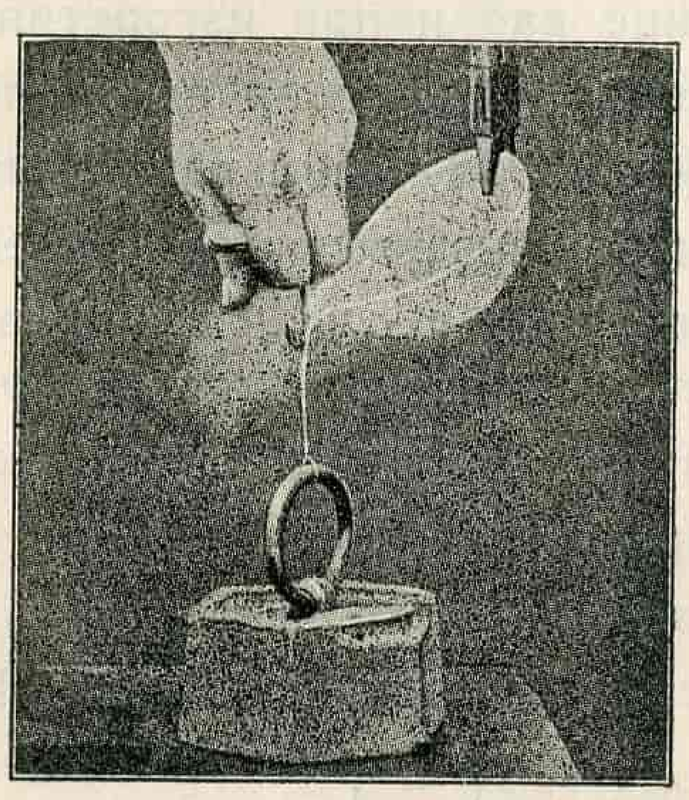
Зрна грожђа или трешње смрзнуте у течном ваздуху очврсну као камен и спуштене са извесне висине на металну подлогу одскачу од ње као да су од стаклета.

Комад меса извађен из течног ваздуха и спуштен на тањир разбиће га. Тако смрзнуто месо је врло крто и може се истуцати у прашак.

Тканине од вуне или памука охлађене у течном ваздуху разбијају се и ломе као да су од стаклета Исто се тако понаша и цвеће.

2. Позната је ствар да олово није ни мало еластично. Али кад се олово охлади у течном ваздуху постане еластично као челик. Оловно звоно извађено из течног ваздуха даје звуке какви се иначе од њега никад не могу чути.

Тако се исто мења и гвожђе охлађено у течном ваздуху и постаје врло крто. Гвоздени суд охлађен до тако ниске температуре, ударен чекићем распадне се на комаде. С друге стране и ако метали на тако великој хладноћи постану кртији, они су у исти мах а чи према кидању тако да тако хладни могу одржати 4—5 пута већи терет него на обичној температури. Кад се о танку бакарну жицу од 0·3 м. м. обеси терет од 5 килогр. она ће се на обичној температури искидати. Али охлађена течним ваздухом, она тај терет сигурно одржи. Чим се остављена самој себи поступно загреје она се под тим теретом прекине.



Сл. 8.

3. Жива, алкохол и друге сличне течности лако се мрзну охлађене течним ваздухом. Алкохол јако охлађен најпре се згусне као глицерин па затим шчврсне у аморфну стакласту масу с многим пукотинама. Ацетилен у течном ваздуху шчврсне у кристале који запаљени гору као свећа. Међутим се петролеумски етар или газолин не смрзава ни у течном ваздуху. С тога се та течност употребљава за мазање машина којима се ваздух претвара у течност. Тако се исто газолином пуне термометри којима се мере тако ниске температуре. Иначе се те температуре врло тачно мере електричним термометрима. Звучна виљушка охлађена у течном ваздуху даје сасвим други, виши тон.

3. Да споменемо дејство које ниска температура течнога ваздуха има на спроводљивост бакра за електричну струју. Нашло се да бакарне жице охлађене до — 190° пет пута боље спроводе електричну струју но на обичној температури. Експериментално се то може овако показати. Неколико електричних сијалица повежу се у један ланац заједно с једном отпорном жицом од 100 ома па се кроз ланац пропусти електрична струја. Сијалице ће светлити извесним интензитетом Кад се она отпорна жица спусти у течан ваздух, на мах ће интензитет сијалица знатно порасти, јер је отпор жице опао. Према томе на тако великој хладноћи сви спроводници у електричним мрежама могли би бити знатно тањи чиме би се постигла велика уштеда на бакру. И Американац Ел. Томсон предлаже, да се сви спроводници у варошким мрежама положе кроз течан ваздух. Као што се види чисто амерички. Али најзад вели Клод, ко зна!... С тога вели кад би дошло до тога онда је боље положити спроводнике кроз течан водоник који кључа на — на 252° јер је онда отпор сто пута мањи. На против код угљена отпор расте снижавањем температуре.

Док ниска температура утиче знатно на спроводљивост метала за електричну струју, дотле изгледа да она има слаб утицај на магнетизам. Обично гвожђе се скоро у истој мери магнетише на 190° као и на обичној температури. Изузетно међу тим неке врсте тврдога гвожђа магнетишу се пет пута јаче на температури течнога ваздуха.

Позната је ствар да се магнетизам челика с временом мења и да се предузимају нарочите мере да се постигне сталност оних челичних магнета који се употребљавају за конструкцију извесних справа. Констатовано је међу тим да се та сталност најлакше постиже кад се такав магнет замочи неколико пута у течан ваздух.

Ниска температура течнога ваздуха утиче и на боју појединих тела. Лист хартије обојен црвено циноберοм, пожути кад се замочи у течан ваздух; црвена се боја поврати кад се исти лист загреје до обичне температуре. Тако исто пожути и свеже месо смрзнуто у течном ваздуху. Исто тако пролазно мења своју боју и црвена писаљка на тој великој хладноћи.

Извесна тела као на пр. парафин, беланчевина ит.д. охлађена до температуре течног ваздуха светле у мраку слабом светлошћу, од прилике као фосфор.

Изузевши метале скоро сва друга тела на пр. гума, асбест, дрво, охлађена до температуре течног ваздуха и изложена светлости електричне пламен-лампе, фосфоришу. Врло интензивно зелено светли вата; лепо плавкасто светли чврст петролеум. Слично се понаша смрзнути етар, и алкохол, концентрисана сумпорна киселина и многа друга тела.

Љуске од јајета охлађене течним ваздухом дају плавкасту а бели восак зеленкасту светлост.

4. Утицај ниских температура на животне појаве разан је. Стонога гине на температурама испод — 35⁰ док пужеви одржавају хладноћу и до — 120⁰. Јаја свилене бубе издржавају хладноћу до — 140⁰.

У прво доба мислило се да велика хладноћа утиче штетно на микроорганизме, али се показало да је то погрешно. Извесне врсте микроба, пошто су три недеље провеле у течном ваздуху, враћене на обичну температуру продужиле су свој живот и рад као да с њима није ништа ни било.

Исто тако органска врења су неосетљива спрам ниских температура, било да се она измешају непосредно с течним ваздухом или се одвојено хладе до његове ниске температуре. И ако су ферменти читаву недељу дана одржавани на тим температурама, није се опазило никакво дејство на њихову активност.

У опште се може рећи: што су организми нижи у толико мање утиче на њих хладноћа. Неке су бактерије, угинуле на — 213⁰, док друге нарочито патогене микробе остале су и на тој хладноћи неповређене.

Изгледа да течан ваздух може имати извесне важне примене и у медицини нарочито за лечење кожних болести, лупуса, сифилиса, отока ит.д. као и реуматичних болова. Течан ваздух има и извесно анестетичко дејство те се може употребити у многим спољашњим операцијама.

5. Да завршимо овај кратки преглед особина течног ваздуха и последица које он изазива неколиким хемијским реакцијама и применама.

У опште узев многе хемијске реакције изведене на температури течног ваздуха знатно ослабе а многе и сасвим престану. Кад се охлади зрно натријума и нешто мало (30. куб. см.) сône киселине од прилике на — 85⁰, па се онда натријум баци у ту киселину, неће се појавити никакво дејство између њих. Тек доцније, кад се температура повиси, настаје бурна реакција често с експлозијом.

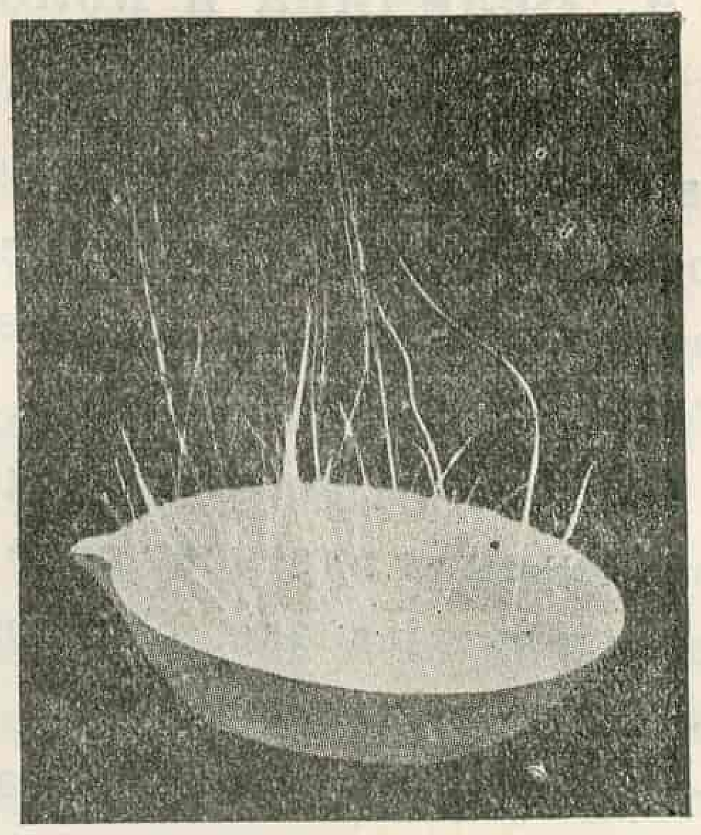
Споменуто је раније, да из течног ваздуха лакше испарава азот од кисеоника, те према томе што дуже то испаравање траје, течан је ваздух све богатији у кисеонику тако да су последње његове капи скоро чист кисеоник. Из тога излази да у почетку испаравања из течног ваздуха излази азот с врло мало кисеоника. Зажарено парче дрвета наднесено над течним ваздухом у почетку гаси се; што дуже испаравање траје у пари има све више кисеоника и онда се зажарено парче дрвета пали и изгори с јаким пламеном.

У место да држимо зажарено парче над судом из кога испарава течан ваздух богат кисеоником, спустимо га у суд, у сам течни ваздух. Рекао би човек да ће се оно окваршено и јако охлађено течним ваздухом угасити. На против. Не само да ће се горење продужити већ ће оно бити још интензивније ма да се једно поред другога налазе две крајности: врло велика хладноћа течног ваздуха и врло висока температура запаљеног дрвета.

Експериманат је много лепши кад се узме веће парче дрвета или кад се у течан ваздух спусти комад зажареног ћумура, комад плуте ит.д. Поједини запаљени делићи прште на све стране и цела појава изгледа као какав ватромет. (сл. 9,)

И гвожђе се запали кад се у течан ваздух унесе већ јако усијано.

Сва горепоменута горења појединих тела у течном ваздуху била су истина нагла и интензивна али не и експлозивна. Има међутим тела која запаљена бачена у течан ваздух експлодују. Такав је на пр. фосфор. Исто ће тако јако експлодовати смеша течног ваздуха и алкохола кад се запали. Кад се место алкохола употреби петролеум постиже се исто дејство.



Сл. 9.

Истуцајмо једну шаку дрвеног угља или ћумура поспимо га течним ваздухом и запалимо. На отвореном ваздуху поједини усијани делићи угљена одскачу и производе врло леп ефект који смо видели на сл. 9 Али ако ту смешу затворимо у какав суд па је издалека капслом запалимо, она ће страховито експлодовати. На тај се начин добија једно ново експлозивно сресство боље од динамита и њиме је бушен један део Симплонског тунела.

На северном улазу у тај тунел, код Брига (Brig) намештена је једна Линдеова машина, која је дневно производила 150 кгр. течног ваздуха. Онако исто, као што се праве динамитски патрони, напуне се чауре од хартије мекињама или струготинама наквашеним потролеумом и течним ваздухом. Ове чауре унесене у избушене већ рупе у стени и запаљене електричном варницом експлодовале су с много већом снагом но ма који други материјал за распрскавање. Ово ново средство за распрскавање названо је *оксиликвит*.

Сунђер натопљен течним ваздухом експлодира кад се запали. Пшеничне мекиње натопљене петролеумом и течним ваздухом ударене чекићем експлодују тако исто.

6. Као што се из овога краткога прегледа види, ваздух се, и ако до пре кратког времена сматран као перманетан гас, може сразмерно лако и на чисто индустријској основи кондензовати у течност. Течан ваздух, поред своје врло ниске температуре, задржава многе особине које има у гасном стању; његов се кисеоник и на тој ниској температури једини с телима која с њим сагоревају у извесним приликама споро у другим нагло и експлозивно. Поред тога, што се кондензовањем ваздуха могу добијати сразмерно лако велике количине кисеоника тако потребног за многе индустријске радње, ниска температура од скоро 200 степени испод нуле помогла је и помагаће у будуће да се многе физичке појаве како у неорганском тако и у органском свету, како у научном тако и у практичном, техничком погледу не само испитују и проучавају већ и разноврсно примењују и усавршавају. У течном ваздуху добила је и наука и практика врло важно оруђе чији се значај сада не може у довољној мери ни схватити ни оценити.

Рачунање попречних сила

и одговарајућих момената за посредно подједнако подељено оптерећење носача

А. Величина и положај попречних сила.

Попречне — трансверзалне — силе, које се јављају у појединим пресецима носача сматраћемо као позитивне, кад су управљене одоздо на више и обрнуто сматраћемо као негативне оне попречне силе, које делају у смислу одозго на ниже.

Познато је да су код носача са посредним оптерећењем попречне силе у свима пресецима једног истог поља једнаке. Сви терети десно од поља дају за то поље позитивну, сви терети лево од тог истог поља дају за то поље негативну попречну силу, а они терети који се налазе у самом том пољу предају се носачу делимично преко чворова, који то поље ограничавају. Величина и смисао попречне силе за то поље зависиће у овоме случају од положаја терета у пољу. Узмимо да у пољу $m^{\text{том}}$, које је ограничено чворовима $m-1$ и m (цртеж 1) на носач делује дата сила P. Ова сила разложиће се у две компоненте P_{m-1} и P_m, које се у чворовима $m-1$ и m непосредно предају носачу, и попречна сила за ма који пресек тога поља дата је обрасцем:

$$Q_m = A - P_{m-1} \quad . \; . \; . \quad 1$$

где нам A означава отпор — реакцију — у левом ослонцу носача.

Означимо са b остојање силе P од десног ослонца B, отпор у ослонцу A одређен је тад обрасцем:

$$A = \frac{P.\,b}{l} \; . \; . \; . \; . \; . \quad 2$$

где је l распон носача

Означимо још са X_m' остојање чвора m од ослонца B, а са λ_m дужину $m^{\text{тог}}$ поља и тада је сила P_{m-1} у чвору $m-1$ дата обрасцем.

$$P_{m-1} = \frac{P_m\,(b - X_m')}{\lambda_m} \; . \; . \quad 3$$

заменом тих вредности за A и P_{m-1} у образац 1. добијамо да је:

$$Q_m = \frac{P\,b}{l} - \frac{P(b - X_m')}{\lambda_m.} \; , \; . \; . \quad 4$$

Из овога се обрасца види, да ће попречна сила Q_m остати позитивна докле је:

$$\frac{b}{l} > \frac{(b - X_m')}{\lambda_m} \; . \; . \; . \quad 5$$

а биће равна нули кад је:

$$\frac{b}{l} = \frac{(b - X_m')}{\lambda_m} \; . \; . \; . \; . \quad 6$$

и прећи ће у негативне вредности кад је.

$$\frac{b}{l} < \frac{(b - X_m')}{\lambda_m} \; . \; . \; . \; . \quad 7$$

Означимо вредност b која одговара условy 6 са b_m то:

$$b_m = \frac{l\,X_m'}{l - \lambda_m} \; . \; . \; . \; . \quad 8$$

одређује онај положај силе P, коме одговара $Q_m = 0$ и кад је $b > b_m$ биће задовољен услов 5.), т.ј. попречна сила Q_m биће позитивна, а обрнуто, кад је $b < b_m$, биће попречна сила Q_m негативна. Кад се, дакле, сила P креће по пољу $(m-1)-m$ и приближује се све више ослонцу A, а стиме и левоме чвору $(m-1)$ $m^{\text{тог}}$ поља, тад сила P_{m-1} расте брже него отпор A и у извесном положају сипе P отпор A и сила P_{m-1} једнаки су и попречна сила у $m^{\text{том}}$ пољу равна је нули. Тај положај P одређен је њеним остајањем b_m од десног ослонца B, а тачку N_m $m^{\text{тог}}$ поља, која означава тај положај силе P, зовемо *граничном тачком* дотичног поља. Свакоме другом пољу одговара и друга гранична тачка N, а те тачке одређују онај положај, до кога могу доћи терети идући с десна на лево, те да сваки од њих изазива у дотичном пољу само позитивну попречну силу.

Ако је распон носача l подељен чворовима у n једнаких поља дужине λ, тада можемо написати да је:

$$l = n.\lambda \text{ и } X'_m = m'\lambda$$

где је m' број поља десно од чвора m до ослонца B. Заменом тих вредности у обрасцу 8 добијамо да је:

$$b_m = \frac{l}{n\lambda - \lambda} m'\lambda = m' \frac{l}{n-1} = \mu . m' \; . \; . \; 9$$

Из овога обрасца видимо да граничне тачке деле распон l носача у $(n-1)$ једнаких поља. Ако извршимо поделу носача у $(n-1)$ једнаких поља, то нам те деоне тачке јесу у исто време и граничне тачке за поједина поља. На сл. 1. извршена је та подела графички.

Ако је покретно оптерећење једнако подељено, то ћемо највећу позитивну попречну силу за свако поље добити, кад оптеретимо сав део носача од граничне тачке N дотичног поља до десног ослонца B. Оптерећење од ослонца A до деоне тачке N даје нам највећу негативну попречну силу. Прву ћемо означавати са max Q и зваћемо је *максималном попреч-*

ном силом дотичног поља, а другу означаваћемо са min Q и зваћемо је *минималном попречном силом* дотичног поља.

За оптерећење од Nm до B отпор у ослонцу A дат је обрасцем;

$$A = \frac{p\, bm^2}{2\, l} \;.\;.\;.\;.\; 10$$

а сила, која се предаје у левом ослонцу m—1 је:

$$Pm-1 = \frac{p\,(b - Xm')^2}{2\lambda} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; 11$$

и:

$$\max Qm = A - Pm-1 = \frac{p\, bm^2}{2l} - \frac{p\,(b - Xm')^2}{2\lambda}$$

$$= \frac{p}{2l\lambda}\left[\, 2\, bm\, X'ml - b.^2\,(l - \lambda) - l\, Xm'^2 \right] \;.\;.\; 12$$

У овим обрасцима је p оптерећење на јединицу дужине носача.

Заменимо у последњем обрасцу место bm његову вредност из једначине 9 и добићемо да је:

$$\max Qm = \frac{p}{2\,(l - \lambda)}\, Xm'^2 \;.\;.\;.\;.\; 13$$

Из овога обрасца можемо наћи величину максималне попречне силе за свако поље и не тражећи положај граничне тачке N за дотично поље. У томе обрасцу можемо l и Xm' заменити њиховим вредностима:

$$Xm' = m'\lambda \text{ и } l = n\lambda$$

и добићемо још простији образац за рачунање попречних сила:

$$\max Qm = \frac{p\lambda}{2\,(n-1)}\, m'^2$$

За дати носач и оптерећење p је:

$$\frac{p\lambda}{2\,(n-1)} = \text{const} = \alpha$$

и:

$$\max Qm = \alpha \,.\, m'^2 \;.\;.\;.\;.\;.\;.\; 14$$

Из овога обрасца могу се попречне силе лако одредити рачунски, јер је m' увек цео број.

Узмимо, да на једном примеру покажемо примену образаца 9 и 14 за рачунање остојања bm граничне тачке од ослонца B и максималних попречних сила у појединим пољима.

Нака нам је дат носач распона l = 36 м. подељен у 10 једнаких поља λ = 3,6 м. дужине. Оптерећење на јединицу дужине носача нека је p = 1000 кгр. Из тих података добијамо:

$$\mu = \frac{l}{n-1} = \frac{36{,}0}{9} = 4.00 \text{ м.}$$

и:

$$\alpha = \frac{p\lambda}{2\,(n-1)} = \frac{1000 \times 3{,}6}{2 \times 9} = 200 \text{ кгр.}$$

Рачунање је најлакше извршити у таблици следећег облика:

ТАБЛИЦА I.

поље		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
m'		9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
bm		36	32	28	24	20	16	12	8	4	0
m'^2		81	64	49	36	25	16	9	4	1	0
max Qm		16200	12800	9800	7200	5000	3200	1800	800	200	0
чвор	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m—1		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M^{l}_{m-1}	0	51200	75200	86400	8000	64000	43000	22400	6400	0	0
(nm—1)	0	9	19	29	39	49	59	69	79	89	—
tgα (nm—1)	0	3,6	7,6	11,6	15,6	19,6	23,6	27,6	31,6	35,6	—
M^{r}_{m}	0	58320	97280	113680	112320	98000	75520	49680	25280	7120	0

Ну величина попречне силе max Qm може се лако и графички одредити. Пренесимо у извесној размери од апсцисне осовине AB = l (цртеж 2) на вертикали кроз A величину терета

$$\frac{pl}{2}$$

поделимо ту дуж на (n—1) једнаких делова и означимо деоне тачке идући озго на ниже са 1, 2, 3. . . . n; саставимо m ту деону тачку на тој вертикали с тачком B правом линијом и та ће права осецати на вертикали кроз m-ти чвор величину попречне силе max Qm = CD. Доказ за то добићемо из сличности троуглова BCD и BAE, јер из те сличности добијамо сразмеру:

$$BC : BA = CD : AE$$

$$m'\lambda : n\lambda = CD : \frac{pl}{2} \cdot \frac{m'}{n-1}$$

а одавде је:

$$CD = \frac{p\lambda}{2(n-1)}\, m'^2 = \max Q \,.$$

што је и требало доказати.

Ну осем величине попречне силе за рачунање носача потребно је по некад да се зна и њен положај, а њега ћемо такође лако наћи из следећих посматрања

Нашли смо да је сила у чвору m-1:

$$Pm-1 = \frac{p}{2\lambda}(bm - Xm')^2$$

Заменимо у овоме обрасцу нађену вредност за bm из једначине и добићемо да је:

$$Pm-1 = \frac{pX'm^2}{2(l-\lambda)^2}\lambda = \frac{p\lambda^2 m'^2}{2(n\lambda-\lambda)^2}\lambda = \frac{p\lambda}{2(n-1)^2} m'^2,$$

а пошто је:

$$\frac{p\lambda}{2(n-1)} m'^2 = \max Qm,$$

то је и.

$$Pm-1 = \max Qm \frac{1}{(n-1)} \quad . \quad . \quad . \; 15$$

Сила max Qm је резултанта сила A и Pm-1 и њен моменат у односу на ма коју тачку равни мора бити раван суми момената A и Pm—1 у односу на исту тачку. Ако узмемо леви ослонац A за моментну тачку и крак силе max Qm у односу на ту тачку означимо са qm (сл. 5) то треба да је испуњен услов:

$$\max Qm \times qm = Pm-1 \times Xm-1,$$

где је Xm-1 остојање чвора m—1 од левог ослонца A. Заменимо у овој једначини за Pm-1 нађену вредност, из једначине 15 и добићемо да је:

$$\max Qm\, qm = \max Qm \frac{1}{n-1} \times Xm-1$$

а одавде је:

$$qm = \frac{Xm-1}{n-1} = \frac{m-1}{n-1}\lambda \quad . \quad . \; 16$$

и тиме је одређен положај силе max Qm у равни. Пошто сила max Qm мора окретати око моментне тачке A у истом смислу, као и сила Pm—1, то ће њено место бити с леве стране од ослонца A. Положај сила max Qm независан је од оптерећења p већ само од размера носача. Дужину λ једног поља пренесимо на леву страну од ослонца A. (сл. 5) и поделимо је на (n—1) једнаких делова, кроз (m—1)ву деону тачку ићиће правац силе max Qm. Тиме је максимална попречна сила сваког поља одређена потпуно по величини и по положају. У таблици I исписане су вредности остојања qm попречних сила у свима пољима датог носача од одслонца A.

Б.) Моменти у чворовима

Осим максималних момената у појединим чворовима, који се добијају при потпуном оптерећењу носача; нужно је да знамо и оне моменте, који се јављају у чворовима једног поља једновремено са максималном попречном силом тога поља.

У левом — (m — 1)вом чвору mтог поља једновремено са максималном попречном силом тога поља добићемо моменат

$$Mm-1 = A.Xm-1 \; . \; . \; . \; . \; . \; 17$$

Величину отпора у ослонцу A. који одговара сили max Q, добијамо из обрасца:

$$A = \frac{p\, bm^2}{2l}$$

Заменом за bm његове вредности из једначине 9 добијамо да је:

$$A = \frac{pl}{2(n-1)^2} m'^2 = \frac{\max Qm}{(n-1)} n \; . \; . \; . \; . \; . \; 18$$

а кад ту вредност за A заменимо у образац 17 добијамо.

$$Mm-1 = \max Q \frac{n}{n-1} Xm-1 = \max Qm \frac{n\lambda}{(n-1)}(m-1)$$

Ову је вредност лако израчунати за сваки чвор из познате силе max Qm. За пример у таблици I је:

$$\frac{n\lambda}{n-1} = \frac{36}{9} = 4{,}0$$

$$\text{и } Mm-1 = \max Qm\, 4.(m-1)$$

Те су вредности израчунате и исписане у таблицу I.

Ну вредности момената Mm—1 могу се лако наћи и графички на следећи начин. По апсцисној осовини AB (сл. 3.) пренесимо од A до F у извесној размери

$$\frac{(n-1)}{n}$$

и повуцимо кроз тачку F вертикалу, коју назовимо

$$\frac{n-1}{n}$$

линијом. Пројектујмо на ту линију величину нађене попречне силе max Qm и кроз горњу тачку G те пројекције повуцимо зрак AG и тај ће зрак осецати на вертикали кроз чвор m—1 величину момента Mm—1 = JH, јер из сличности троугла AJH са троуглом AFG имамо сразмеру:

$$JH : FG = Xm-1 : \frac{n-1}{n}$$

$$JH = \max Qm \frac{n}{n-1} Xm-1 = Mm-1$$

Важно је да се зна каком ће се размером мерити моменат Mm—1 = JH. Ако смо апсолутни број

$$\frac{n-1}{n}$$

пренели у размери за дужине, то ћемо за димензију дужи JH имати;

$$JH = \max Qm \frac{n}{n-1} Xm-1 = \text{сила} \cdot \frac{1}{\text{дужина}} \times$$

$$\times \text{дужина} = \text{сила}$$

т.ј. JH морамо мерити размером за силе.

На тај начин одредићемо моменте у свима левим чворовима поља, кад је попречна сила у сваком пољу достигла своју највећу вредност.

Моменат у десном чвору m поља mтог дат је обрасцем :

$$Mm = AXm - P(m-1)\,\lambda \;.\;,\;.\;.\;.\;19$$

Вредност првог члана с десне стране добићемо просто ако продужимо зрак AH до пресека са вертикалом кроз чвор m у тачки L. (сл. 2.) Ордината CL равна је моменту AX.n јер је :

$$CL : JH = Xm : X(m-1)$$

$$CL = JH \frac{Xm}{Xm-1}$$

а пошто је : $JH = AXm-1$ то је :

$$CL = AX(n-1)\frac{Xm}{Xm-1} = AXn$$

Други члан с десне стране једначине 19 може се такође лако графички одредити. Заменимо за $Pm-1$ његову вредност из једначине 15 и добићемо да је :

$$\triangle M = Pm-1\,\lambda = \max Qm\frac{1}{n-1}\,\lambda = \max Qm \times$$

$$\times\ \mathrm{tg}\alpha.,$$

где нам је :

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{\lambda}{n-1}$$

стална вредност за одређени носач.

Из тачке F (сл. 2.) повуцимо праву под углом α према вертикали FG то је :

$$GN = \max\ Qm.\mathrm{tg}\alpha = \triangle\ Mm.$$

Ако буде GN пренесено од L до O на ниже то ћемо добити

$$CO = CL - GN = AXm - Pm-1\,\lambda = Mm.$$

На исти начин можемо одредити и моменат у свима десним чворовима поља кад је попречна сила за свако поље достигла своју максималну вредност.

За аналитичку одредбу момената у деснм чворовима можемо се служити обрасцем

$$Mm = AXm - Pm-1\,\lambda = \max Qm \frac{n}{n-1}\ Xm\ -$$

$$-\max Qm \frac{1}{n-1}\,\lambda$$

$$Mm = \max\ Qm\ \frac{\lambda}{n-1}\ (n.m-1) =$$

$$= \max\ Qm\ \mathrm{tg}\alpha\ (n.m-1)$$

За пример у таблици I је

$$\frac{\gamma}{n-1} = \mathrm{tg}\alpha = \frac{3,6}{9} = 0,4 \text{ и } n = 10$$

Вредности Mm израчунате су и поређане у исту таблицу.

На цртежу 4 показата је графичка одредба максималних попречних сила у свима пољима и одговарајућих момената у свима чворовима носача, који смо узели у таблици I.

Распон носача $l = 36$ m пренели смо у размери 1:200 од A до B и поделили га у 10 једнаких поља дужине $\lambda = 3,6$ m. На вертикали кроз A пренели смо терет

$$\frac{pl}{2} = \frac{1000.36}{2} = 18000 \text{ кгр.}$$

у размери 1 cm. = 2000 кгр., поделили смо ту дуж у 9 једнаких делова и означили деоне тачке почињући од крајње горње бројевима 1 до 10. Из тачке B повукли смо к тим деоним тачкама зраке, који нам на вертикали кроз десни чвор сваког поља одсецају величину највеће попречне силе за то поље. Тако смо добили степенасту линију максималних попречних сила.

У 6. 7. 8 и 9том пољу максималне попречне силе у горњој размери добијају се врло мале. На цртежу попречне силе Q_6, Q_7, Q_8, одређене су још и у два пут већој размери — 1 см = 1000 кгр. — пресечном тачком a зрака B_2 са вертикалом кроз чвор 6; пресечном тачком b зрака B_4 с вертикалом кроз чвор 7. и пресечном тачком c зрака B_6 с вертикалом кроз чвор 8, а пошто је и та размера за max Q_9 мала то је та сила одређена у 4 пута већој размери — 1 cm = 500 кгр. — пресеком e зрака B_8 с вертикалом кроз чвор 9.

Да би нашли моменте у левом и десном чвору сваког поља требало би повући вертикалну

$$\frac{n-1}{n} \text{ — линију}$$

у остојању

$$\frac{n-1}{n}$$

од ослонца A и на њу пројектовати све попречне силе max Qm. Ну ова

$$\frac{n-1}{n} \text{ — линија}$$

врло је близу ослонцу A и одредба момената помоћу те линије не би била довољно тачна, а моменти добијали би се у врло великој размери. Због тога је боље место

$$\frac{n-1}{n} \text{. линије}$$

узети

$$E\ \frac{n-1}{n} \text{ — линију}$$

где нам је E произвољан цео број. Место момената добили би тад сразмерне делове :

$$\max Qm. \frac{n}{E\ (n-1)}\quad Xm-1 = \frac{Mm-1}{E}$$

или, што исто значи, моменте би требало мерити не размером за силе, већ у E пута мањој размери. Ако је размера за силе била 1 cm = 2000 кгр., то ће размера за моменте бити 1 cm = E.2000 кгр. m. Произвољним избором броја E можемо подесити, да нам моменти на цртежу буду преставлјени подесним дужима, и да је њихова одредба што тачнија.

Но кадкад је потребно знати не саме моменте, већ сразмерне делове њихове. тако за рачунање решеткастих носача често је нужно знати место момената количнике.

$$\frac{M}{\lambda},$$

а њих ћемо наћи на исти начин ако место

$$\frac{n-1}{n} \text{ — линије}$$

узмемо

$$\frac{n-1}{n}\ \lambda\text{— линију}$$

на остојању

$$\frac{n-1}{n}.\ \lambda$$

од ослонца A. Ну пошто је и ова линија блиска ка ослонцу A то је у примеру на цртежу 4. узета

$$E\ \frac{n-1}{n}\ \lambda\text{— линија}$$

на одстојању

$$E\ \frac{n-1}{n}\ \lambda \text{ од ослонца}$$

и добијаћемо помоћу те линије количнике

$$\frac{M}{\lambda}$$

у размери 1 м. = E 2000 м. кгр. У овоме примеру узето је E = 4 то је:

$$E\ \frac{n-1}{n}\ \lambda = 4.\ \frac{9}{10.}\ 3,\ 6 = 12{,}96$$

Та је количина пренета од A у цравцу ка B у размери за дужине и на том остојању повучена је вертикапна

$$\frac{n-1}{\lambda}\ E\ \lambda \text{ — линија.}$$

На ту линију пројектоване су попречне силе Q_1 до Q_8 и одговарајуће тачке 1 до 8 на тој линији састављене су зрацима с тачком A. Ти зраци осецају на вертикалама кроз леве чворове количнике

$$\frac{Mm-1}{\lambda},$$

а на вертикалама кроз десне чворове количнике

$$\frac{Axm}{\lambda.}$$

мерено у размери 1 м. =8000 м. кгр. Ако све горње тачке ордината у левим чворовима саставимо међу собом добићемо карактерну

$$\frac{M^l_{m-1}}{\lambda}$$

линију.

чије нам ординате дају величину количника

$$\frac{M}{\lambda}$$

за леве чворове свих поља.

Да би добили и сразмерне делове момената у десним чворовима треба од нађене ординате

$$\frac{AXm}{E\lambda}$$

одузети такође сразмерне делове

$$\frac{\triangle\ Mm}{E\lambda}$$

а њих ћемо добити на исти начин као и раније $\triangle$ M ако само место линије

$$\frac{\lambda}{n-1} \text{ повучемо } \frac{\lambda}{E(n-1)\lambda} = \frac{1}{E(n-1)} \text{ линију}$$

према вертикали под углом α, чиј је

$$tg\alpha = \frac{1}{E\ (n-1)} = \frac{1}{4.9} = \frac{1}{36} = 0{,}0278$$

Кад те вредности

$$\frac{\triangle\ Mm}{E\lambda}$$

одузмемо од нађених вредности

$$\frac{AXm}{E\lambda}$$

добијамо одговарајуће количнике

$$\frac{Mm}{\lambda}$$

у десним чворовима поља. Ако крајне тачке ордипата

$$\frac{Mm}{\lambda}$$

саставимо међу собом добијамо карактерни полигон, који смо назвали

$$\frac{M^r_m}{\lambda} \text{ линија}$$

Пошто је за одредбу момената у чворовима 5, 6, 7, 8 и 9

$$\frac{n-1}{n}\ E.\ \lambda \text{ линија}$$

доста далеко од тих чворова, то се моменти у њима не одређују довољно тачно. На примеру је одредба тих момената контролисана још и

$$2.\ \frac{n-1}{n}\ E\lambda \text{ линијом}$$

која је повучена вертикално на остојању до ослонца A два пут већем него

$$\frac{n-1}{n}\ E\lambda \text{ линија}$$

На ту линију пројектујемо попречне силе $2Q_6$ $2Q_7$ $2Q_8$ и кроз тачке 6, 7, 8 на тој линији морају пролазити зраци A_6 A_7 и A_8.

Пошто су у чворовима 7, 8 и 9 одговарајуће ординате

$$\frac{M^l}{\lambda} \text{ и } \frac{M}{\lambda}$$

врло мале и за употребу неподесне то смо их ми одредили и у 2 пута већој размери тиме што смо Q_8 и Q_9 одредили у 4 пута већој размери, крајње тачке d и e ордината 4 (max Q8) и 4 (max Q9) пројектовали на линију

$$2 \; \frac{n-1}{n} E\lambda$$

и добијене тачке g и 9 саставили зрацима с тачком A. зрак Ag осеца тачком k на вертикали кроз чвор 7: ординату

$$2 \; \frac{M_7^l}{\lambda},$$

а тачком h на вертикали кроз чвор 8 ординату

$$2 \; \frac{M_8^r}{\lambda}$$

Исто тако зрак A9 сеца тачкама l и m на вертикалама кроз чвор 8 и 9 ординате

$$2 \; \frac{M_8^l}{\lambda} \text{ и } 2 \; \frac{M_9^r}{\lambda}$$

В.) Примена нађених вредности max Qm и одговарајућих момената при рачунању носача

Кад нам је дат једноставан лимани носач, да га прорачунамо за покретно подједнако подељено оптерећење тада ћемо у појединим чворовима његовим наћи максималне савијајуће моменте и према њима и дозвољеиим нормалним напрезањима израчунати пресеке носача. Ми морамо за тим проверити, да ли ће код изабратих пресека и смичућа напрезања, изазвата попречним силама Q, остати у границама дозвољених напрезања за смицање.

Ради тога довољно је прорачунати смичућа напрезања у крајњим пресецима, јер су ту попречне силе највеће, а пресек најслабији. Ну осим нормалних напрезања, изазватих савијајућим моментима и смичућих напрезања, изазватих попречним силама, ми морамо водити рачуна и о напрезањима у косим пресецима, т.з. *идеалним напрезањима*, која се јављају као резултат слагања смичућих и нормалних напрезања.

Та идеална напрезања дата су, као што је познато, обрасцем.

$$ki = 0{,}35\ \sigma \pm 0{,}65 \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

где је σ нормално напрезање од савијајућих момената, а τ једновремено смичуће напрезање од попречних сила. Ово идеално напрезање биће највеће или при оном оптерећењу, који даје највеће нормално напрезање σ, или при оптерећењу, које даје највеће смичуће напрезање τ. За овај последњи случај може се лако наћи σ и τ, а из њих и идеално напрезање ki из максималних попречних сила и одговарајућих момената, које смо одредили или аналитички по таблици I или графички у цртежу 4. Кад имамо да рачунамо такав носач с пуним дуваром онда ћемо одређивати моменте помоћу линије

$$\frac{n-1}{n} \times E$$

у размери E пута мањој од размере за силе.

Попречне силе и моменти одређени на начин показат у цртежу 3, могу се корисно применити за рачунање напрезања и у штаповима испуне решеткастих носача. Познато је да се највећа напрезања у дијагоналама и вертикалама добијају при једностраном оптерећењу носача. Граница E црт. 3. до које треба да дође подједнако подељени терет у неком пољу, те да у дајагонали тога поља добијемо највећи притисак или затезање мало се разликује од границе N, до које треба да дође терет, те да добијемо највећу попречну силу за то поље. Због те незнатне разлике у положају терета ми можемо претпоставити, да највећа напрезања у штаповима испуне добијамо при највећим попречним силама за дотична поља.

С том претпоставком ми можемо лако наћи напрезања у дијагоналама појединих поља, ако само попречну силу max Q за то поље, чија је величина и положај одређена, разложимо по Кулмановом начину на три силе O D и U, које су пресечене пресеком tt кроз дотично поље. На цртежу 5 узет је за пример један полупараболски носач од 36 м. распона с десет поља од по 3, 6 м. дужине, Крајње вертикале тог носача имају висину $3{,}_{00}$ м. а средња вертикале висока је $5{,}_{00}$. попречне силе за поједина поља тога носача одређене су цртежом 4. По претпоставци највеће напрезање у дијагонали D_2 носача добићемо из највеће попречне силе Q_2 за друго поље. Положај силе Q_2 одређен је на цртежу 5 доњом тачком 1, лево од ослонца A. Замислимо силу U_2 другом пољу доњег појаса продужену до просека с правцем сила max O_2 у далној тачки 1 и ту пресечну тачки сила max Q_2 и U саставмо правом L и с пресечном тачком сила D_2 и Q_2 пресечених истим пресеком + t као и сила M Разложимо (црт. 4.) силу Q_2 на L и U_2 а за тим L на Q_2 и D_2, то су нађене силе Q_7 D_2 и U_2 напрезања у штаповима носача при највечој попречној сили O Напрезања D_2 је и највеће напрезање у томе штапу Једновремено с највећим напрезањем A_2 у дијагонали добићено и највеће напрезање у вертикали V_1 ако нађемо L разложимо у напрезања O_1 и V_1. Сили O_1 O_2 D_2 и V_1 у чвору 1 горњег појаса морају се одржати међу собом у равнотежи и заклапају због тог четворугао сила, по чијем се обиму може обићи без прекида. Тим четвороуглом одређен је и смисао сила D_2 и V_1, јер је смисао сила O_1 и O_2 управљен ка чвору. Дсбијамо тиме да је D_2 затезање а V_1 притисак.

Како смо одредили напрезања D_2 и V_1 тако би могли одредити и напрезања у свима осталим штаповима испуне. Но на овај начин можемо одредити напрезања у штаповима испуне само од покретног оптерећења p, јер нам је положај сила maxQ за посредна поља познат само за једнострано оптерећење p, а не и за оптерећење g од сопствене тежине, која је једнако подељена по целом носачу. Напрезања од сопствене тежине нашли би у томе случају Кремониним планом сила.

Пошто се силе max Q лако и прегледно добијају у повољној размери то је и одредба напрезања у штаповима испуне по показатом начину врло проста, тачна и брза.

Ну ако желимо, да напрезање у решеткастоме носачу тражимо једновремено од прелазног и сталног терета, за то се можемо послужити моментима нађеним по цртежу.

Нека се тражи напрезање у дијагонали GM решеткастог носача на цртежу 3. Пренесимо из чвора M по вертикали MF од M до H количник:

$$\frac{Mm}{\lambda}$$

и из крајње тачке H повуцимо паралелну са штапом O горњега појаса, до пресека у тачки J с правцем дијагонале GM. Из сличности троуглова MFG и MHJ имамо сразмеру:

$$HJ : GF = MH : MF$$

Означимо висину MF са h, са r нормално остојање чвора m од штапа Om горњег појаса, угао нагиба штапа O према хоризонтали са β, а дужину поља с λ тада можемо написати да је:

$$GF = \frac{\lambda}{\cos\beta} \quad h = \frac{r}{\cos\beta}$$

$$HJ = \frac{\lambda}{\cos\beta} \cdot \frac{Mm}{\lambda} \cdot \frac{\cos\beta}{r} = \frac{Mm}{r} = Om$$

т.ј. дуж HJ преставља нам напрезање у штапу Om горњег појаса. Ово напрезање морамо мерити у оној размери у којој смо преносили количнике

$$\frac{Mm}{\lambda}.$$

На исти начин добићемо и напрезање у штапу Um—1 доњег појаса, ако пренесемо од чвора M, од M до K дуж

$$\frac{Mm-1}{\lambda}$$

и из тачке K повучемо паралелу с правцем Um—1 штапа доњег појаса до пресека у тачки L с правцем дијагонале GM. Дуж LK даје нам напрезање Um—1 у истој размери у којој смо преносили количник

$$\frac{Mg}{\lambda}$$

Из нађених напрезања O и U у штаповима појасева наћи ћемо и напрезање D у дијагонали GM.

Пошто је:

$$MH = \frac{Mm}{\lambda}$$

$$MK = \frac{Mm-1}{\lambda.}$$

то је:

$$HK = MH - MK = \frac{Mm - Mm-1}{\lambda.}$$

Но ми знамо да је:

$$\frac{Mm - Mm-1}{\lambda} = Qm$$

Према томе је:

$$Qm = HK.,$$

де је Qm попречна сила за поље (m—1) — m. Ова сила Qm мора се са силама Om, Dm и Um—1 одржавати у равнотежи и мора за то с њима заједно затварати четвороугао, по чијем се обиму може обићи без прекида. Ну пошто су у четвороуглу KHJL три стране KH = Qm; HJ = Om и LK = Mm—1, то четврта страна JL тог четвороугла очевидно мора бити равна сили Dm. Кад је сила Qm максимум тада је и напрезање Dm у дијагонали максимум. Највеће напрезање у дијагонали добићемо, дакле, ако по вертикали MF пренесемо од M до H. и од M до K оне количнике.

$$\frac{Mm}{\lambda} \text{ и } \frac{Mm-1}{\lambda}$$

који одговарају највећој попречној сили Qm. Те количнике ми смо добили на цртежу 4. и можемо их директно употребити за одређивање напрезања у дијагоналама носача на цртежу 5. Највеће напрезање у дијагонали D_2 добијамо са силом max Q_2. тој сили одговара с лева у чвору 1 моменат

$$M_1^l,$$

а с десна у чвору 2 моменат

$$M_2^r$$

Одговарајући количници

$$\frac{M_1^l}{\lambda} \text{ и } \frac{M_2^r}{\lambda}$$

одређени су на цртежу 4 и ми их од туда преносимо из чвора 2 горњег појаса на вертикали. Паралелне, повучене из крајњих тачака тих ордината с правцима U_2 и O_2, одсецају на дијагонали највеће напрезање D_2. Пошто смо ми на цртежу 4 одређивали количнике

$$\frac{M}{\lambda}$$

у *E* пута мањој размери него што смо преносили силе, то ће и напрезања добијена на тај начин бити престављена E пута мањом дужином него она напрезања, која добијамо директно разлагањем сила Q по Кулмановом начину, како смо раније радили. Ми смо узели да је $E = 4$, па треба да нам је D_2, добијено последњим начином, 4 пута мање по дужини од истог напрезања добијеног првим начином, што се врло добро слаже.

Овај последњи начин добијања напрезања у штапоима испуне зове се *Цимерманов начин*. Доказ за тај метод изведен је овом приликом простије него на другим местима и због тога се извођење тога доказа овде и наводи. По овоме начину налазе се напрезања у вертикалама из четвороуглова сила у чворовима горњег појаса. Од сила O_1 O_2 D_2 и V_1 у другом чвору горњег појаса нашли смо D_2 и O_2 и друге две : O_1 и V_1 морају с њима затварати четвороугао чиме су потпуно одређене.

У мрежу носача уцртана су гранична напрезања за све штапове испуне и то D_8 D_9 V_8 и V_9 у два пута већој размери него остала напрезања, јер су она добијена из ордината

$$\frac{2\,\mathrm{M}_m^{l}-1}{\lambda} \text{ и } \frac{2\,\mathrm{M}_m^{r}}{\lambda} \text{ — линија.}$$

Да смо к ординатима

$$\frac{M}{\lambda}$$

од прелазног терета додали још и ординате

$$\frac{Mg}{\lambda}$$

параболе од сопствене тежине, ми би могли добити напрезања од укупног терета $p + g$. То на примеру није рађено, једно ради простоте и прегледности цртежа, а друго због тога, да би се добијена напрезања у дијагонали D_2 по оба начина могла међусобом сравнити.

Напрезања која добијамо у дијагоналама и вертикалама на показани начин, нешто су мања од максималних напрезања, која се добијају при оптерећењу носача до поменуте границе E (цртеж 3.), али та разлика је врло незнатна и с погледом на грубу оцену величине оптерећења p безначајна је.

Кирило Савић.

НИВЕЛАЊЕ МАСА

ЗА СВОЈЕ УЧЕНИКЕ

израдио **Јевта Стефановић** редов. проф. Универзитета.

(Са спикама на листу 2—5.)

УВОД

При изради пројеката за железнице и друмове инжењери најпре уцртају трасу у генералштабну карту те на тај начин добију главни правац трасе и виде с каквим се нагибима путање може у главном извршити објект.

Затим излазе на терен, полажу на терену а према утврђеном главном правцу и одређеним нагибима полигон који им служи за даљу детаљнију студију терена. Имајући положени полигон као основицу, они снимају један појас земљишта из кога вероватно будућа траса пута или железнице неће изаћи. Тај се појас затим преноси на цртеж и склопи се слика терена. Ова слика треба у себи да садржи све податке потребне за уцртавање пројекта. Треба дакле да преставља хоризонталну пројекцију целог земљишта и да је снабдевена висинским котама, а поред тога да су на њој преставлјени и токови воде а по могућству и геолошки слојеви самог земљишта како би пројектант имао могућности, да пројектује све вештачке грађевине на друму или железници : потпорне зидове, бедеме, обложне зидове, пропусте за отицање воде, мостове, виадукте, аквадукте, потребне построје за процеђивање земљишта, прелазе друмова преко железнице или пролазе испод ових, тунеле ит.д. ит.д.

Зарад тога се поменута слика земљишта црта као котирана основа у којој су уцртане линије једнаке висине у размаку од метра до метра; или од два метра на два метра ит.д. према величини размере у којој се црта и према конфигурацији терена

У такав план пројектант уцртава трасу, осу пута или железнице трудећи са да ова што боље одговори постављеним условима и да јој извршење буде што лакше и што јефтиније и да поред свега тога буде и у будуће одржавање пута или железнице што лакше и јефтиније.

При томе раду пројектант има врло често потребе да склопи приближан рачун коштања земљаних радова (Terrassements. Erdarbeiten). Има често потребе да изврши померање трасе у појасу и по хоризонталној пројекцији и по висинском положају, како би постигао истакнути циљ.

За сваку промену у положају трасе треба поновног рачунања, треба поновног распоређивања маса раскопане земље, треба уопште много студије и много цртежа.

Да би тај рад био прегледнији и лакши за извршење, инжињери се често служе графичким методама за срачунавање кубатуре, за изналажење најподеснијег распореда маса и за израчунавање цене тих радова.

На усавршавању тих графичких метода радили су многи инжењери, међу којима је први био баварски инжињер Bruckner затим професори Culman у Цириху, Bauernfeind у Минхену; Franz Eickemayer инжењер и доценат у Минхену; проф. Winkler у Бечу; проф. Launchardt у Хановеру, професор Göring у Берлину и Wagner у Штутгарту, Сем њих француски инжењери: Mathieu, Lalanne, Ocagne, Durand Claye ит д.

Ми ћемо овде изложити неколико тих графичких метода које се тичу распореда маса и од којих су једне подесне за генералне а друге за детаљне пројекте. Трудићемо се да нам излагање буде што простије и што прегледније.

Просечна даљина транспорта

При изради насипа и усека имамо да извршимо неколико радова. Имамо да извршимо радове око експропријације потребног земљишта и око обележавања грађевине на земљишту; радове око заштите падина; радове око процеђивања и осигурања земљишта од покрета; радове око планирања.

Коштање земљаних радова можемо одредити тек кад будемо знали шта коштају сви ови поједини радови, и кад будемо знали колико ће коштати надзор и управа над извршењем.

При упоређивању двеју или неколиких варијаната, многи су од ових трошкова истоветни за све варијанте, а други опет зависе од специјалних прилика код једне, друге ит.д, варијанте.

Махом су радови око осигурања земљишта и око заштите падина, око планирања, експропријације и обележавања готово истоветни на једном истом појасу. А исто тако су истоветни или готово истоветни трошкови око управе и надзора.

Највећма су подложни промени трошкови око транспорта јер зависе од распореда маса. Цена раскопавања зависи од природе и врсте земљишта а цена преноса зависи од начина рада и од даљине на коју се пренос врши.

Цену раскопавања сразмерно је лако одредити кад је познато каква је земља; јер се зна: колика је надница радeника; колико је потребно оруђа за раскопавање; колико се оруђе аба и колико треба утрошити на његову оправку и замену; је ли и колико потребно експлозива за разбијање стена и колико се надница утроши на раскопавање кубног метра. Из свију тих података састављена цена раскопавања земље у главном је линеарна функција наднице.

Цене осталих радова сем транспорта не улазе у рачун при распореду маса.

Међутим и ако је и цена транспорта махом линеарна функција даљине, ипак стоји с трошковима око преноса сасвим друкчије. Јер, готово за сваки кубни метар друга је даљина преноса. За сваки кубни метар према томе је и друга цена транспорта. А срачунавање трошкова око преноса земље на тој основи било би заметно и компликовано. Зато се, да би рачунање било простије, срачунава просечна даљина преноса за сваки усек и одређује просечна цена.

Замислимо да се из усека А има извесна количина земље a да пренесе на даљину α; количина b на даљину β; количина c на даљину γ ит.д. па ће просечна даљина преноса целог усека износити:

$$x = \frac{a\alpha + b\beta + c\gamma + \ldots}{a + b + c + \ldots}$$

А то је израз сасвим сличан ономе којим се одређује размак тежишта.

Формуле, које дају цене транспорта по кубном метру, све су линеарне функције даљине преноса. С тога ће и производи из масе и цене транспора бити линеарне функције даљина. Нека је цена транспорта по кубном метру уопште: $P_1 = k + k_1\alpha$ ит.д. Па је цена транспорта целе масе:

$$P = a(k + k_1\alpha) + b(k + k_1\beta) + \ldots = k(a + b + \ldots) + k_1(a\alpha + b\beta + \ldots)$$

$$\frac{P}{a + b + c \ldots} = k + k' \frac{(a\alpha + b\beta + c\gamma \ldots)}{a + b + c \ldots} =$$

$$k + k'x \text{ и } P = kM + k_1 Mx$$

т.ј. исто онолика колика би била, да је цела маса M пренесена на просечну даљину x.

Распоред маса за транспорт

Распоређивање маса за транспорт може да се изради на три начина и то: *графички*, *помоћу таблица* и *комбинацијом* прве и друге методе. — За мање радове, и радове такве природе, код којих је избор распореда ограничен, могу да послуже ове две графичке методе:

1. Метода: Градијенту друма узимамо као координатну осу и на њој у извесној размери преносимо *размаке* појединих профила земљишта природним редом. На свакој тако добивеној тачци на вертикали преносимо *величину дотичнога профила* преставлjену сразмерном дужином, и то: за усеке изнад осе а за насипе испод осе. Па кад повежемо тако добивене тачке оваквог диаграма, добићемо полигон изнад и испод осе. Површина између двеју вертикала преставља нам запремину између дотичних профила. При пренашању усека треба водити рачун о растреситости земљишта, те, или усеке повећавати по сразмери коефицијента растреситости, или насипе у истој сразмери смањити. Међутим, пошто се раскопавање плаћа по кубатури усека, логичније и правилније је да се редукују површине а тиме и запремине насипа. Овако склопљени диаграм може да послужи за распоређивање маса. Од најближих усека треба отсецати запремине једнаке запреминама најближих насипа, тако да се насипи попуне из усека. —

Размак тежишта одсечених слика преставља нам даљину транспорта.

А збир свију производа из запремине и дотичне даљине транспорта подељен са збиром запремина свију усека даје прсечну даљину транспорта. (види сл. бр. 1.)

Обично претекне усека или насипа. Ако претекне усека, онда ту масу морамо депоновати у страну поред друма; а ако протекне насипа, онда се ови морају попунити из ровова или из проширених усека у близини, како је кад јефтиније. И за једно и за друго лако је одредити просечну даљину транспорта, јер се и депо и ров полажу паралелно са друмом, а за евентуално проширен усек позната је даљина.

Има профила код којих је друм у засеку, на таквим местима има и усецања и насипања, и диаграми таквих профила простиру се изнад и испод осе. На таквим местима треба од веће површине диаграма одсећи онолико, колико износи мања. Једна од тих одељених запремина (јер то управо и прествљају), јесте усек, који попуњава насип у истом профилу. Транспорт ових маса не врши се паралелно друму но *управно* на друм. Ове се масе бележе за се и не улазе у рачун при тражењу просечне даљине транспорта. —

У слици 1. (Лист 2.), која је конструисана по овој методи, запремина усека износи: 4076 m^3 а насипа: 4293 m^3. Има дакле више насипа за 217 m^3 и ово мора да се попуни из ровова. Ова запремина је у слици. бр. 1. престављена не шрафираним трапезом. Даље 616 m^3 има да се пребаци у засеку (запремине престављене троуглима шрафираним вертикално и онима до њих. Остало је подељено у седам пари запремина, које једна другу попуњавају. Просечна даљина транспорта је 105 m. —

Ове се даљине рачунају на целе метре. Не би било никакве користи да се додају и разломци. Ова метода је директно основана на срачунавању запремине помоћу *полузбира суседних профила* и управо није ништа друго до графичка престава тога принципа. —

2. Метода. Сасвим је слична првој. Запремине се опет графички престављају површинама, а површине дужима; али се у овом случају површине не престављају троуглима и трапезима већ правоугаоницима. *Половина збира размака* суседних профила преноси се као основица правоугаоника а висине су им сами профили. — На овај начин конструисан је овај диаграм у сл. 2., који може такође да се употреби за распоређивање маса и одредбе просечне даљине транспорта. Овде је лакше одредити тежишну линију јер се она налази у средини правоугаоника. У овом диаграму израђен је исти пример, који и у првом, па су и резултати исти. По овоме има да се попуни из ровова 217 m^3 = запремини престављеној нешрафираним правоуглоником. Има да се пребаци у засеку 727 m^3. Остатак је распоређен у 6 партија усека и насипа који се попуњавају а просечна даљина транспорта је 110 m.

Знатно може да се упрости ствар ако се на место тежишних линија ових правоугаоника узму сами профили. Грешка, која се тиме чини, сразмерно је незнатна према користи која се добија лакшим постројем.

При диспозицији по овим двема методама па и код других треба пазити на природни ред при насипању и откопавању. —

У првом делу профила транспорт се врши правцем лева на десно и зато се ту најпре попуњава маса из најближег усека првог дела насипа па затим маса дугог дела насипа из усека испред прво поменутог и т.д.

3. Метода. Позната је под именом: *Лалановe* методе. Лалан је само упростио методу немачког инжењера Bruckner-а, који је први био дошао на мисао да распоред маса врши графички и основао прву методу за то. И овде узимамо исти пример.

Конструкција профила маса бива овако. На вертикали првој, пренесено је 1028 m^3што одговара кубатури између 1. и 2. вертикале и тако редом. При томе се на мешовитим профилима преноси само разлика кубатуре насипа и усека (в. сл. бр. 3). — На тај се начин добија дебље извучени полигон који преставља профил маса. Овај профил има ту особину да је: *вертикалан размак двеју тачака она кубатура која између дотичних профила претиче или не достаје.* Кад дакле повучемо хоризонтале ма какве оне нам непосредно диспонирају поједине масе. Ове хоризонтале назвао је г. М. Петковић врло згодно „уравнице“ и ми ћемо тај технички израз усвојити. По томе кубатура од 1834 m^3 подељена је на две масе и то на 1760 m^3 и 74 m^3 које треба пренети: прву до профила код треће вертикале а другу до профила код четврте вертикале, те да се земља из тог усека потроши у насипе. Хоризонтала кроз почетну тачку је једна уравница а хоризонтала кроз горњу тачку је друга. — Површине ових правоугаоника престављају према самој конструкцији транспортне моменте с претпоставком, да је маса сваке кубатуре концентрисана у почетном профилу. —

Свега има за транспорт 4088 m^3 и транспортни моменат износи: $1760.70 + 74.140 + 1028.220 + 487.130 + 719.76 = 477.674$.

Просечна даљина је: $477.674 : 4088 = \sim 115$ m. 217 m^3 има да се допуни из ровова са стране код профила 4, где хоризонтала N повучена пресеца профил маса. —

4. Метода. — Нивелоње маса

(Massen nivellement по проф. Goering-у)

То је графичка метода за распоређивање маса, коју је први разрадио баварски инжењер Bruckner још пре 50. год. а доцније су је проширили и допунили **Eykmayer, Winkler, Launhardt, Göring и Lalanne.**

Принцип је овај: Од једне хоризонтале, а почев од првог профила па у напред, на сваком се профилу пренесе алгебарски збир маса од почетка па до тога профила, те се тако добије један полигон, који се назива *профил маса.* Збир се преноси као дужина у подесној размери. Што су наближе профили, то су краће стране полигона, и тиме се више приближује профил маса кривој линији, која је управо идеалан облик профила маса. При самом графичком преношењу може се поступити двојако: Може се преносити маса из усека на више а маса из насипа на ниже или обрнуто. Овај први начин је усвојен. Кад се тако поступи са примером који смо у претходним двема методама израдили добија се профил маса престављен сликом 4.

Овако склопљен профил маса има ове главне особине, које се објашњују самим постанком слике:

1) Део профила у *успону* с лева на десно престаља маса на расположењу, „за употребу." Такви делови се називају *линије набавке.*

2) Део профила у *паду* с лева на десно престаља масе које недостају, које треба насути и стога се може назвати *линија употребе.*

3) Хоризонтални делови профила показују места где нити недостаје нити претиче масе. —

4) Превоји од успона паду или обрнуто престављају прелаз од усека у насипе или обрнуто.

5) Вертикално растојање двеју тачака у профилу маса показује колико земљишта претиче или недостаје између тих профила.

6) Тангента нагиба дотичног парчета профила према хоризонтали показује колико недостаје или претиче земље на јединицу дужине уздужног профила на томе месту.

7) Између сваке две тачке, које леже на каквој хоризонтали повученој у профилу маса, изравњава се земљиште т.ј. колика је запремина усека толика је и запремина насипа на тој дужи уздужног профила. Зато сваку хориз. праву повучену у профилу маса и можемо звати *уравница.* А део између пресечних тачака уравнице и профила чини једну транспортну секцију.

Према томе на профилу маса, који смо нацртали, део који се од почетка пење с лева на десно и део који се пење од најниже тачке профила опет с лева на десно јесу: линије набавке; а остала два дела су линије употребе. Највиша тачка овог профила је прелаз из усека у насип а најнижа је прелаз из насипа у усек. Вертикални размак између почетне и крајне тачке овог полигона показује да недостаје 217 m^3 I и II су две уравнице. Дакле од почетка па до пресека I уравнице с полигоном и од крајње тачке полигона до пресека уравнице II с полигоном земљиште се изравњава а између уравница претиче као и у досадањим примерима 217 m^3. Прва уравница одељује једну секцију за транспорт, а друга уравница другу секцију. Између обеју уравница је трећа секција за доношење са стране.

У I секцији бива транспорт с лева на десно. У другој секцији бива транспорт с десна на лево. Први случај је *транспорт у напред* а други *транспорт у назад*

Просечну даљину транспорта би нашли, кад бисмо одредили тешку линију линије довоза и тешку линију линије употребе, код једне и код друге уравнице, па из размака ових тешких линија и маса усека одредили бисмо на познати начин просечну даљину. Она би у овом случају износила 101. —

Ове смо две уравнице I и II повукли тако да добијемо сличан распоред ономе, који смо имали у претходним двема спикама. Али за сад нисмо испитали: да ли је тај распоред доиста и најрационалнији. То ћемо показати доцније.

Сад још имамо да покажемо како се повлаче њем нове уравнице, може да добије сасвим други распоред маса. Задржимо при томе уравницу II. Нову уравницу повуцимо за 800 m^3 изнад уравнице I и она сече профил маса у двема тачкама. Кад бисмо распоред и транспорт маса имали да извршимо по овом нацрту, онда бисмо од почетног профила до профила где нова уравница сече профил маса имали да одвеземо на страну 800 m^3, а на делу између друге просечне тачке нове уравнице и пресечне тачке уравнице II с профилом маса имали бисмо да попунимо из ровова $800 + 217 = 1017$ m^3. Али би се при томе смањила просечна даљина транспорта. Она би износила 107 m. Које је од овог двога рационалније, зависи од цене транспорта, и од цена закупа земљишта за депо и цене земљишта за ров, у коју мора ући и цена копања рова, као и цене транспорта од рова до насипа и од усека до депоа. При упоређивању шта је рационалније скупе се дотичне цене уједно па се тако добија цена насипања из рова a и цена односа у депо b. Ако бисмо замислили већ повучену уравницу дигнуту за 1 m^3 на више но што је, онда бисмо имали да транспортујемо m^3 1 мање на даљину између пресечних тачака што кошта рецимо — t; и имали бисмо да наспемо 1 m^3 више из рова што кошта + a и да однесемо један кубни метар више у депо Дакле би разлика уцени износила:

$$+ b - t + a \gtrless O.$$

Ако би ова разлика била $> O$ ми бисмо помицањем уравнице испод M N имали већих трошкова распоред би био нерационалнији. Ако би та разпика лика цена била $< O$ ми бисмо имали уштеде. Што значи да би требало са уравницом M N силазити све дотле докле већ не будемо могли ништа уштедети — докле не бисмо дошли до места на коме је разлика у цени $= O$.

То је принцип по коме се помоћу профила маса изнапази најрационалнији распоред маса, — принцип *нивелања маса.*

Сад је само стало до тога, да се покаже како се најлакше црта профил маса и како се најлакше упоређују цене. То бива најлакше помоћу шестара и размерника дакле — графички.

Треба дакле нацртати најпре уздужни профил назмљих радова у подесној размери. Па, ако смо већ срачунали кубатуре усека и насипа у каквој таблици, онда треба издвојити све, што се неће или не сме употребити на насипима. Нпр. влажна земља, мочарна глина или камен, који ће се корисније употребити за зидање ит.д. Затим треба овако редуциране кубатуре земље и камена још једном модификовати према коефицијенту растреситости. То може бити двојако: или ћемо у тој сразмери повећати запремине усека или у истој сразмери смањити запремине насипа навели смо да је друго боље. Овако модификоване запремине треба преносити онако како је описано.

Ако нам није преко потребна велика тачност, као нпр. код генералног пројекта; онда не морамо аналитички рачунати запремине но графички.

За графичко рачунање треба као и за рачунање аналитичко најпре срачунати попречне профиле па затим кубатуре.

Графичко рачунање профила.

За графичко рачунање профила може се применити ма која од многих метода за графичко рачунање површина, али је за брзо рачунање најзгодније послужити се овом методом. Замислимо најпре да је попречан нагиб земљишта тако мален, да се може занемарити, и да се може по томе сматрати као да је земљиште хоризонтално. Површина профила насипа и усека може у том случају да се срачуна из висине насипа или дубине усека у и нагиба падина 1 : m.

За насип имамо:

$$F = by + my^2$$

За усек:

$$F = By + 2g + m_1y^2$$

b је ширина планума насипа а B усека 2g је површина оба рова у усеку.

Кад разложимо ове обрасце и сваки сабирак графички преставимо, добијамо, да нам први збир може бити представљен апсцисом једне праве, која **пролази кроз почетак, и једне параболе, којој је теме** у почетку координатног система. Други образац је опет збир апсциса: једне праве која не пролази кроз почетак и сече X осовину у тачци $X_1 = 2g$, и једне параболе са теменом у почетку. На слици 5-тој Л. 2. је удешен такав дијаграм за нормалне профиле срп. држ. жел. за насип и усек у обичном земљишту. Ту је $m = 1.5$; $m_1 = 1.0$; $b = 5,4$ m. $B = 5.4 + (0,3 + 0,35 + 0,3)\ 2 = 7.30$ m; $2g = 0,39$ m³. У дијаграму смо узели да 1 mm. преставља 1 m².

Кад се то црта на милиметарској хартији или повуче неколико упоредних са X осом, онда се знатно олакшава узимање дотичних дужи у шестар. *Из уздужног профила треба, дакле, само захватити висину насипа или дубину усека у шестар, па то одмерити на дотичном дијаграму по Y. оси па ће на дотичној хоризонтали бити у поменутој размери претпостављена површина дотичног профила.* —

По томе имамо да цртамо онолико парабола, колико има разних нагиба падина, што зависи од врсте земљишта и начина израде усека и насипа. Но да не бисмо цртали више парабола, може да се изврши у неколико анаморфоза образаца. Ако место y^2 преносимо z онда од параболе постаје права и нама би остало само да нацртамо једну параболу $z = y^2$ па да за свако y можемо наћи одговарајуће z. Такав дијаграм нацртан је на сл. 6 за нормалије срп. држ. железница.

Висина y, преноси се на оси OZ па се над тим налази као ордината са вредношћу y^2. — Но овај дијаграм није подесан за оваку преставу површина; он је згоднији за метод који ћемо доцније поменути. — (види сл. 8.)

Замислимо сада да нам земљиште под насипом или над усеком нагиба под извесним углом према хоризонтали, али тако, да докле траје профил нагиб терена остаја по правој, шта се обично код генералног пројекта може претпоставити. Нека је тај нагиб n : 1. — Допунимо слику насипа или усека до потпуног троугла па добијамо ове слике: (сл. 9 и 10.) Л. 2.

Ове су две слике геометриски истоветне па зато је довољно, да на једној покажемо начин рачунања а резултат ће бити истоветан за обе. Овде је нагиб земљишта узет $\cotg \beta = n$ а нагиб падина 1: m т. ј. $\frac{1}{m} = \operatorname{tg} \alpha$ тако се добија подеснији образац.

Да је земљиште хоризонтално била би површина троугла $A'\ B'\ C = F = m\,H^2$.

Површина A B C разликује и од A' B' C за $\triangle = f_2 - f_1$. А ове површине можемо одредити из слике:

$f_2 - f_1 = \frac{y'\,m\,H}{2} - \frac{y\,m\,H}{2}$ само још треба y' и y изразити познатим количинима. Из слике је:

$-\,my' + \frac{y'}{n} = m\,H$ и $my + \frac{y}{n} = m\,H$ а отуд:

$y' = \frac{m\,H}{1 - m\,n}$ и $y = \frac{m\,H}{1 + m\,n}$; Дакле је:

$$f_2 - f_1 = \triangle = \frac{m^2\,n\,H^2}{2\,(1 - m\,n)} - \frac{m^2\,n\,H}{2\,(1 + m\,n)} =$$

$$= m\,H^2 . \frac{m^2\,n^2}{1 - m^2\,n^2} = K.F$$

но сем тога је $L = \frac{y'}{n} + \frac{y}{n} = \frac{2m\,H}{1 - m^2\,n^2}$

L је даљина до које допире ножица насипа или усека, управо ширина заузетог земљишта.

Код усека је место m нагиб m_1.

Да бисмо добили праву величину површине насипа и усека, треба да одузмемо површину троугла коме је висина ho а база b односно B. Како је познато b и B лако ћемо наћи ho и у првом случају је:

$$h_o = \frac{b}{2m} \text{ и } h_o' = \frac{B}{2m_1}$$

Површине су $\frac{b^2}{4m}$ и $\frac{B^2}{4m_1}$

Дакле површина насипа је:

$$m\,H^2 - \frac{b^2}{2m} + k.\,m\,H^2$$

а површина усека је:

$$m_1\,H^2 - \frac{B^2}{2\,m_1} + k.\,m_1\,H^2$$

Ово се згодно може да престави графички: $m\,H^2$ и $m_1\,H^2$ су параболе, $\frac{b^2}{2m}$ је стална количина за насип а $\frac{B^2}{2\,m_1}$ за усек; kmH и km_1H^2 су праве.

За графичко рачунање удешени су диаграми на слици : на Л. 2 и Л. 4. При чему се вредности за k срачунавају у нарочитој таблици, која је такође исписана (Табл. I)и то за $m = 2$; 1.75; 1.5; 1.5; 1.25; 1.00; 0.75; 0.50, 0.25.

Диаграми се састављају овако:

Нацрта се парабола $F_1 = m\,H^2$. На Y оси одмери се ho. Дужине ho цртају се у оној размери у којој су висине насипа и дубине усека цртане на уздужном профилу трасе. За F_1 узима се размера према потреби али тако, да слика профила површина може згодно стати на цртежу.

Из тачке коју на Y оси добијамо преношењем дужи ho повуцимо праву паралелну X оси до пресека са параболом, та дуж преставља нам F_0. Кроз ту пресечну тачку повуцимо нову Y осу па се онда од те нове осе одмера на хоризонталама површина $m\,H^2\,mho^2$. Кроз подножну тачку нове осе повуцимо на ниже праву под 45^0 па ћемо и на вертикалама до те праве моћи одмерати површине $m\,H^2 - m\,ho^2$. Из темена параболо треба повући праве $\triangle = K\,F^1$ које нам на сваком месту дају додатак за косину терена. За конструкцију ових правих треба срачунати координате само за по једну тачку. Ове координате најбоље је срачунати за $\triangle$ max. А рачун се врши помоћу прве таблице.

На тај се начин добија диаграм из ког се помоћу самог шестара може за свако h и n одредити непосредно површина профила.

Код диаграма за усеке требало би праву под 45^0 измаћи паралелно ближе темену параболе за вредност 2g мерену на X оси. Али ћемо то обично морати занемарити јер се за преставлање површина узима мала размера, те се незнатна квадратура 2g која код норм. срп. држ. жељеѕница износи свега 0,3 m^2 изоставља.

Кад се конструјишу диаграми на овај начин, онда морамо да конструјишемо онолико парабола колико је разноликих падина код усека и насипа на дотичној деоници пута. Место тога могла би се применити већ показана анаморфоза обрасца по слици:6. Л. 2.

Из слике 7. Л. 2 имамо $H. = ho + h_1$; затим:

$$H = x_1\,(tg\;\alpha + tg\,\beta) = x_1\left(\frac{1}{m} + n\right)$$

$$и\;H = x_2\,(tg\alpha - tg\beta) = x_2\left(\frac{1}{m} - n\right)$$

Отуд $x_1 = \frac{m}{1+mn}\,H$ и $x_2 = \frac{m}{1-mn}$ и најзад

$$F_1 = \frac{x_1 + x_2}{2}\,H^2 = \frac{m}{1 - m^2\,n^2}\,H^2 = K\,.\,H^2$$

а површина профила $F = F_1 - F_0$.

Из обрасца за F_1 види се, да се образац претвара у еквацију праве, кад H^2 узмемо као линеарну промењиву т. ј. кад образац амаморифишемо. Зарад тога имамо да нацртамо једну параболу $y = H^2$ па се тад образац претвара у $F_1 = к.у$, а то је еквација праве.

Према томе имамо да нацртамо све саме праве.

За $m = m_1$ и $n = n_1\,n_2\,n_3$ . . . . .

$m = m_2$ „ $n = n_1\,n_2\,n_3$ . . . . .

$m = m_3$ „ $n = n_1\,n_2\,n_3$ . . . . .

Угаони сачиниоци правих рачунају се помоћу табице II.

Ми смо таква два диаграма нацртали у сл.14 Л.3 а с нарочитим изменама. Од површине троугла коју даје образац треба одузети сталне површине $Fo = m\,ho^2$. То је урађено као и код предходних диаграма. Али место да добиваће пресеке пројектујемо на X осу; ми смо праве $F = K\,F^1$ повлачили паралено из самих пресечних тачака. Диаграми овако конструјисани имају мање линија и подесније су за употребу. (в.сл 14 Л. 3)

При оваквом раду с диаграмима ми чинимо извесне грешке у срачунаване кубатуре, јер обрасци употребљени за рачунање површина не вреде за профиле у засецима. Али се код генералних пројеката ова нетачност занемарује, Доцније ћемо показати како се и о томе може водити рачун опет графичким путем

Кад је $n < 1{:}10$, онда се сматра као да је терен хоризонталан.

*

За цртање параболе и осталих коничних влакова, у опште најбоље је послужити се методом пројективне геометрије и то правилом:

Код два пројективна зрачна прамена у равни пресеци одговарајућих зракова леже на коничном влаку, а тако исто и реципрочно: код два пројективна низа тачака у равни, праве које спајају одговарајуће тачке једног и другог низа јесу тангенте коничног влака. Пројективитет праменова и низова одређен с пет елемената тако, да се може одредити шести зрак кад је дато пет зракова и да се може одредити шеста тачка кад је дато пет тачака. Или помоћу пет тачака коничног влака може се одредити шеста тачка, а помоћу пет тангената коничног влака шеста тангента.То се одређује наоснову особине пројективних праменова и низова: да се три пара зракова пројективних праменова пресецају у трима тачкама које леже на правој и да се праве које везују по три пара тачака пројективних низова пресецају у једној тачци. Поансонов и Брианшонов став.

Код ових парабола које ми имамо да конструишемо позната су нам четири елемената а пети можемо израчунати: координате једне једине тачке рецимо оне која одговара највећој висини насипа или највећој дубини усека.

Кад то учинимо онда имамо познато: дирку на темену параболе; осу параболе и једну тачку њену ван осе. Теме као додирна тачка преставља нам две узастопне тачке параболине јер се дирка може сматрати као тетива, код које су се обе пресечне тачке слиле уједно. Сама дирка је права која везује две узастопне тачке параболине. Оса параболина одређује нам такође две тачке јер у правцу осе има порабола у бескрајности бескрајно далеку тачку, на коју је повучена дирка паралена свакој правој у даној равни у коначности.

Обележимо обе тачке на темену са 1 и 2; тачку којој смо срачунали координанте и пренели их са 3; а оне тачке у бескрајности на оси параболиној са 4 и 5: па ће праве, које везују темена шестоугла уписаног у параболу, а који је постао пресеком одговарајућих зракова пројективна два прамена бити:

1,2 са 4,5 2,3 са 5,6 3,4 са 6,1

што даје пресечну тачку

I II III

Повуцимо из тачке 1 ма какав зрак 1,6 на коме хоћемо да одредимо шесту тачку параболину, па онда имамо 1,2 и 4,5 секу и у тачци I која лежи у бескрајности у правцу дирке јер је права 4,5 дирка у бескрајној даљини и по дефиницији бескрајних елемената у геометрији паралелна је свакој правој с којом се сече, јер су јој све таке у бескрајности. Праве 3,4 и 6,1 секу се у тачци III; права 3,4 пролази кроз тачку 3 и упоредна је с осом параболином на којој је тачка 4 у бескрајности. Овим двема тачкама одређена је права на којој се мора налазити и тачка II. Она пролази кроз нађену тачку III и упоредна је с дирком 1,2. У пресеку ове праве са зраком 2,3 добијамо тачку II кроз коју мора пролазити и зрак 56 који, зато што је тачка 5 на оси у бескрајности, мора бити упоредан с осом параболе. Он пресеца зрак 16 у тачци 6.

Из овога је сад лако извести шаблону за конструкцију.

На У оси треба пренети висине насипа: 1 2 3 4 5 6... метара или чак и 1 1,5 2 2,5 3 3,5.... метра кроз добивене тачке повући упоредне с осом и довести их до пресека с правом 3,4. Из тих пресечних тачака треба повлачити упоредне с У осом до пресека с хоризонталом кроз тачку 3. Ове пресеке везивати с теменом параболе (то су зраци 1—6; 1—6'; 1—6'' и т. д). Ови знаци пресецају поменуте паралелне у одговарајућим тачкама параболе.

Ова је конструкција најпростија и најтачнија и има ту добру особину да можемо одредити параболину тачку на којој год хоћемо хоризонтали (паралелној с X осом); т. ј. за коју год хоћемо дубину усека или висину насипа, можемо тачно одредити површину.

*

I Таблица срачунатих коефицијената:

$$k = \frac{m^2 n^2}{1 - m^2 n^2}$$

n	КОЕФИЦИЈЕНАТ: k							
	m = 2,0	m = 1³/₄	m = 1,5	m = 1,25	m = 1,00	m = 0,75	m = 0,5	m = 0,25
1:10	0,0416	0,0316	0,0230	0,0158	0,0101	0,006	0,0025	0,00060
1:9	0,0519	0,0390	0,0286	0,0196	0,0125	0,007	0,0031	0,00077
1:8	0,0666	0,053	0.0363	0,025	0,0159	0,009	0,0039	0,00097
1:7	0,0888	0,066	0,0482	0,0329	0,0208	0,011	0,0050	0,00127
1:6	0,1250	0,074	0,0667	0,045	0,0286	0,016	0,0070	0,00170
1:5,5	0,1520	0,112	0,0800	0,054	0,0340	0,019	0,0080	0,00200
1:5,00	0,1900	0,137	0,0989	0,0667	0,0417	0,023	0,0101	0,00250
1:4,75	0,2190	0,157	0,1107	0,074	0,0460	0,026	0,0110	0,00280
1:4,5	0,2460	0,178	1,1249	0,0835	0,0519	0,029	0,0125	0,0030
1:4,25	0,2840	0,204	0.1420	0,0947	0,0585	0,032	0,0140	0,0034
1:4	0,3333	0,236	0,1636	0,103	0,0667	0,036	0,0160	0,0039
1:3,75	0,4000	0,278	0,1920	0,1236	0,0765	0,042	0,0180	0,0044
1:3,50	0.4840	0,333	0,2249	0,1467	0,0888	0,045	0,0210	0,0051
1:3,25	0,6100	0,408	0,2706	0,1737	0,1046	0,056	0,0240	0,0059
1:3,00	0,8000	0,515	0,3330	0,2099	0,1250	0,066	0,0286	0,0070
1:2,9	0,9783	0,5727	0,364	0,228	0,134	0,0717	0,030	0,0074
1:2,8	1,0417	0,6412	0,402	0,248	0,146	0,0772	0 033	0,0080
1:2,7	1,2159	0,7241	0,446	0,273	0,159	0 0836	0,035	0,0086
1:2,6	1,4492	0,8309	0 499	0,301	0,173	0,0907	0,038	0,0093
1:2,5	1,7777	0,0608	0,562	0,333	0,190	0,1007	0,041	0,0101
1:2,4	2,2976	1,1353	0,641	0,372	0,210	0,1082	0,045	0,0109
1:2,3	3 1008	1 3299	0,740	0,419	0,233	0,1189	0,049	0,0119
1:2,2	4,8809	1,7223	0,869	0,477	0,260	0,1315	0,054	0,0131
1:2,1	9,7561	2,2723	1,043	0,548	0,293	0,1462	0,060	0,0143
1:2,0	∞	3,2666	1,286	0,641	0,333	0,1636	0,066	0,0159

II. ТАБЛИЦА КОЕФИЦИЈЕНАТА $k = m:1 - m^2 n^2$

За разне вредности m и n

n	КОЕФИЦИЈЕНТИ $k = m:1 - m^2 n^2$ за m = 2	m = 1,75	m = 1,50	m = 1,25	m = 1,00	m = 0,75	m = 0,50
1:10	2,083	1.803	1,535	1,269	1,010	0,754	0,501
1:9	2,104	1,817	1,543	1,275	1,013	0,755	0,502
1:8	2,133	1,837	1,555	1,282	1,015	0,757	0,502
1:7	2,177	1,862	1,571	1,290	1,021	0,758	0,503
1:6,5	2,183	1,886	1,585	1,298	1,024	0,760	0,503
1:6	2,250	1,912	1,600	1,306	1,028	0.761	0,504
1:5,5	2,343	1,948	1,621	1,318	1,034	0 763	0,505
1:5	2,381	2,003	1,649	1,333	1,041	0,767	0,505
1.4,75	2,431	2,024	1,666	1,343	1,046	0,769	0,506
1:4,50	2,491	2,061	1,687	1,354	1,052	0,771	0,506
1:4,25	2,568	2,107	1,713	1,368	1,059	0,774	0.507
1:4	2,666	2,164	1,745	1,385	1,066	0,777	0,508
1:3,75	2,795	2,237	1,785	1,406	1,076	0,780	0,509
1:3,50	2,969	2,333	1,836	1,433	1,089	0.786	0,510
1:3,25	3,219	2,464	1,905	1,468	1,104	0,792	0,512
1:3	3,600	2,652	2,000	1,512	1,125	0,800	0,514
1:2,9	3,814	2,752	2,046	1,535	1,135	0,803	0,515
1:2,8	4,083	2,876	2,104	1,562	1,146	0,807	0,516
1:2,7	4,431	3,068	2,170	1,592	1,159	0,812	0,518
1:2,6	4,900	3,199	2,247	1,627	1,173	0.818	0,519
1:2,5	5,550	3,434	2,343	1,666	1,190	0,824	0,521
1:2,4	6,543	3,744	2,461	1,715	1,210	0,830	0,523
1:2,3	8,210	4,298	2,610	1,775	1,233	0,839	0,525
1:2,2	11,523	4,891	2,804	1,846	1 260	0,848	0,527
1:2,1	21,512	5,727	3,064	1,935	1,293	0,859	0,530
1:2	∞	7,146	3,428	2,050	1,333	0,872	0,533
За усеке B	5,4 + 20,35 + 4,03.2 = = 8,5 m	8,2 m	7,9 m	7,6 m	7,3 m	7,0 m	6,7 m
За усеке ho	2,125 m	2,342 m	2,633 m	3,04 m	3,65 m	4,66 m	6,7 m
За усеке Fo	5,3 m^2	9,6 m^2	10,4 m^2	11,55 m^2	13,32 m^2	16,3 m^2	22,45 m^2
За насипе B	5,4 m	5,4 m	5,4 m	5,4 m	5,4 m	5,4 m	5,4 m
За насипе ho	1,35 m	1,52 m	1,8 m	2,16 m	2,7 m	3,6 m	5,4 m
За насипе Fo	3,64 m^2	4,1 m^2	4,86 m^2	5,83 m^2	7,29 m^2	9,72 m^2	14,58 m^2

Конструкција профила површина и профила маса.

Пре но што можемо графички да конструјишемо профил маса треба конструисати *профил површина*, испод уздужног профила трасе. И то треба радити узев трасу као основицу. Кад кроз сваки профил провучемо вертикалну и пренесемо градијенту трасе, онда можемо просто шестаром конструисати профил површина.

На уздужном профилу захватимо шестаром дуж између нивелте трасе и терена на дотичном профилу, која преставља дубину усека или висину насипа па њу одмеримо у дотичном диаграму за површине. Затим по дотичној хоризонтали идемо до пресека са параболом па одатле по вертикали до праве под 45⁰. Сад у шестар хватамо дуж од те праве па до праве △, која одговара попречном нагибу земљишта. Ову дуж, која нам у извесној размери представља квадратуру профила преноси у профил површине или целу или редуковану. Да бисмо то могли, треба код сваке групе профила у уздуж. пресеку уписати n. За мерење нагиба n служимо се нарочитим мерилом које се удешава према размаку изохипса на ситуацији. Такво мерило је у слици на листу 4. удешено за размеру 1 : 5000 и за изохипсе цртане на 5. m. висинског размака. — На тај се начин долази до профила површина који преставља *запремину* усека или насипа. — (Види слике на листу 4. и 5.)

Из овог профила конструише се *профил маса* овако:

Између два суседна профила захваћена површина преставља нам масу земље од једног до другог профила. Ова површина може да се престави дужином. Зарад тога ваља да буду сви профили на једнаком размаку па су површине сразмерне својим средњим висинама, између профила, које образују трапез. А ако су место трапеза троугли, онда половини висине њихове, дакле опет средњој висини. Ово све може опет да се изврши шестаром и лењиром. У шестар се захвати дуж која преставља површину првог профила, па се ова домери на линију другог профила, и сад се њихов збир ухвати у шестар па или цео или редукован пренесе на дотично место профила маса.

Редукција се врши помоћу слике удешене за редуковање слично сл. 9. и 10.

Ако између два профила има прелома у линијама терена, или линији градијенте; онда се ради опет приближно. Слика с преломима претвори се у трапезе простим повлачењем паралелних као у скици: (сл. 15.)

При преношењу запремина за конструкцију профила маса треба водити рачуна о растреситости земље и зато треба све насипе још редуковати у сразмери растреситости. — Слично горњем редукује се и ова запремина помоћу диаграма. Познато је, да раскопана земља заузме за 20 до 40% процената већу запремину но што је била првобитна. Међутим насипи израђени од тако раскопане земље врло се много слежу. Због тога се води рачун и о будућем слегању те се при извршењу насипи надвишују. Даје им се висина 10—12% већа но што је у пројекту те кад се слегну да заузму профил који је пројектован. Али и после тог главног слегања насута земља заузима више но некопана.

При склапању диаграма за редукцију површина треба водити рачун о овом последњем вишку који износи највише до 10%.

Тако добивен проф. маса подесан је за повлачење уравница и за испитивање које је потребно за одредбу најрационалнијег распореда.

Из профила или боље рећи диаграма маса треба избацити све масе које се не смеју употребити за насип или се имају употребити на други циљ као н. пр. камен за калдрму или зидање.

При цртању профила маса и проф. површина може се десити да у појединим профилима није земљиште једнолико, но да је н. пр. оздо стена а озго обична земља, као што је преставлено на слици: 16. Такве профиле треба нарочито цртати и срачунавати, па у рачуну одвојити једну врсту земљишта од друге. Ту је различан нагиб падина и растреситост. Ово важи нарочито за усеке као што се види из сл: 16.

У профилу маса имамо графички преглед не само количине земље но и даљине транспорта тако рећи за сваки кубни метар земље. Али се дешава, да се мора доносити земља са стране и да се односи на страну. Ако је депо паралелан са друмом или ров поред друма, онда се узима просечна даљина транспорта око 25 m. Али има случајева, где се земља депонује у какву вртачу подалеко од друма, или се доноси са извесног места ван друма. За тај случај треба конструисати линију довоза и одвоза. Како то бива види се из слике 11. где је у исти мах означено како треба поједине дужи преносити.

Код d' има да се носи само до G дакле поред d даље се нацрта dh = d'G. Код e' има да се транспортује друмом до d' па одатле до G зато се црта ei = e'd' + d'G. По истом принципу се конструишу даљине за све остале тачке. Место тога простије је да се из тачке d пренесе дуж dh на једну и другу страну па из крајње тачке лево повући вертикалну од h на више а из крајње тачке десно из h вертикалу на ниже па су одмах све дужи, све транспортне даљине на свом месту. То је урађено на Л. 5 и добивен је шрафиран полигон a b c C e f g.

Одредба попречног транспорта. Прелази из усека у насип на нагнутом земљишту.

Кад се срачунавање кубатуре земље врши по нацртаним попречним профилима, онда је лако из цртежа дотичног попречног профила издвојити површину усека од површине насипа и у извесној размери преносити их као дужи у диаграм за масе као што је то учињено у сл. 12. лист 3. Пренос ове земље из засека најјефтинији је и најбоље извршити попречно т. ј. земљом из засека насути насип у истом профилу а на тај начин лако је одредити одакле докле траје тај попречан транспорт.

Треба само симетрично пренети профиле над градијентом на ниже и оне што су испод ове на више до пресечних тачака Просечну даљину попреч. транспорта налазимо из попречних профила.

Разуме се по себи да и овде треба профил редуковати према коефициенту растреситости земљишта Али кад немамо нацртане попреч. профиле, но имамо само генерални пројект онда ћемо махом занемарити овај попречни транспорт. Но није искључена могућност да се и то узме у обзир на овај приближан начин.

На сваком прелазу срачунаћемо у уздуж. профилу оне висине ha и he при којима ивица планума таман пада у земљиште. Ово ће се урадити према дотичном попречном нагибу земљишта.

$$ha = \frac{n\ B}{2} = m.\ n.\ ho \text{ за насип и } Ha = ha + ho$$

$$he = \frac{n\ B_1}{2} = m_1\ n.\ ho \text{ за усек и } He = he + ho$$

Срачунаћемо и дотичне површине:

$$Fa = k\ Ha^2 - Fo \text{ за насип}$$

$$Fe = k\ He^2 - Fo \text{ за усек}$$

Затим ћемо ha и he пренети у уздужном профилу код дотичног прелаза и повући хоризонтале до пресека са земљиштем на уздуж. профилу. Тиме смо одредили место дотичних попречних профила те ћемо знати на ком месту профила површина треба пренети

Fa и Fe а у исти мах и размак профила где се врши попречан транспорт.

Затим се поступа као и у претходној слици. У горњој сл. 13. представљен је случај да се прво не води рачуна о рову с горње стране а затим да се о томе води рачуна. —

Диаграм за цене транспорта.

Као год што смо могли линеарно представити површине попречних профила и кубатуре земље исто тако можемо и цене транспорта, те да цео рад извршимо помоћу шестара и лењира.

Све формуле у којима је изложен однос између даљине и цене превоза линеарне су једначине и према томе диаграми таквих формула су праве линије а ове је врло лако конструисати. На слици представљене су линеарно формуле које је дао Göring у Hütte.

Ови су диаграми врло прегледни и врло се лако конструишу за све прилике. — Код савршенијих метода транспорта, цена је функција не само даљине већ и масе коју имамо да транспортујемо јер формула има облик:

$$K = a + bl + \frac{c}{M} \cdot l;$$

где су a, b и c коефициенти срачунати према искуству а M маса коју имамо да пренесемо. Ми би смо аналитичким путем имали да срачунавамо сразмерно врло много бројева за даљине рецимо од 10 на 10 метара а овако имамо да срачунамо само две цене, да бисмо могли одредити две тачке оне праве коју тај израз представља. — Кад се та престава изради још на милиметарској хартији тада можемо лако за сваку даљину преноса или да очитамо цену или да је у шестар захватимо као дуж. Хоризонталне линије у диаграму представљају минималне цене транспорта за дотичну методу.

Ови диаграми вреде за транспорт по хоризонтали и у паду а за случај да имамо да вршимо и транспорт уз брдо треба нацртати и диаграме за додатак цена које одговарају методи транспорта, висини пењања и размери успона.

Још и данас многи практичари развијају висину пењања у хоризонталну и то махом тако, што без обзира на успон множе дотичну висинску разлику са сталним бројем (Osthoff узима бр. 19). Ово не може бити тачно.

Трошкови у главном морају бити сразмерни размери отпора при вучи по успону и по хоризонтали. Ако је дакле w отпор по хоризонтали а s успон онда је w s отпор на успону. Дакле је вишак отпора $\frac{s}{w}$ и ако су k_1 трошкови транспорта по хоризонтали: $k_1 = a_1 + b_1 l$ онда је прираштај

$$z = \frac{s}{w} k_1 = \frac{a_1}{w} \cdot s + \frac{b_1}{w} l \cdot s = a_2 s + b_2 h \text{ jep je } l \cdot s = h.$$

У Göring даје ову таблиц података.

ТАБЛИЦА III.

ШТА?	обична колица I	Ручна двокол II	Коњска двокол. III	ПО ШИНАМА: људска снага IVa	коњска снага IVb	локомотива IVc
Отпорни коеф. w	$0{,}07 = \frac{1}{14}$	$0{,}04 = \frac{1}{25}$	$0{,}03 \quad \frac{1}{33}$	$0{,}008 = \frac{1}{125}$	0,008	0,008
Коеф. за трошкове вуче: a	5	12	14	2	4,5	6
b	0,2	0,08	0,028	0,02	0,008	0,002
l = у метрима	10—100	80—300	300—500	80—100	300—2000	за веће масе од 50000 m³
Најподеснија дужина пута за 1 m. издизања $n_1 = \frac{1}{s_1}$	18	20	25	60—80	60—80	
Највећа низбрдица где транспорт не поскупљује $s_0 = \frac{1}{n_0}$	$1/12$	$1/17$	$1/20$	$1/50$—$1/60$	$1/50$—$1/60$	
Најзгоднија дужина силажења за 1 m низбрдице $n_2 = \frac{1}{s_2}$	25	35	40	100—120	100—120	

Професор Launhardt на место графичких таблица за цене транспорта, место диаграма, склапа нарочиту општу транспортну таблицу, где су срачунате просечне цене транспорта на оним даљинама где престаје рентабилитет једне а настаје рентабилитет друге врсте транспорта. Те цене уписује у рубрике на нарочито справљеном пружнику, на ком су дистанције нацртане у истој размери у којој је цртан профил површина. У нарочитим рубрикама исписане су и цене за транспорт по успонима. И све те цене стоје непосредно уписане поред самих даљина.

Помоћу оваквог пружника с уписаним ценама транспорта тражи се најрационалнији распоред маса, по већ показаном принципу. Пружник је нацртан у Табл. IV.

Рад с диаграмима далеко је прегледнији и подеснији за избор методе који је за дотичне масе и даљине најбољи.

О самом избору методе за транспорт има детаљније у: Lang, Erdtransportkosten. Zeitschr. für Baukunde 1877 стр. 511.

Неколика правила за припрему распореда маса

1⁰) Треба најпре рад поделити на неколико деоница, које се несумњиво морају појавити. Тако на пример сигурно је да ће деоница бити ограничена каквим великим мостом, великим тунелом, виадуктом и т. д. јер је за израду таких објекта потребно много времена а пре њиховог довршења не може се транспорт вршити туда.

Има истина случајева, где се каква велика провалија или река премости привременом жељезницом на ужету као што је рађено при грађењу жељезнице Lage-Hammeln (в. Centrallblatt d. Bauverw. 1896. стр. 485) или се чак и тунел обиђе ако се то рентира те се на тај начин продужи деоница.

Кад се тако оделе природне деонице, онда се махом тежи да се на свакој изједначи количина усека и насипа. Но то се ретко кад може постићи. Махом ће бити делова које ћемо морати насипати са стране или делова које ћемо одасипати у страну; а изузетно може бити најјефтиније да се на једном месту депонира, а на другом доноси са стране.

У првом случају уравница која показује диспозицију пролази скроз, кроз целу деоницу: а у другом случају није рационално повући једну једину уравницу већ две и више и онда се главна деоница парча у више малих, транспортних секција које су међусобом одвојене или рововима за добијање земље за насипање трупа са стране или депонијама претекле земље.

2⁰) Треба за сваки део где вероватно може доћи ров са стране или депо израдити, анализу цене депоа и довоза са стране; т. ј. наћи количине а и е. —

Код детаљних пројеката то се мора тачно прорачунати а код претходних студија мора се само ценити.

Све усеке на траси морамо раскопати а за њих морамо извршити откуп земљишта па било да раскопану земљу преносимо у насипе дуж трасе или у депое поред ње. Зато ове цене: цена закупа земљишта за усеке дуж трасе и цена раскопавања не улазе у рачун при упоређењу које се врши при распоређивању земље. Али за оне делове насипа који се насипају са стране, мора да се уведе у рачун и откуп земљишта потребног за ров и цена за само раскопавање јер је ово обоје само вишак који се иначе, ако би земља из усека достигла не би морао утрошити. Слично се морају узети у рачун: и откуп земљишта дуж пруге за депо претекле земље из усека, и транспорт земље у депо.

За депо и за ровачу поред насипа гледаћемо увек да откупимо што јефтиније земљиште н. пр. окрајке њива и ливада које незгодно просеца пруга или какве прљуше у близини; или се може наћи у близини каква вртача и рупчага у коју би се могла депоновати земља што је из усека претекла или опет с друге стране могло би се наћи какво брдашце које треба скресати те би се могао том земљом насути насип за који немамо доста из усека или се не рентира транспорт због даљине.

Као што се види може у извесним приликама да отпадне или се знатно смањи откуп земљишта по цену даљег транспорта. У близини насељених места може ово да игра знатну улогу при избору распореда транспорта маса.

Код нас откуп земљишта изван села и вароши не игра велику улогу јер у најплоднијим крајевима Србије кошта хектар ziratne земље око 1200—2000 дин. дакле m^2 око 12 највише 20 пара дин.

Према свему досадањем пре него што се приступи распоређивању маса за транспорт треба припремити:

а) За земљу која се из усека пребацује у насипе: цене транспорта по даљини и висини пењања.

b) За депо дуже трасе: цену откупа земљишта G_z и цену преносу t, дакле $G_z + t = a$.

c) За роваче из којих се копа земља за насипе: цену откупа земљишта G_z цену раскопавања G_w и цену преноса земље t; дакле $G_z + G_w + t = e$.

И а и е могу бити на истом месту трасе променљиви. Ове променљиве цене треба графички цртати на тим местима као што је у слици, на Л. 6 у којој је одређено e_0 за најближе место, e_n за најудаљеније и неколико за разне даљине те се добила крива P_1 P_2. Њу сад прегледности ради преносимо од дотичних тачака профила масе те се добија линија P_1 P_3.

3⁰) При самој изради пројекта треба се трудити да се усеци тако распореде, како ће се из њих носити земља низ брдо, дакле пред прелазом преко долине треба гледати да се добије потребан усек за насипање.—

4⁰) Нарочито треба *избегавати високе насипе;* јер се они јако слежу и расплине те је услед тога потребно накнадно попуњавати и такви насипи доцније прогутају много више земље но што би по својим попречним профилима односно према идеалној кубатури при пројектовању било потребно.

Међутим усеци у доброј чврстој земљи могу и ако су знатно дубоки да се смање тиме што ће се можда моћи израдити с много стрменитијим падинама.

5⁰) Кад су таласи профила маса здраво развучени, онда су транспортне даљине велике и тада може бити питање да ли се може једном јединим уравницом постићи најрационалнији распоред маса или ће зато бити рационалније повући две или више уравница те поделити целу деоницу на неколико секција.

Тад би се имало овако поступити. Повукли би смо уравницу II. и испитали бисмо да ли је јефтиније пренети 1 m^3 земље на велику даљину T или би насупрот било јефтиније да се на једној страни депонира а на другој довезе са стране. Кад се то изрази парама онда се добија. $t < a + e$ или $t > a + e$ слично је и са I и III.

У парама изражено имамо ове односе за утврђивање распореда: $a_1 + e_1 = b_1$ $e_1 + a_1 = t$ $a_2 + e_2 - b_2$ где b_1 и b_2 значе цене транспорта на даљину B_1 B_2 а t цена транспорта на даљину T.

Али ако је t много мање но $a + e$ или другим речима кад линија II долази изнад линије I или достигне и линију III онда ће се моћи наћи једна уравница јер би отпале масе E_1 и A_2 и тад би условна једначина била:

$$a_1 + t + e_2 = b_1 + b_2$$

Отуд правило: Кад су таласи профила маса кратки онда се распоређивање маса постиже једном јединим уравницом. А кад су таласи дугачки, онда је већ сумњиво, да ли ће се најрационалнији распоред постићи једном уравницом и тад треба испитати да ли неће бити рационалније две или више.

Само се по себи разуме, да у рачуну може доћи наместо једног таласа и по два и више дакле могу доћи два или више b а тако исто и t и онда имамо посла са $\Sigma(b)$ и - (t) као у слици:

Услов: $e + b + a = t_1 + t_2$ $a_1 + t = a_2 + b$

Бива да општа уравница лежи изнад једног или више омањих таласа профила маса. То значи да деоница за транспорт прелази не само преко једног прелаза из насипа у усек него преко два три и т. д. Значи да би се транспорт на велику даљину могао вршити тек пошто се изврше споредни усеци и насипи. И овај споредан рад треба рационално распоредити и зато се повлачи уравница другог реда.

Условне једначине су:

1.) $a_1 + T = b_1 + a_2$

2.) $(e + a) + b_2 = t_1 + t_2$ или $T_1 < (e + a)$

2b.) $T_1 + b_2 = t_1 + t_2$

Уравницу другог реда повућићемо овако: Треба замислити за часак да се наместо транспорта на даљину T_1 има депо и довоз са стране па би тада била условна једначина:

$(e + a) + b_2 = t_1 + t_2$ или $(e + a) + \Sigma(b) = \Sigma(A)$ али је $T_1 < (e + a)$ јер иначе не би постојала општа једначина за главну уравницу; зато једначина која одређује уравницу другог реда RS гласи:

$$T_1 + b_2 = t_1 + t_2 \quad \text{или} \quad T_1 + \Sigma(b) = \Sigma(t)$$

Још нам остаје само да покажемо како се своди резултат добивеног распореда маса; т. ј. како се срачунава целокупно коштање земљаних радова. —

На профилу маса имамо не само масе но и све даљине на које се масе преносе. Кад сваку масу помножимо са даљином на коју се преноси, добијамо транспортни моменат. Збир ових момената даје целокупан моменат. Али се овакве суме могу преставити и производом из целокупне масе и просечне даљине. Аналитички израз за ово је

$$\int X . dm = M . X_0$$

$\int X . dm$ је површина A B C и кад се ова површина A B C претвори у троугао A_1 B C онда је његова површина

$$BC . \frac{A_1 C}{2} = M$$

А ово претварање је врло лако извршити графички или лењиром или нарочитим апаратима. Кад то урадимо и са друге стране добићемо троугао A_2 B C и даљину x'_0 Просечна даљина транспорта једнака је $X = x_0 + x'_0$.

Строго узев ми при оваквом раду чинимо грешку јер запремину прелазног дела усека и насипа престављамо у опште као површину троугла $Fa . n . \frac{1}{2}$ и $Fe . n . \frac{1}{2}$ а требало би узети: $\frac{1}{3} Fa . n$ и $\frac{1}{3} Fe . n$.— разлика између једне и друге запремине у опште је

$$(\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{3}) F . n = \frac{1}{6} F . n .$$

У првом случају ако тачке R. S вежемо правом линијом рачуна се као да је запремина $\frac{F . n}{4}$ а грешка износи свега $\frac{F . n}{12}$ мање но што је у ствари; а то је незнатно. —

Друга грешка коју смо учинили то је што смо при срачунавању Fa и Fe рачунали по формули $F = kh^2$ а то није тачно. Кад је дакле попречан нагиб земљишта велики, онда треба ha и he наћи на уздуж. профилу (в. сл. Л. 3) па онда на основу цртежа срачунавати површине Fa и Fe те да знамо колике су могућне грешке и да ли их смемо и можемо занемарити. —

Још је сад само питање, коју висинску разлику треба узети у рачун и који успон. Видели смо да се готово код свију начина израде усека транспорт земље у главном врши на плануму будућег усека и насипа и да према томе *треба висинску разлику* h *рачунати између тих тачака у којима тежишне линије пресецају планум*, а као транспортни успон треба рачунати успон самог планума. Једино код попречног транспорта бива друкчије, ту треба узети у рачун дотичне висинске разлике тежишта а успон тако исто престављен је размером пењања од једног до другог тежишта.

ТАБЛИЦА IV.

ПАДОВИ			УСПОНИ							Даљина транспорта
0.030	0.020	0.010	0.030	0.025	0.020	0.015	0.010	0.005	1 : ∞	
12	12	12	14	14	14	13	13	12	12	
15	15	15	20	19	18	17	17	16	16	
18	18	18	25	24	23	21	21	20	19	
21	21	21	29	28	27	25	24	23	22	
23	23	24	33	32	30	28	28	26	25	100
25	25	26	37	35	33	31	31	29	28	
27	27	28	41	38	36	34	34	32	30	
29	29	30	44	41	39	37	36	34	32	
31	31	32	47	44	42	40	38	36	34	
33	33	34	50	47	44	42	40	38	36	200
37	37	39	55	52	49	46	45	43	41	
40	41	42	60	57	53	50	48	46	44	300
43	44	45	65	61	57	54	51	49	47	
46	47	47	70	65	61	57	54	52	50	
49	50	49	73	68	64	59	56	54	52	
52	53	51	76	71	66	61	58	56	54	500
55	54	52	78	73	68	63	60	57	55	
57	55	53	80	75	69	65	62	58	56	
59	57	54	83	77	71	67	63	60	57	700
60	58	55	86	80	73	69	65	61	58	
62	59	56	89	82	75	71	66	62	59	900
63	60	57	92	85	78	72	67	63	60	
64	61	58	95	87	80	74	69	64	61	1100
65	62	59	98	90	82	76	70	65	62	
67	63	61	101	92	85	78	72	67	63	1300
68	64	62	104	95	87	80	73	68	64	
69	65	63	107	97	89	81	75	69	65	1500

Транспорт низ брдо рачуна се као по хоризонтали јер је мала разлика у трошковима до извесног нагиба. А кад нагиб пређе извесну меру онда чак и поскупљује. — Али ово поскупљивање наступа за врло стрме низбрдице које у пракси ретко долазе при транспорту земље. —

Пример:

На основи свега до сад изложеног израђен је на листу 4 и 5 један пример. Пример је нарочито комбинован тако, да се у њему јави што више разних случајева. Сем тога израђено је нивелисање маса за две варијанте на једној истој хоризонталној пројекцији трасе.

Израђен је распоред маса и за случај да се нивелета железничког трупа на једном делу спусти од $5\%_0$ на $10\%_0$. За то је нацртан и потребан уздужни профил и профил површина и диаграм маса.

Ово смо урадили да бисмо показали како нивелање и графичко рачунање маса може згодно да послужи и за избор нивелете. Слично се може радити и при избору варијанте по хоризонталној пројекцији. У примеру смо претпоставили да је на разним деоницама разнолико земљиште и да према томе треба насипима и усецима дати разне нагибе падина, услед чега се мењају код усека и горње ширине ровова. Разне врсте земље имају и различну растреситост. Коефицијент растреситости уведен је у рачун и одређен је не према растреситости скоро раскопане земље већ према растреситости која ће доцније стално остати. Рачунато је дакле, да ће се насипи и проширити и надвисити колико то захтева будуће слегање земље.

На цртежима су означени сви потребни податци те ће се читаоци, који проуче све што је до сад наведено, лако оријентисати.

Према резултатима за I случај имамо овај распоред маса:

Маса $M_1 = 26200\ m^3$ има да се донесе са стране из рова дуж пруге.

Маса $M_2 = 9000\ m^3$ има да се донесе из усека M_2; просечна даљина 155 m.

Маса $M_3 = 48600\ m^3$ има да се донесе из усека M_3; просечна даљина 270 m.

Маса M_4 - $15400\ m^3$ има да се донесе из усека M_4; просечна даљина 845 m,

Маса $M_5 = 32500$ ^{3} има да се донесе из усека M_5; просечна даљина 22 m.

Маса $M_6 = 30500\ m^3$ има да се донесе из усека M_6; просечна даљина 250 m

Маса $M_7 = 23200\ m^3$ има да се донесе из усека M_7; просечна даљина 110 m.

Маса $M_8 = 91200\ m$ има да се донесе са стране. Просечна даљина за овај пренос износи

$$X = \frac{52200 \cdot (250 + 325) + 39000\,(250 + 315)}{2 \cdot 91200} = 285\ m^2.$$

Из цртежа се види, да у I случају имамо четири транспортне секције; секцију AB; секцију Bg; секцију ga и секцију aD.

У првој секцији имамо уравницу II реда у у.

У другом случају имамо једну једину уравницу и овај распоред маса (почињемо с лева на десно): Масу од $16700\ m^3$ имамо да донесемо из роваче дуж пруге; Масу од $24900\ m^3$ имамо да пренесемо из усека №4 на просечну даљину 877 m. Масу од $9000\ m^3$ као и пре имамо да пренесемо из усека №2 на просечну даљину 155 m. Масу $48600\ m^3$ да пренесемо из усека №3 на просечну даљину 270 m. Масу од $22500\ m^3$ имамо да пренесемо из усека №5 на даљину од 235 m.; Масу од 5800 m^3 из усека №6 на даљину од 77 m. Масу од $31200\ m^3$ из усека №7 на даљину од 284 m. И најзад масу од $41500\ m^3$ из усека №8 на просечну даљину од 162 m.

И за овај случај је споредна уравница у у.

Према једној и другој диспозицији маса треба израдити предрачуне коштања па према њима извршити избор. А предрачуне је лако извршити кад су познате масе и просечне даљине транспорта. Модел једног таквог предрачуна саопштен је у Техн. Листу пређ. година.

Изравнавање количине земље насипа и усека.

Има врло много случајева у којима је корисно, да се количина земље тако изравна, да из усека добијемо таман онолико земље колико је потребно да се попуне насипи. У таквим случајевима нема потребе ни да се доноси земља из усека са стране ни да се земља из усека односи у страну. И у једном и у другом случају, т.ј. када се мора доносити земља са стране за насипање или односити из усека у страну, мора се за ту цељ закупити потребно земљиште. Истина и ово изравнавање није рационално, јер може бити цена транспорта изравнатог земљишта већа но трошкови око заузећа земљишта за депонирање.

Но у обичним приликама, за мање партије земљаних радова, врло је економно и рационално да се количина земље изједначи те да се земља из усека пренесе у суседне насипе. А сем тога, места, на којима су депои земље или она места из којих се копа земља дуж друма или железнице и сметња су, нарочито код друмова. Наслаге земље дуж друма још терете земљиште дуж усека где се обично и полажу те штетно утичу на стабилност косина. Ровови дуж трасе из којих је ваћена земља за насипање обично су такви да из њих не истиче вода. но се у њима задржава и може бити шкодљиво за друм и са статичког и здравственог гледишта, јер влага у опште квари све инжењерске грађевине. Зато ћемо овде показати метод Диранклеа за изравнавање земље. —

Када би смо радили по обичној методи, имали би смо да повучемо градијенту, да срачунамо кубатуру усека и насипа и да видимо разлику између насипања и усецања узимајући при томе у обзир растреситост земљишта. На завршетку рачунања показала би нам се разлика.

Или би било вишка у насипу или у усеку и ми би смо према томе имали да изменимо један део трасе па да на ново срачунамо променути део трасе, да на ново одредимо разлику кубатуре насипа и усека а да затим неколико пута овај рад понављамо, све док разлика не исчезне или постане тако мала да се може занемарити. Овај посао је не само дангубан но и досадан. С тога је оправдано да се нађе метод по коме ће се моћи у случају потребе одмах градијента тако удесити, да се изједначују количине насипа и усека. То ће бити ако линију N P (види слику) положимо тако, да су површине над њом подједнаке са површинама, испод ње. Т ј. ако површина трапеза N P G' A буде једнака збиру трапеза A B A' B' + + B C B' C' + ... или

$$\frac{a+b}{2} l + \frac{b+c}{2} l' + \frac{c+d}{2} l'' + \dots = S = HL$$

Из овога се израчунава

$$H = \frac{S}{L}$$

што преставља коту нивелете на половини дужи L. Овим је одређена тачка M као центар *компензације*: па како M не зависи од нагиба трасе значи, да кроз тако добивену тачку M можемо повлачити колико хоћемо линија N P све ће оне одговарати постављеном услову. Услов ће бити испуњен ако на место праве N P положимо кроз M испреламану линију N Q R P симетрично према M.

Тачка M дређује се врло лако и графички по методи Colignon-овој. —

Ако нам је A B C D E F G уздужни профил земљишта, онда нађимо средину између A B и B C у тачкама a b (в. слику) вежимо a са b и пресецимо т.ј. праву са управном R R' кроз половину A' C'. Тачку R сад треба везати са средином C дужи C D и пресећи управном Q Q' кроз Q' у средини између A' и D' и тако редом док се не добије тачка M.

Ово би било тачно решење кад би површине попречних профила биле сразмерне виснама насипа и дубинама усека. Али то није случај јер су површина функције другог ступња поменутих елемената Даље нагиби падина су код усека и насипа различни; попречни нагиб земљишта није сталан и најзад у усеку има с обе стране по један ров а код насипа обично нема или само с једне чтране. Услед тога су за истоветни нагиб земљишта површине усека за мале дубине веће но површине насипа за исте висине. А на против насипи веће висине имају већу површину попречног профила но усеци исто тако велике дубине. —

Ако замислимо да имамо друм ширине 10 m., у круни и са d означимо разлику између површине попречног профила у усеку и насипу, нaћићемо, да је та разлика равни нули за у = 0 где под у разумемо висину насипа или дубину усека. Разлика расте и положна је до у = 3 m. и ту достиже максимум а одатле опада и за у = 6,32 m. постаје равна нули.

Кад у пређе 6,32 m. разлика постаје негативна. Не водећи рачуна о растреситости земљишта, имаћемо дакле при истим разликама у коти терена и нивелети при хоризонталном терену. до 6,32 m. висине увек више у усеку но у насипу кад би смо изравнали земљу по горе описаној методи.

Услед тога треба градијенту подићи изнад нађеног центра компензације за извесну вредност и то за 0,25 m. ако су усеци дубоки око 3 m. а што су те дубине ближе нули или 6 m. треба то издизање узети све мање. —

Сем тога зависи још компензација и од тога какво је земљиште. Ако је земљиште стеновито, онда су косине усека врло стрме и тада површине попречних профила усека имају све мање вредности но површине насипа. С тога би требало нивелету спустити испод центра компензације само је тешко одредити за колико. Ту се мора више пута пробати и то у толико више што је израда усека скупа.

Ако се при срачунавању кубатуре у исти мах срачунава и површина заузетог земљишта онда се ове пробе могу знатно упростити.

Означимо са X количину за колико би требало поправити центар компензације и означимо са S површину заузетог земљишта усека коме нека је запремина У а са S означимо површину заузетог земљишта од насипа којима је целокупна запремина N онда ће бити разлика у кубатури У — N; а ако подигнемо нивелету за X онда ће бити нова разлика У — N — (S + S') X ова ће се разлика свести на нулу ако учинимо да буде

$$X = \frac{У - N}{S + S'}$$

При томе није вођено рачуна о растреситости земљишта. Кад се и ово узме у обзир онда треба X у неколико повећати. То ће се моћи учинити ако у место У и S уведемо вредности: αУ и αS где је α = коефицијенту растреситости. —

Ј. Стефановић.

ИЗ ДОМАЋЕ РАДИНОСТИ и ИНДУСТРИЈЕ

ЈЕДАН СРПСКИ СТРУГ

Готово све дрводељске и тесачке послове, који се јављају у кући наших сељака врше они сами тако, да ретко што шта дају нарочитом занатлији. Наш сељак спрема сам готово све што му треба од дрвенарије; он израђује све дрвене делове за пољске алате, он спрема себи судове за пића, израђује чаброве, каце, бурад и вучије; он деље свирале, преслице, лопате, виле и рогуље; он теше и спрема све дрвене делове за ралице, плугове, дрљаче, саонице и кола, па даје занатлији да му догради и окује гвозденим деловима; он сам спрема дрвену грађу, греде, балване, талпе и даске за ограде, куће, воденице и вајате; он гради све своје дрвене ствари сам служећи се при том махом простим алатима. Цео се његов алат састоји из: секире, брадве, ножа, просека, тесла, сврдла, тестере, а по кад што у тај алат улазе још и рендета, бургије и пиле.

За живота српских задруга, тада, када су се могли поједини њени чланови издвајати и занимати израдом само појединих кућевних потреба, свака је задруга имала међу својим члановима по кога доброга дрводељу, који је спремао и израђивао све што је потребно од дрвенарије. Такав се дрводеља издвајао и готово искључиво радио само дрводељске послове за своју задругу.

Било је и таквих, који су тако радећи стекли добру спрему, па се извештили и постали нека врста вештака за целу околину.* Они су се одавали томе послу и подмиривали потребе целе своје околине, те су тако постали као нека врста занатлија.

Овако занатлијство развијено постепено из домаће или кућевне производње постоји код дрводељских израда и данас у народу и оно се знатно разликује од правога нашега занатлијства, које нема корена у кућевној, домаћој индустрији нашега народа, о чему ће бити говора другом приликом.

Тако су постајали и постоје вештаци и дрводеље за читаву своју околину, те су ови специјално израђивали поједине послове за целе крајеве, у којима су живели. И сад ћете наћи појединих сељака који за целу своју околину па и за читаве крајеве граде бране, уставе и воденице, израђују совре, лопаре, разбоје, мотовила, чекрке, па и прозоре и врата за куће, стаје и вајате.

У таку врсту вештака и занатлија долазе и *стругари*, о чијим ћу радовима сад да изнесем неке податке. Главни је њихов алат *струг* и *стругика*

Стругом мазивају они једну своју опрему (Drehbank, le tour) на којој они утврде дрво тако, да се може обртати, па притерујући уз њега *стругику* (нарочити нож) стружу дрво и праве од њега разне ствари, које имају облик (ротационих) обртних тела.

Стругари на своме стругу помоћу стругике израђују од дрвета: тањире, зделе, зделице, заструге, туцалице и тучкове, вретена, калемове, сланице и чутуре (буклије).

Ови стругари не раде на једном месту; њихов је струг удешен тако, да га могу лако премештати с места на место. Управо, стругар носи само неколико гвоздених (односно челичних) делова свога струга у својој торби, а уз то још по који сврдао, секиру и тесло (кесер), па брзо направи себи струг онде, где мисли да ради. Овим се послом обично баве Срби из јужног дела Србије, који се разиђу у печалбу као дунђери, дрводеље, стругари и надничари за пољске радове, а на исто таквом стругу раде и наши Цигани коритари и вретенари.

Овде ћу да опишем један струг какав сам видео код једнога Србина чутураша, који је дошао из околине Прокупља, па је радио у околини Страгара (крагујевачки округ), те се доцније ту и настанио стално и израђивао зделе, ставе, заструге и чутуре за целу околину, па их доносио чак и на крагујевачки трг.

Да бих дао што тачнији опис овога струга испричаћу прво: Како стругар прави себи струг?

Кад изабере место где мисли радити, обично испод разгранате круне каквога дрвета, где ће имати што дуже хладовине и бити заклоњен од сунчане припеке стругар истеше што равније две *соје*, једну дужу а (сл. 1.) и једну краћу b; зашиљи по један њихов крај, па их побије што чвршће у земљу. За тим истеше и што равније одеље две *пречаге* сс, које прикује дрвеним или гвозденим клинцима за соје тако, да су што је могуће више хоризонатније. Сад издеље две главе dd_1, чији су *вратови* удешени тако, да могу клизити између пречага, на вратовима се налазе *просеци*, у које се умећу *клинови* ее; кад се клинови ударцем угнају у просеке, онда се главе dd_1 притегну уз пречаге сс и тако утврде на пречагама онде где је потребно. Глава d обично је стална — непомична, док се глава d_1 помера по пречагама и утврђује на разним местима према дужини предмета, који се струже.

Кад је ово готово, онда се ижљеби у дужој соји а једна јама, у којој се углави гвоздена или челична *плочица* i, која је у среди *купасто набушена*, па

* Знао сам једнога таквог вештака из Груже, који је у целом крају подизао воденице са обичним воденим воденичним колом, па је правио и стружнице и воденице на прекајама. Тај се искључиво тим послом занимао, био је врло вешт и довитљив за ове послове, па је и целој околини био познат под именом „домишљан“; доцније је сам дао да му се на шајкачи извезе то име, те је тако носио тај натпис с поносом као неку своју фирму.

служи као ослонац *вретену* m, на чијем је призматичном делу натакнут *калем* k. (Сл. 2). Један крај вретена m купасто је завршен и он се ослања о плочицу i заилазећи у купасто набушење плочице; средњи део овога вретена на који се натиче калем k квадратног је попречног пресека, и он прелази у *обли врат* вретена, који улази у *лежиште* o. Други крај вретена зубасто је завршен те образује *канџе* w за утврђивање дрвета при стругању.

Пошто се углави плочица i, навуче се калем k на вретено (сл. 1.); купасти крај вретена завуче се у купасто набушење плочице i, па пошто се дотера и утврди глава d тако, да њена средина по могућству дође испод облог врата вретена m обухвати се врат вретена лежиштем o и ударцима озго утера се шиљати крај лежишта у теме непокретне главе d. Сад се још у покретну главу d_1 забије *криви шиљак* s тако, да буде у истој висини и правцу са *канџама* w на вретену m те да се између њега и канџа може да утврди дрво, које се обрће и струже.

На тај је начин струг у главноме готов, само му још треба израдити опрему којом се покреће.

Она је врло проста. У извесном остојању забије се што чвршће *ракљаста соја* R; још боље је, ако се нађе згодна ракља на дрвету испод кога је намештен цео струг. Сад се осече каква права, чиста и што је могуће еластичнија брестова или јасенова мотка, те се од ње направи *кретаљка* P, утврђујући један њен крај за земљу помоћу *квачке* f пребаци се преко ракље R, те се за њен други (обично тањи) крај завеже *врвца* t, притврђујући је једном пијавицом. Врвцом се обвије калем k, па се други њен крај, затежући кретаљку веже за *подношку* n. Да се не би подношка измицала и њен је други крај такође обухваћен једном *квачком* g, која је забијена у земљу. Кад се сад ногом притисне и притегне к земљи подношка n, обавијена врвца обрне калем k, а с њим и целу осовину m заједно са предметом који се обрађује, а који је углављен између канџе w и шиљка s. Чим се нога подигне и подношка n ослободи, одмах се и савијени крај еластичне кретаљке поправи, па за собом повуче и врвцу, која опет окрене у супротном смислу калем заједно са осовином m и предметом који се обрађује.

Ако се сад притера (нож) *стругша* уз дрво (предмет) углављено између канџа и шиљка, онда ће се моћи дрво стругати, при чему се оно може обрадити тако, да добије облик разних ротационих тела. Ако се жели, да се обрада не врши по целој огртачној површини, но да у границама између две изводнице остане необрађена површина, онда се испод подношке n удари један *колац* q, који ограничава покретање подношке, а са тим ограничењем ограничава и обртање осовине m и предмета који се обрађује, те се обрада врши само донекле, колико је кад потребно.

Како се овде предмет који се обрађује креће у оба правца, то се и (ножеви) *стругше* морају правити тако, да секу (стружу) у оба правца — због тога су стругше *двосезе*, што се види из попречног пресека стругше на слици 3. и 4.

Стружака има разних величина, али у главноме *по облику* се могу поделити на две врсте: на *обичну* или т. з. *праву стругшу* сл. 3. и на *криву стругшу*, која се још зове и *дубачком* сл. 4. Њима стругар струже дрво на своме стругу израђујући све предмете, који су већ напред поменути.

Као што се и алат стругарев дели у главноме на двоје, тако су исто и послови који се тим алатима врше двојаки. Стругар обрађује дрво на стругу или *споља — он га струже* — или га обрађује *изнутра — дуби га.*

Спољашност својих израђевина обрађује стругар обичном или правом стругшом, а унутрашњост кривом стругшом — дубачком.

Далеко би ме одвело као бих хтео да опишем посебице израду свију производа стругарских на овом простом стругу, али, да би се ипак разумело какви се све послови могу вршити на овоме стругу узећу да опишем израду једнога најсложенијега предмета ове производње, за чију израду треба доста стругарске вештине, па да се изради тачно и лепо на овоме простоме стругу, а то је израда чутура.

Израда чутура (буклија) спада у најтеже израде ове врсте и при изради чутура јављају се све врсте радова, које се у опште и могу вршити на овоме стругу, па сам због тога и узео да опишем ову израду.

За израду чутура највише се употребљава јаворовина, она је на згодније дрво за израду чутура, јер се даје лепо обрађивати, у свима је правцима приближно подједнако тврдо дрво, при сушењу подједнако се скупља у свима правцима, а то су све услови које треба да има дрво од кога се граде чутуре. Али чутуре се праве још и од млеча, па и од буковине (простије чутуре).

За израду чутура узима се сирово дрво, једно због тога, што га је лакше обрађивати, а друго и стога, што је потребно, да се чутура суши већ као израђена, издубљена и избушена, па да може да стегне свој *притварач* на *трбуху*, о чему ће бити објашњења мало ниже.

Кад се изабере дрво за израду чутура (не сме имати чворова) оно се прво брадвом отеше толико и тако, да остане што је могуће мање за обраду на стругу. Кад се тако припреми дрво, онда се оно набије на канџе w вретена m, па се покретна глава d_1 дотера и лаким ударцима по њој забије шиљак s у дрво спремљено за обраду, угонећи клин e у просек притегне се и утврди глава d_1 за пречаге cc. У *пијавице* rr увуку се *куке* z и уз њих прислони *наслон* за стругше. Све се то удеси тако, да дрво при обртању не закачиње ни за што.

Кад се сад притисне ногом на подношку n, онда се калем k повучен врвцом заједно са осовином m и дрветом спремним и намештеним за обраду, обрће; пусти ли се подношка, онда се кретаљка P исправља, повлачи врвцу t за собом и обрће калем, осовину и дрво у обрнутом смислу. Ако се сад једна права стругка ослони на наслон и притера ка дрвету, онда ће она засецати и стругати дрво на махове час једним час другим резом, дајући дрвету облик ротационог тела при чему се прави доста велика ларма налик на хркање човека у сну[2]).

На тај се начин правом стругком изврши обрада с поља у опште, па тако се и чутура обрађује с поља, при чему се обрађује само онај део, који образује чутурин *трбух* или *трбушину* (11, 22, слика 5.) Бокови 1 1 обрађују се тек после, пошто се за њихову обраду предходно припреми струг, а ево и због чега.

Од дела 1 1 који је остао необрађен треба да да остане горе један део за израду чутурина *врата и главе*, а доле други део за израду *ножица;* према томе при даљем стругању обрада мора обухватити само један лук, један део круга, а то се удеси овако. Забијајући колац q више или мање удеси се, да се подношка n креће само онолико, колико је потребно и нужно те да се дрво које се обрађује окрене толико, да се обраде бокови, а да делови a и b (сл. 5.) остану за израду главе и ножица.

Са оваквим ограниченим окретањем изради се прво један (33) па онда други бок (44.)

Сад се већ у пола израђено дрво намести на струг тако, да канџе вретена m и шиљак s стегну дрво у правцу који је на слици 5. означен стрелицама па се онда оструже и начини глава чутурина; ручним ножем издељу се још и ножице од остављеног необрађеног дела дрвета и чутура је готова споља.

Сад треба још израдити чутурину шупљину и ево како се то ради. Чутура се утврди на стругу онако како је то нацртано на слици 1., па се узме крива стругка — дубачка, прислони се уз главу d_1 и почне да буши кроз трбушину, дубећи све више и више, док се не изради шупљина, као што је на слици означено. Отвор на трбушини; кроз који је вршено бушење чутуре, купасто је *опточен*, да би се чутурина трбушина могла херметички затворити нарочитим поклопцем — *притварачем*. Овај се притварач ради на послетку, пошто се кроз главу и врат проврти рупа скроз обичним сврдлом, па се горњи део прошири дебљим сврдлом и ножем.

После овога се одсече онај део у средини, где је при бушењу и обради притискивао шиљак s, па се онда приступи затварању чутурине трбушине.

За ту сврху изради се од тврдог, чврстог и сувог — нарочито сушеног — дрвета поклопац са коничним обимом тако, да тачно и само под притиском наилази у рупу. Тај се поклопац угура силом у коничан прорез на чутурином трбуху и тако затвори чутура. Чутура је израђена од сировог дрвета, унутра је издубљена, те се име прилично отклања прскање при сушењу и скупљању дрвета, али, та особина скупљања дрвета пр. сушењу употребљена је згодно, на то да се изврши затварање чутурина трбуха. Сирови зидови чутурини више се скупљају од сувога притварача (поклопца), те на тај начин притегну уметнути поклопац још јаче тако да на месту где долази притварач (поклопац) не пропушта и не одише чутура.

За сваку се чутуру сад спреми и *затварач* (*заклопац*), који као капа заклапа отвор на чутуриној главици, при чему се опет додирне површине израде купасто, да би затварање било потпуније, па кад се и то сврши чутура је готова. Остави се само неко време, да се осуши обично на месту, где има промаје, али где је заклоњено од сунца и сунчане припеке. После извесног времена чутура се може употребити као исправна, и обично се проба тиме, што се у њу дуне, па ако нигде не издише сматра се да је добра. Још боље је, да се пре усипања течности у чутуру успе добро загрејан восак, да се при томе окрене неколико пута, па да восак захвати и превуче целу чутуру изнутра танким слојем; врели се восак изручи одмах после тога и чутура је спремна. Често се чутуре споља шарају бојом или резаријама, па се снабду згодним сарачлуком и кајишима за ношење, а често се превлаче још и добро уштављеном телећом кожом те тако добију још лепши спољни облик.

Кад се зна како се на овом српском стругу израђује један тако сложен предмет као што је чутура онда ће се лако моћи разумети, како се израђују простије ствари као што су вретена, калемови, туцалице и тучкови, тањири, зделе и заструзи, па због тога мислим, да није потребан даљи опис разних израда на овоме српскоме стругу.

Још мало чутураша обрће и ради на оваквим струговима и ко зна, можда ће се кроз коју деценију потпуно и изгубити овај занат, који је потекао из домаће производње, па сам због тога и узео да га забележим и објавим, те да дам неколико приложака за српску техничку терминологију; а сем тога желео сам, да остане познато српском техничару како се израђује суд, чијим се добрим особинама: издржљивости при транспорту и рђавом спровођењу топлоте, често имало да захвали за добро расположење, које је по кад кад наступало после трудног, заморног и тешког посла на терену.

1908.
у Обилићеву.

Ж. Димитријевић.

---

[2]) Овај прекид у стругању, стругање на махове час на једну час на другу страну и фркање које се при томе јавља упоредио је народ згодно са хркањем у сну, јер за човека, који јако хрче у сну вели: хрче као да чутуре струже или: чује се хркање, као да дванаест чутураша стружу; из чега се може извести, да су послови ове врсте били јаче заступљени и више познати.

Грађа за српску техничку терминологију.

Позив за прикупљање српских техничких термина.

У првој свесци Српског Техничког Листа за годину 1890. одштампан је следећи позив за прикупљање српских техничких термина:

„У свима наукама је терминологија од великог значаја. Јер од тога да ли су термини, којима се служимо за означавање појава и предмета, подесно изабрати, зависи у многоме и тачно разумевање нашега говора и писања. —

У нас све науке мање или више кубуре са подесним српским терминима. А колико су техничке науке сиромашне у српским терминима, најбоље знају и осећају они, који су принуђени да техничке термине у говору или писању често употребљавају.

Да би дакле створили једнообразну српску техничку терминологију, ми отварамо у нашем Листу под горњим насловом сталну рубрику, у којој ћемо доносити све посрбљене техничке термине, које нам наши читаоци пошљу. Тога ради молимо све наше читаоце, да не пожале труда, него да прибележе и нами пошљу сваки технички израз, који било у народу чују, било да сами као подесан сматрају. Уз сваки израз нека се у загради стави назив на коме од страних језика, а ако устреба нека се и описно, речима и сликама објасни.“ —

Овоме позиву у прво време читаоци и сарадници Српског Техничког Листа поклонили су прилично пажње, те је за првих шест година прикупљено и објављено око 1.500 термина из разних грана технике. На прикупљању термина и стварању нових подесних техничких израза нарочито су с великим заузимањем радили пок. М. Марковић и Т. Селесковић. Господин Св. Недељковић покушао је пак год. 1895 да да потпуну машинску терминологију.

Данас у деветнаестој години излажења нашега Листа ми свакојако са српском техничком терминологијом стојимо много боље. Предавања професора на техничком факултету, службена издања правилника, условника ит.д. од стране Министарства Грађевина и Железничке Дирекције, а нарочито многобројне и разноврсне техничке расправе и чланци објављени за осамнаест година у нашем Листу пружају нам доста грађе за српску техничку терминологију, али све то још није довољно за састављање и издавање једног потпуног српског техничког речника.

Стога и сматрамо за потребно да у стручном делу нашег Листа поново отворимо рубрику за прикупљање српских техничких израза и молимо све наше читаоце да нас у овом послу потпомогну. И у самом новоме Уставу нашега Удружења истакнута је потреба прикупљања градива за српску техничку терминологију.

Све добивене прилоге објављиваћемо на овоме месту, стараћемо се да писце техничких чланака придобијамо за употребу згодних, једнообразних техничких израза нарочито оних који су се већ одомаћили и најзад побринућемо се да се сви они изрази који се могу сматрати као утврђени почну исписивати по азбучном реду на нарочите листове у књижници Удружења те да се на тај начин почне озбиљније радити на прикупљању грађе за један дефинитиван српски технички речник.

Уредништво.

Прилози

Термини употребљени при канализацији Београда.

Ниже наведени термини употребљени су при извршењу канализације Београда. Они у главном представљају и све техничке изразе, који у опште могу доћи при говору или писању о канализацији.

Термини су објашњени немачким, а већина од њих још и енглеским, француским и италијанским изразима.

1.) **Аутоматски испирач;** Selbstspüler, Selbsttätige Spülthür.

2.) **Висина успора;** Stauhöhe; height of swell; hauteur de remou; altezza del rigurgito.

3.) **Водени затварач** (затвор); Wasserverschluss; water-closet; clôture a eau; chiussura idraulica.

4,) **Дренажа** (исушивање); Drainage, Drainirung; draining, drainage; drainage; fognatura.

5.) **Заклопац;** Schachtdeckel; cover; couvercle, coperchio.

6.) **Заптивање;** Dichtung; packing, leatring; garniture; guarnizione.

7.) **Затварач;** Schieber; slider, slide-valve; tiroir, curseur; cassetto, cursore.

8.) **Земљана цев;** Thonrohr; clay pipe, clay tube; tuyau en argile; tubo in argila.

9.) **Изливник;** Hauptauslasskanal; principal outlet;

10.) **Изливна цев;** Ausmündungsrohr, Auslauf rohr; discharge-tube; tuyau de décharge; tubo di scarico.

11.) **Испуст;** Nothauslass; storm-overflow, outlet.

12.) **Каменаста цев;** Steinzeugrohr; — tuyau de grès.

13.) **Канал;** Kanal; sewer, canal, channel; egout, canal; canale.

14.) **Канализација;** Kanalisation, Kanalisirung; sewerage, canalisation; assainisement, canalisation; canalizzatione.

15.) **Каскада** (водопад); Kaskade (Wassersturz); cascade; cascade; cascata.

16.) **Корито за дно;** Sohlschale.

17.) **Кровни олук;** Dachrinne; goutter, goutiére; grondaia.

18.) **Метеорска вода** (кишница); Regenwasser, Niederschlagswasser; rain-water; eau de pluie; acqua piovana

19.) **Наглавак;** Muffe; coupling-box; manchon; manicotto.

20.) **Нечиста вода;** Abwasser; Brauchwaser; sewage; eaux d'égout; eaux eusées, —

21.) **Обод;** Flansche; flange; bride; flangia, briglia.

22.) **Одмориште, одморник;** Ruhekammer; settled room; chambre de repos; camera di riposo.

23.) **Окно;** Schacht; shaft; puits.

24.) **Окно за снег;** Schneeschacht; snow-shaft; puits à neige.

25.) **Олучна цев;** Abfallrohr; waste pipe.

26.) **Пењалица;** Steigeisen.

27.) **Пљусак;** Regenguss, Sturzregen.

28.) **Побочни канал;** Seitenkanal; lateral canal; canal lateral; canale laterale.

29.) **Прелив;** Ueberfall, Ueberlauf; overfall, waste-weir; deversoire; traversa a stra azzo.

30.) **Рачва;** Abzweigrohr, Zweigrohr; branch-pipe; tuyau d' e branchement; tubo di diramazione.

31.) **Силаз;** Einsteigschacht; shaft; puits.

32.) **Сифон;** Siphon. Dücker; siphon; siphon; sifone.

33.) **Скупљач;** Sammler, Abfangkanal; collecting canal; collecteur; colletore.

34.) **Слив;** Entwässerungsgebiet, Gebiet.

35.) **Сливник;** Einlauf, Sinkkasten; gully (inlet).

36.) **Спој** (веза); Anschluss; joining; jonction, raccordement; raccordo, congiuncione.

37.) **Таложник за лој.** Fettfang.

38.) **Таложник за песак;** Sandfang.

39.) **Успор;** Anfstau; swell; remou; rigurgito.

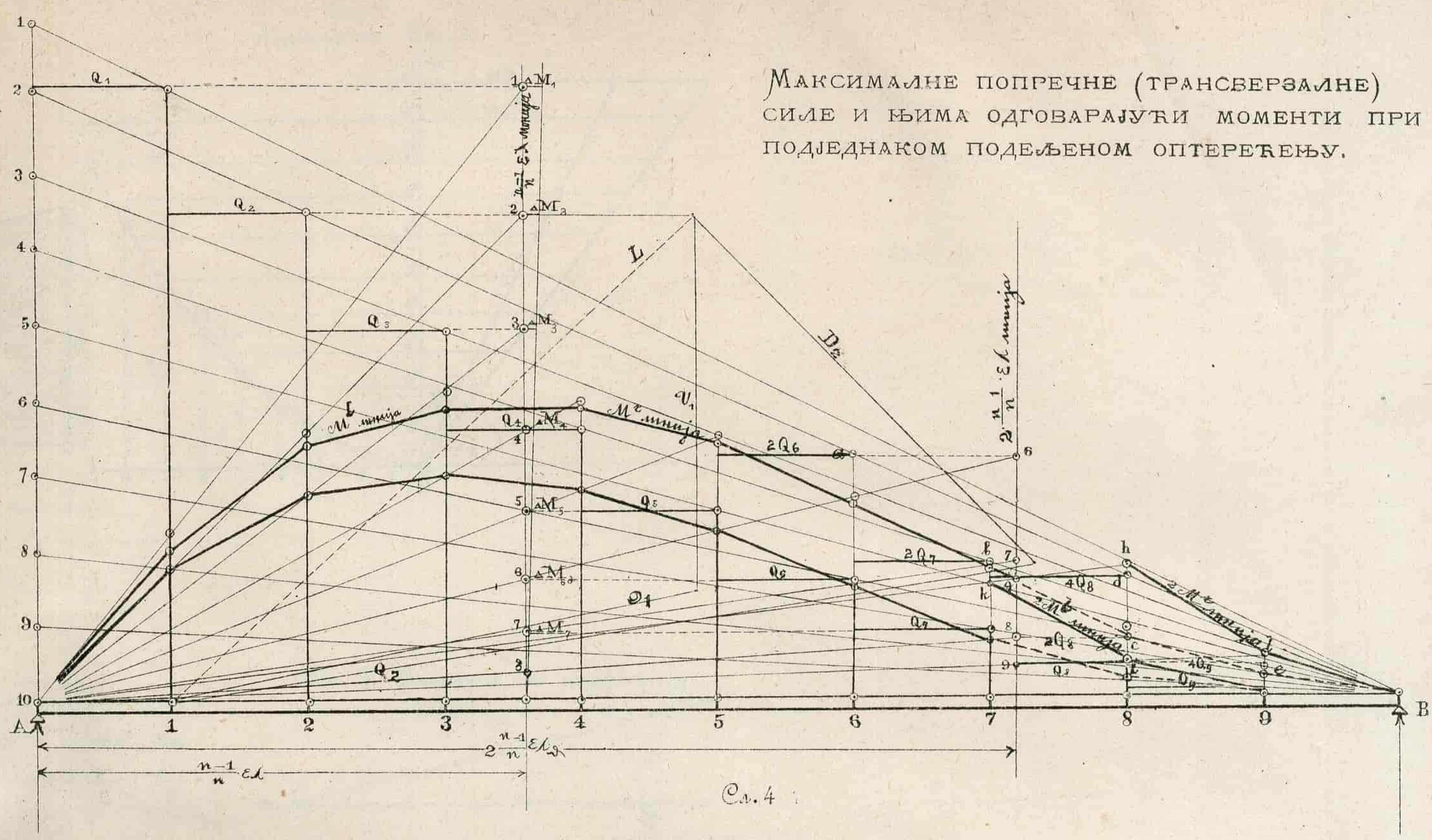
40.) **Устава за испирање;** Spülthur, Spülschieber; pusher.

41.) **Црпка;** Pumpe; pump; pompe; pompa.

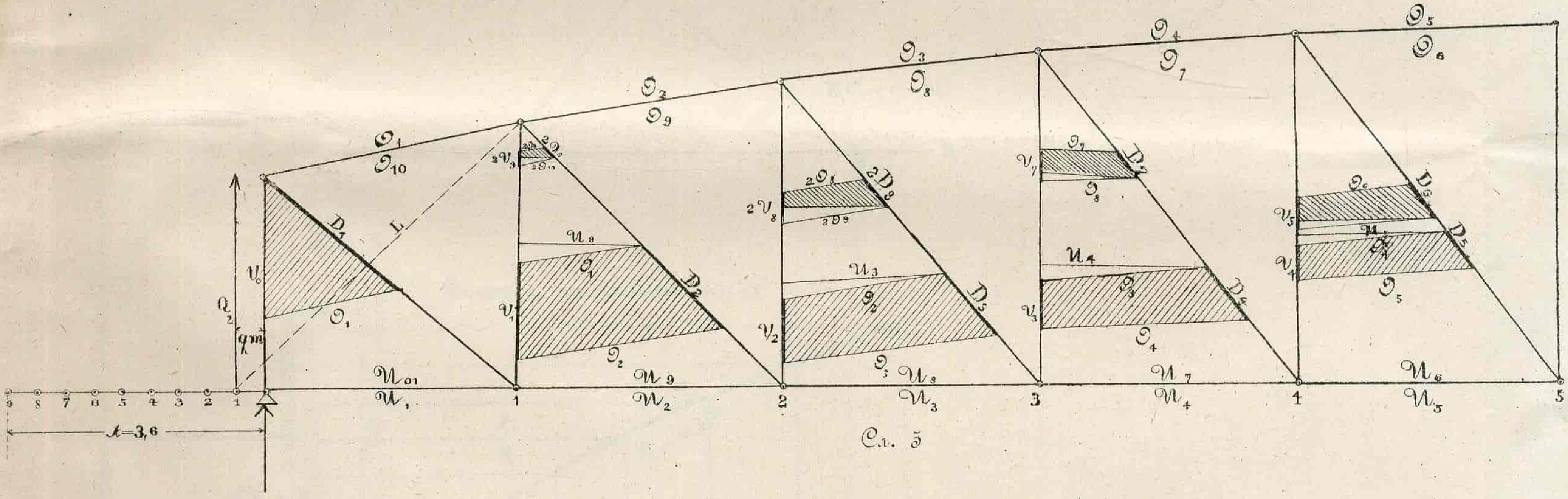
Саопштио

Душан Божић
инж.

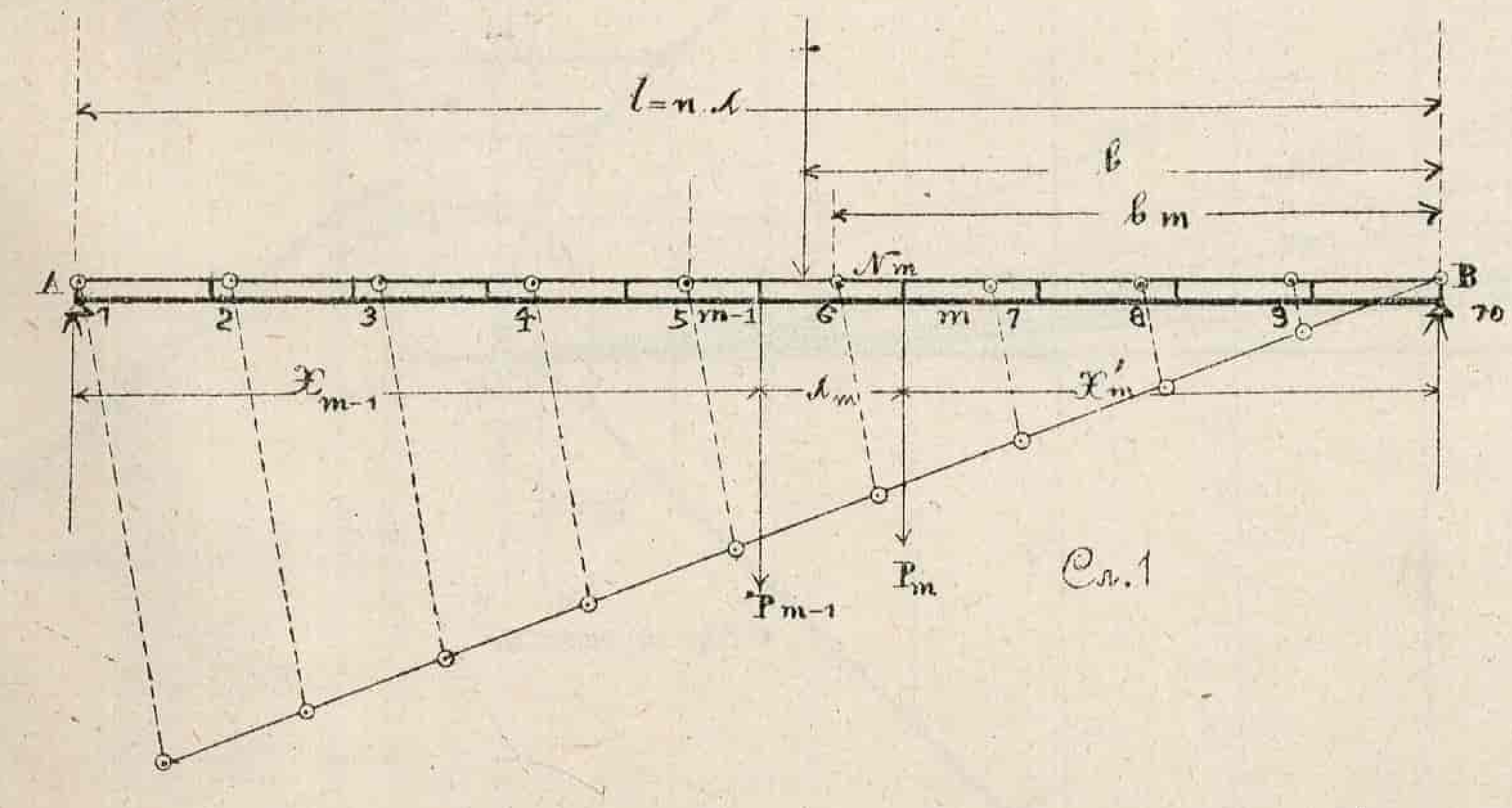
Максималне попречне (трансверзалне) силе и њима одговарајући моменти при подједнаком подељеном оптерећењу.



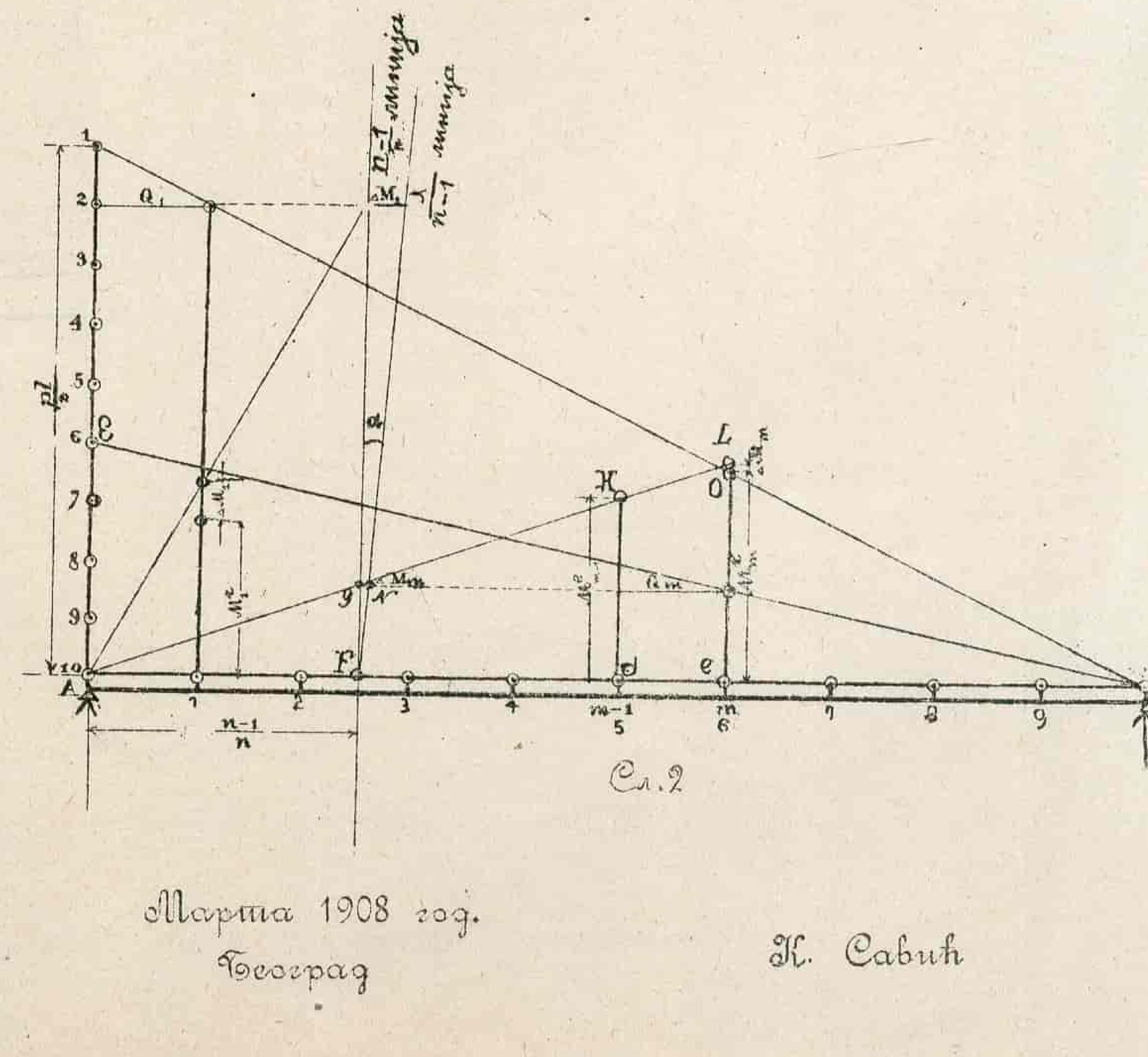
Сл. 4



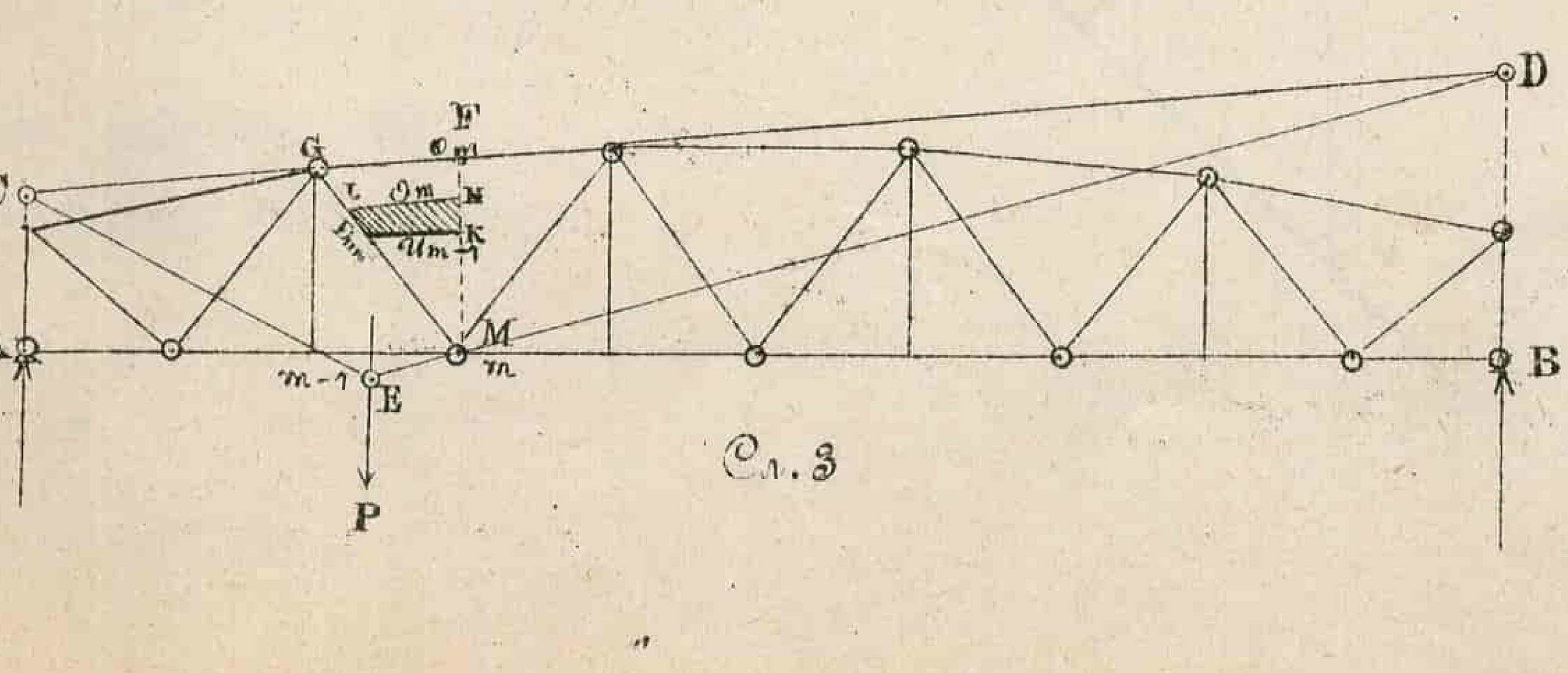
Сл. 5



Сл. 1



Сл. 2

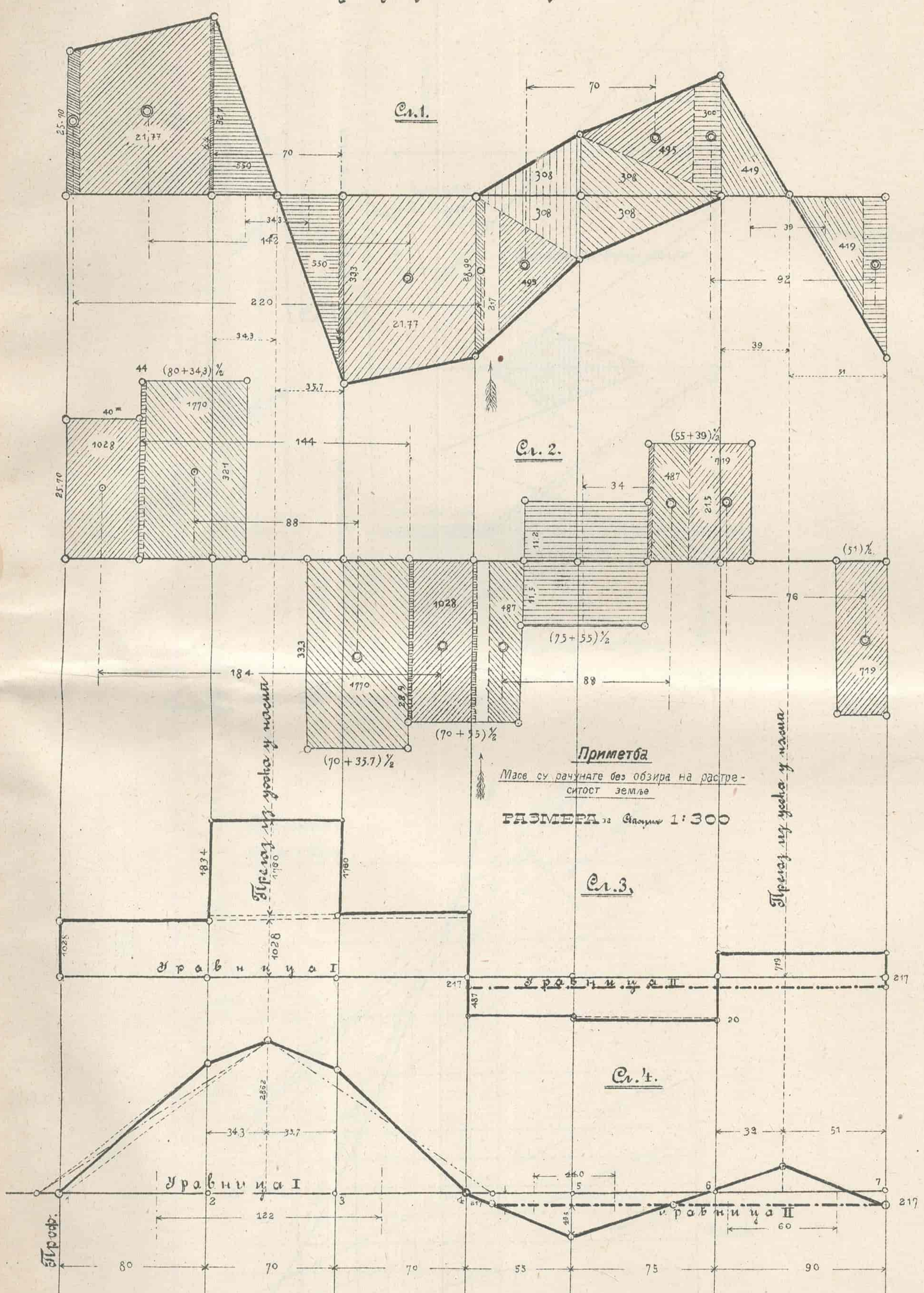


Сл. 3

Марта 1908 год.
Београд

К. Савић

Четири дијаграма за распоред маса и за одредбу средњ. даљ. преноса.



Просечна даљина транспорта:

За распоред маса по сл. 1: (91·220+2177·142+44·70+550·343+495·70+300·92+419·39):4076 = ~105

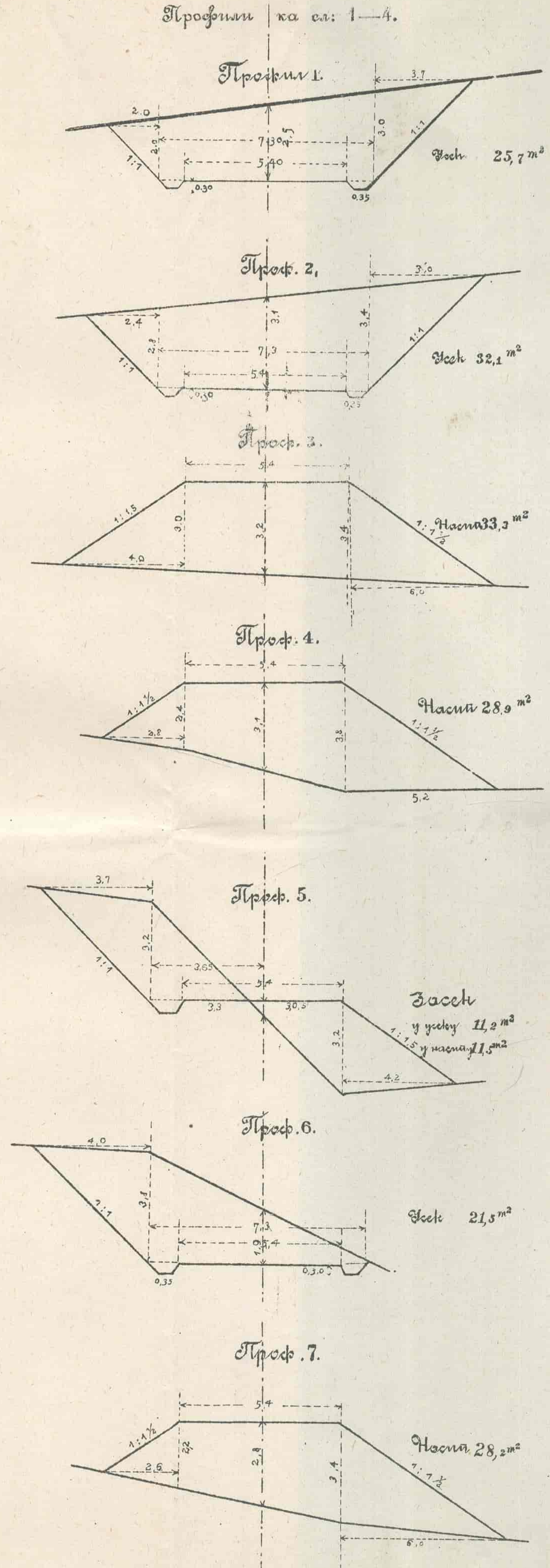
„ „ „ „ 2: (1028·184+74·144+1760·88+20·34+487·88+719·76):4088 = ~110

„ „ „ „ 3: (1760·70+74·140+1028·220+487·130+20·75+719·90):4088 = ~115

„ „ „ „ 4: (2862·122+495·44+719·60):4076 = ~101

Да се донесе са стране у сва 4 случаја: 217 m^3

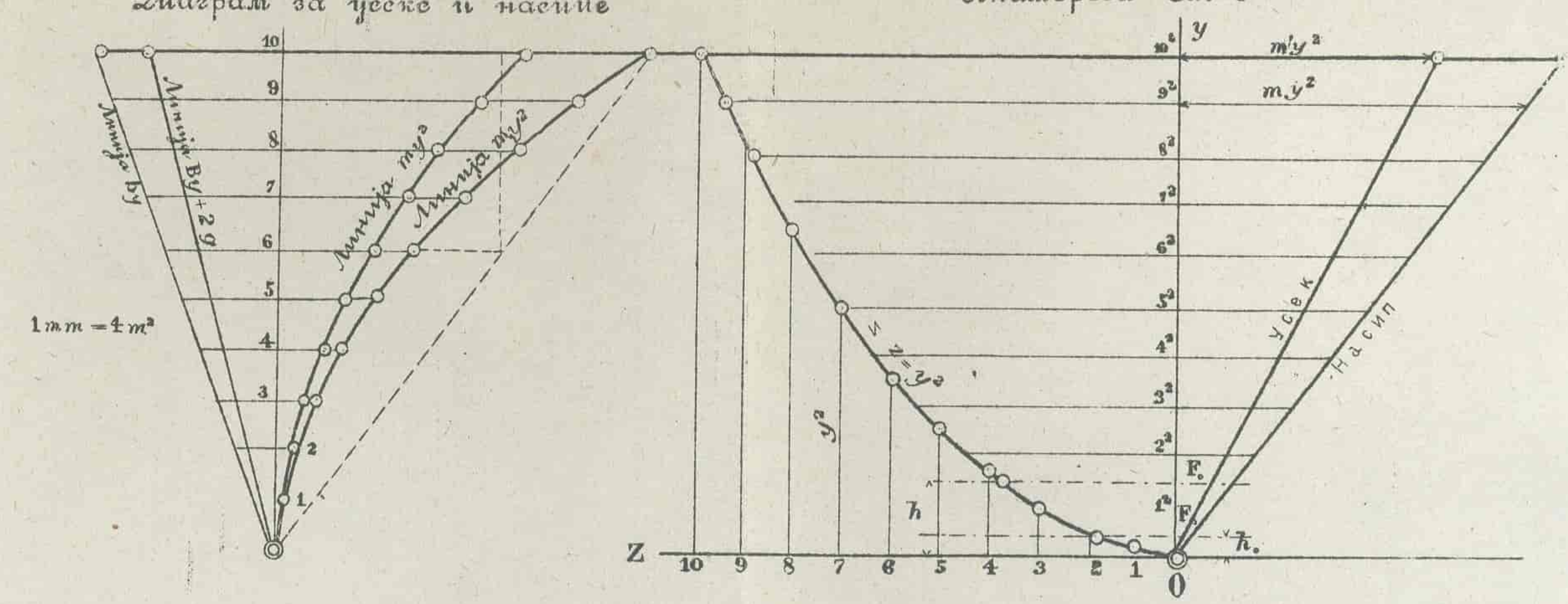
Профили ка сл: 1—4.



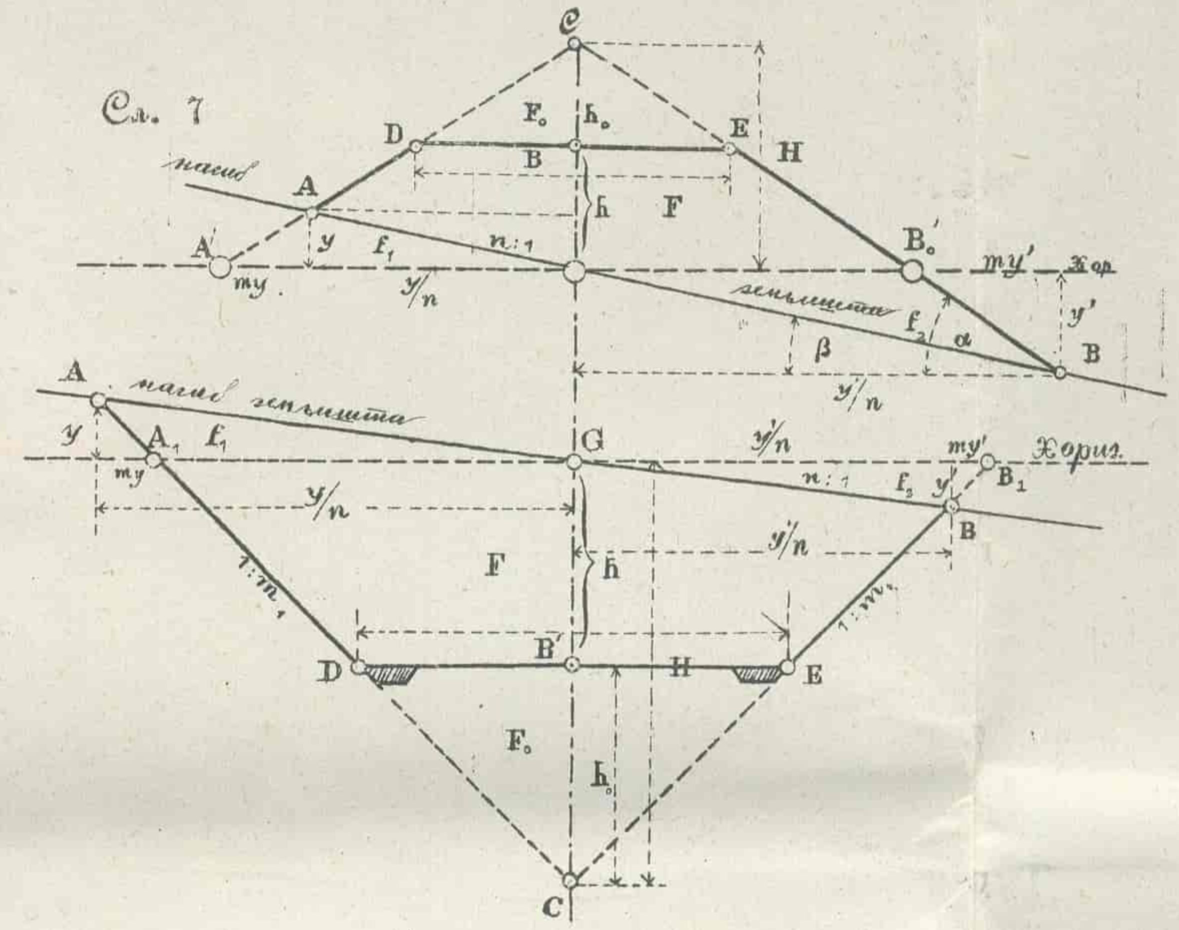
Размера за профиле 1:200.

Слика 5
Дијаграм за усеке и насипе

Сл. 6
Анаморфоза Сл. 5

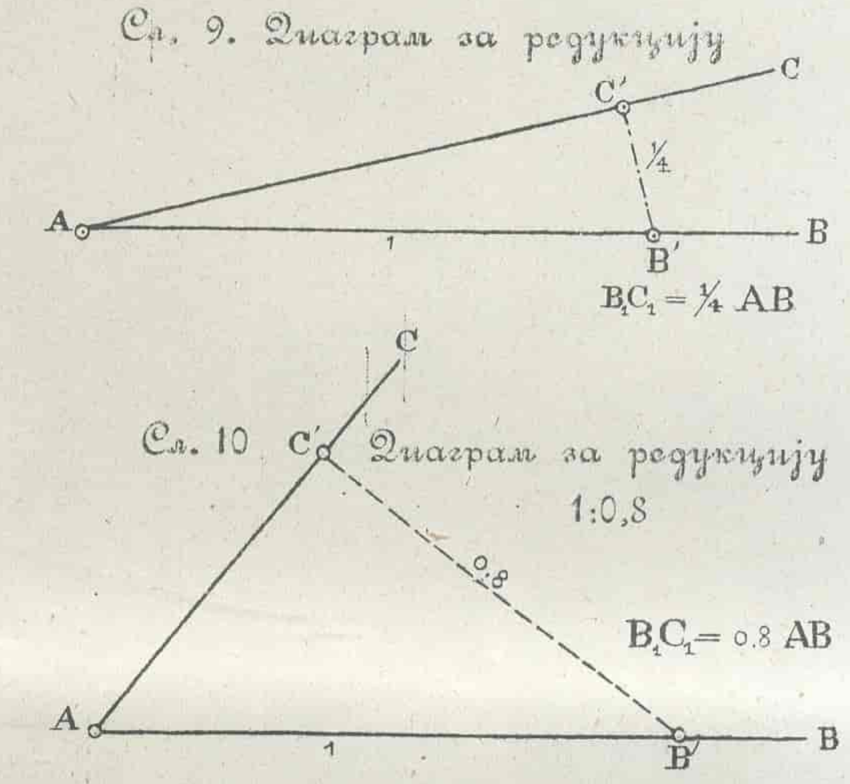


Сл. 7



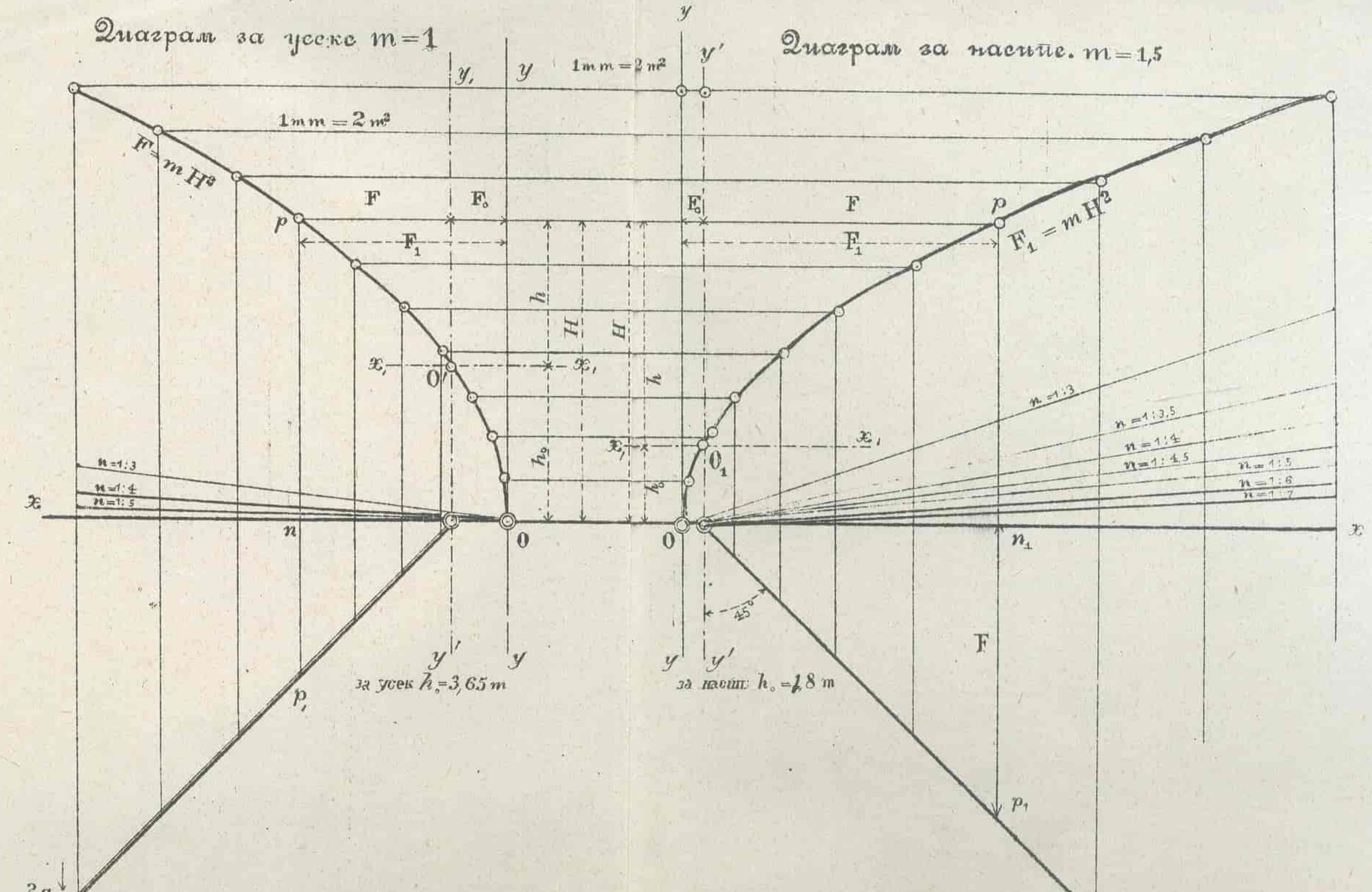
Сл. 9. Дијаграм за редукцију

Сл. 10 Дијаграм за редукцију 1:0,8



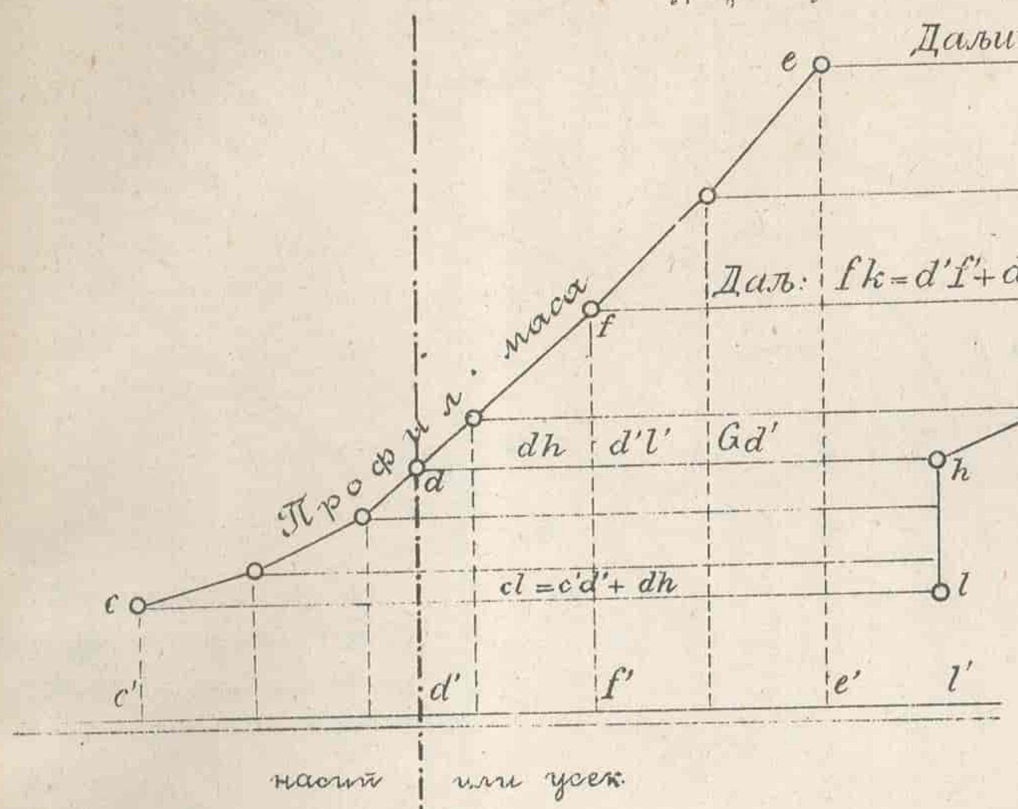
Сл. 8

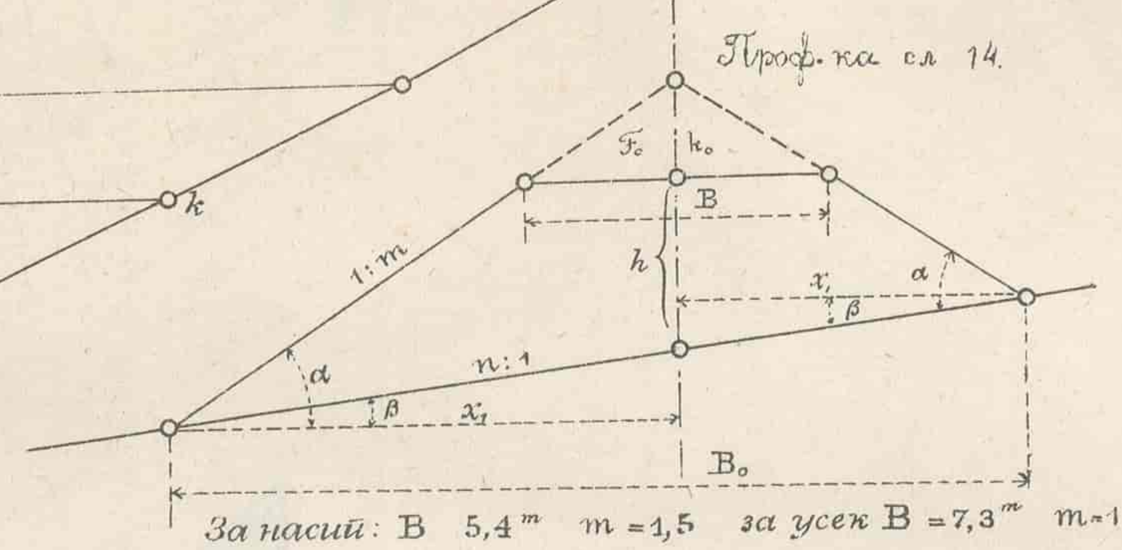
Дијаграм за усеке m=1 Дијаграм за насипе. m=1,5



НИВЕЛАЊЕ МАСА

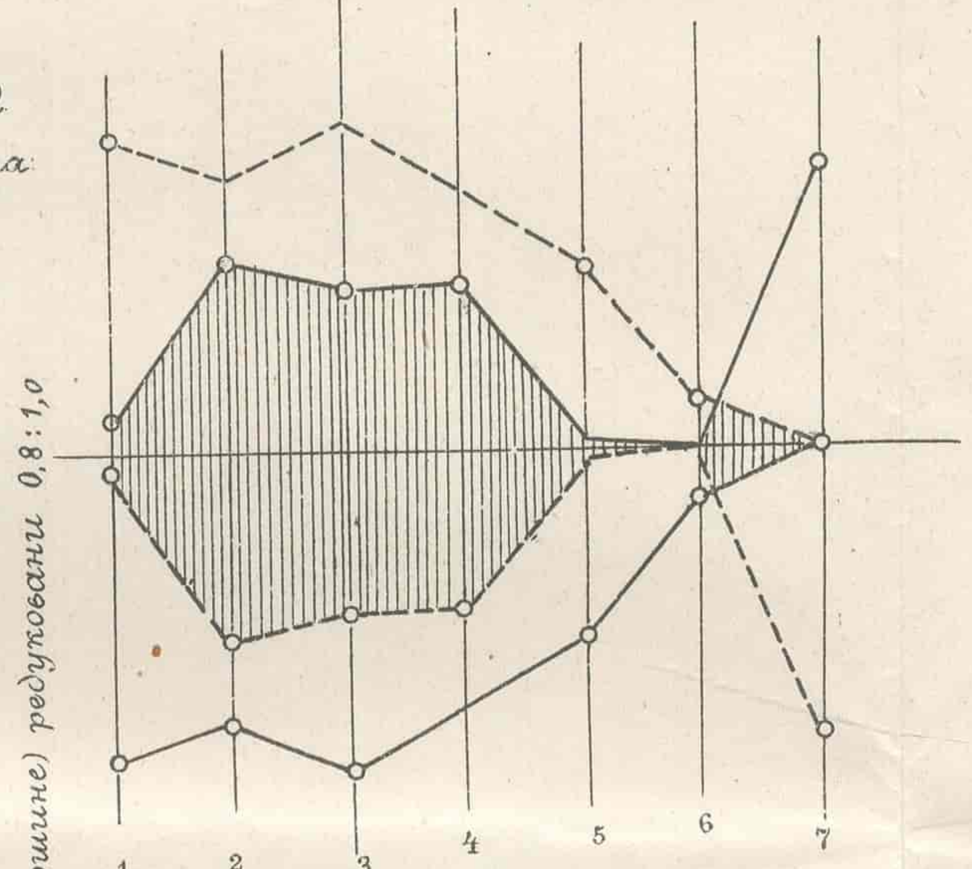
Сл. 11. Одредба даљине транспорта при довозу са стране.





За насип: B 5,4^m m = 1,5 за усек B = 7,3^m m = 1

Одредба попречног транспорта Сл. 12



Профили ка сл. 12

Површина профила

1

У насипу: 6,75 m
" усеку: 0,56 "

2

У насипу: 6,45 m
У усеку: 3,25 "

3

У усеку: 2,75 m
" насипу: 5,70 "

4

У насипу: 4,31 m
" усеку 2,77 "

5

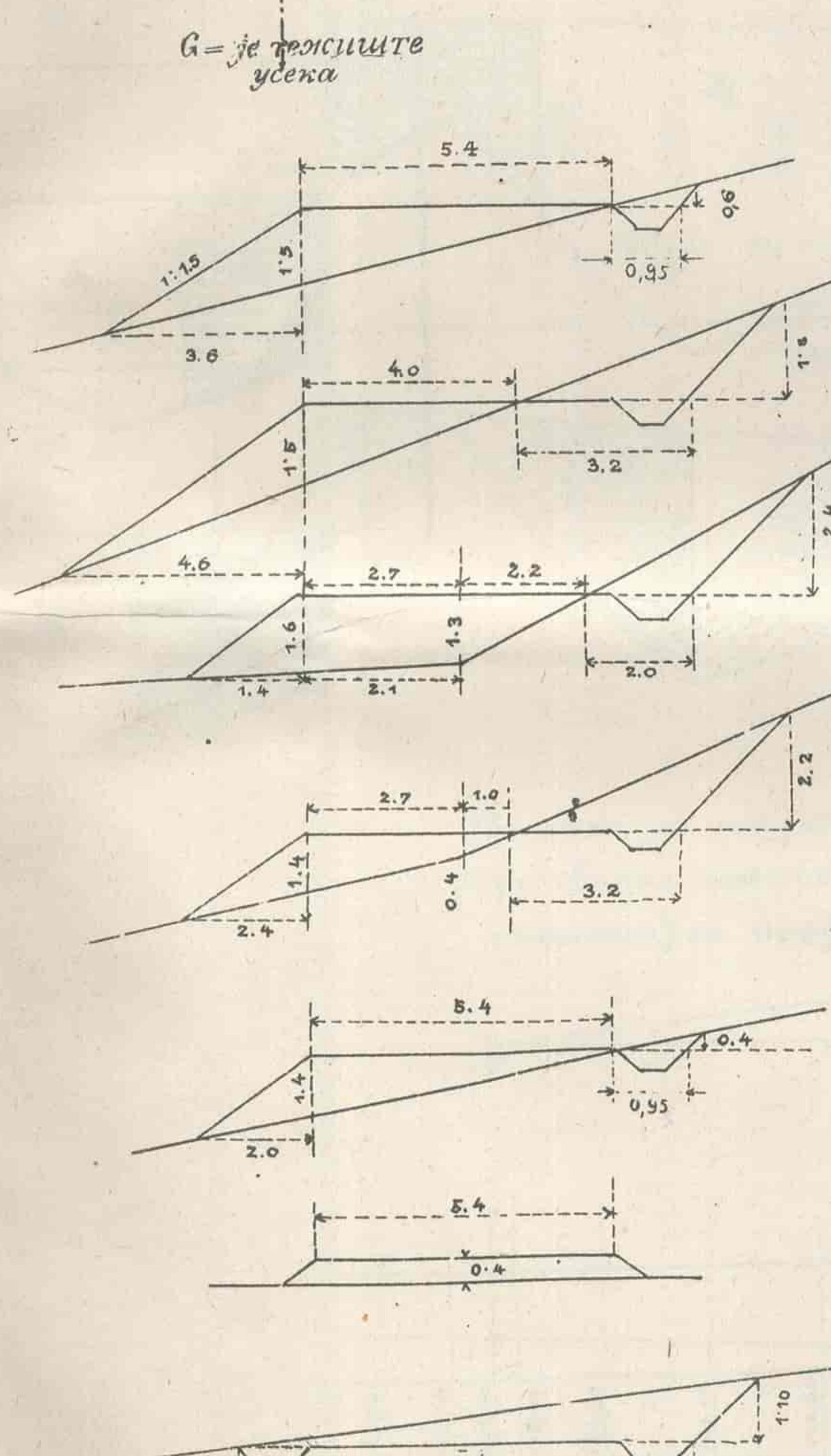
" насипу: 4,07 m
" усеку 0,56 "

6

" насипу: 1,32 m
" усеку: 0,00 "

7

" насипу: 0,00 m
" усеку 4,77 "



Сви су насипи (површине) редуковани 0,8 : 1,0

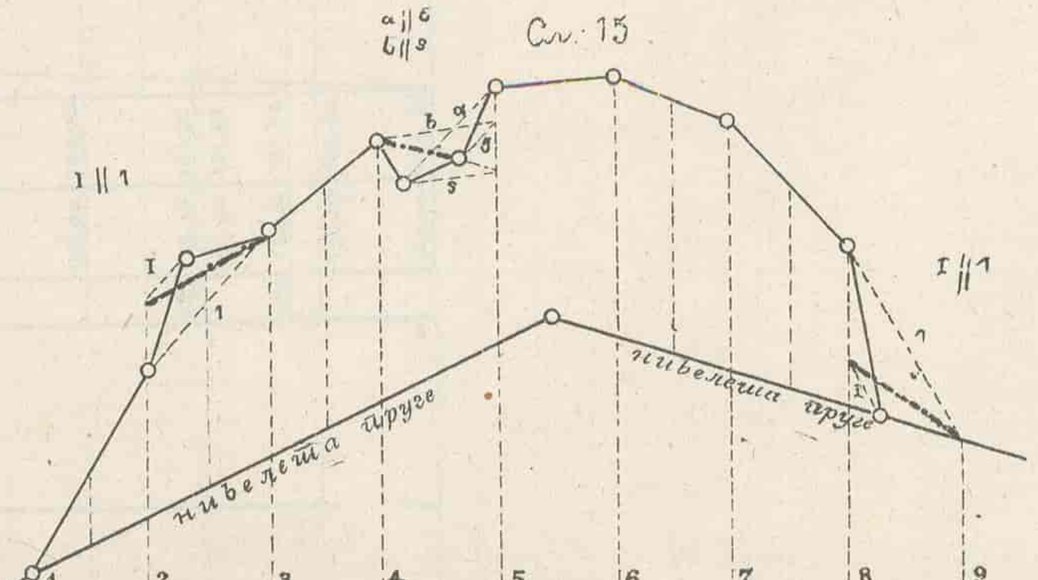
Ка сл: 13 Попречан нагиб земљишта 1:4

Висине профила: − 3,2; − 2,5; − 1,2; + 1,5; + 2,4 + 3,0; + 4,0

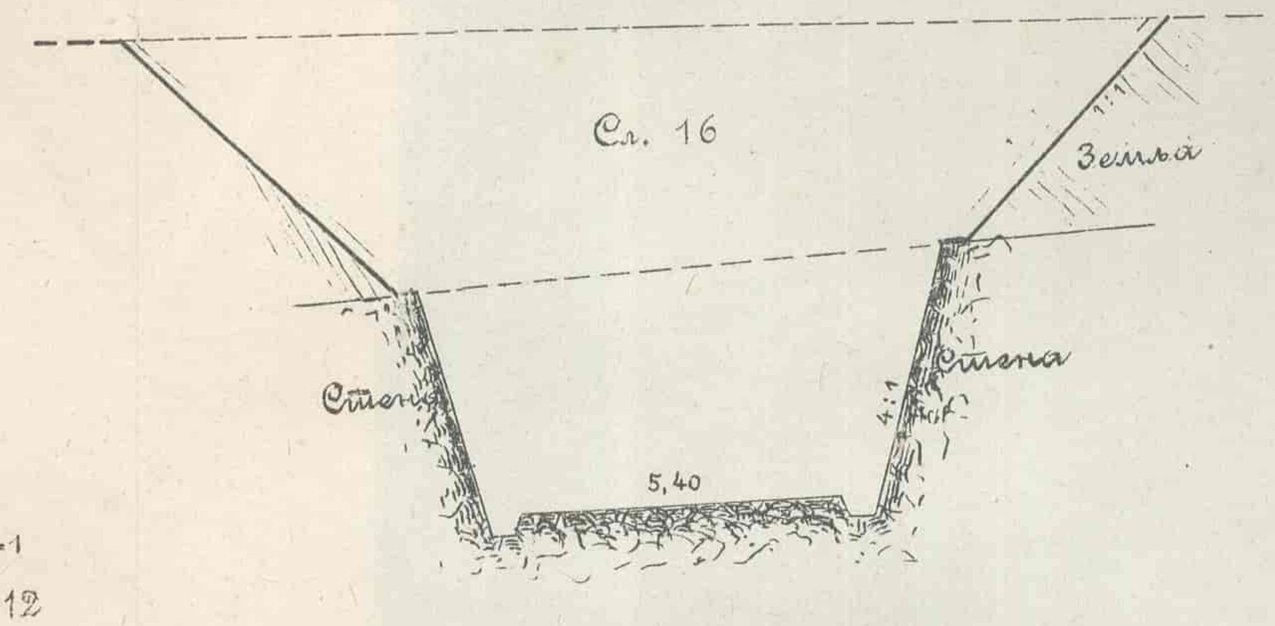
Површине су графички одређене по сл: 8

Површине насипа редуковане су по сл: 10.

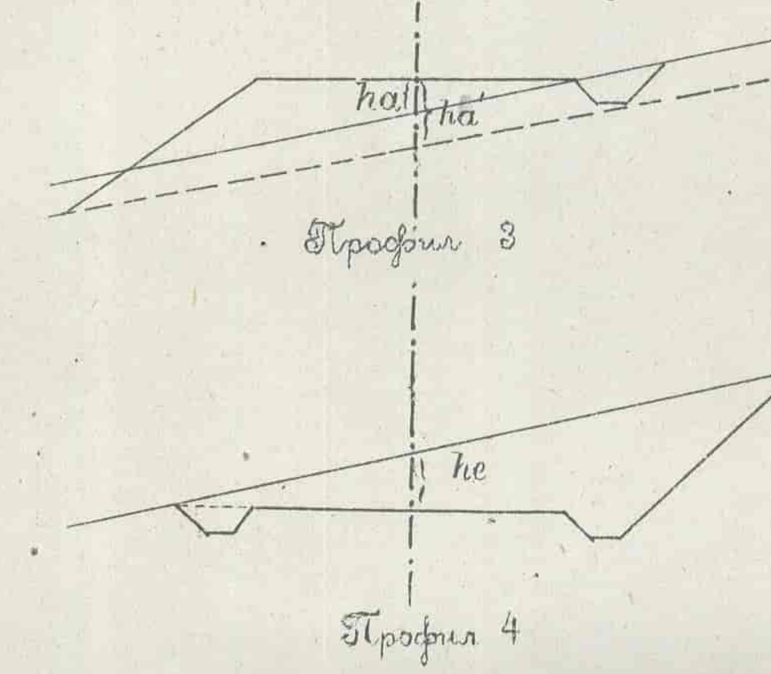
Сл. 15



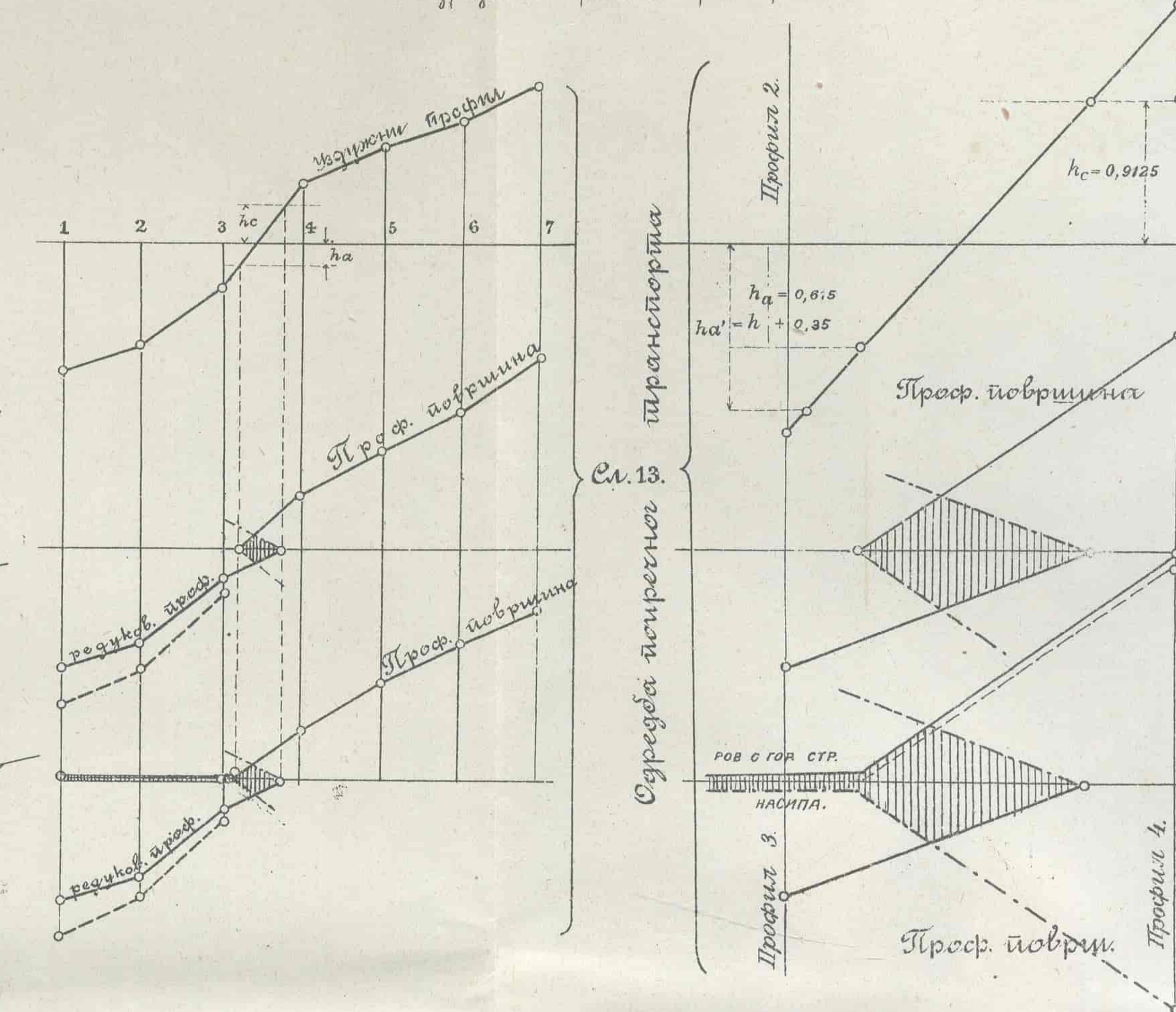
Претварање површина у трапезе и троуглове

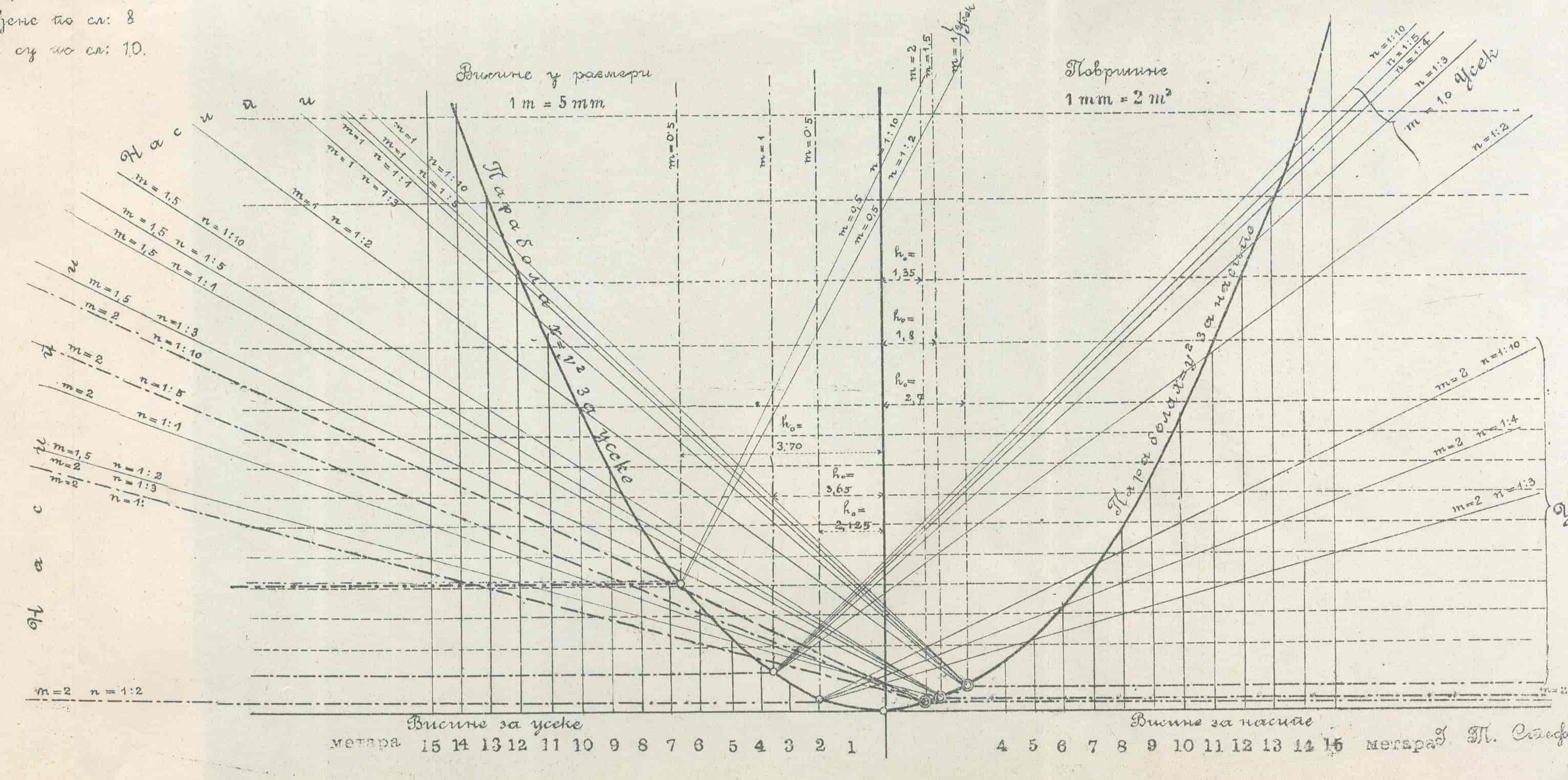


Профили ка сл. 13



Одредба попречног транспорта

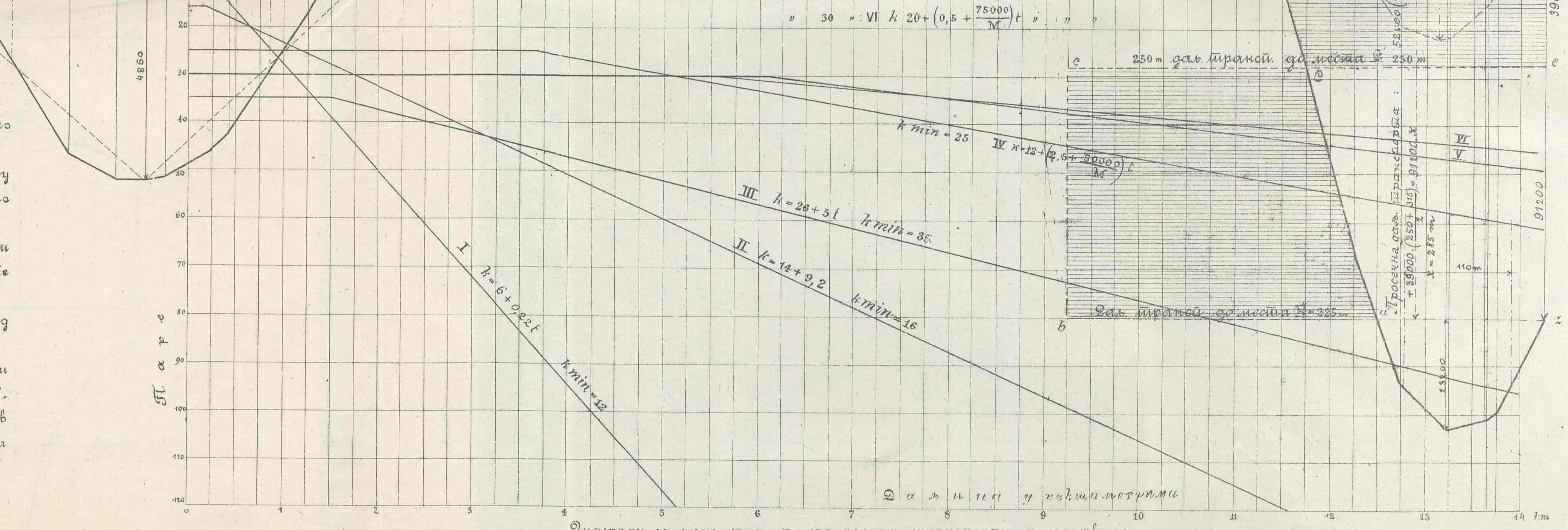




Ђ. П. Стефановић

НИВЕЛАЊЕ МАСА

НИВЕЛАЊЕ МАСА



У-У споредна уравница; - II реда,

Z-Z' друга уравница за I профил

Примедбе:

Откупа земљишта за ров дуж насипа + раскопавање пренос у насип кошта по кубном метру просечно по 0,65 дин.

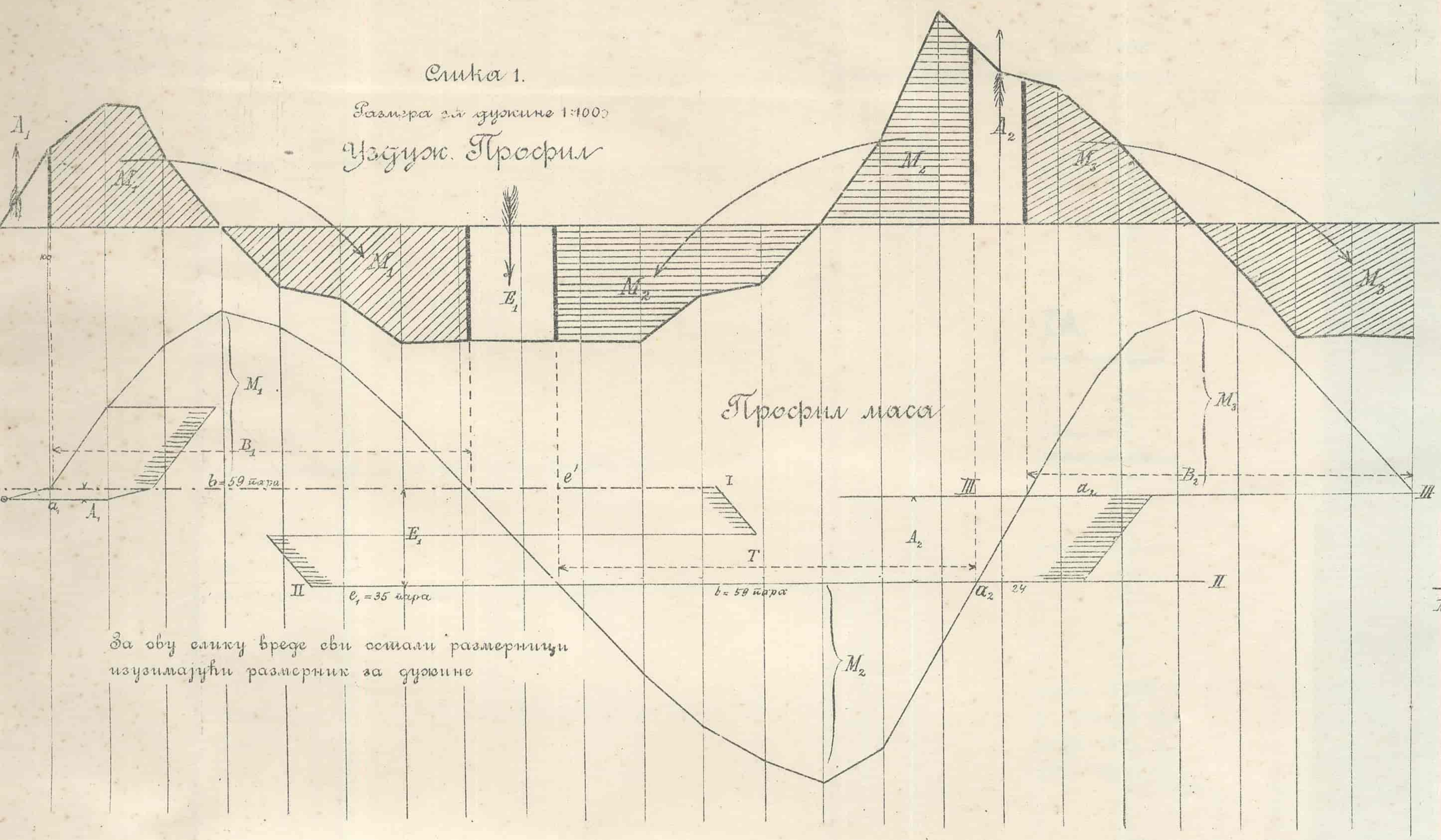
Раскопавање и закуп земљишта ван насипа — у страни (на даљини 250 m од места А) кошта просечно по кубном метру 0,35 дин.

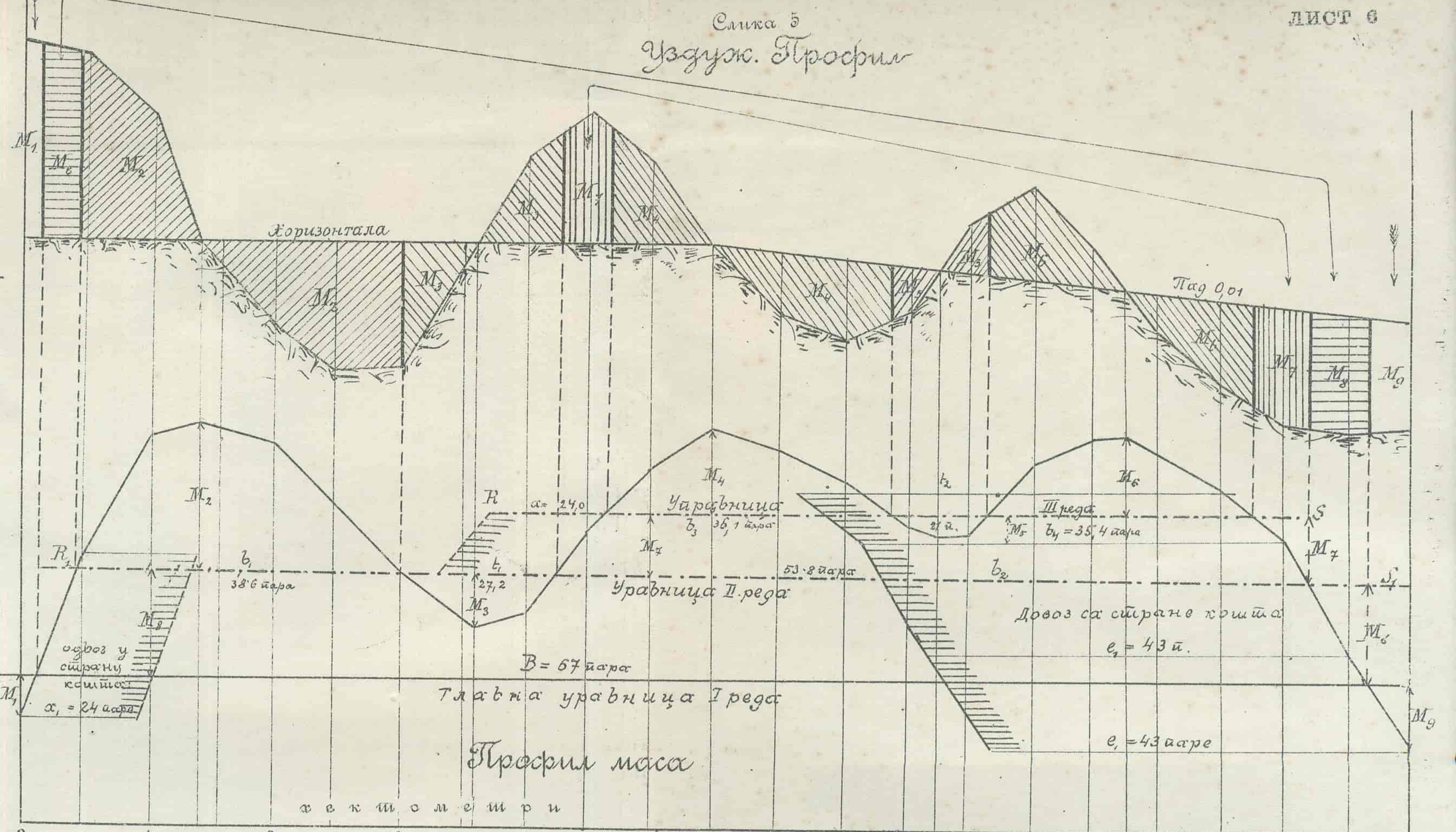
Откуп земљишта дуж усека за депонију + транспорт из усека до депоније + депонирање и планирање депоније кошта по кубном метру просечно 0,30 динара.

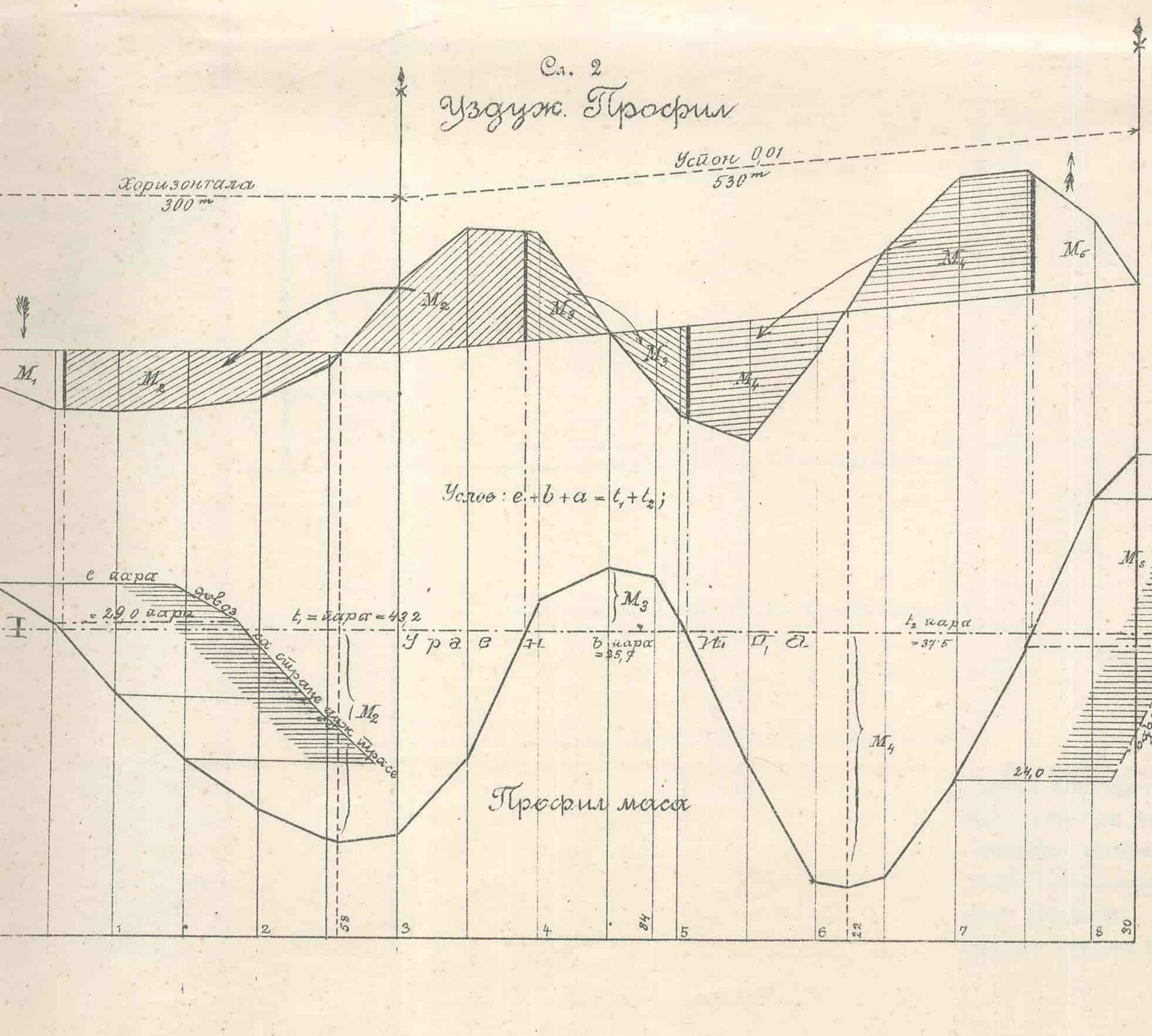
Уравнице су изабране с обзиром на V и VI метод транспорта.

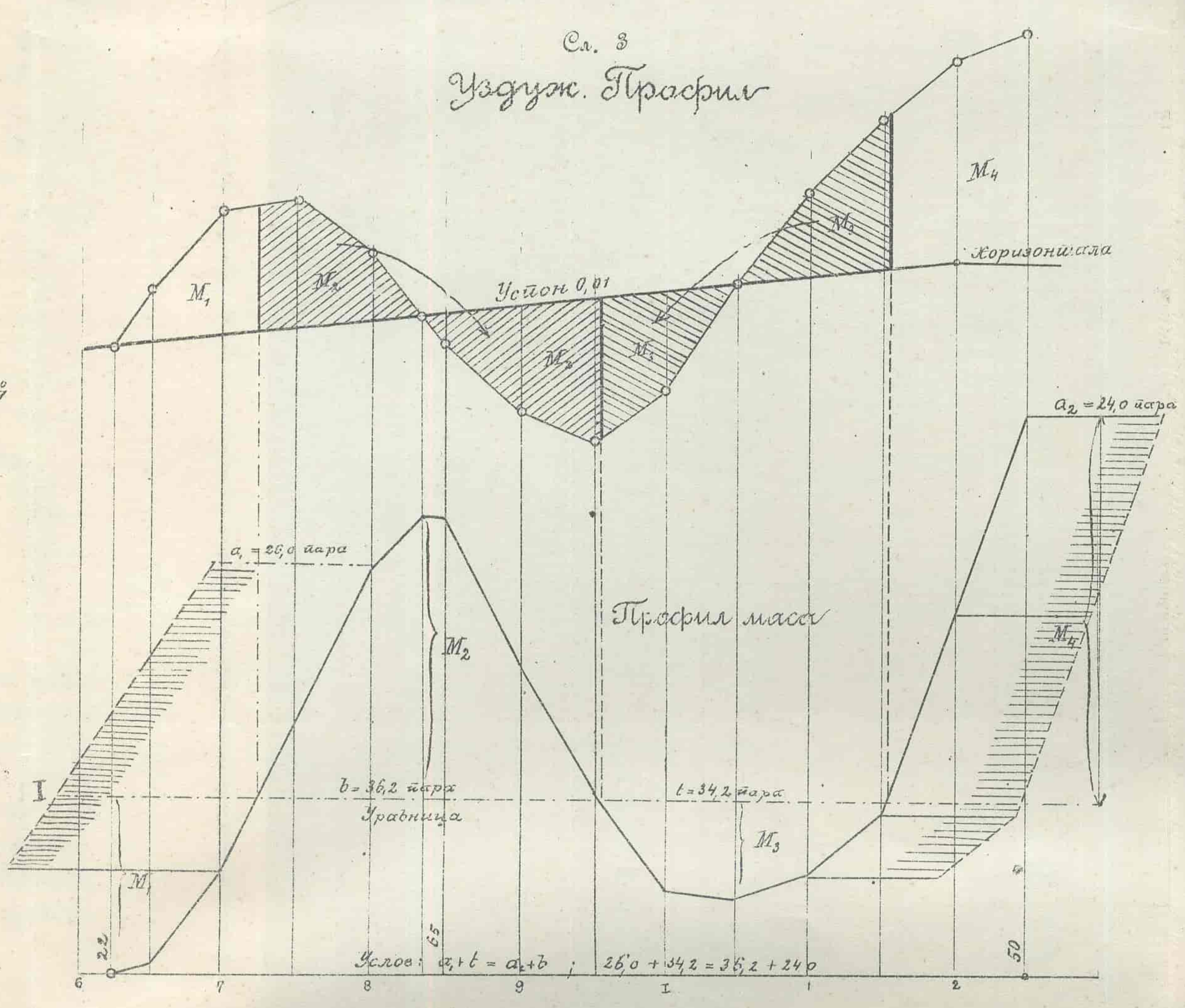
У страни настрам места С' налази се на даљини 250 метара место одакле се мора вући земља у насип С С''. Цени транспорта треба додати цену раскопавања. а в c С e f, С је диаграм за даљине транспорта за сваки профил насипа СС''

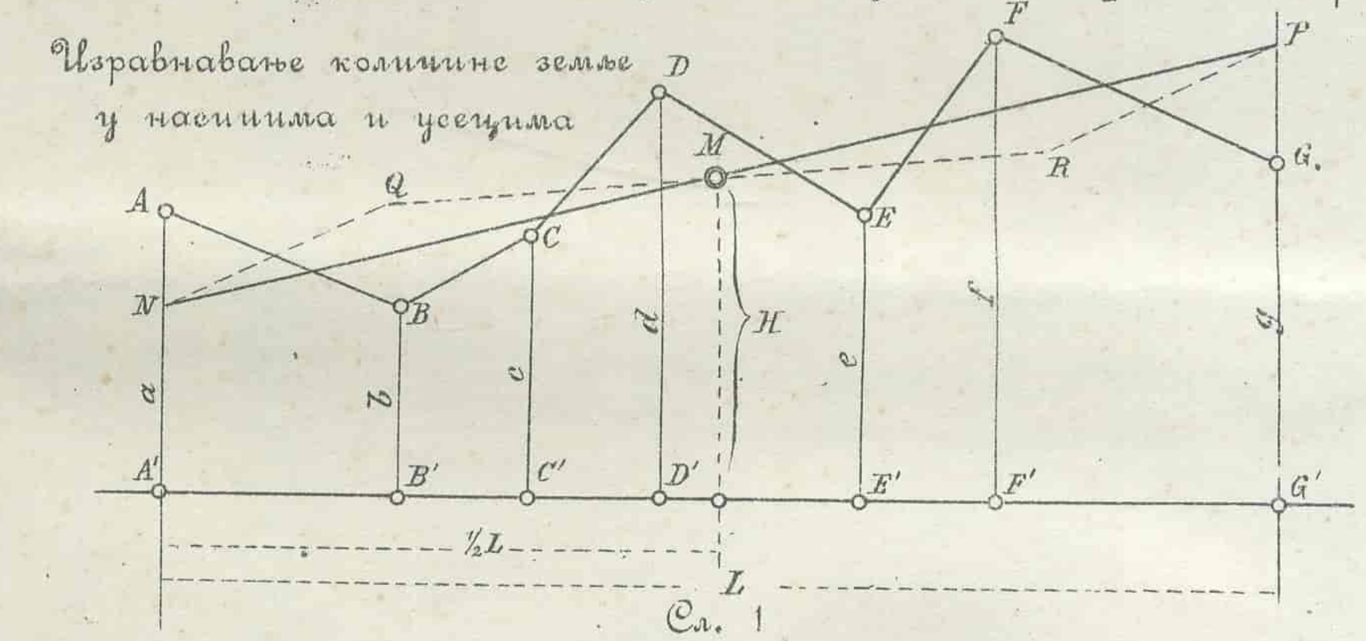
Ђ. Т. Стефановић

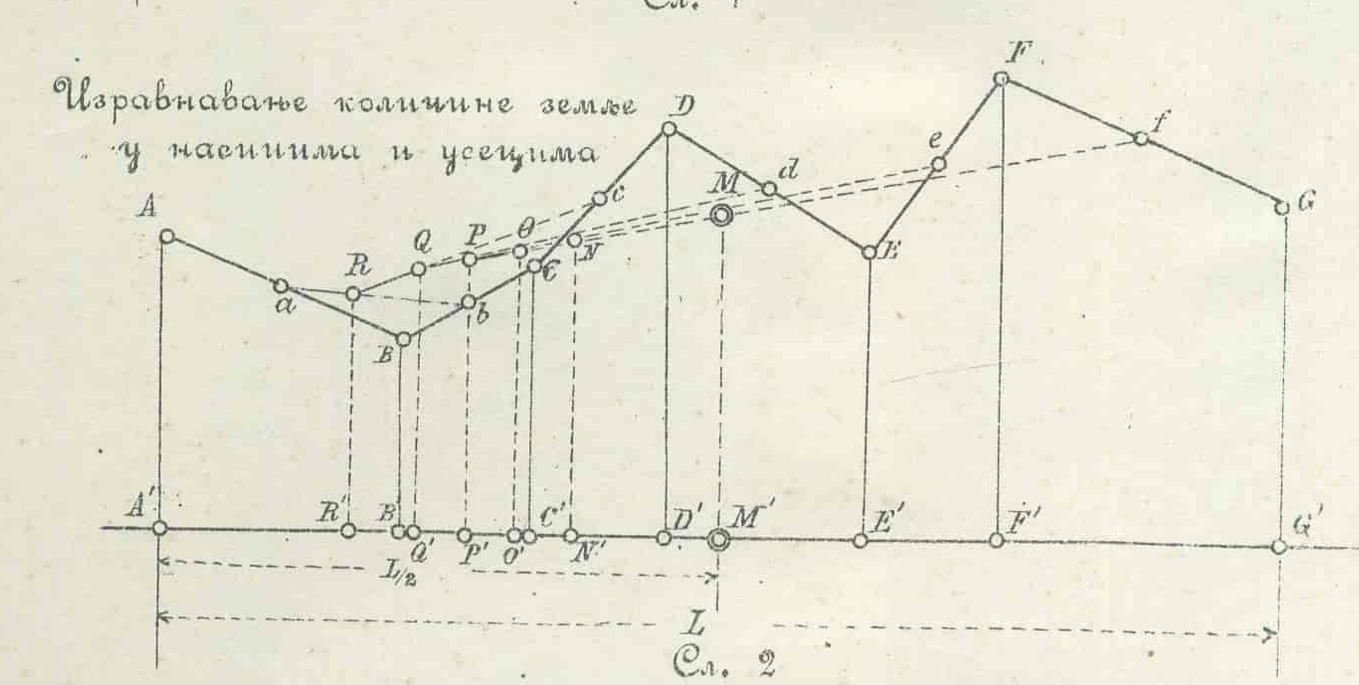

Слика 1.
Размера за дужине 1:1000
Уздуж. Профил
Профил маса
b = 59 ара
e_1 = 35 ара
b = 59 ара
За ову слику вреде сви остали размерници изузимајући размерник за дужине

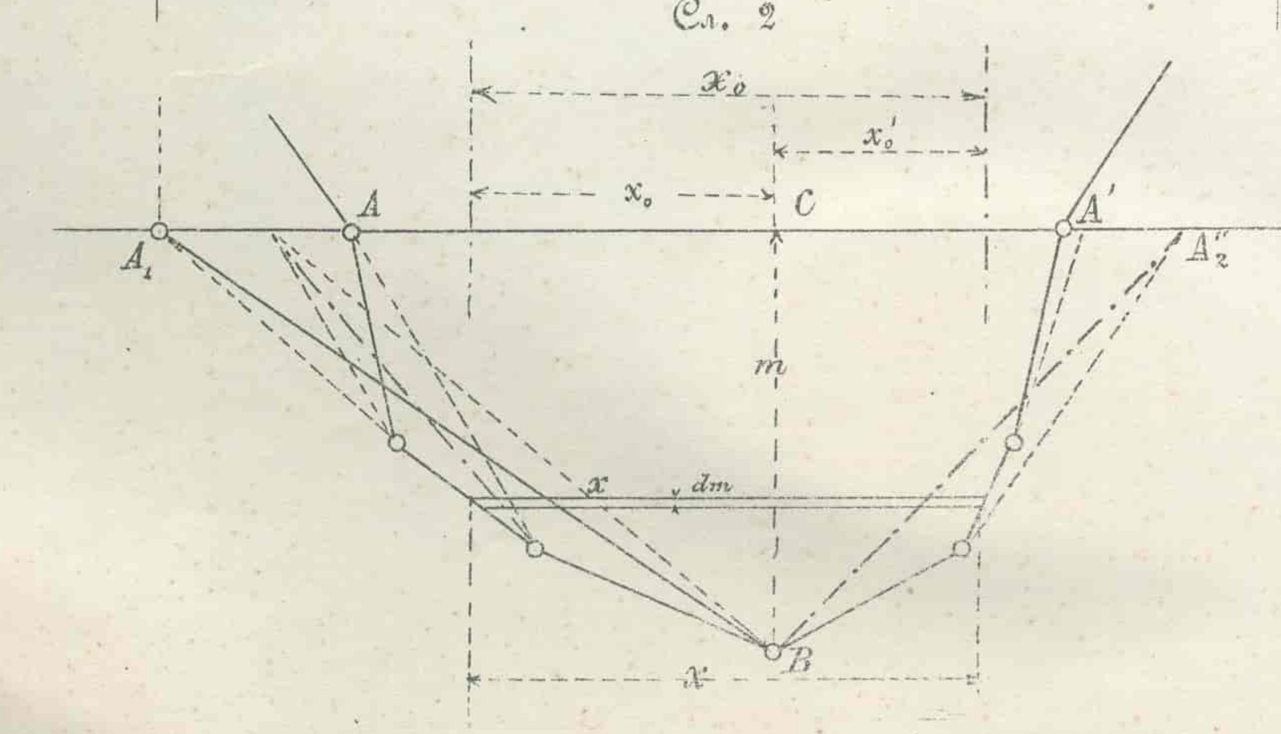

Слика 3
Уздуж. Профил
Хоризонтала
Пад 0,01
Уравница
Уравница II. реда
III реда
B = 67 ара
Главна уравница I реда
Довоз са стране кошта
e_1 = 43 а.
e_1 = 43 аре
довоз у страну кошта
x_1 = 24 ара
Профил маса
хектометри


Сл. 2
Уздуж. Профил
Хоризонтала 300 m
Успон 0,01 530 m
Услов: e - b + a = t_1 + t_2;
e ара = 29,0 ара
t_1 = ара = 43,2
b ара = 25,7
t_2 ара = 37,5
a ара = 24,0
Уравница
Профил маса


Сл. 3
Уздуж. Профил
Хоризонтала
Успон 0,01
a_1 = 26,0 ара
a_2 = 24,0 ара
Профил маса
b = 36,2 ара
t = 34,2 ара
Уравница
Услов: a_1 + t = a_2 + b ; 26,0 + 34,2 = 36,2 + 24,0

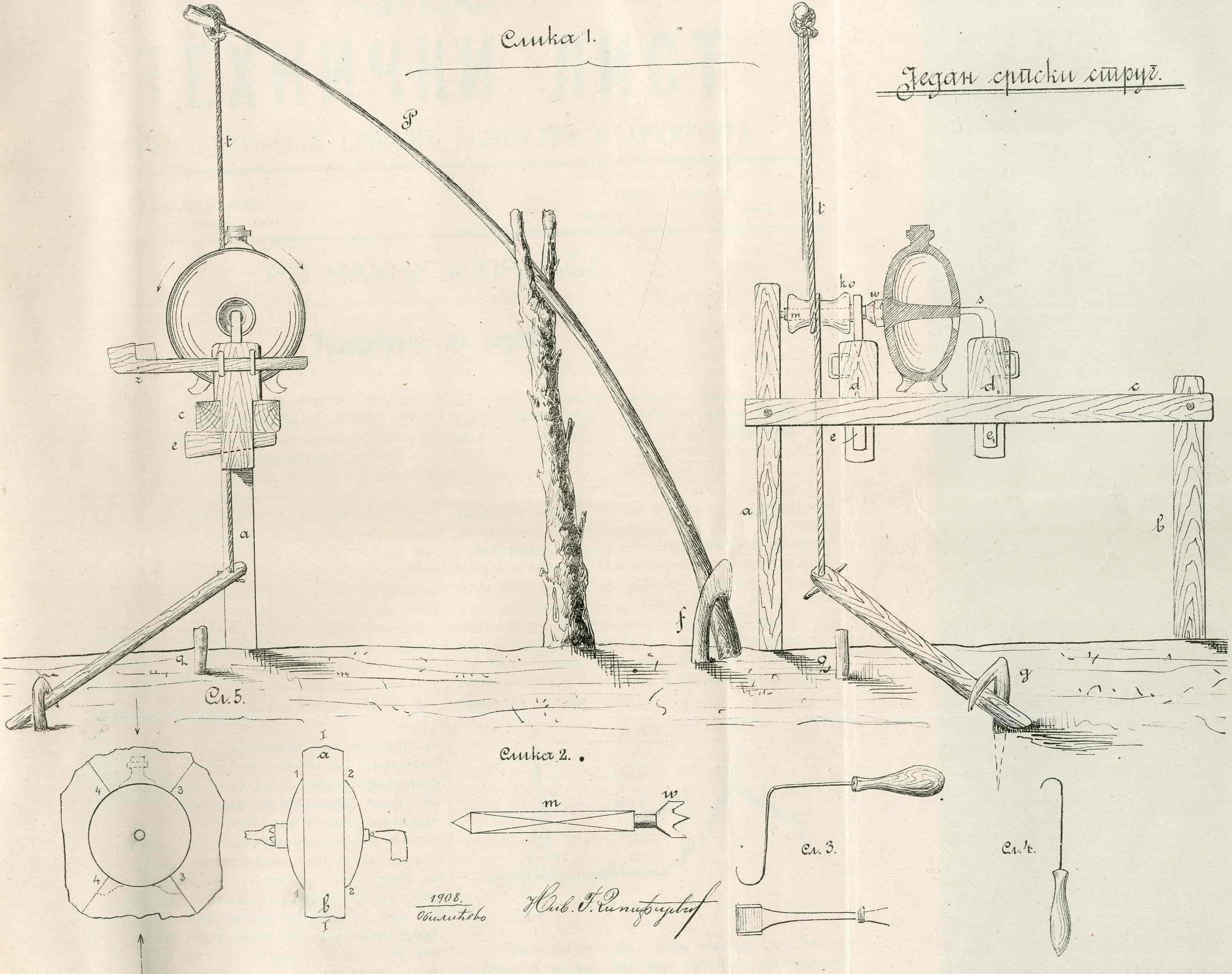

Изравнавање количине земље у насипима и усецима
Сл. 1


Изравнавање количине земље у насипима и усецима
Сл. 2



Слика 1.

Један српски струг.



Сл. 5.

Слика 2.

Сл. 3.

Сл. 4.

1908.
Обилићево

СРПСКИ ТЕХНИЧКИ ЛИСТ ГОДИНА XIX — 1908.