Vysoká škola: strojní a textilní Katedra: materiálu a tváření

Fakulta: strojní Školní rok: 1962/63

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. Z i m m e l a Petra

obor Strojírenská technologie

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název thematu: Jakost povrchu a rozměrová přesnost přesných odlitků ze slitin mědi a slitin hliníku.

Pokyny pro vypracování:

1) Stručný rozbor technologických postupů výroby odlitků metodou vytavitelného modelu, podrobněji rozveďte technologii v závodě Mikrotechna Uherské Hradiště, specifikujte výrobní problémy a event. vývoj.

2) Sledujte metody měření rozměrové přesnosti, směrnice pro konstrukci forem pro výrobu voskových modelů, postupy závodní kontroly včetně přejímacích předpisů a zhodnoťte výsledky svých měření na předdiplomní praxi v závodě (vztah rozměrů formy, modelů a odlitků). Výsledky porovnejte s měřením na odlitcích ocelových, event. litinových.

3) Prostudujte metody měření drsnosti odlitků jednotlivých fází výroby a proveďte a zhodnoťte příslušná vlastní měření (vztah jakosti povrchu formy, voskového modelu, skořepiny a surového i opracovaného odlitku).

4) Kriticky zhodnoťte sledovanou technologii, hlavně s ohledem na dodržování rozměrové přesnosti a dosahovanou jakost povrchu.

V 9/1962 S.

Rozsah grafických laboratorních prací: těžiště v laboratorní práci

Rozsah průvodní zprávy: 5o - 6o stran včetně tabulek a diagramů

Seznam odborné literatury:

Doškář - Přesné lití do keramických forem.
Brabenec - Příručka pro slévače.
Ozerov - Litjo po vyplavljajemym modeljam.
Sklenik - Litjo po vyplavljajemym modeljam.
Guljajev - Točnost otlivok.
Kurčman - Točnoje litjo.
Mlčoch - Měřidla a měření ve strojírnách.
Schlesinger - Jakost povrchu.

Vedoucí diplomní práce: Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Konsultanti: Ing. Jaroslav Exner

Datum zahájení diplomní práce: 24. září 1962.

Datum odevzdání diplomní práce: 3. listopadu 1962.

L. S.

Vedoucí katedry

Prof. Ing. Bohumil Odstrčil

Děkan

Doc. Ing. Jiří Mayer

V Liberci dne 24. září 1962

VŠST LIBEREC		DP- ST 73/62
		3. LISTOPADU 1962
		Petr Zimmel

Petr Z i m m e l.

Jakost povrchu a rozměrová přesnost přesných odlitků ze slitin mědi a slitin hliníku.

Školní rok 1962/63.

VŠST LIBEREC	Obsah.	DP-ST 73/62 str. 2 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

1. Úvod	str.3
2. Technologie přesného lití metodou vytavitelného modelu.	str.5
2.1. Konstrukce a výroba forem.	str.5
2.1.1. Výroba matečného modelu.	str.6
2.1.2. Výroba formy.	str,7
2.2. Materiály pro výrobu modelů.	str.7
2.2.1. Suroviny na voskové směsi.	str.8
2.2.2. Používané modelové směsi.	str.8
2.2.3. Regenerace vosků.	str.10
2.3.1. Výroba voskových modelů.	str.10
2.3.2. Čištění modelů.	str.12
2.3.3, Kontrola modelů.	str.12
2.4. Sestavování stromečků.	str.12
2.5. Obalovací směsi.	str.13
2.6. Obalování stromečků.	str.15
2.7, Vytavování vosků.	str.15
2.8. Zasypávání skořepiny.	str.16
2.9. Vypalování skořepin.	str.16
2.10. Tavení materiálu.	str.18
2.11. Odlévání a chladnutí skořepi.	str.19
2.12. Zbavování odlitků keramického obalu.	str.19
2.13. Oddělování odlitků od vtokové soustavy.	str.20
2.14. Kontrola výroby a odlitků.	str.20
2.15. Přejímací podmínky.	str.21
2.16. Výrobní postup.	str.23
3.1. Význam, dosažitelné meze přesnosti, současný stav normal.	str.24
3.2. Metody sledování rozměrové přesnosti.	str.26
3.3, Vlastní zkoušky rozměrové přesnosti.	str.26
3.3.1. Postup a měřicí metody.	str.27
3.3.2. Výsledky měření odlitků.	str,27
3.3.3. Statistické vyhodnocení výsledků měření odlitků.	str.91
3.4. Návrh na provozní aplikaci získaných údajů.	str.93
4. Jakost povrchu přesných odlitků.	str.106
4.1. Metody měření drsnosti povrchu.	str.106
4.2. Vlastní zkoušky měření drsnosti povrchu.	str.106
4.2.1. Účel zkoušek.	str.107
4.2.2. Výsledky měření drsnosti povrchu a jejich porovnání se současným stavem oboru.	str.107

5. Závěr. str.112
Seznam použité literatury. str.113

1. Úvod

Od počátku budování socialistické společnosti věnovala naše strana rozvoji strojírenství všestrannou péči a pozornost. Je tomu tak proto, že rozvoj naší společnosti je založen na růstu společenské produktivity práce a právě strojírenství je činitelem, který měl a má na jejím růstu rozhodující vliv. Strojírenství má podstatný podíl na dosažených výsledcích v rozvoji výrobních sil. Toho bylo dosaženo na základě technického rozvoje, rychlého zavádění nové technologie a využívání nejnovějších poznatků vědy a výzkumu. Současně s ním je však třeba prosazovat ve výrobě nejvyšší hospodárnost, bojovat za úspory energie, paliv a kovů. V důsledku toho se snažíme prosazovat do výroby beztřískové technologie. Abychom i ve slévárnách splnili úkoly vyplývající z tohoto rozvoje zavádí se ve stále větší míře metoda přesného lití pomocí vytavitelného modelu.

Zavedením metody přesného lití pomoci vytavitelného modelu vyvstala do popředí otázka rozměrové přesnosti a jakosti povrchu odlitků získaných touto metodou. Je to důsledek toho, že se většina rozměrů a povrchů již dále třískově neobrábí. Současný stav technologie v těchto otázkách není vzlášť uspokojivý, protože je založen na často neúplných a nepřesných empirických zákonech a zkušenostech.

Úkolem mé diplomové práce je sledovat technologické postupy výroby modelů a odlitků, hlavně metody měření rozměrové přesnosti a měření drsnosti povrchů odlitků. Naměřenými výsledky a jejich zhodnocením se pokusit ukázat na zákonitosti, které existují mezi formou, modelem a odlitkem, nejenom co do rozměrové přesnosti, ale též co do drsnosti povrchu. Tuto práci je však nutno považovat za nepatrnou část výzkumné a vývojové práce, která probíhá v tomto oboru v dnešní době nejenom u nás, ale i v zahraničí.

K této mé práci bylo třeba udělat množství měření, zkoušek a výpočtů, které jsem prováděl jednak na VŠST v Liberci a jednak v národním podniku Mikrotechna v Uherském Hradišti. Chtěl bych tímto vřele poděkovat za cenné rady a péči vedoucímu diplomové

práce prof. ing. Bohumilu Odstrčilovi, laureatu státní ceny a ing. Jaroslavu Exnerovi, který práci konsultoval, všem pracovníkům katedry materiálu a tváření VŠST a všem pracovníkům modelárny a slévárny n.p., Mikrotechna za pomoc při provádění měření a zkoušek v době předdiplomní praxe. Zvláště bych chtěl poděkovat za nevšední ochotu a zpřístupnění všech podkladů ing. Zdeňku Angrovi, vedoucímu slévárny n.p. Mikrotechna. V neposlední řadě patří můj dík pracovníkům katedry organizace a obrábění za umožnění měření drsnosti povrchu odlitků.

Petr Zimmel

V Liberci 3. listopadu 1962

2. Technologie přesného lití metodou vytavitelného modelu.

Znalost tohoto způsobu výroby je již poměrně stará. Ovšem teprve dnes se tato technologie dostává do popředí. Je to způsobeno stále většími požadavky, které jsou kladeny na přesnost rozměrů a kvalitu povrchů odlitků. Specialisté nejenom u nás, ale i v zahraničí pečlivým studiem této technologie se snaží dosáhnout takových parametrů, aby výroba byla co nejhospodárnější.

Princip této metody spočívá v tom, že modely vyrobené z lehce tajících nebo spalitelných slitin se spojí do celků, tak zvaných stromečků, které se potom opatří keramickým obalem. Ztuhnutím obalu vznikne keramická forma, uvnitř které je uzavřen model. Potom následuje vytavení nebo vypálení modelu ze skořepiny, takže ve formě vznikne dutina, která je prostorovým negativem modelu. Po zasypání skořepiny přichází její vypálení. Tím je skořepina připravena k odlití.

Metoda vytavitelného modelu je poměrně nákladný výrobní proces. Je tomu tak i přesto, že řadou výzkumných prací se odstraňují z výroby drahé modelní materiály, používá se suchých a sypkých výplňových směsí (čímž se zkrátil cyklus tepelných operací), byly upřesněny podmínky, za kterých probíhá hydrolýza etylsilikátu atd. Metoda se uplatňuje jen u strojních součástí, které lze vyrobit jinými způsoby jenom s vysokými výrobními náklady. Proto je možno ji ekonomicky využít jen při větších výrobních sériích. Pro běžné případy se vyplatí série nejméně 1000 ks, vyjímečně i 500 ks [1].

Dnešní stav této metody dovoluje konstruovat tvarově velmi složité součásti, čímž dosáhneme nejenom velkého snížení pracnosti, ale i úspor na váze materiálu a tím i úspor na celkových nákladech. V této práci bude dále popsána jenom technologie přesného lití metodou vytavitelného modelu používaná v n.p. Mikrotechna Uherské Hradiště, protože v rozsahu práce není možné postihnout celý současný stav metody.

2. 1. Konstrukce a výroba forem.

Zhotovení forem při výrobě voskových modelů je velmi odpověd-

ná etapa procesu přesného lití. Proto klademe na formu tyto požadavky[3]:

1. velmi pečlivá úprava vnitřní pracovní plochy formy, která zaručuje odlitky předepsané přesnosti a jakosti povrchu,
2. jednoduchost složení a rozložení formy,
3. snadnost vyjímání modelu z formy,
4. správný způsob odlévání modelní směsi do formy a tím odstranění zmetků,
5. snadnost práce s formou,
6. trvanlivost formy a její spolehlivost v provozu.

Formy podle materiálu ze kterého jsou vyrobeny dělíme na:

a/ kovové (ocelové nebo z nízkotavitelných slitin(,

b/ nekovové (sádrové, cementové, z umělých hmot),

Většinou se používá forem kovových, protože nekovové mají tu nevýhodu, že špatně vedou teplo a tím se nehodí ani pro malé série[15].

Výroba kovových forem se provádí několika způsoby[1] :

1. mechanickým opracováním,
2. odléváním,
3. kombinovaným způsobem,
4. galvanoplasticky.

2.1.1. Výroba matečného modelu.

Základem výroby forem je výroba tak zvaného matečného modelu. Matečný model se vyrábí podle výkresu dané součásti, který je doplněn o přídavky na smrštění a opracování, dělící roviny, umístění vtokové soustavy atd. Smrštěním rozumíme rozdíl mezi velikostí matečného modelu a velikostí odlitku. Velikost smrštění ovlivňuje řada okolností na př. smrštění modelní směsi, roztažení zahřáté keramické formy před odlitím, smrštění kovu atd. Celkové smrštění přesných odlitků z konstrukční oceli je asi 1,5 %[1]. Pro výrobu matečného modelu se používá o dva stupně přesnější základní tolerance lícovací soustavy ISA, než pro běžné konstrukční dílce. Rovněž drsnost povrchu ploch opracovaných ostatními způsoby obrábění bývá poloviční než byla na výklese odlitku a navíc se tyto plochy leští. Plochy matečného modelu broušené, protahované nebo

protlačované, vyráběné s drsností 0,1 - 0,8 H se dále neupravují. Nesmí však dojít při leštění k porušení geometrického tvaru. Jako materiálu na matečný model se používá nejčastěji ocel ČSN 11600, který se nejméně deformuje nízkotavitelnými slitinami.

2.1.2. Výroba formy.

Způsob výroby forem závisí na materiálu ze kterého bude forma vyrobena. Ocelové formy z jednoho kusu nebo s hrubě předlitým tvarem se vyrábějí běžným třískovým obráběním. Formy z nízkotavitelných slitin s ocelovým pláštěm se vyrábějí záléváním matečného modelu slitinou. Po odlití se dutina formy a dělící rovina podle potřeby upraví nebo opraví, doleští a dělící plochy se lícují. Při volbě materiálu forem musíme dbát na hospodárnost. Pro sériovou výrobu použijeme ocelových forem se zakalenou pracovní částí. Rovněž důležité je využití formy. Počítá se, že se s formou má do generální opravy vyrobit do 200 000 modelů.[13]

2.2. Materiály pro výrobu modelů.

V dnešní době se jako materiálu pro výrobu vytavitelných a spalitelných modelů používá u nás převážně voskových směsí. V zahraničí se používá ještě zmrzlá rtuť a spalitelné slitiny s polystyrenem nebo jinými dokonale spalitelnými platickými hmotami.

Podle způsobu výroby voskových modelů můžeme rozdělit modelní směsi na : a/ měkčí voskové směsi pro gravitační lití,

b/ měkčí voskové směsi zpěněné vzduchem pro výrobu pod tlakem,

c/ tvrdší voskové směsi pro vstřikové lití.

Na materiály pro výrobu modelů klademe tyto požadavky [1] :

1/ malé smrštění a odpovídající nízká tepelná roztažnost

2/ dostatečná stabilita, pevnost a tvrdost,

3/ dostatečná pružnost,

4/ nesmí se lepit na stěny kovových forem a musí přesně reprodukovat nejjemnější podrobnosti v jejich povrchu,

5/ nesmí korodovat formu,

6/ nesmí zanechávat po vytavení žádný zbytek v keramické

formě,

7/ nesmí být porušována obalovými hmotami,

8/ má být alespoň částečně regenerovatelná,

9/ má být vyrobena z tuzemských surovin a levná.

2.2.1. Suroviny na voskové směsi.

Jako surovin na voskové modelové směsi se používá : parafin, ceresin, montánní vosk, karnaubský vosk, včelí vosk, stearin, kalafuna, asfalt, jako náhražky syntetické tvrdé vosky (Hartglanzwachse NDR).

Pro výrobu modelních směsí jsou nejdůležitější mechanické zkoušky vosků. Kromě těchto zkoušek se provádějí ještě zkoušky fysikální a chemické. Všechny dohromady dávají možnost dobrého posouzení modelní směsi a tím i jejího správného použití. V podstatě se dnes zjišťují u modelních směsí a voskových surovin tyto vlastnosti: hustota, bod skápnutí, bod tuhnutí, lineární smrštění, tvrdost, pevnost ohybu, stabilita, roztažnost, křehkost, obsah popela, číslo kyselosti, a číslo zmýdelnění.

2.2.2. Používaná modelové směsi.

a/ měkké voskové modelové směsi.

Měkké voskové modelové směsi jsou v podstatě směsi parafinu a stearinu. K tomu se ještě přidává něco ceresinu nebo umělého vosku. V n.p. Mikrotechna se používá směsi o tomto složení : 50% parafinu, 35% stearinu a 15% ceresinu nebo umělého vosku. Tato směs pro gravitační lití má však velké smrštění. Aby se smrštění snížilo na minimum upravuje se tato směs dále ve zvláštním zařízení, tak zvaném pastovacím lisu, promícháním se vzduchem, čímž se vytvoří mazlavá modelová směs. Tato směs obsahuje asi 7% vzduchu a stříkací teplota se sníží na 42-44° C. Mazlavá modelová směs má proti normální směsi několik předností [15] :

1/ Mazlavá směs vytvořená dokonalým propracováním modelní směsi se vzduchem má dobrou molekulární soudržnost, která omezuje prudké rozstříknutí na dně formy při odstříknutí.

2/ Odstříknutí se děje pod tlakem 1 - 1,5 at. tímto způsobem se dosahuje stlačení jemně rozptýleného vzduchu ve vosku a po vyjmutí z formy tento vzduch uzavřený ve hmotě modelu způsobuje snížení smrštění modelu. Vzduchu však nesmí být ve směsi mnoho. Obsah vzduchu bývá asi 7 - 10% . Vyšší obsah způsobuje trhání modelu a hrubý a bublinatý povrch.

3/ Mazlavá směs má vstříkovací teplotu jen o málo vyšší než je teplota tuhnutí. Tím je urychleno tuhnutí i když mazlavá směs má poněkud horší tepelnou vodivost jak vosková tavenina. Během výroby mazlavé směsi a během odstříknutí je nutno tuto teplotu zachovávat, poněvadž při přehřátí rozptýlený vzduch unikne z vosku.

4/ Při vytavování modelu ze skořepiny je rovněž menší nebezpečí potrhání skořepiny, neboť pnutí vzniklá při ohřátí této směsi během natavování nejsou tak vysoká. Tato výhoda zároveň značně přispívá k zvyšování produktivity práce v dalších fázích výroby.

Nevýhodou modelů z mazlavé směsi však je její nižší pevnost proti modelům vyrobeným odstříknutím z taveniny.

b/ Modelové směsi na bázi polystyrenu.

V n.p. Mikrotechna používají kromě měkkých modelních voskových směsí ještě směs na bázi polystyrenu o tomto složení : 5o% kalafuny,
3o % parafinu,
2o% polystyrolu.

Tato modelní směs má několik výhod :

1/ poměrně vysoká pevnost(2-3 x větší než směs parafin-stearin),

2/ modely mají dobrou kvalitu povrchu a ostrost kontur,

3/ má vysoký bod měknutí a rozměrovou stabilitu v poměrně širokém tepelném intervalu.

Proti těmto výhodám však vystupuje řada nevýhod této směsi :

1/ poměrně malá tekutost, což má za následek nutnost vysokých lisovacích tlaků,

2/ změny při přechodu z tuhého do tekutého stavu a tím

i praskání skořepin při vytavování modelní směsi. Aby se tomu zamezilo je nutné používat hydraulických cementových výplní, čímž ovšem klesá prodyšnost formy a je tedy nutné pozvolna sušit a žíhat, jinak by došlo k roztrhání obalu vodními parami. Toto je velmi nepříjemné hlavně z hlediska ekonomického, protože se tím značně prodlužuje pracovní cyklus.

3/ škodlivost výparů a tím i nutnost účinného odsávání všech míst.

2.2.3. Regenerace vosků.

Po vytavení voskové směsi ze skořepiny nemůžeme tuto směs opět použít. Obsahuje totiž několik procent vody. Abychom tuto vodu ze směsi odstranili, musíme směs zahřívat několik hodin na teplotě asi 110- 120° C tak dlouho, dokud se všechna voda nevypaří. Potom se ke směsi přidá asi 20% voskové směsi nové. Regeneraci provádí n.p. Svit v Otrokovicích.

2.3. Výroba voskových vytavitelných modelů.

2.3.1. Vlastní výroba.

Zhotovení voskových modelů je jednou z nejdůležitějších operací na které závisí budoucí přesnost a čistota povrchu odlitků. Musíme dbát na to, aby při výrobě bylo co nejméně zmetků. Výskyt zmetků je podmíněn velkým množstvím faktorů majících vliv na smrštění modelů. Nejdůležitější vliv mají faktory kolísání teploty, umístění a hustota pasty (teplota pasty a množství vzduchu v pastě). Menší, ale přesto značný vliv na rozměrové parametry ukazují doba od odstříknutí modelu do jeho vyjmutí z formy, způsob ochlazování formy, doba od zhotovení modelu do nanesení keramického obalu atd.

Abychom mohli snadno vyjímat model z formy musíme nanést na povrch formy dělící prostředek. V n.p. Mikrotechna používají dělícího prostředku na bázi neutralisačního roztoku kyseliny olejové podle Doškáře. Připravuje se tímto způsobem :

1/ Příprava neutralisačního produktu kyseliny olejové s trie-

tanolaminem. Smísí se jeden váhový díl kyseliny olejové s dvěma váhovými díly trietanolaminu. Směsí se míchá až se samovolně neutralisačním teplem zahřeje a zhoustne. Potom se směs ohřívá na 2oo° C za občasného zamíchání po dobu 3o min. Nechá se schladnout a zpracuje se na dělící prostředek.

2/ Příprava vlastního dělícího prostředku.

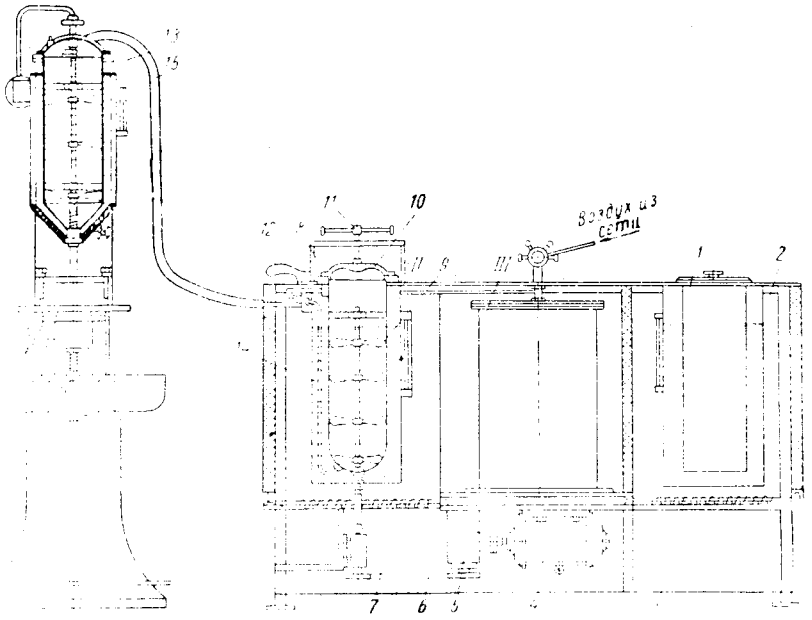
loo - 2oo gr. neutralisačního produktu kyseliny olejové s trietanolaminem (pro jednoduché dílce a gravitační dotlačovací způsob výroby voskových modelů stací nižší koncentrace. Pro složitější dílce a práci na střikolisu volíme koncentraci vyšší).

5oo - 55o ml destilované vody,

2oo - 25o ml glycerinu,

2oo - 25o ml etylalkoholu.

Mazlavá modelová směs se prozatím připravovala ručně mícháním voskové směsi se vzduchem. Potom se tato směs tlačila zvláštní nálevkou do formy. Aby se zvýšila produktivita práce byl nedávno dán do zkušebního provozu pastovací stroj, který sám směs připraví a tlačí ji do formy. V podstatě jde o dvě nádoby, z níž v jedné se vosková směs taví a v druhé se ochlazuje na teplotu 42 -44° C a míchá se vzduchem. Z této nádoby se potom tlačí do formy.

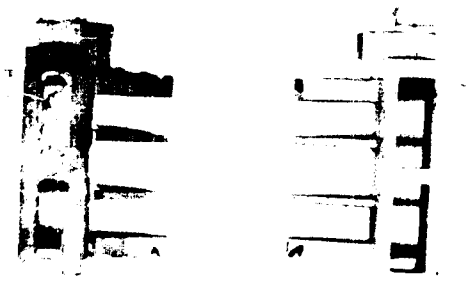


obr. 1.

Na obr. 1 je vidět princip tohoto postovacího stroje. Podrobnější popsání nemohu provést, protože stroj byl postaven podle sovětské literatury a výrobní dokumentace v závodě není.

2.3.2. Čištění modelů.

Při tlačení mazlavé voskové směsi do formy dochází vlivem roztažnosti v dělících plochách formy k přelití voskové směsi. Vzniklé výlisky mají proto na hranách tenké přetoky, které je nutno odstranit. Odstraňování se provádí speciálním nožem k tomu účelu upraveným.



obr. 2

Na obrázku 2 je vidět rozdíl mezi odlitkem očištěným a neočištěným. Při čištění je však nutno dbát na to, aby nebyla porušena ostrost hran modelů a byly dodrženy všechny poloměry. Dále se musí velmi pečlivě dbát na to, aby při čištění nedošlo k deformaci pracovních ploch modelu. Je proto nutné odkládat očištěné modely na zvláštní desky, aby byl co možná nejmenší styk lidské ruky s modelem.

2.3.3. Kontrola modelů.

V n.p. Mikrotechna se vyrábějí velmi složité a speciální odlitky (viz obr. 3) v úzkých tolerančních mezích. Proto se provádí 100% kontrola modelů. Při vzhledové kontrole se dbá hlavně na to, aby modely měly čistý povrch prostý bublin, dutin atd.

2.4. Sestavování stromečků.

Dnes je nejvíce rozšířeno uspořádání modelů a licího systému

obr. 3

do tak zvaných stromečků. Sestavování licího systému a tím i stromečku závisí na [1] : způsobu lití, způsobu výroby vytavitelných modelů , sestavování modelů do stromečků , obalování, vytavování, plnění formy tekutým kovem, snadném a ekonomickém oddělování odlitků od vtokové soustavy. Tvar a velikost stromečků je v závodě typisována podle druhu a velikosti modelů. Modely se připojují k vtokové soustavě : 1/ zapájením pájkou,

2/ lepením, jako lepidla se používá směsi 90% kalafuny a 10% ceresinu.

2.5. Obalovací směsi.

V n.p. Mikrotechna se pracuje s obalovou směsí na bázi etylsilikátu. Základem je vazná kapalina, která se připravuje z hydrolysovaného etylsilikátu 40. Příprava základního hydrolysátu se provádí ze směsi těchto chemikálií: 2000 ccm etylsilikátu 40

1600 ccm etylalkoholu denaturovaného éterem

400 ccm zředěného roztoku kyseliny solné 0,7

Postup přípravy: vlije se etylsilikát 40 do etylalkoholu a za stálého míchání vlijeme odměřené množství zředěné HCl. Míchá se tak dlouho, dokud se směs neohřeje na 40° C a nevyjasní. V případě, že se směs neohřeje na žádanou teplotu musíme ji přihřát. Potom se hydrolysát zpracovává na vlastní vaznou kapalinu tímto způsobem:

ke každým : 5oo ccm základního hydrolysátu se přidá:
4oo ccm etylalkoholu denaturovaného 1o% éteru
2,5 - 2oo ccm palatinolu C (dibutylftalátu) nejlépe 11 ccm.

Správně připravená vazná kapalina má hustotu odpovídající výtokové době měřené Fordovým pohárkem při teplotě 2o° C - 11 vteřin.
Po míchání se nechá vazná kapalina 16 - 24 hod. vyzrát.
Z vazné kapaliny se potom připravuje obalovací směs takto:
pro střední velikosti dílců : 18oo gr písku JM ČSN 721267
(2oo gr živec mletý)
425 gr vazné kapaliny
pro drobné členité součásti: 18oo gr písku JM (2oo gr živec(
45o gr vazné kapaliny.

Písek JM je mletý křemenný písek na který, klademe tyto požadavky:
obsah bobtnatelných látek max. 0,1%,
nesmí obsahovat alkalicky reagující látky,
vlhkost max. 2%.

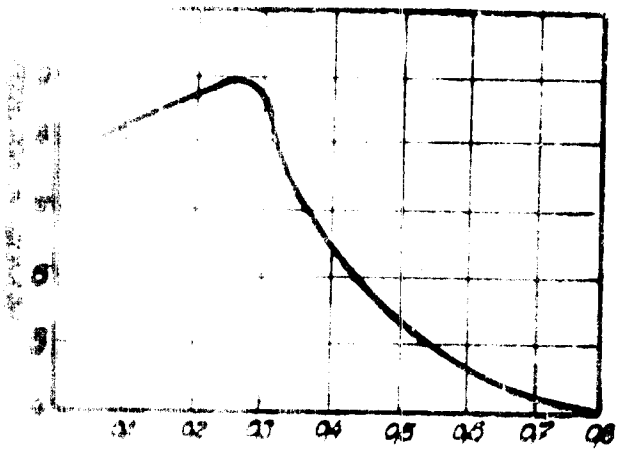
Tuto směs musíme řádně promíchat. Po promíchání má být vizkosita pro první obal 9o ± 5 vteř., pro další obaly 75 ± 5 vteř.
Konečný stav obalovací směsi závisí na [15] :

1/ jemnosti tuhé látky obalovací směsi. Platí, že čím vyšší jemnost, tím do určité míry stoupne pevnost. Existuje ovšem určitá mez jemnosti, další její růst má za následek praskání obalů a zhoršení prodyšnosti.

2/ Obsahu etylsilikátu ve vazné kapalině. Čím vyšší obsah etylsilikátu, tím snadněji praská obal. Počítá se, že optimální koncentrace je kolem 16 - 23% SiO_2.

3/ na způsobu přípravy vazné kapaliny a složení obalovací směsi. Zde je nutno uvažovat vliv HCl a hrubost disperse na pevnost obalu, což je vidět z obr. 4. Bylo zjištěno, že čím je hrubší disperse, tím je rychlejší tvrdnutí obalů a tím zároveň bude nepravidelnější gelový obal zrnek žáruvzdorného materiálu. Příčinou hrubé disperse je vyšší teplota a proto musí být teplota při hydrolýze nižší než 5o° C.

4/ na poměru vazné kapaliny a tuhé složky, což má vliv na praskání obalů. Obsah vazné kapaliny se řídí zrnitostí mle-



obr. 4

tého křemene a to tak, že čím větší jemnost, tím větší množství kapaliny.

2.6. Obalování stromečků.

Obalování stromečků se provádí ponořováním v obalovací směsi. Stromeček odmaštěný v 1o% roztoku fenolformaldehydové pryskyřice v etylalkoholu se ponoří do míchačky s obalovací směsí. Aby se zabránilo špatnému obalení musí se stromečkem otáčet a naklánět. Po vyjmutí se přebytečná obalovací směs nechá okapat. Potom následuje zasypání stromečku pískem T2S. Zasypáním obalu je zabráněno stékání směsi ze stromečku, zamezuje se praskání a urychluje se schnutí. Zasypaná stromečky se suší. Doba sušení je závislá na zařízení ve kterém se sušení provádí. Nedokonale usušené obaly, u nichž neproběhla dostatečně přeměna solu v gel, se při novém namočení v obalovací směsi rozleptávají a praskají.

Obalování je provedeno čtyřikrát. Někdy se používá ještě pátého obalu na vtoky. Kontrola se provádí 1o%, obaly nesmí vykazovat žádné trhliny.

2.7. Vytavování vosků.

Pro vytavování voskových modelů existuje několik způsobů:

horkým vzduchem, parou a v horké vodě při teplotě okolo 100° C. Vytavování se musí provádět tepelným nárazem, aby se od keramického obalu odtavila vrstvička vosku, dříve než se přehřeje celý voskový model. Tím se vytvoří spára, která umožňuje roztavení vosku bez nebezpečí prasknutí keramického obalu. V n.p. Mikrotechna se provádí vytavcování v horké vodě. Stromečky se dají do drátěného přípravku a ponoří se do horké vody na dobu 30 - 60 minut. Nevýhodou tohoto způsobu je, že se modelní směs nepřetržitě znečišťuje anorganickými sloučeninami [15]. Modelní směs se potom stává křehkou, pórovitou a nakonec nepoužitelnou. Toto se vysvětluje tím, že vápenaté a jiné soli ve vodě tvoří těžkorozpustné mýdlo, které se shromažďuje a brání tak regeneraci modelní směsi. Výhodné je proto používat pro vytavování vodu mírně okyselenou HCl (1 - 3%) nebo používat vodu očištěnou od solí. Po vyjmutí vytavené skořepiny se doporučuje [14] její vyplachování horkou vodou. Odstraní se tím zbytky nečistot a vosků, které se mohou při vyjímání skořepiny z vody dostat do vnitřku skořepiny.

2.8. Zasypávání skořepiny.

Metoda zasypané skořepiny je značně ekonomická proti dříve používaným metodám (pevná keramická forma s kašovitou výplní atd.) Aby byla dodržena rozměrová přesnost u zasypané skořepiny je nutné, aby pevnost obalu byla co největší. V n.p. Mikrotechna se používá převážně zasypané skořepiny, v malé míře též formování kašovitou výplní. K zasypání skořepin se používá křemičitého písku, kterým se zasype vytavená a vysušená škořepina, uložená v krabici ze žáruvzdorné oceli. Zasypávání se provádí ručně a vzhledem k tomu, aby se do skořepiny nedostal písek je nutné opatřit skořepinu víčkem. Pro formování kašovitou vyplňovou směsí se používá těchto materiálů:

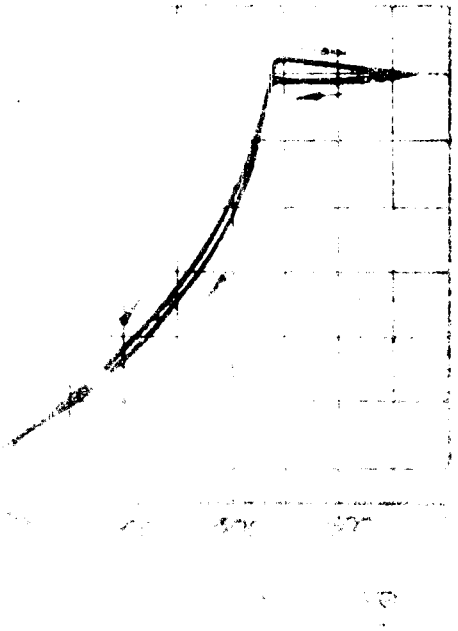
70% křemenný písek
7% cement hlinitý
15% šanotová drť
3% mletý křemen
2% kalcinované sody na 100% směsi.

2.9. Vypalování skořepin.

Vypalování skořepin je nutné pro dokonalé spálení zbytků

voskové modelové směsi, odstranění vlhkosti, zvýšení prodyšnosti skořepiny a zlepšení podmínek pro zaplnění skořepiny tekutým kovem. Při vypalování má být v peci slabě oxydační atmosféra, aby plynotvorné látky mohly shořet. Teplota vypalování skořepin na bázi etylsilikátu se pohybuje od 900 - 950° C.

Při volbě keramického obalu a jeho teploty vypalování je nutné pamatovat též na otázku vlivu teploty formy před litím na jakost odlitků a přesnost dosahovaných rozměrů.[15] Podle sovětských prací se skořepina zhotovená z křemičitého písku vázaného etylsilikátem při ohřevu roztahuje a při ochlazení smršťuje podle diagramu na obr. 5



obr. 5

Z diagramu je patrno, že rozměry skořepiny jsou v celku stabilní při použití teplot mezi 600 - 900° C. Toto rozmezí je tedy nejvýhodnější z hlediska rozměrové přesnosti odlitků. Nevýhodné je však z hlediska krystalisace (hrubá krystalisace). Čím vyšší je teplota skořepin před litím, tím častěji se vyskytují v odlitcích plynové

bubliny a páry. Vysoká teplota formy může vyvolat také obrácené tuhnutí kovu. Z hlediska stálosti rozměrů skořepiny při různých teplotách jsou výhodnější skořepiny vyrobené z etylsilikátu a šamotové drti což jest vidět z diagramu na obr. 6.

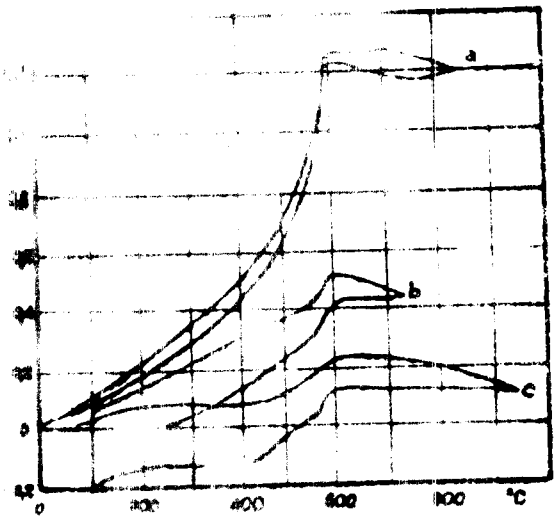


DIAGRAM PROZTAŽIVOSTI SKOŘEPIN

a) SKOŘEPINA ... ETYLSILIKÁTU A KŘEMITÉHO PÍSKU
b) SKOŘEPINA ... SILIKÁTU S ŠAMOTOVÉ DRTI
SKOŘEPINA ... ETYLSILIKÁTU A TAVENÉHO KŘEMENE

obr. 6

Ještě výhodnější jsou skořepiny vyrobené z etylsilikátu a taveného křemene, protože vykazují velmi malé objemové změny v celém tepelném intervalu.

V n.p. Mikrotechna se vypalování provádí v komorové peci kam se zasypané skořepiny v krabicích zavážejí na vozíku. Celková doba od zavezení do pece až po vyjmutí skořepin z pece k lití je asi 8 - 10 hod.

2.10. Tavení materiálu.

V n.p. Mikrotechna se k tavení materiálu používá dvou druhů

pecí, podle druhu materiálu. V středofrekvenční indukční peci se taví ocel ČSN 11600 a mosaz Ms67 GOST 1019-47. Na tavení slitiny Al - Si ČSN 424330 se používá dvou starých koksových pecí. Přetavují se vždy materiály o známém složení. Vsázka se připravuje podle příslušného ověřovacího předpisu.

2.11. Odlévání a chladnutí skořepin.

Po dostatečném vypálení skořepiny a roztavení materiálu nastává odlévání. Aby byla dosažena dobrá rozměrová přesnost a jakost povrchu musí mít skořepina před litím určitou teplotu podle druhu odlévaného materiálu. V závodě se odlévají materiály při těchto teplotách skořepin :

ocel ČSN 11600	750-900° C
mosaz Ms 67GOST 1019-47	550 -600° C
Al - Si ČSN 424330	280-300° C

Odlévání se provádí ručně z předehřáté pánve. Po odlití a ztuhnutí materiálu ve skořepině se vysype písek z krabic. Odlitá skořepina se vyjme z krabic a nechá se volně schladnout na vzduchu.

2.12. Zbavování odlitků keramického obalu.

Na odlitém stromečku lpí keramický obal, který je nutno odstranit. Odstraňuje se nejprve mechanicky a tam kde mechanické odstranění nestačí ještě chemicky - louhováním. V závodě se zhruba nejprve odstraňuje keramický obal ručně oklepáváním. Takto očištěný stromeček se dále čistí otryskáváním v pneumatickém otryskavači. Pro otryskání se používá litinové drti. Tímto způsobem se však na všech částech odlitku keramický obal odstranit nedá. Zbytky ulpělé keramiky se dají odstranit louhováním v hydroxydu sodném. Louhování se provádí buď v roztoku 10% NaOH v H_2O při teplotě 150° C, nebo v tavenině čistého NaOH při teplotě asi 500° C. V závodě se však louhování neprovádí, protože k tomu není zařízení. Z hlediska jakosti povrchu odlitků, jak bude dále popsáno, je lépe používat chemického odstraňování skořepiny než otryskávání, které má na jakost povrchu velmi nepříznivý vliv.

2.13. Oddělování odlitků od vtokové soustavy.

Po očištění odlitků od keramických obalů se odlitky oddělují od vtokové soustavy. Používá se k tomu různých způsobů. Vhodný způsob oddělování se volí se zřetelem k [2]:

1/ k druhu materiálu odlitků,

2/ k způsobu vtokování,

3/ k způsobu sestavování,

4/ k možnosti upínání.

V závodě se oddělování provádí dvojím způsobem: rozbrušováním a řezáním pilou. Rozbrušování je nejuniversálnější způsob oddělování odlitků od vtokové soustavy. Je vhodné nejenom pro materiály třískovým obráběním neobrobitelné, ale i pro materiály obrobitelné. Provádí se na brusce rozbrušovacím kotoučem. Upínání stromečku se provádí na zvlášť k tomu zhotoveném přípravku. Řezání pásovou pilou se provádí u materiálů dobře obrobitelných. Stejně jako u předcházejícího způsobu je stromeček upnut ve zvláštním přípravku.

2.14. Kontrola výroby a odlitků.

Výroba odlitků přesným litím je složitá. Abychom dostali kvalitní odlitky je nezbytná kontrola všech operací při výrobě (mezioperační kontrola) i vlastní kontrola odlitků (výstupní kontrola). Mezioperační kontrola se provádí u všech operací namátkově. U výroby modelů se kontroluje příprava hmot na vytavitelné modely, správná příprava a teplota mazlavé směsi, vznik staženin, rozměrové úchylky, způsob sestavování stromečků, velikost vtoků, vzdálenost modelů umístěných na stromečku. Při obalování stromečků je prováděna namátková kontrola přípravy vazné a obalovací směsi (zde se provádí hlavně měření viskosity pomocí Fordova Výtokového pohárku), doba sušení obalu, správné vytavování modelu. Při formování je nutné, aby licí otvor skořepiny byl zakryt víčkem a skořepina byla v krabici správně uložena. Při vypalování se musí dbát na to, aby byla dodržena teplota a doba vypalování (skořepina musí mít stejnoměrnou bílou barvu nikoliv černou). Při tavení a odlévání je nutné správné vsázkování a dodržení tavicí a licí teploty kovu a skořepiny. Dále je nutno kontrolovat správné oddělování odlitků od vtokové

soustavy, dodržení předepsané povrchové úpravy a tepelného zpracování odlitků.

Výstupní kontrola kontroluje chemické složení materiálu, tepelné zpracováním rozměry, vnitřní jakost a vnější vzhled odlitků. Vady odlitků se rozdělují do těchto skupin [1]:

1/ dutiny
2/ přerušení souvislosti
3/ vady povrchu
4/ vady tvarové, rozměrové a váhové
5/ vady mikrostruktury
6/ vady zjištěné laboratorně.

Jakost povrchu odlitků se kontroluje kus po kuse a počet a druh vad se zaznamenává. Povrch odlitků může vykazovat některé vzhledové vady, které z funkčního hlediska nesmějí snižovat životnost součásti. Je proto možno s ohledem na upínání a funkci součásti tyto vady v určitých mezích dovolit. Rozměrově se kontrolují odlitky namátkově, pouze odlitky s požadovanou vysokou přesností se kontrolují kus po kuse pomocí běžných dotykových měřidel. Se zřetelem k těmto požadavkům větší rozměrové přesnosti odpovídá proto technické vybavení kontroly slévárny přesných odlitků spíše vybavení dílenské kontroly mechanického provozu než slévárny.

2.15. Přejímací podmínky.

Poněvadž u nás neexistují pevné přejímací podmínky vypracovaly Kdyňské strojírny n.p., Kdyně návrh na technické podmínky pro přejímání odlitků zhotovených přesným litím metodou vytavitelného nebo spalitelného modelu.

V návrhu jsou obsažena tato důležitá ustanovení:

1/ tvar odlitků - průřezy odlitků mají mít rovnoměrnou tloušťku max. 10mm bez náhlých přechodů,
2/ funkční plochy - kde je požadována zvýšená čistota a hladkost mají přídavek na opracování,
3/ zbytek po vtoku - třískové opracování + 2,0mm
- 0,0
broušení + 0,2
- 0,0

4/ oduhličení,

5/ tolerance - dovolené úchylky určuje ČSN 014470. přímo se zákazníkem se však může sjednat jiná úchylka.

Tolerance funkční:	rozměr v mm	tolerance v mm
	0 - 25	± 0,125
	nad 25	± 0,5% rozměru
Tolerance všeobecná:	0 - 30	± 0,2
	nad 30	± 0,7% rozměru

Úhly: mezní úchylky kótovaných úhlů: ± 0° 30'

6/ pro tolerance odlitku nutno dodržet tolerance výroby modelů v jedné desetině mezních odchylek odlitku.

7/ přímost a rovnost je závislá na tvaru dílce a na mechanickém vyrovnání

délka hrany v mm	tolerance odlitku bez vyrovnání v mm
do 10	± 0,25
do 60	± 0,40
do 120	± 0,70

8/ v případě speciálních požadavků mohou být dodrženy tolerance užší, za cenu zvýšení nákladu na odlitek

9/ povrchová drsnost - mimo dovolené povrchové vady je střední kvakratická úchylka nerovnosti pro hrubé ocelové odlitky 6,3 μ

10/ stav povrchu odlitku - vnější a vnitřní vady

11/ zavaření malých povrchových vad po dohodě se spotřebitelem

12/ tepelná zpracování

13/ chemické složení uvedeno v materiálových listech

K tomuto návrhu se mají všechny slévárny přesného lití vyjádřit. Dosavadní praxe je taková, že se přejímací podmínky sjednávají přímo s odběratelem. Musí však obsahovat všechny základní údaje tj. : materál, stav a rozměry odlitků, povrchovou úpravu, jakost povrchu, max. převýšení zbytku po vtoku, max. hloubku oduhličení, velikost licího zrna.

2.16. Výrobní postup.

Aby bylo možno dobře zvládnout celou technologii tohoto způsobu lití je nutné uvést u každého výrobku vyčerpávající výrobní dokumentaci, která slouží nejenom k výrobě a samotné kontrole, ale i k výrobě opakované a možnosti účinných zásahů do výroby na základě získaných zkušeností. Zároveň musí zachychovat údaje ekonomické, které jsou z hlediska konečné kolkulace velmi důležité. Pro ilustraci si zde uvedeme alespoň vzorový technologický postup pro lití metodou vytavitelného modelu používaných v n.p. Mikrotechna.

Vzorový technologický postup:

1/ příprava modelního materiálu
2/ zhotovit model
kontrola 100%
3/ zhotovit a sestavit vtokový kůl, nalepit modely na stromeček
kontrola: kontrolovat hladkost, nepraskavost, vzhled, spájená místa 100%
4/ sušit křemenný písek při teplotě 500° C po dobu 4 hodin
5/ připravit a obalit modelové útvary
kontrola: 10% vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny
6/ obalovat modelové útvary podle operace 5
kontrola:10% druhá vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny
7/ obalovat modelové útvary podle operace 5
kontrola : 10% třetí vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny
8/ obalovat modelové útvary podle operace 5
kontrola : 10% čtvrtá vrstva nesmí vykazovat žádné trhliny
9/ vytavit modelovou směs
10/ po vytavení žíhat
11/ připravit odlévací mateirál
12/ vytahnout z pece formy nebo krabice se skořepinami a odlévat
13/ po vychladnutí vyjmout odlité útvary z krabic, oklepat skořepiny
14/ opískovat odlité útvary
15/ odříznout odlité útvary od vtokového kůlu
kontrola : 100% vzhledu, odlití.

3. Rozměrová přesnost přesných odlitků získaných metodou vytavitelného modelu.

3.1. Význam, dosažitelné meze přesnosti, současný stav normalisace.

Otázka přesnosti odlitku, zhotovených metodou vytavitelného modelu, je jednou z nejdůležitějších při hodnocení metody a určení oblasti jejího použití. Přesto však tato otázka není ještě dnes tak objasněna a rozpracována, jako jiné zákonitosti slévárenských procesů a jako přesnost třískově obráběných součástí. Je to proto, že přesnost odlitků závisí na velkém množství faktorů, především na přesnosti modelu a tudíž i na přesnosti forem pro jejich výrobu. Aby bylo možno zvýšit přesnost odlitku bylo by třeba vyřešit celý komplex slévárenských procesů od přípravy kovu až po opracování odlitků na př. materiál a výrobu forem, chování forem při odlévání, smršťování a deformování odlitků atd.

Obecně lze říci, že hlavní vliv na přesnost odlitků, vyjádřenou velikostí odchylky od jmenovitého rozměru má [5] :

1/ jakost povrchu odlitku,

2/ kolísání délkového smrštění, souvisící s druhem a kvalitou kovu a odporem formy proti smršťování,

3/ deformace odlitků během tuhnutí, chladnutí a tepelného zpracování.

Hlavními příčinami rozměrových odchylek odlitků vyrobených touto metodou jsou odchylky formy, (pro výrobu modelů), deformace a smrštění modelů, rozměrové změny skořepiny a smrštění kovu. Formy pro výrobu voskových modelů se zhotovují ve 3 - 4 třídě přesnosti [3]. Smrštění modelové směsi závisí především na povaze, složení a též na teplotě vstřikování do formy. Velikost smrštění kovu se vyrovnává při dokončování formy podle výsledků měření na zkušebních rozměrech odlitku.

Poměrně značný vliv mají na přesnost též různé obměny této technologie, jak ukazují sovětské práce (viz obr. 7). Z přehledu rovněž vidíme dnes dosahované meze přesnosti u přesných odlitků.

Разновидности технологии литья по выплавляемым моделям	Классы точности по ОСТам 1014, 1015, 1010					
	4	5	7	8	9	10
Массовое производство; модели изготовляются в металлических одногнездных прессформах; процесс тщательно настроен	×	×	×	—	—	—
Массовое производство; металлические многогнездные прессформы; тщательная настройка процесса отсутствует .	—	×	×	×	—	—
Серийное производство; прессформы металлические, механически обработанные или литые	—	—	×	×	—	—
Мелкосерийное производство; прессформы металлические, литые	—	—	×	×	×	—
Мелкосерийное производство; прессформы гипсовые или резиновые	—	—	—	×	×	×

obr.7

Aby bylo možno hodnotit celkové odchylky skutečných rozměrů odlitků od jmenovitých navrhuje P.P. Berg vzorec [5], v němž zahrnuje vlivy druhu technologie, smrštění formy a výrodní přesnosti :

$$\delta = a_1 + a_2 D + a_3(0{,}0001D + 0{,}45\sqrt[3]{D}) \qquad /1/$$

kde: δ - celková odchylka(mm)

D - jmenovitý rozměr (mm)

a_1 - koeficient charakterizující druh technologie(pro lití metodou vytavitelného modelu a_1 = 0,03 - 0,05)

a_2 - koeficient charakterizující kolísání smrštění a deformaci forem (a_2 = 0,002)

a_3 - koeficiant charakterizující třídu výrobní přesnosti

třída přesnosti OST	4	5	6	7	8	9
hodnota a_3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1o

Z rovnice /1/ vidíme, že Berg použil pro jednotkovou odchylku vztahu:

$$i = (0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D) \quad (\mu) \qquad /2/$$

kterým vyjadřuje závislost rozměrových odchylek na jmenovitém rozměru podle kubické paraboly, jak jej užívá ISA. Výsledky však ukazují, že je u odlitků závislost na jmenovitém rozměru lineární

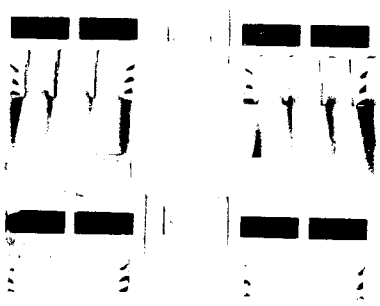
a nikoliv parabolická. Tyto poměry lépe vystihují francouzská a anglická norma. Naše norma ČSN 014470 je rovněž založena na popsané kubické závislosti, což méně vyhovuje slévárenským možnostem. Je to z toho důvodu, že zatímco pro malé rozměry je norma poměrně dosti volná, lze velké rozměry vyrábět ekonomicky jen velmi těžko vzhledem k velkému procentu rozměrových zmetků. Z uvedených norem a předpisů pro rozměrové odchylky přesných odlitků vyplývá, že vývoj se zaměřuje na zavedení lineární závislosti odchylek na jmenovitém rozměru, čímž by bylo možno v našich podmínkách zaručit přesnější přejímací podmínky, což by mělo za následek značný ekonomický přínos pro strojírenské spotřebitele přesných odlitků.

3.2. Metody sledování rozměrové přesnosti v n.p. Mikrotechna.

Podobně jako v ostatních slévárnách přesného lití ani v n.p. Mikrotechna se neprovádí systematická kontrola rozměrové přesnosti kus po kuse. Je toproto, že výsledné rozměry při současném stavu výroby se pohybují v dovolených tolerancích uvedených v normě ČSN 014470. Dosavadní praxe a návrh přejímacích podmínek byla probrána v kapitolách 2.14 a 2.15.

3.3. Vlastní zkoušky rozměrové přesnosti.

úkolem mé práce bylo zjistit změny rozměrů v procesu výroby. Ke svým zkouškám jsem vybral odlitek z běžné výroby n.p. Mikrotechna - odlitek č. 302 - 6950.99 /držák kartáčků/)(viz obr. 8).



obr. 8.

Při zkouškách jsem však mohl sledovat pouze rozměry formy a výsledného odlitku. Změny rozměrů u voskových modelů nebylo možno sledovat, protože se k výrobě používalo měkkých voskových směsí (složení viz kapitola 2.2.4.). Vysledkem těchto zkoušek má být alespoň částečně získat názor na úroveň výroby přesných odlitků metodou vytavitelného modelu, především v úseku výroby forem (otázka přídavku k jmenovitému rozměru odlitku pro stanovení rozměru formy) a velikost tolerančního pole odlitků.

3.3.1. Postup a měřicí metody.

Výrobní postup výroby odlitků č. 302-6950.99 byl popsán v předcházejících kapitolách. V n.p. Mikrotechna byly odlity odlitky ze tří materiálu : mosazi Ms 67, slitiny Al- Si ČSN 424330 a oceli ČSN 11600. Na VŠST v Liberci byly tytéž odlitky zhotoveny ještě z litiny o tomto složení : 2,92 % C , 0,48 % Mn , 1,98 % Si , 0,14% P, 0,077 % S , 0,35 % Cr , 1,55 % Ni .

Pro výrobu a odlévání byly dodrženy všechny podmínky tak, jak je tomu v n.p. Mikrotechna. Licí teploty skořepin byly tyto :

mosaz Ms 67	580° C
slitina Al-Si	290° C
ocel 11600	850° C
litina	950° C

Odlitky z oceli a litiny byly odlity pro srovnání s předcházejícími pracemi. Všechny rozměry formy a odlitků byly měřeny posuvným měřítkem s přesností 0,02 mm. Skizza odlitku s označením měřených rozměrů je na obr. 9.

3.3.2. Výsledky měření odlitků.

Na zkušebním odlitku byly měřeny délkové rozměry označené písmeny na obr. 9. Všechny naměřené hodnoty formy a odlitků jsou sestaveny tabelárně v tabulkách :

mosaz Ms 67	č. tabulky 1 - 7
slitina Al-Si	8 - 11
ocel 11600	12 - 15
litina	16 - 19

kde je rovněž u všech naměřených hodnot vypočteno smrštění oproti rozměru formy v % . Naměřené hodnoty odchylek odlitků proti rozměru formy byly seřazeny podle četností do tabulek takto :

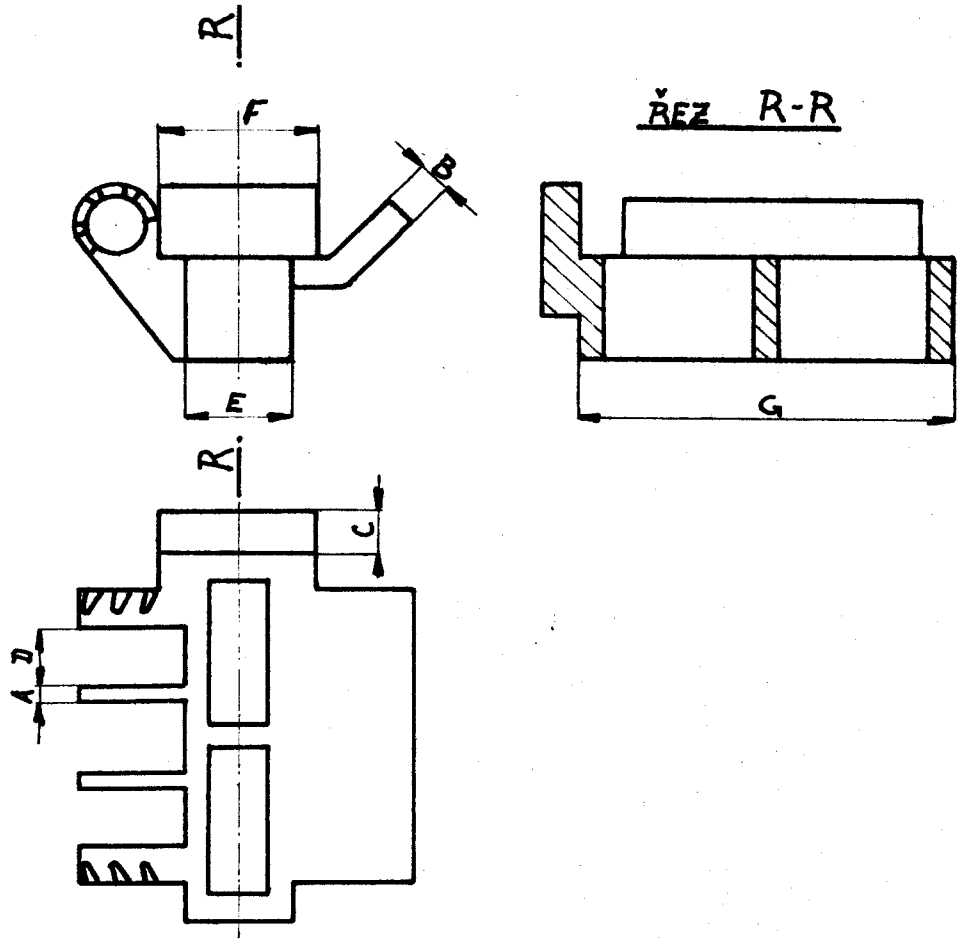
a/ odlitky z Ms 67	č. tabulky	20 - 23
b/ odlitky ze Al-Si		31 - 34
c/ odlitky z oceli 11600		46 - 48
d/ odlitky z litiny		56 - 58

Uvedené závislosti jsou zachyceny graficky v tabulkách takto :

a/ odlitky z Ms 67	č. tabulky	24 - 30
b/ odlitky z Al-Si		35 - 41
c/ odlitky z oceli 11600		49 - 55
d/ odlitky z litiny		59 - 65

obr. č. 9

Odlitek č. 302-6950.99



VŠST LIBEREC | 3. Rozměrová přesnost. | **3. LISTOPADU 1962** | Petr Zimmel

Rozměr A

jmenovitý rozměr odlitku: 2 mm rozměr formy: 2,14 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 1

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	2,12	0,900	18	2,04	4,672	35	2,12	0,900
2	2,12	0,900	19	2,06	3,738	36	2,06	3,738
3	2,06	3,738	20	2,08	2,794	37	2,10	1,850
4	2,08	2,794	21	2,02	5,605	38	2,12	0,900
5	2,10	1,850	22	2,04	4,672	39	2,08	2,794
6	2,08	2,794	23	2,12	0,900	40	2,06	3,738
7	2,12	0,900	24	2,12	0,990	41	2,12	0,900
8	2,10	1,850	25	2,08	2,794	42	2,06	3,738
9	2,12	0,900	26	2,10	1,850	43	2,10	1,850
10	2,12	0,900	27	2,10	1,850	44	2,08	2,794
11	2,12	0,990	28	2,08	2,794	45	2,06	3,738
12	2,04	4,672	29	2,06	3,738	46	2,12	0,900
13	2,06	3,738	30	2,08	2,794	47	2,08	2,794
14	2,08	2,794	31	2,06	3,738	48	2,12	0,900
15	2,12	0,900	32	2,08	2,794	49	2,10	1,850
16	2,06	3,738	33	2,10	1,850	50	2,10	1,850
17	2,08	2,794	34	2,12	0,900			

VŠST LIBEREC

3. Rozměrová přesnost.

3. LISTOPADU 1962

Petr Zimmel

Rozměr B.

jmenovitý rozměr odlitku: 4,00 mm rozměr formy: 4,22 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 2

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť oproti formě %
1	4,22	0,000	18	4,20	0,473	35	4,20	0,473
2	4,20	0,473	19	4,14	1,895	36	4,24	0,473
3	4,20	0,473	20	4,18	0,950	37	4,16	1,421
4	4,12	2,369	21	4.14	1,895	38	4,22	0,000
5	4,24	0,473	22	4,16	1,421	39	4,22	0,000
6	4,18	0,950	23	4,08	3,317	40	4,18	0,950
7	4,12	2,369	24	4,20	0,473	41	4,26	0,950
8	4,20	0,473	25	4,24	0,473	42	4,24	0,473
9	4,16	1,421	26	4,28	1,421	43	4,18	0,950
10	4,12	2,369	27	4,18	0,950	44	4,22	0,000
11	4,10	2,843	28	4,04	4,265	45	4,14	1,895
12	4,12	2,369	29	4,20	0,473	46	4,18	0,950
13	4,12	2,369	30	4,12	2,369	47	4,20	0,473
14	4,12	2,369	31	4,12	2,369	48	4,20	0,473
15	4,16	1,421	32	4,22	0,000	49	4,18	0,950
16	4,18	0,950	33	4,22	0,000	50	4,22	0,000
17	4,20	0,473	34	4,18	0,950			

Rozměr C.

jmenovitý rozměr odlitku : 5,5 mm forma: 6,28 mm
dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

Tab. č. 3

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	6,20	1,273	18	6,20	1,273	35	6,20	1,273
2	6,18	1,592	19	6,18	1,592	36	6,16	1,910
3	6,20	1,273	20	6,18	1,592	37	6,18	1,592
4	6,22	0,955	21	6,20	1,273	38	6,20	1,273
5	6,20	0,318	22	6,18	1,592	39	6,24	0,637
6	6,16	1,910	23	6,20	1,273	40	6,28	0,000
7	6,14	2,229	24	6,30	0,318	41	6,18	1,592
8	6,18	1,592	25	6,22	0,955	42	6,28	0,000
9	6,18	1,592	26	6,24	0,637	43	6,26	0,318
10	6,18	1,592	27	6,18	1,592	44	6,30	0,318
11	6,20	1,273	28	6,22	0,955	45	6,28	0,000
12	6,22	0,955	29	6,24	0,637	46	6,22	0,955
13	6,18	1,592	30	6,22	0,595	47	6,32	0,637
14	6,18	1,592	31	6,18	1,592	48	6,32	0,637
15	6,20	1,273	32	6,32	0,318	49	6,24	0,637
16	6,22	0,955	33	6,28	0,000	50	6,30	0,318
17	6,20	1,273	34	6,20	1,273			

VŠST LIBEREC | 3. Rozměrová přesnost. | **3. LISTOPADU 1962** | Petr Zimmel

Rozměr D.

jmenovitý rozměr odlitku : 8,0 mm rozměr formy: 8,08 mm

dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

Tab. č. 4

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	7,78	3,712	18	7,82	3,217	35	7,84	2,970
2	7,84	2,970	19	7,76	3,960	36	7,82	3,217
3	7,82	3,217	20	7,74	4,207	37	7,86	2,727
4	7,80	3,465	21	7,78	3,712	38	7,76	3,960
5	7,84	2,970	22	7,80	3,465	39	7,74	4,207
6	7,78	3,712	23	7,78	3,712	40	7,72	4,455
7	7,86	2,727	24	7,82	3,217	41	7,84	2,970
8	7,80	3,465	25	7,80	3,465	42	7,80	3,465
9	7,84	2,970	26	7,84	2,970	43	7,74	4,207
10	7,84	3,970	27	7,82	3,217	44	7,82	3,217
11	7,76	3,960	28	7,76	3,960	45	7,74	4,207
12	7,66	5,198	29	7,74	4,207	46	7,80	3,465
13	7,74	4,207	30	7,80	3,465	47	7,86	2,727
14	7,70	4,702	31	7,68	4,950	48	7,84	2,970
15	7,78	3,712	32	7,74	4,207	49	7,72	4,455
16	7,72	4,455	33	7,78	3,712	50	7,82	3,217
17	7,74	4,207	34	7,80	3,465			

Rozměr E.

jmenovitý rozměr odlitku : 14,0 mm rozměr formy : 14,30 mm

dovolená odchylka odlitku ± 0,2 mm

Tab. č. 5

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	14,32	0,139	18	14,20	0,699	35	14,28	0,139
2	14,34	0,279	19	14,28	0,139	36	14,20	0,699
3	14,32	0,139	20	14,24	0,419	37	14,22	0,559
4	14,32	0,139	21	14,26	0,279	38	14,20	0,699
5	14,32	0,139	22	14,26	0,279	39	14,28	0,139
6	14,34	0,279	23	14,24	0,419	40	14,30	0,000
7	14,30	0,000	24	14,18	0,839	41	14,24	0,419
8	14,30	0,000	25	14,22	0,559	42	14,30	0,000
9	14,32	0,139	26	14,20	0,699	43	14,24	0,419
10	14,32	0,139	27	14,26	0,279	44	14,32	0,139
11	14,30	0,000	28	14,22	0,559	45	14,32	0,139
12	14,28	0,139	29	14,24	0,419	46	14,26	0,279
13	14,22	0,559	30	14,26	0,279	47	14,22	0,559
14	14,22	0,559	31	14,30	0,000	48	14,30	0,000
15	14,24	0,419	32	14,28	0,139	49	14,28	0,139
16	14,26	0,379	33	14,22	0,559	50	14,24	0,419
17	14,22	0,559	34	14,24	0,419			

Rozměr F.

jmenovitý rozměr odlitku: 21,0 mm rozměr formy: 21,42 mm

dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

Tab. č.6

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	21,08	1,587	18	21,06	1,680	35	21,08	1,587
2	21,02	1,867	19	21,08	1,587	36	21,02	1,867
3	21,04	1,774	20	21,02	1,867	37	21,08	1,587
4	21,08	1,587	21	21,12	1,400	38	21,10	1,493
5	21,08	1,587	22	21,02	1,867	39	21,06	1,680
6	21,04	1,774	23	21,08	1,587	40	21,00	1,960
7	21,06	1,680	24	21,06	1,680	41	21,06	1,680
8	21,08	1,587	25	21,08	1,587	42	21,12	1,400
9	21,00	1,960	26	21,02	1,867	43	21,02	1,867
10	21,08	1,587	27	21,02	1,960	44	21,08	1,587
11	21,08	1,587	28	20,94	2,240	45	2110	1,493
12	21,10	1,493	29	20,98	2,053	46	21,06	1,680
13	20,94	2,240	30	21,10	1,493	47	21,14	1,307
14	21,08	1,587	31	21,00	1,960	48	21,10	1,493
15	20,98	2,053	32	21,10	1,493	49	21,08	1,587
16	21,10	1,493	33	21,10	1,493	50	21,06	1,680
17	20,92	2,334	34	21,02	1,867			

Rozměr G.

jmenovitý rozměr odlitku : 50,0mm rozměr formy: 50,44 mm
dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

Tab. č. 7

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě
1	50,16	0,555	18	50,22	0,436	35	50,20	0,475
2	50,14	0,594	19	50,14	0,594	36	50,18	0,515
3	50,20	0,475	20	50,12	0,634	37	50,14	0,594
4	50,10	0,674	21	50,22	0,466	38	50,16	0,555
5	50,18	0,515	22	50,10	0,674	39	50,02	0,832
6	50,10	0,674	23	50,22	0,436	40	50,12	0,634
7	50,16	0,555	24	50,12	0,634	41	50,18	0,515
8	50,18	0,515	25	50,20	0,475	42	50,20	0,475
9	50,16	0,555	26	50,20	0,475	43	50,02	0,832
10	50,02	0,832	27	50,22	0,436	44	50,04	0,793
11	50,10	0,674	28	50,18	0,515	45	50,10	0,674
12	50,10	0,674	29	50,12	0,634	46	50,16	0,555
13	50,18	0,515	30	50,22	0,436	47	50,18	0,515
14	50,12	0,634	31	50,10	0,674	48	50,20	0,475
15	50,08	0,713	32	50,12	0,634	49	50,20	0,475
16	50,18	0,515	33	50,18	0,515	50	50,16	0,555
17	50,14	0,594	34	50,08	0,713			

Rozměr A.

jmenovitý rozměr odlitku : 2,0 mm rozměr formy : 2,14 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 8

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	2,02	5,605	9	2,02	5,605	17	2,06	3,738
2	2,02	5,605	10	1,98	7,476	18	2,08	2,794
3	2,00	6,542	11	2,06	3,738	19	2,04	4,672
4	2,04	4,672	12	2,06	3,738	20	2,02	5,605
5	2,06	3,738	13	2,04	4,672	21	2,00	6,542
6	2,04	4,672	14	2,06	3,738	22	1,98	7,476
7	2,04	4,672	15	2,04	4,672	23	2,02	5,605
8	1,98	7,476	16	2,02	5,605			

Rozměr B.

jmenovitý rozměr odlitku : 4,0 mm rozměr formy: 4,22 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	4,22	0,000	9	4,08	3,317	17	4,12	2,369
2	4,06	3,793	10	4,14	1,895	18	4,18	0,950
3	4,06	3,793	11	4,14	1,895	19	4,18	0,950
4	4,04	4,265	12	4,20	0,473	20	4,16	1,421
5	4,02	4,739	13	4,20	0,473	21	4,00	5,213
6	4,06	3,793	14	4,14	1,895	22	4,08	4,739
7	4,04	4,264	15	4,20	0,473	23	4,00	5,213
8	4,02	4,739	16	4,18	0,950			

Rozměr C.

jmenovitý rozměr odlitku : 5,5 mm rozměr formy: 6,28 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 9

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	6,14	2,229	9	6,18	1,592	17	6,16	1,910
2	6,18	1,592	10	6,20	1,273	18	6,14	2,229
3	6,10	2,866	11	6,16	1,910	19	6,18	1,592
4	6,12	2,547	12	6,18	1,592	20	6,18	1,592
5	6,18	1,592	13	6,14	2,229	21	6,10	2,866
6	6,18	1,592	14	6,18	1,592	22	6,10	2,866
7	6,14	2,229	15	6,16	1,910	23	6,12	2,547
8	6,16	1,910	16	6,12	25,47			

Rozměr D.

jmenovitý rozměr odlitku : 8,0 mm rozměr formy: 8,08 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	7,72	4,455	9	7,78	3,712	17	7,74	4,207
2	7,70	4,702	10	7,80	3,465	18	7,70	4,702
3	7,80	3,465	11	7,74	4,207	19	7,85	2,970
4	7,74	4,207	12	7,70	4,702	20	7,76	3,960
5	7,70	4,702	13	7,72	4,455	21	7,72	4,455
6	7,76	3,960	14	7,80	3,465	22	7,76	3,960
7	7,72	4,455	15	7,76	3,960	23	7,80	3,465
8	7,74	4,207	16	7,80	3,465			

VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Rozměr E.

jmenovitý rozměr odlitku : 14,0 mm rozměr formy: 14,30 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č.10

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	14,24	0,419	9	14,24	0,419	17	14,16	0,979
2	14,22	0,559	10	14,20	0,699	18	14,22	0,559
3	14,16	0,979	11	14,14	1,119	19	14,20	0,699
4	14,22	0,559	12	14,18	0,839	20	14,20	0,699
5	14,26	0,279	13	14,24	0,419	21	14,12	1,259
6	14,20	0,699	14	14,02	1,959	22	14,20	0,699
7	14,18	0,839	15	14,22	0,559	23	14,12	1,259
8	14,08	1,539	16	14,16	0,979			

Rozměr F.

jmenovitý rozměr odlitku: 21,0 mm rozměr formy: 21,42 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	20,96	2,147	9	20,96	2,147	17	21,08	1,587
2	21,04	1,774	10	21,02	1,960	18	21,02	1,867
3	20,94	2,240	11	20,98	2,053	19	21,08	1,587
4	20,92	2,334	12	21,05	1,774	20	21,04	1,774
5	21,06	1,680	13	21,06	1,680	21	20,98	2,053
6	21,10	1,493	14	21,10	1,493	22	21,08	1,587
7	21,00	1,960	15	21,08	1,587	23	20,96	2,053
8	20,98	2,053	16	20,98	2,053			

Rozměr G.

jmenovitý rozměr odlitku: 50,0 mm rozměr formy: 50,44 mm
dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

Tab. č. 11

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	49,98	0,911	9	49,74	1,387	17	49,94	0,991
2	49,72	1,427	10	49,82	1,229	18	49,88	1,110
3	49,80	1,268	11	49,88	1,110	19	49,96	0,961
4	49,74	1,387	12	49,90	1,070	20	49,88	1,110
5	49,72	1,427	13	49,78	1,308	21	49,74	1,387
6	49,90	1,070	14	49,98	0,911	22	49,82	1,229
7	49,82	1,229	15	49,96	0,951	23	49,72	1,427
8	49,78	1,308	16	49,82	1,229			

Rozměr A.

jmenovitý rozměr odlitku: 2,0 mm rozměr formy: 2,14

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 12

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	2,00	6,452	8	2,06	3,738	15	1,98	7,476
2	2,04	4,672	9	2,06	3,738	16	2,06	3,738
3	1,98	7,476	10	1,98	7,476	17	2,04	4,672
4	2,06	3,738	11	2,00	6,542	18	2,02	5,605
5	1,98	7,476	12	1,98	7,476	19	1,98	7,476
6	2,06	3,738	13	2,00	6,542	20	2,04	4,672
7	2,02	5,605	14	2,02	5,605	21	2,04	4,672

Rozměr B.

jmenovitý rozměr odlitku : 4,00 mm rozměr formy: 4,22mm

dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	4,06	3,793	8	4,06	3,793	15	4,06	3,793
2	4,04	4,265	9	4,08	3,331	16	4,12	2,369
3	4,10	2,843	10	4,20	0,473	17	4,12	2,369
4	4,08	3,317	11	4,14	1,895	18	4,10	2,369
5	4,12	2,369	12	4,08	3,317	19	4,08	3,317
6	4,12	2,369	13	4,10	2,843	20	4,06	3,793
7	4,14	1,895	14	4,08	3,317	21	4,08	3,317

Rozměr C.

jmenovitý rozměr odlitku: 5,5 mm rozměr formy: 6,28 mm

dovolená odchylka odlitku : ± 0,2 mm

Tab. č. 13

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	6,08	3,184	8	6,14	2,229	15	6,08	3,184
2	6,10	2,866	9	6,18	1,592	16	6,00	4,458
3	6,12	2,547	10	6,10	2,866	17	6,08	3,184
4	6,18	1,592	11	6,08	3,184	18	5,98	4,777
5	6,16	1,910	12	6,04	3,821	19	6,02	4,140
6	6,12	2,547	13	5,98	4,777	20	6,10	2,866
7	6,14	2,229	14	6,02	4,140	21	6,18	1,592

Rozměr D.

jmenovitý rozměr odlitku: 8,0 mm rozměr formy: 8,08 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	7,80	3,465	8	7,82	3,217	15	7,96	1,485
2	7,80	3,465	9	7,78	3,712	16	7,90	2,227
3	7,76	3,960	10	7,88	2,475	17	7,94	1,732
4	7,74	4,207	11	7,84	2,970	18	7,92	1,960
5	7,86	2,727	12	7,96	1,485	19	7,98	1,237
6	7,80	3,465	13	7,80	3,465	20	7,85	2,727
7	7,82	3,217	14	7,94	1,732	21	7,86	2,727

Rozměr E.

jmenovitý rozměr odlitku: 14,0 mm rozměr formy: 14,30 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č.14

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	14,20	0,699	8	14,12	1,259	15	13,98	2,237
2	14,18	0,839	9	14,20	0,699	16	13,94	2,517
3	14,22	0,559	10	14,14	1,119	17	13,90	2,797
4	14,14	1,119	11	13,92	2,659	18	13,96	2,377
5	14,20	0,699	12	13,90	2,797	19	13,90	2,797
6	14,16	0,979	13	13,96	2,377	20	14,10	1,399
7	14,22	0,559	14	13,92	2,657	21	14,14	1,119

Rozměr F.

jmenovitý rozměr odlitku: 21,0 mm rozměr formy: 21,42 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	20,98	2,053	8	20,94	2,240	15	21,02	1,867
2	20,88	2,521	9	20,92	2,334	16	21,08	1,587
3	20,94	2,240	10	20,90	2,427	17	20,98	2,053
4	21,08	1,587	11	21,02	1,967	18	21,06	1,680
5	20,94	2,240	12	20,98	2,053	19	21,00	1,960
6	20,92	2,334	13	21,00	1,960	20	20,98	2,053
7	21,00	1,960	14	21,06	1,680	21	20,88	2,521

Rozměr G.

jmenovitý rozměr odlitku : 50,0 mm rozměr formy: 50,44 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 15

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	50,02	0,832	8	49,82	1,229	15	49,84	1,189
2	49,94	0,991	9	49,90	1,070	16	49,90	1,070
3	49,90	1,070	10	49,96	0,951	17	49,88	1,110
4	49,96	0,951	11	49,88	1,110	18	49,82	1,229
5	49,84	1,189	12	49,82	1,229	19	49,80	1,268
6	49,92	1,030	13	49,86	1,149	20	49,98	0,911
7	49,98	0,911	14	49,92	1,030	21	49,80	1,268

Rozměr A.

jmenovitý rozměr odlitku: 2,0 mm rozměr formy: 2,14mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab. č. 16

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	1,96	8,411	9	1,98	7,476	17	1,98	7,476
2	1,98	7,476	10	1,94	9,345	18	1,94	9,345
3	2,00	6,542	11	1,96	8,411	19	1,92	10,280
4	2,02	5,605	12	1,94	9,345	20	1,94	9,345
5	1,98	7,476	13	1,92	10,280	21	1,94	9,345
6	1,96	8,411	14	1,96	8,411	22	1,98	7,476
7	1,94	9,345	15	1,94	9,456	23	1,94	9,345
8	1,96	8,411	16	1,96	9,411			

Rozměr B.

jmenovitý rozměr odlitku: 4,0 mm rozměr formy: 4,22 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	4,04	4,265	9	4,08	3,317	17	4,10	2,843
2	4,06	3,793	10	4,10	2,843	18	4,06	3,794
3	4,10	2,843	11	4,12	2,369	19	4,04	4,265
4	4,08	3,317	12	4,10	2,843	20	4,02	4,739
5	4,12	2,369	13	4,06	3,793	21	4,08	3,317
5	4,06	3,793	14	4,06	3,793	22	4,08	3,317
6	4,10	2,843	15	4,04	4,265	23	4,04	4,265
7	4,08	3,317	16	4,06	3,793			

Tab.č.17

Rozměr C.

jmenovitý rozměr odlitku: 5,5 mm rozměr formy: 6,28 mm
dovolená odchylka odlitku: ±0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	6,10	2,866	9	6,06	3,505	17	6,08	3,184
2	6,10	2,866	10	6,08	3,184	18	6,08	3,184
3	6,10	2,866	11	6,06	3,505	19	6,12	2,547
4	6,10	2,866	12	6,08	3,184	20	6,12	2,547
5	6,08	3,184	13	6,18	1,592	21	6,12	2,547
6	6,10	2,866	14	6,10	2,866	22	6,08	3,184
7	6,10	2,866	15	6,08	3,184	23	6,12	2,547
8	6,10	2,866	16	6,06	3,505			

Rozměr D.

jmenovitý rozměr odlitku: 8,0 mm rozměr formy: 8,08 mm
dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	7,98	1,237	9	7,96	1,485	17	8,02	0,742
2	7,96	1,485	10	8,00	0,990	18	7,98	1,237
3	7,94	1,732	11	8,04	0,459	19	8,02	0,742
4	7,98	1,273	12	8,00	0,990	20	7,96	1,485
5	7,96	1,485	13	8,00	0,990	21	7,98	1,273
6	8,02	0,742	14	7,96	1,485	22	8,04	0,459
7	8,00	0,990	15	8,02	0,742	23	7,98	1,237
8	8,02	0,742	16	7,96	1,485			

Rozměr E.

jmenovitý rozměr odlitku: 14,0 mm rozměr formy: 14,22 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

Tab.č.18

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	smršť. oproti formě %	rozměr odl. mm	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	14,02	1,959	9	14,04	1,819	17	14,02	1,959
2	13,98	2,377	10	13,98	2,377	18	14,02	1,959
3	13,98	2,377	11	14,02	1,959	19	13,98	2,377
4	14,02	1,959	12	14,04	1,819	20	14,02	1,959
5	13,98	2,377	13	13,98	2,377	21	14,04	1,819
6	13,98	2,377	14	13,92	2,657	22	13,96	2,377
7	13,94	2,517	15	13,94	2,517	23	13,96	2,377
8	13,98	2,237	16	14,00	1,959			

Rozměr F.

jmenovitý rozměr odlitku: 21,00 mm rozměr formy: 21,42 mm

dovolená odchylka odlitku: ± 0,2 mm

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. oproti formě %
1	21,18	1,120	9	21,16	1,213	17	21,14	1,307
2	21,18	1,120	10	21,20	1,027	18	21,16	1,123
3	21,24	0,840	11	21,16	1,213	19	21,18	1,120
4	21,20	1,027	12	21,22	0,933	20	21,22	0,933
5	21,24	0,840	13	21,18	1,120	21	21,22	0,933
6	21,20	1,027	14	21,18	1,120	22	21,18	1,120
7	21,20	1,027	15	21,22	0,933	23	21,28	0,653
8	21,16	1,213	16	21,20	1,027			

Rozměr G.

jmenovitý rozměr odlitku:50,0 mm rozměr formy:50,44 mm

dovolená odchylka odlitku:± 0,2 mm

Tab.č.19

vzorek	rozměr odl. mm	smršť. formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. formě %	vzorek	rozměr odl. mm	smršť. formě %
1	50,10	0,674	9	50,16	0,555	17	50,12	0,634
2	50,06	0,753	10	50,10	0,647	18	50,14	0,594
3	50,12	0,634	11	50,14	0,594	19	50,16	0,555
4	50,12	0,634	12	50,10	0,647	20	50,08	0,713
5	50,16	0,555	13	50,12	0,634	21	50, 18	0,515
6	50,10	0,647	14	50,10	0,647	22	50,14	0,594
7	50,12	0,634	15	50, 10	0,647	23	50,14	0,594
8	50,14	0,594	16	50,08	0,713			

Rozměr A. forma: 2,14 mm

Tab. č. 20

rozměr mm	odchylka x_i	smrštění %	četnost n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
2,12	0,02	0,900	15	0,30	0,0004	0,0060	
2,10	0,04	1,850	9	0,36	0,0016	0,0144	$\overline{x_2}$ = 0,0520
2,08	0,06	2,794	12	0,72	0,0036	0,0432	$\overline{x}$ = 0,0027
2,06	0,08	3,738	10	0,80	0,0064	0,0640	σ = 0,0264
2,04	0,10	4,672	3	0,30	0,0100	0,0300	ϑ = 0,0176
2,02	0,12	5,605	1	0,12	0,0144	0,0144	$\varkappa$ = 0,0792
			50	2,60		0,1720	

Rozměr B. forma: 4,22 mm

4,28	0,06	1,421	1	0,06	0,0036	0,0036	
4,26	0,04	0,0950	1	0,04	0,0016	0,0016	
4,24	0,02	0,473	4	0,08	0,0008	0,0032	
4,22	0,00	0,000	7	0,00	0,0000	0,0000	$\overline{x_2}$ = 0,0420
4,20	0,02	0,473	10	0,20	0,0008	0,0080	$\overline{x}$ = 0,0017
4,18	0,04	0,950	9	0,36	0,0016	0,0144	σ = 0,0500
4,16	0,06	1,421	4	0,24	0,0036	0,0144	ϑ = 0,o333
4,14	0,08	1,895	3	0,24	0,0064	0,0192	$\varkappa$ = 0,1500
4,12	0,10	2,369	8	0,80	0,0100	0,0800	
4,10	0,14	3,317	1	0,14	0,0196	0,0196	
4,08	0,14	3,317	1	0,14	0,0196	0,0196	
4,04	0,18	4,265	1	0,18	0,o324	0,0324	
			50	2,10		0,2108	

VŠST LIBEREC | 3. Rozměrová přesnost. | **3. LISTOPADU 1962** | Petr Zimmel

Tab.č. 21

Rozměr C. forma: 6,28

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
6,32	0,04	0,637	2	0,08	0,0016	0,0032	
6,30	0,02	0,318	4	0,08	0,0004	0,0016	
6,28	0,00	0,000	4	0,00	0,0000	0,0000	$\bar{x}$= 0,0604
6,26	0,02	0,318	2	0,04	0,0004	0,0008	$\bar{x}^2$= 0,0036
6,24	0,04	0,637	4	0,16	0,0016	0,0064	σ= 0,0458
6,22	0,06	0,955	7	0,42	0,0036	0,0252	ϑ= 0,0305
6,20	0,08	1,273	11	0,88	0,0064	0,0704	$\varkappa$= 0,1374
6,18	0,10	1,592	13	1,30	0,0100	0,1300	
6,16	0,12	1,910	2	0,24	0,0144	0,0288	
6,14	0,14	2,229	1	0,14	0,0196	0,0196	
			50	3,02		0,2860	

Rozměr D. forma: 8,08 mm

7,86	0,22	2,727	3	0,66	0,0484	0,1452	
7,84	0,24	2,970	8	1,12	0,0576	0,4608	
7,82	0,26	3,217	7	1,82	0,0676	0,4732	$\bar{x}$= 0,2824
7,80	0,28	3,465	8	2,44	0,0784	0,6272	$\bar{x}^2$= 0,0797
7,78	0,30	3,712	6	1,80	0,0900	0,5400	σ= 0,0964
7,76	0,32	3,960	4	1,28	0,1024	0,4096	$\varkappa$= 0,2892
7,74	0,34	4,207	8	2,72	0,1156	0,9248	ϑ= 0,0642
7,72	0,36	4,455	3	1,08	0,1296	0,3888	
7,68	0,40	4,950	1	0,40	0,1600	0,1600	
7,70	0,38	4,702	1	0,38	0,1444	0,1444	
7,66	0,42	5,198	1	0,42	0,1764	0,1764	
			50	14,12		4,4504	

VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	DP-ST 73/62 str. 51 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Rozměr E. forma: 14,30 mm

Tab. č. 22

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
14,34	0,04	0,279	2	0,08	0,0016	0,0032	
14,32	0,02	0,139	8	0,16	0,0004	0,0032	$\bar{x}$= 0,0352
14,30	0,00	0,000	7	0,00	0,0000	0,0000	$\bar{x}^2$= 0,0012
14,28	0,02	0,139	6	0,12	0,0040	0,0024	σ= 0,0424
14,26	0,04	0,279	6	0,24	0,0016	0,0096	$\tilde{x}$= 0,0282
14,24	0,06	0,419	8	0,48	0,0038	0,0288	R= 0,1272
14,22	0,08	0,559	8	0,64	0,0064	0,0512	
14,20	0,10	0,699	4	0,40	0,0100	0,0400	
14,18	0,12	0,839	1	0,12	0,0144	0,0144	
			50	1,76		0,1528	

Rozměr F. forma : 21,42 mm

21,14	0,28	1,307	1	0,28	0,0784	0,0784	
21,12	0,30	1,400	2	0,60	0,0900	0,1800	$\bar{x}$= 0,3660
21,10	0,32	1,493	8	2,56	0,1024	0,8192	$\bar{x}^2$=0,1339
21,08	0,34	1,587	14	4,76	0,1156	1,6184	σ= 0,0004
21,06	0,36	1,680	7	2,52	0,1296	0,9072	$\tilde{x}$= 0,0002
21,04	0,38	1,774	2	0,76	0,1444	0,2888	R= 0,0012
21,02	0,40	1,867	7	2,80	0,1600	1,1200	
21,00	0,42	1,960	4	1,68	0,1764	0,7056	
20,98	0,44	2,053	2	0,88	0,1936	0,3872	
20,94	0,48	2,240	2	0,96	0,2304	0,4608	
20,92	0,50	2,334	1	0,50	0,2500	0,2500	
			50	18,30		6,7156	

VŠST LIBEREC	3. Rozměroáv přesnost.	DP - ST 73/62 str. 52 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Rozměr G. forma : 50,44 mm

Tab. č. 23

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$
50,22	0,22	0,436	5	1,10	0,0484	0,2420
50,20	0,24	0,475	7	1,68	0,0576	0,4032
5o,18	0,26	0,515	9	2,34	0,0676	0,6084
50,16	0,28	0,555	6	1,68	0,0704	0,4704
50,14	0,30	0,594	4	1,20	0,0900	0,3600
50,12	0,32	0,634	6	1,92	0,1024	0,6144
50,10	0,34	0,700	7	2,38	0,1156	0,8092
50,08	0,36	0,713	2	0,72	0,1296	0,2592
50,04	0,40	0,793	1	0,40	0,1600	0,1600
50,02	0,42	0,832	3	1,26	0,1764	0,5292
			50	14,68		4,4550

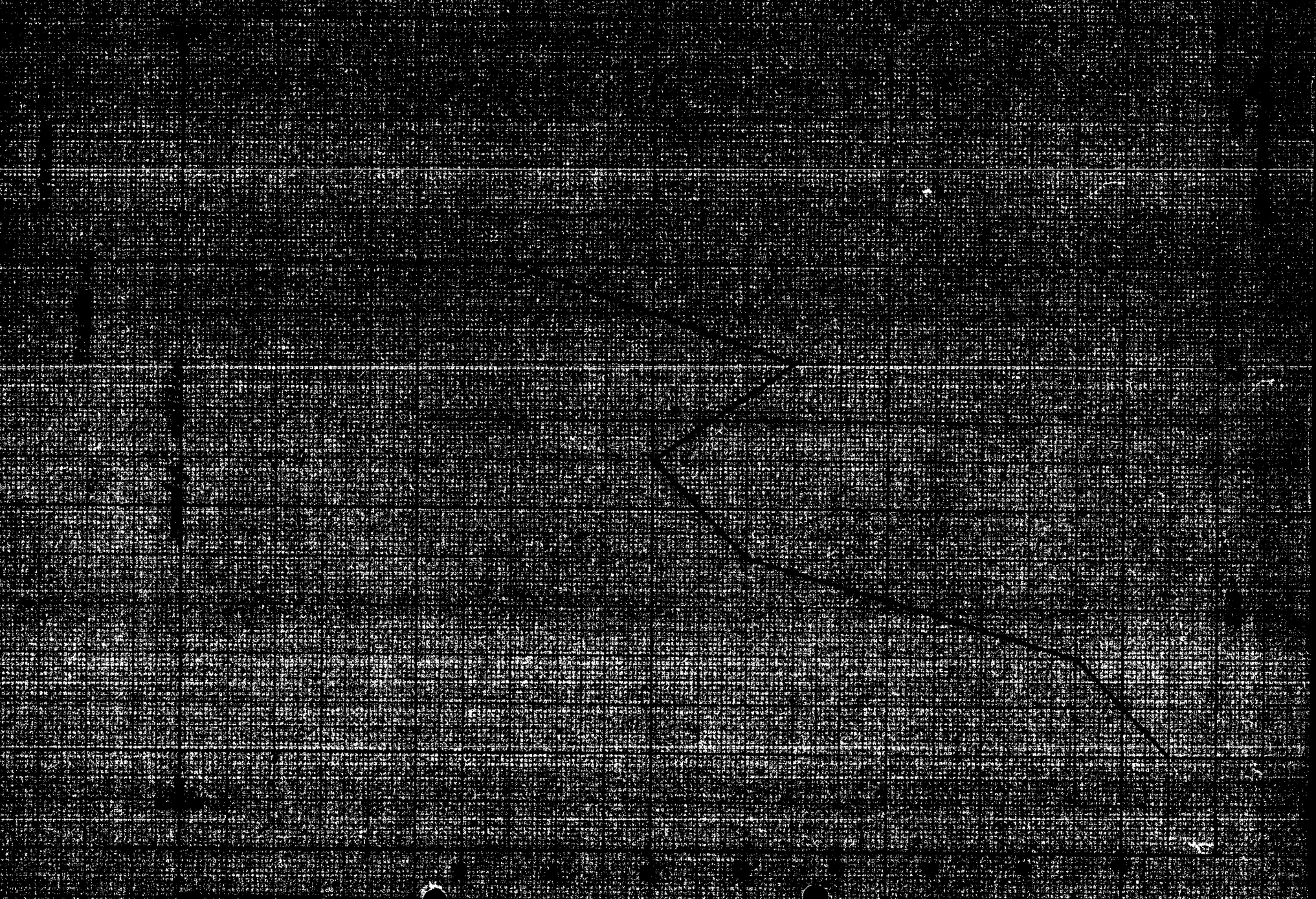
$\bar{x} = 0,2936$

$\bar{x}^2 = 0,0862$

$\sigma = 0,0538$

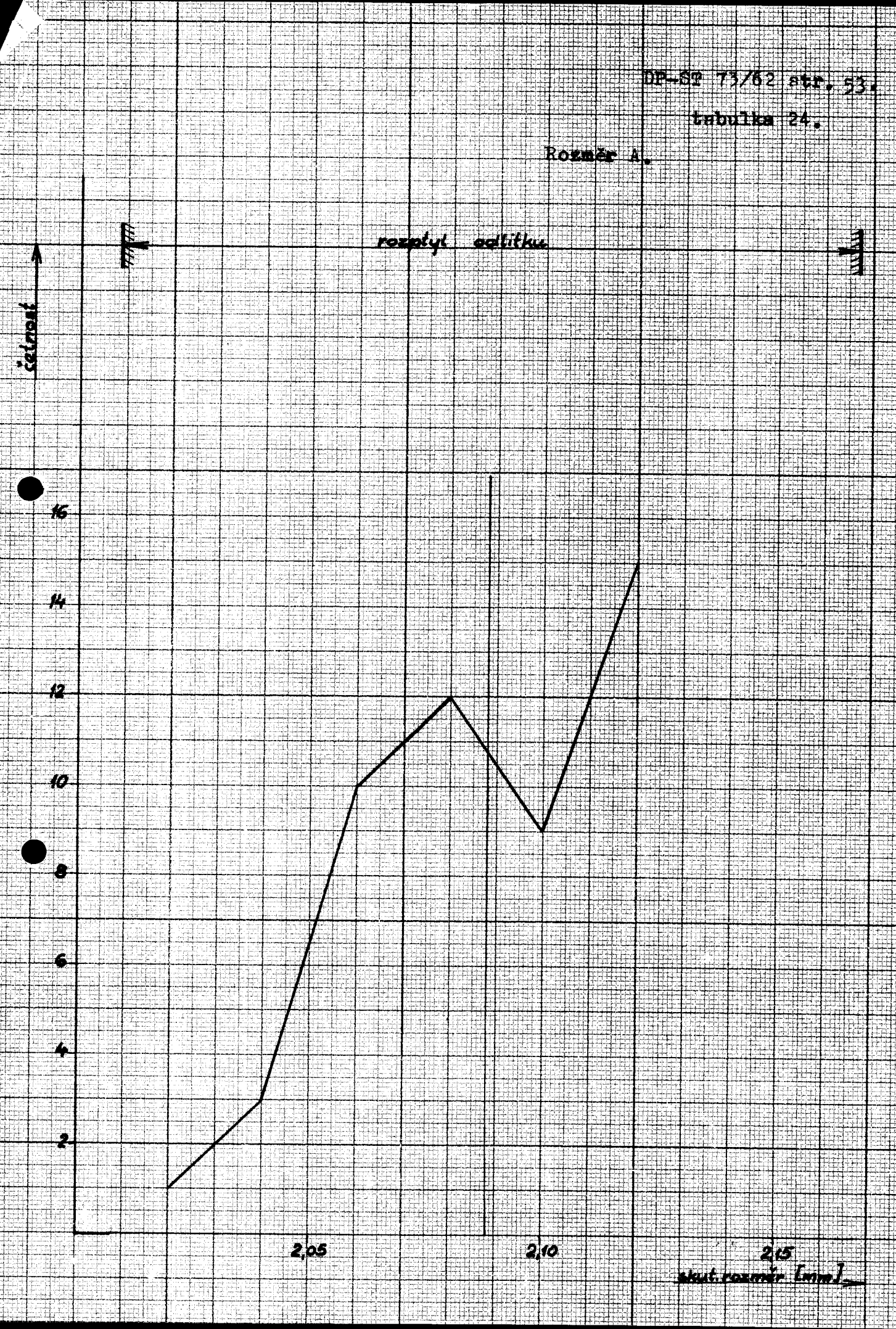
$\vartheta = 0,0358$

$\varkappa = 0,1614$



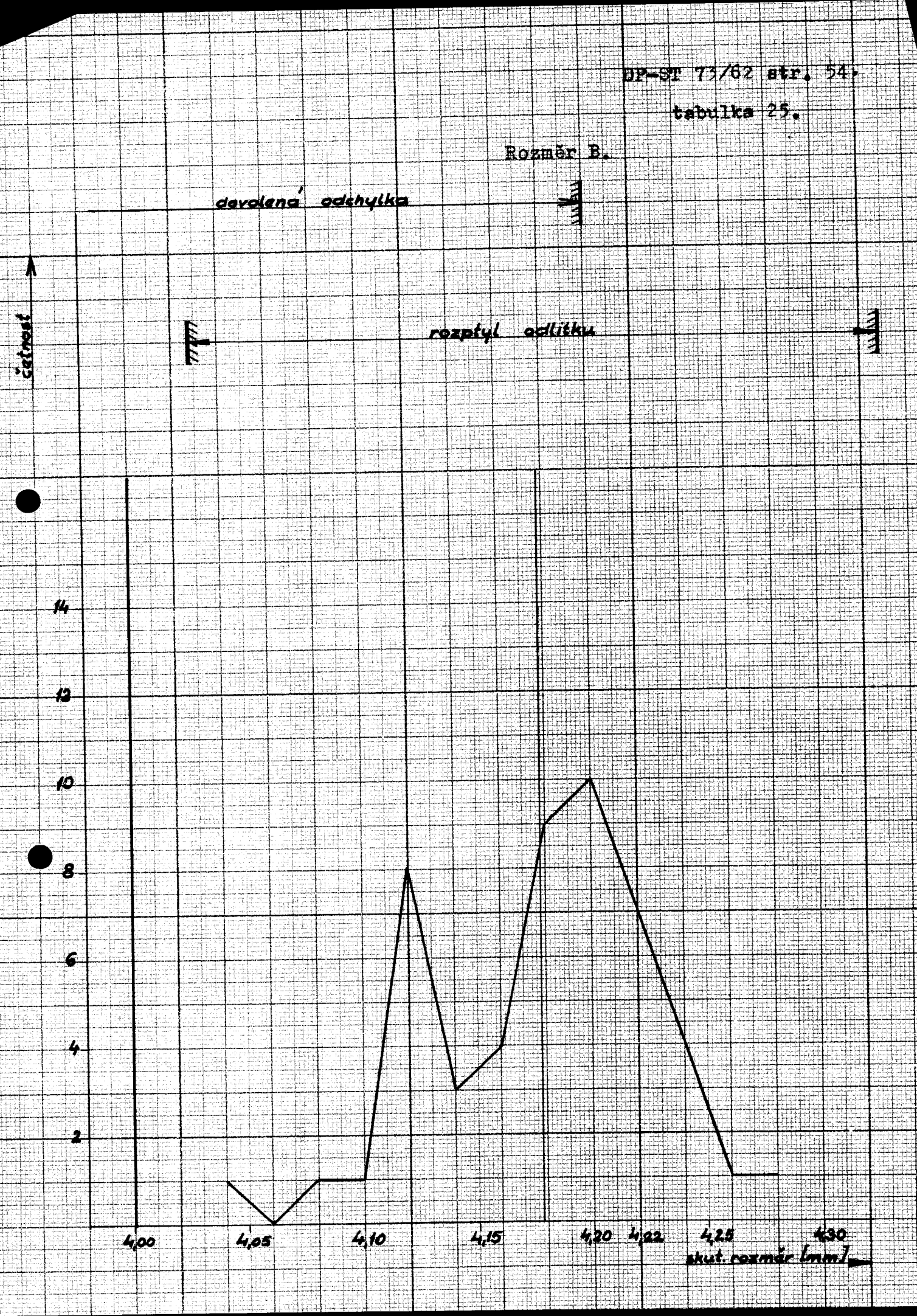
tabulka 24.

Rozměr A.



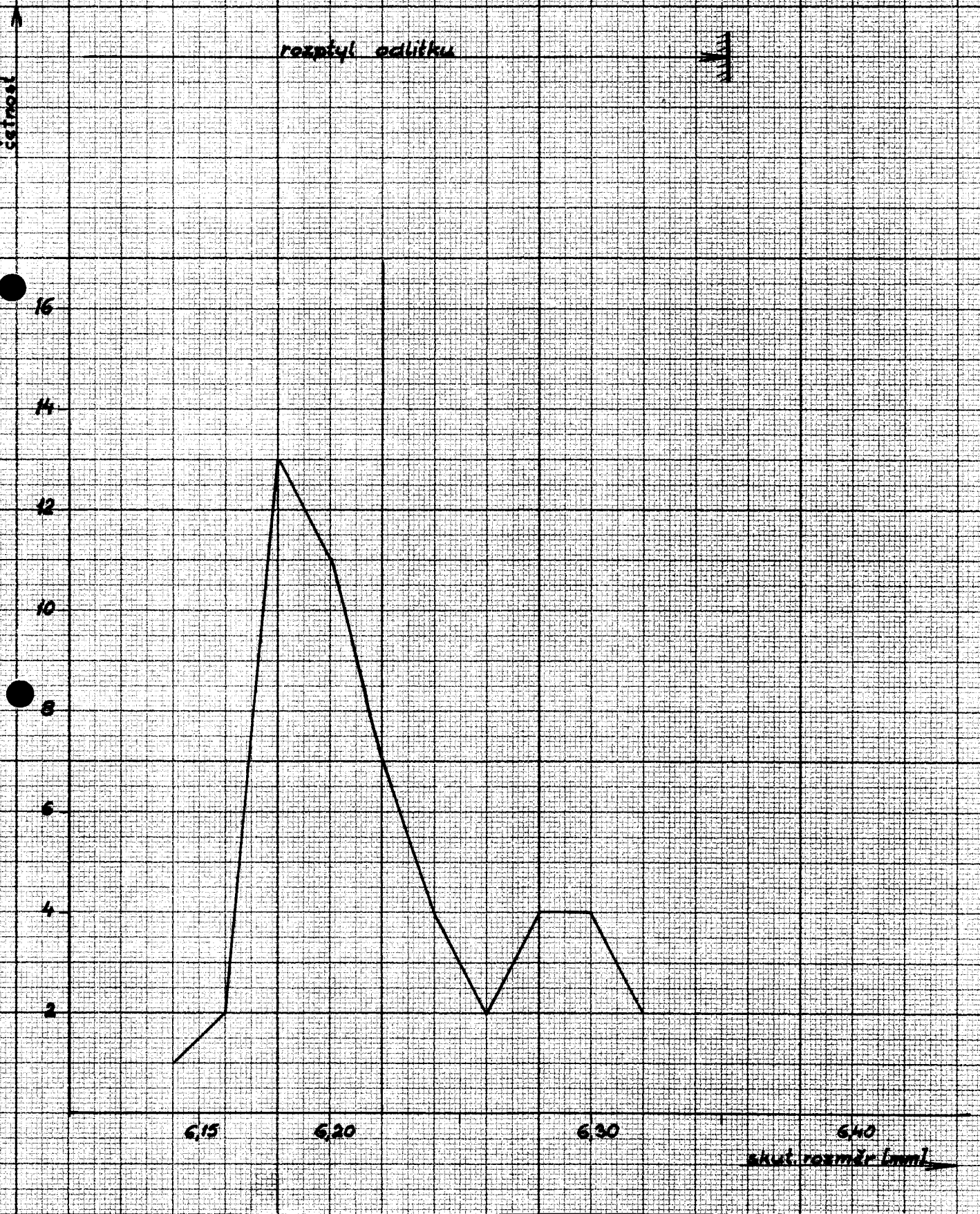
tabulka 25.

Rozměr B.



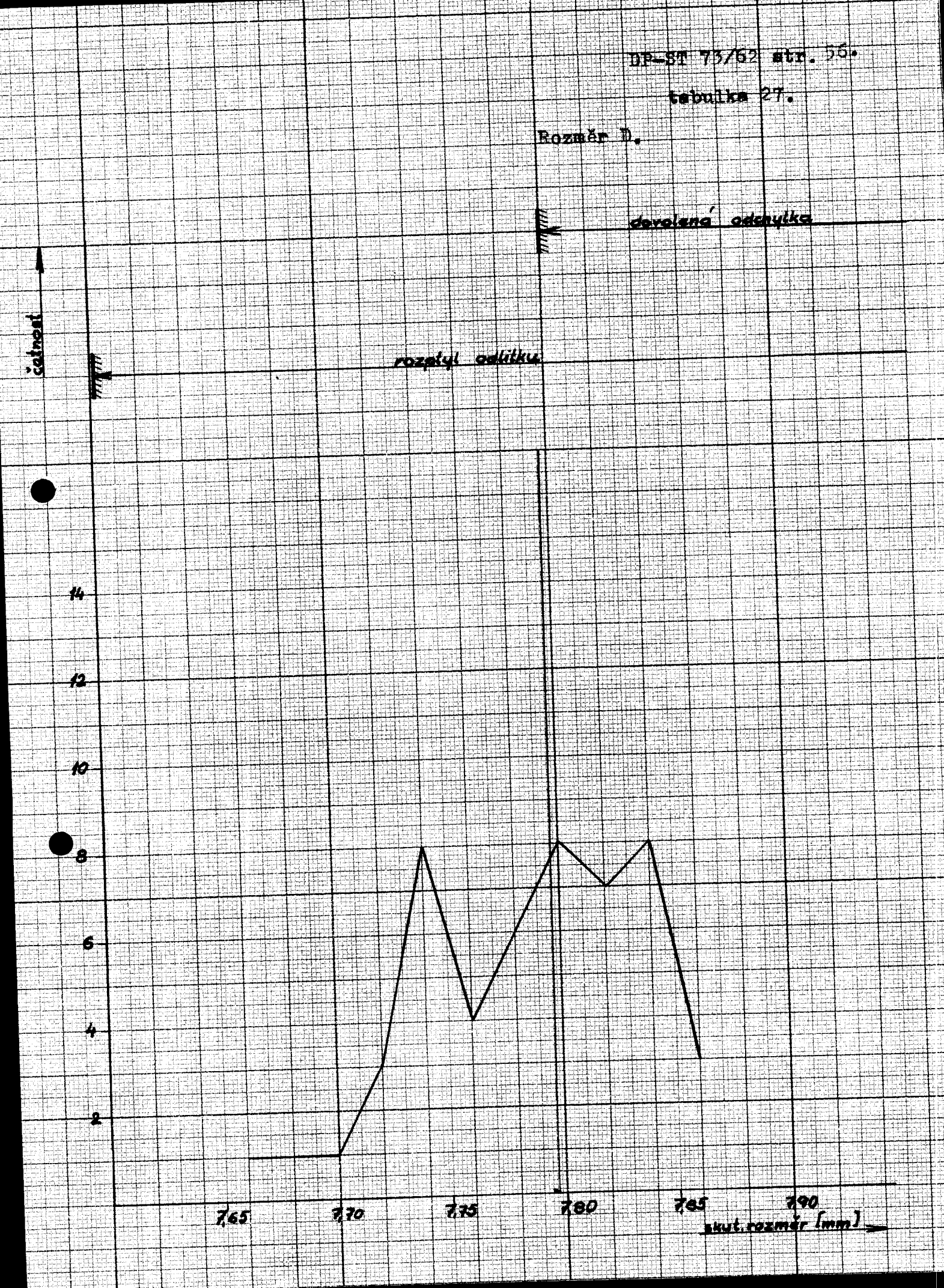
tabulka 26.

Rozměr C.



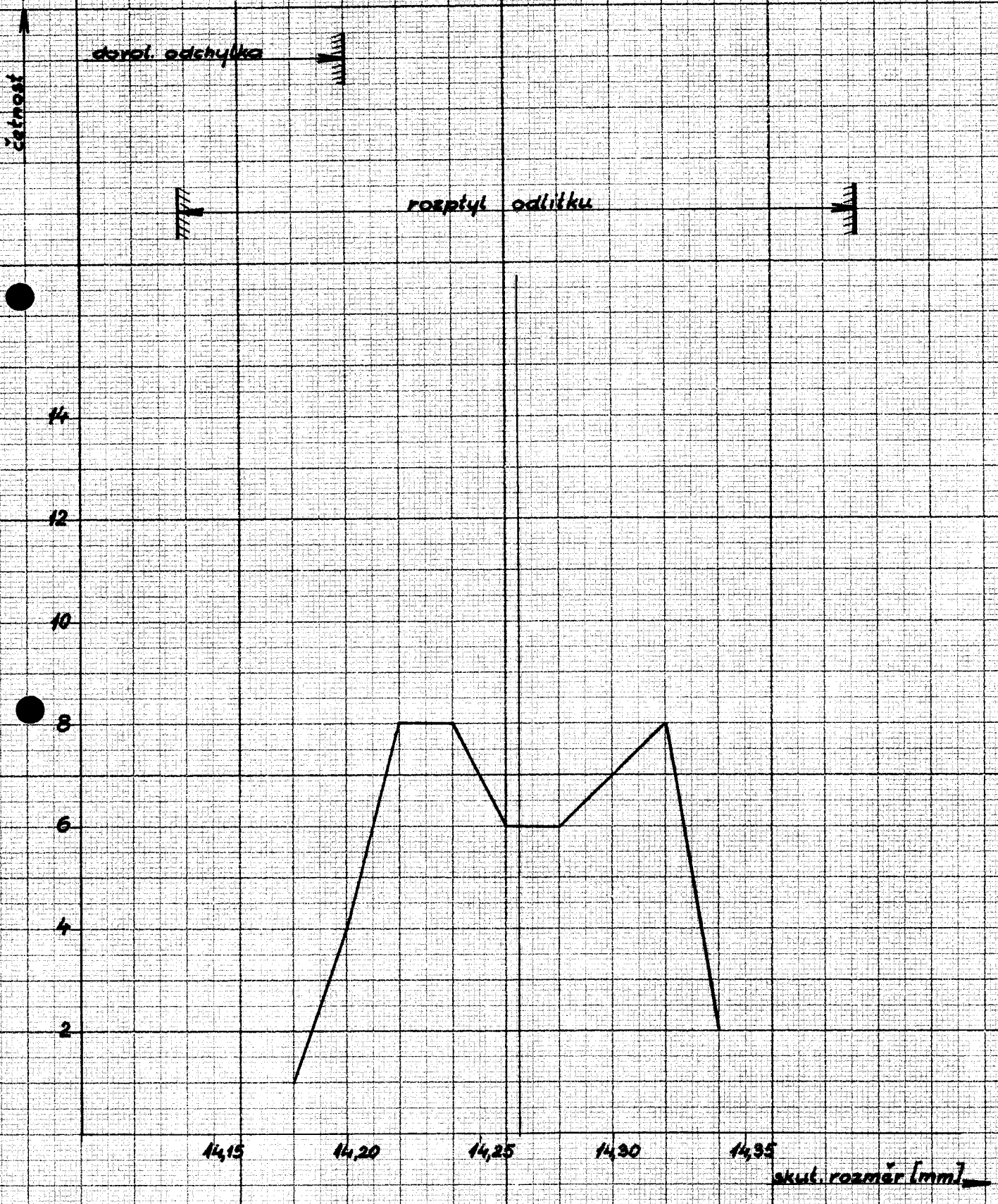
tabulka 27.

Rozměr D.



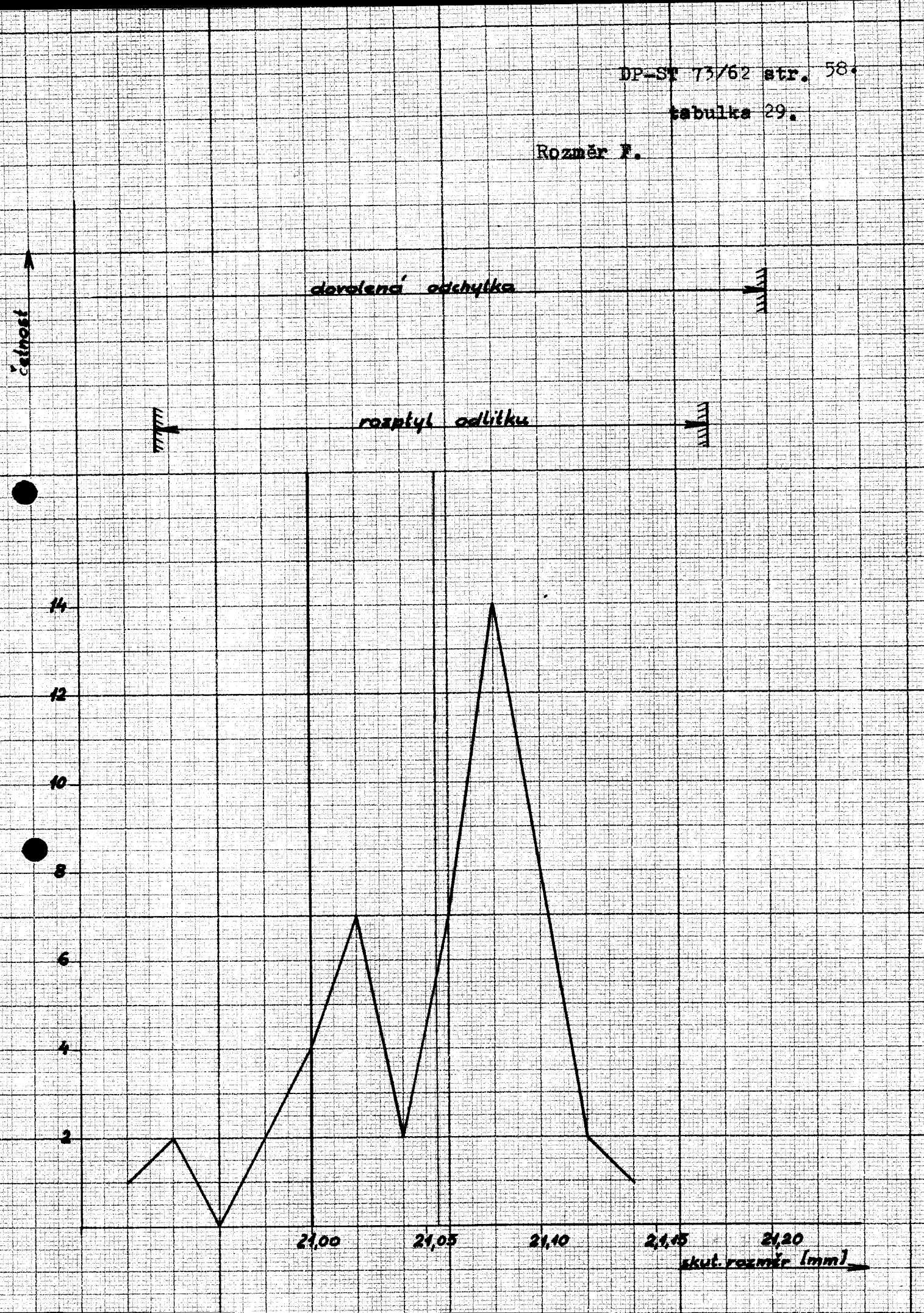
tabulka 28.

Rozměr E.



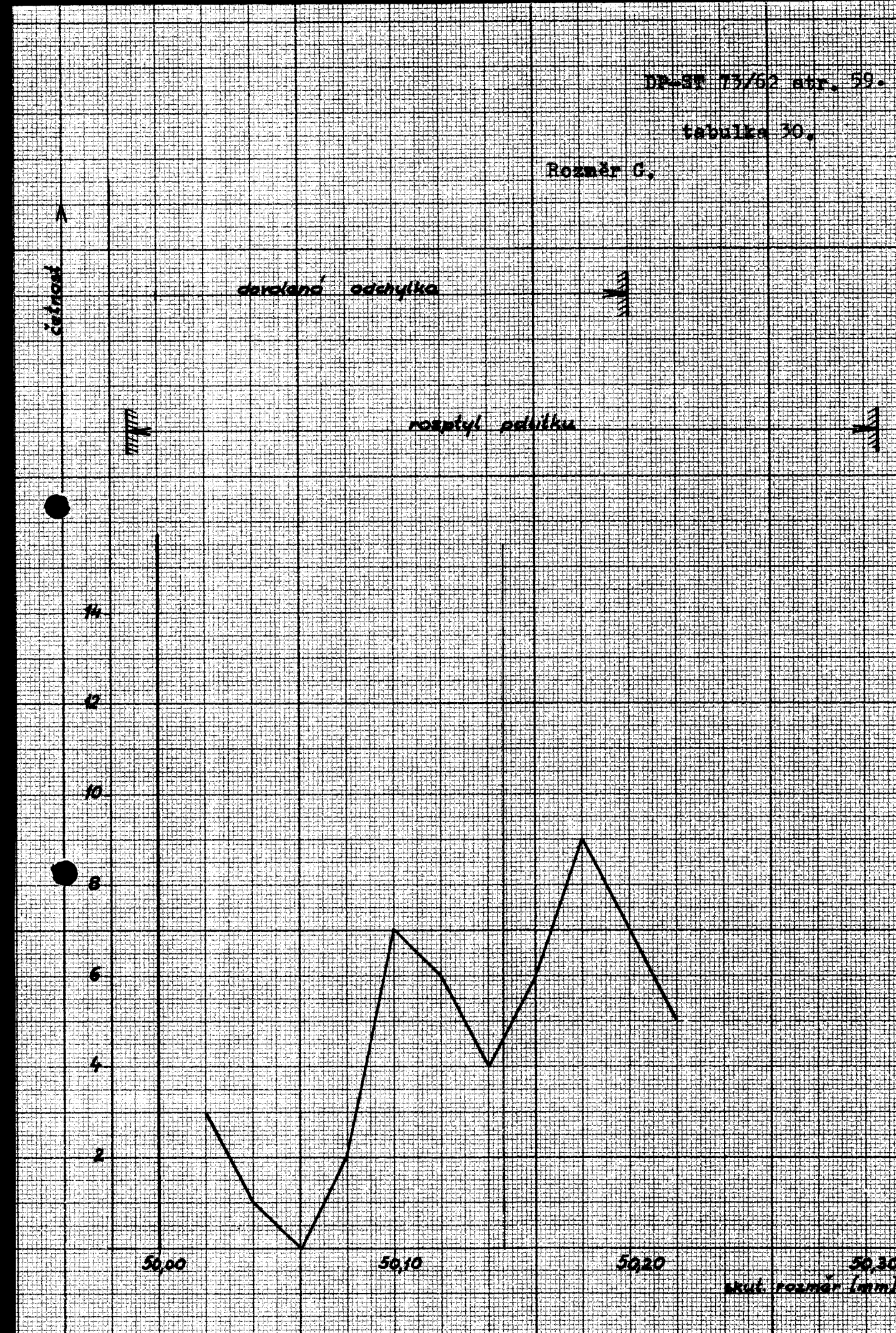
tabulka 29.

Rozměr F.



tabulka 30.

Rozměr G.



Zkouška č. [illegible] Průměr: [illegible] mm

Tab. č. 31

x_i	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]	$\bar{x}$ = 0,1104
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\bar{x}^2$ = 0,0121
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	σ = 0,0252
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	ϑ = [illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\varkappa$ = [illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
			23	2,54		0,[illegible]	

Zkouška č. [illegible] Průměr: [illegible] mm

x_i	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
[illegible]	0,00	0,000	1	0,00	0,0000	0,0000	
[illegible]	0,02	0,133	3	0,06	0,0004	0,0012	$\bar{x}$ = 0,1130
[illegible]	0,04	[illegible]	3	0,12	0,0016	0,0048	$\bar{x}^2$ = 0,0127
[illegible]	0,06	1,121	1	0,06	0,0036	0,0036	σ = 0,0734
[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	4	0,24	0,0064	0,0192	ϑ = 0,0489
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	0,10	0,0100	0,0100	$\varkappa$ = 0,[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	0,11	0,0121	0,0121	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	3	0,48	0,0256	0,0768	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	2	0,36	0,0324	0,0648	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	3	0,60	0,0400	0,1200	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,44	0,0484	0,0968	
			[illegible]	[illegible]		0,[illegible]	

VŠST LIBEREC		DP-
		3. LISTOPADU 1962

Tab. č. 38

Vzorek č. 5. Rozsah: 0,25 mm

0,00	0,05	1,0000	1	0,05	0,0025	0,0025	$\bar{x}$ = 0,1152
0,10	0,10	1,0513	2	0,20	0,1000	0,0200	$\bar{x}^2$ = 0,0156
0,15	0,15	1,1105	4	0,60	0,0144	0,0720	δ = 0,0408
0,20	0,20	1,1719	8	0,80	0,0256	0,0784	ϑ = 0,0198
0,25	0,25	1,2345	4	0,25	0,0256	0,0256	$\varkappa$ = 0,0046
0,30	0,30	1,2977	2	0,30	0,0324	0,0648	=
			23	2,65	0,3761		

Vzorek č. 6. Rozsah : 0,05 mm

0,24	0,24	0,9990	1	0,24	0,0576	0,0576	
0,25	0,25	0,9975	5	1,40	0,0784	0,3920	$\bar{x}$ = 0,2487
0,26	0,26	0,9960	1	0,26	0,0676	0,0676	$\bar{x}^2$ = 0,1090
0,27	0,27	0,9946	4	1,08	0,1024	0,4096	δ = 0,0100
0,28	0,28	0,9931	4	1,12	0,1156	0,4624	ϑ = 0,0025
0,29	0,29	0,9916	3	1,08	0,1296	0,3888	$\varkappa$ = 0,1000
0,30	0,30	0,9901	5	1,50	0,1444	0,7220	
			23	5,56		2,3224	

VŠST LIBEREC	[illegible]	DP- [illegible]
		3. LISTOPADU 1962
		Příloha č. 1

Kontrolní č. [illegible] Průměr: 14,30 mm

Tab. č. 33

[illegible]	x_i	[illegible]	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
14,[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
14,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
14,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\bar{x}$= [illegible]
14,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\bar{\bar{x}}$= [illegible]
14,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	σ= [illegible]
14,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	ϑ= [illegible]
14,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\varkappa$= [illegible]
14,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
14,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
14,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
			[illegible]	[illegible]		[illegible]	

Kontrolní č. [illegible] Průměr: 21,42 mm

21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\bar{x}$= [illegible]
21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\bar{\bar{x}}$= [illegible]
21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	σ= [illegible]
21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	ϑ= [illegible]
21,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	$\varkappa$= [illegible]
21,[illegible]	[illegible]	1,[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
21,[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
21,[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
			[illegible]	[illegible]		[illegible]	

VŠST LIBEREC | 3. Rozměrová Přesnost. | **3. LISTOPADU 1962**

Tab. š. 31

Rozměr A. forma: 2,14mm

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
2,08	0,06	2,803	1	0,06	0,0036	0,0036	
2,06	0,08	3,738	5	0,40	0,0064	0,0320	$\bar{x}$= 0,1104
2,04	0,10	4,672	6	0,60	0,0100	0,0600	$\bar{x}^2$= 0,0121
2,02	0,12	5,605	6	0,72	0,0144	0,0864	σ= 0,0282
2,00	0,14	6,542	2	0,28	0,0196	0,0392	ϑ= 0,0188
1,98	0,16	7,476	3	0,48	0,0256	0,0768	$\varkappa$ = 0,0846
			23	2,54		0,2980	

Rozměr B. forma : 4,22 mm

4,22	0,00	0,000	1	0,00	0,0000	0,0000	
4,20	0,02	0,473	3	0,06	0,0004	0,0012	$\bar{x}$= 0,1130
4,18	0,04	0,950	3	0,12	0,0016	0,0048	$\bar{x}^2$= 0,0127
4,16	0,06	1,421	1	0,06	0,0036	0,0036	σ= 0,0734
4,14	0,08	1,895	3	0,24	0,0065	0,0192	ϑ= 0,0489
4,12	0,10	2,369	1	0,10	0,0100	0,0100	$\varkappa$ = 0,3202
4,08	0,14	3,317	1	0,14	0,0196	0,0196	
4,06	0,16	3,793	3	0,48	0,0256	0,0768	
4,04	0,18	4,265	2	0,36	0,0324	0,0648	
4,02	0,20	4,739	3	0,60	0,0400	0,1200	
4,00	0,22	5,213	2	0,44	0,0484	0,0968	
			23	2,60		0,4168	

Tab. č. 32

Rozměr C. forma: 6,28 mm

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
6,20	0,08	1,273	1	0,08	0,0064	0,0064	$\bar{x}$= 0,1252
6,18	0,10	1,592	8	0,80	0,1000	0,0800	$\bar{x}^2$= 0,0156
6,16	0,12	1,910	5	0,60	0,0144	0,0720	σ = 0,0282
6,14	0,14	2,229	4	0,56	0,0196	0,0784	ϑ = 0,0188
6,12	0,16	2,547	3	0,48	0,0256	0,0768	α = 0,0846
6,10	0,18	2,866	2	0,36	0,0324	0,0648	=
			23	2,88	0,3784		

Rozměr D. forma : 8,08 mm

7,84	0,24	2,970	1	0,24	0,0576	0,0576	
7,80	0,28	3,465	5	1,40	0,0784	0,3920	$\bar{x}$= 0,3287
7,78	0,30	3,712	1	0,30	0,0900	0,0900	$\bar{x}^2$= 0,1080
7,76	0,32	3,960	4	1,28	0,1024	0,4096	σ = 0,0400
7,74	3,34	4,207	4	1,36	0,1156	0,4624	ϑ = 0,0266
7,72	0,36	4,455	3	1,08	0,1296	0,3888	α = 0,1200
7,70	0,38	4,702	5	1,90	0,1444	0,7220	
			23	7,56		2,5224	

Tab. č. 33

Rozměr E. forma: 14,30 mm

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
14,26	0,04	0,279	1	0,04	0,0016	0,0016	
14,24	0,06	0,419	3	0,18	0,0036	0,0108	
14,22	0,08	0,559	4	0,32	0,0064	0,0256	$\bar{x}$= 0,1182
14,20	0,10	0,699	5	0,50	0,0100	0,0500	$\bar{x}^2$= 0,0139
14,18	0,12	0,839	2	0,24	0,0144	0,0288	σ= 0,0519
14,16	0,14	0,979	3	0,42	0,0196	0,0588	ϑ= 0,0346
14,14	0,16	1,119	1	0,16	0,0256	0,0256	$\varkappa$= 0,1557
14,12	0,18	1,259	2	0,36	0,0324	0,0648	
14,08	0,22	1,539	1	0,22	0,0484	0,0484	
14,02	0,28	1,959	1	0,28	0,0784	0,0784	
			23	2,72		0,3828	

Rozměr F. forma: 21,42 mm

21,10	0,32	1,493	2	0,64	0,1024	0,2048	
21,08	0,34	1,587	4	1,36	0,1156	0,4624	
21,06	0,36	1,680	2	0,72	0,1296	0,2592	$\bar{x}$= 0,4000
21,04	0,38	1,774	3	1,14	0,1444	0,4332	$\bar{x}^2$= 0,1600
21,02	0,40	1,867	1	0,40	0,1600	0,1600	σ= 0,0519
21,00	0,42	1,960	2	0,84	0,1764	0,3528	ϑ= 0,0346
20,98	0,44	2,053	5	2,20	0,1936	0,9680	$\varkappa$= 0,1557
20,96	0,46	2,147	2	0,92	0,2116	0,4232	
20,94	0,48	2,240	1	0,48	0,2304	0,2304	
20,92	0,50	2,334	1	0,50	0,2500	0,2500	
			23	9,20		3,7440	

VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	DP - ST 73/62 str. 63 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Rozměr G. forma 50,44 mm

Tab. č. 34

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$
49,98	0,46	0,911	2	0,92	0,2116	0,4232
49,96	0,48	0,951	2	0,96	0,2304	0,4608
49,94	0,50	0,991	1	0,50	0,2500	0,2500
49,90	0,54	1,070	2	1,08	0,2916	0,5832
49,88	0,56	1,110	3	1,12	0,3136	0,9408
49,82	0,62	1,229	4	2,48	0,3844	1,5376
49,80	0,64	1,268	1	0,64	0,4096	0,4096
49,78	0,66	1,308	2	1,32	0,4356	0,8712
49,74	0,70	1,387	3	2,10	0,4900	1,5700
49,72	0,72	1,427	3	2,16	0,5184	1,5552
			23	13,28		8,5016

$\bar{x} = 0,5773$

$\bar{x}^2 = 0,3332$

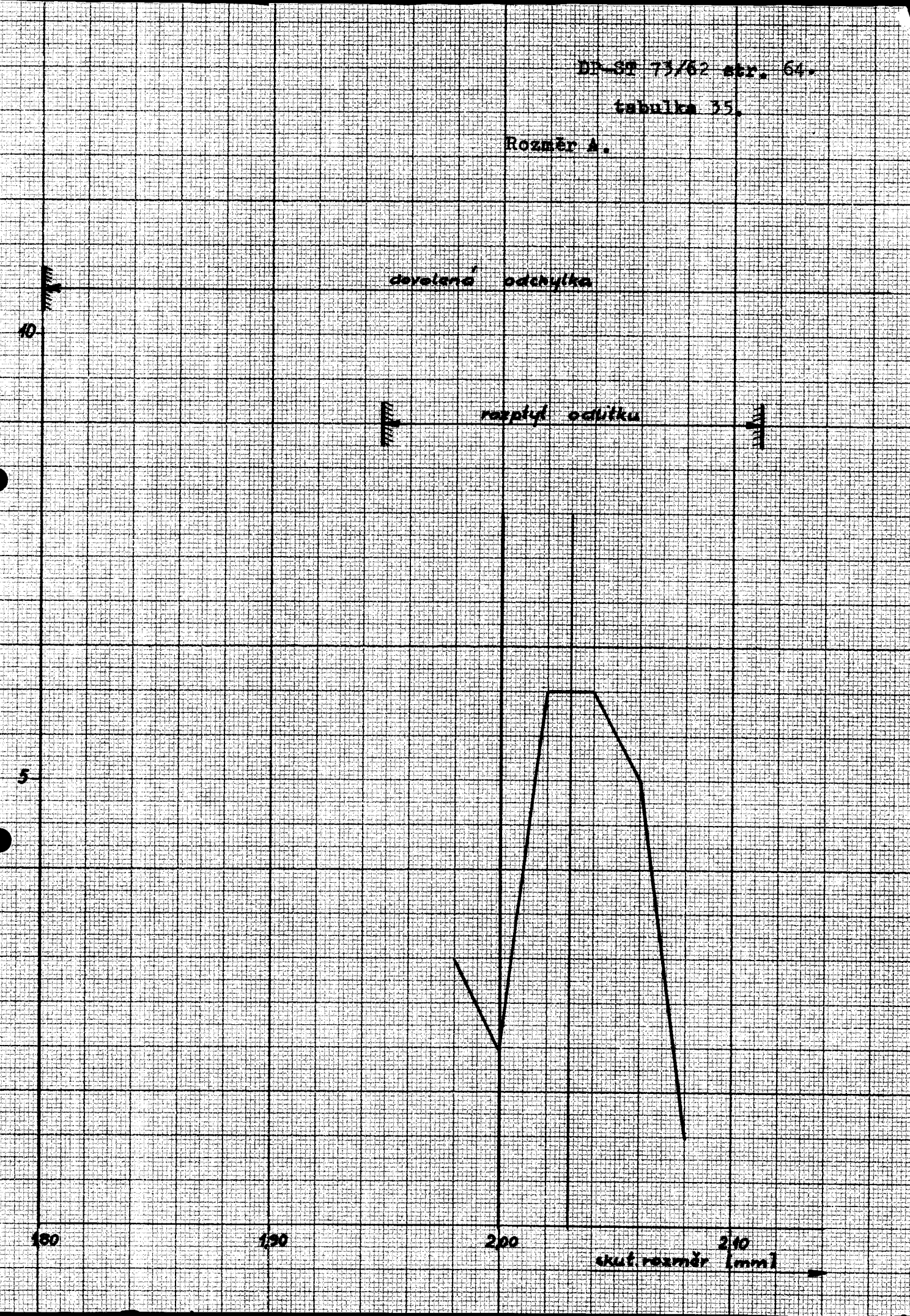
$\sigma = 0,1905$

$\sigma^2 = 0,1270$

$\alpha = 0,5715$

tabulka 35.

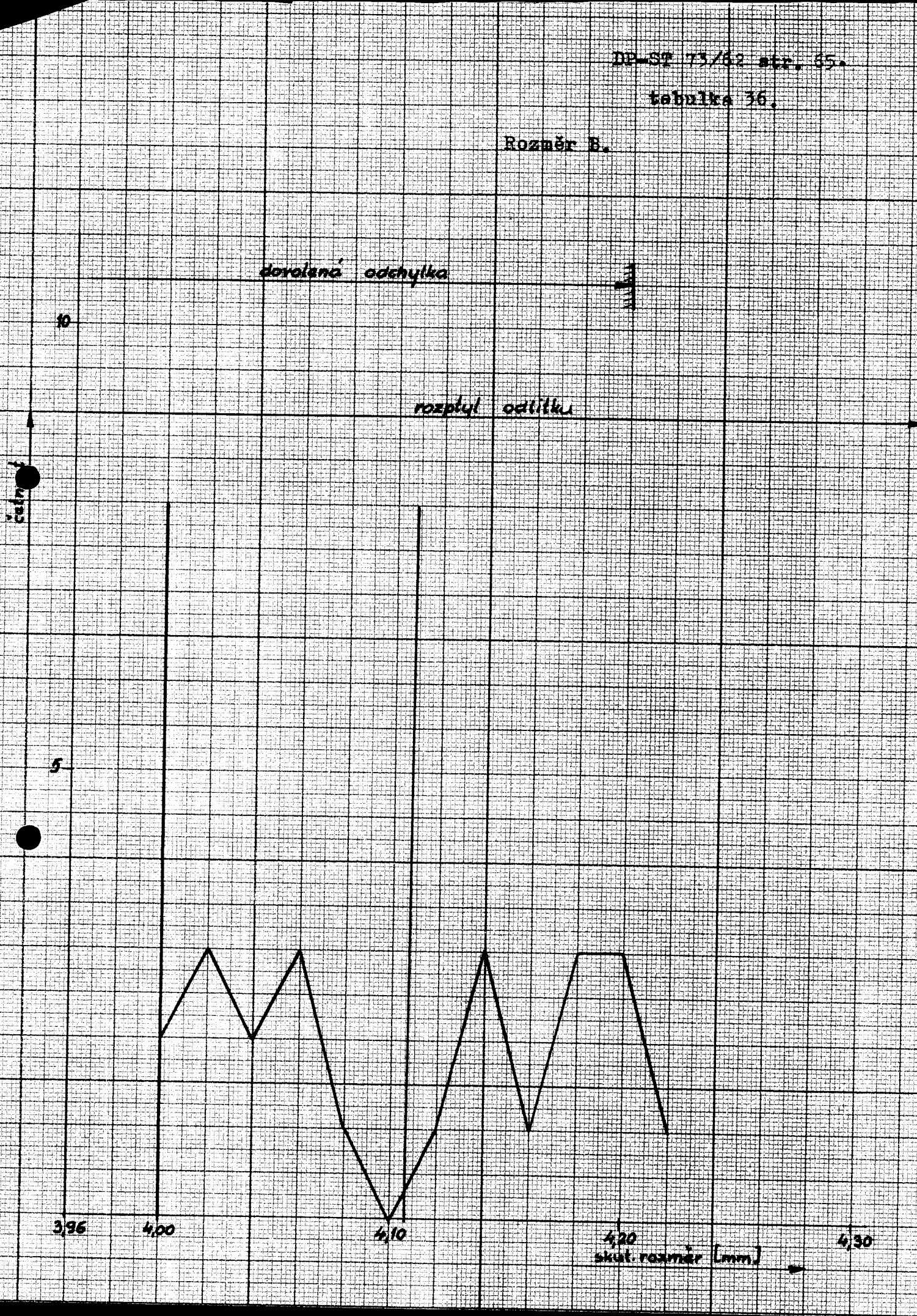
Rozměr A.



DP-ST 73/62 str. 65.

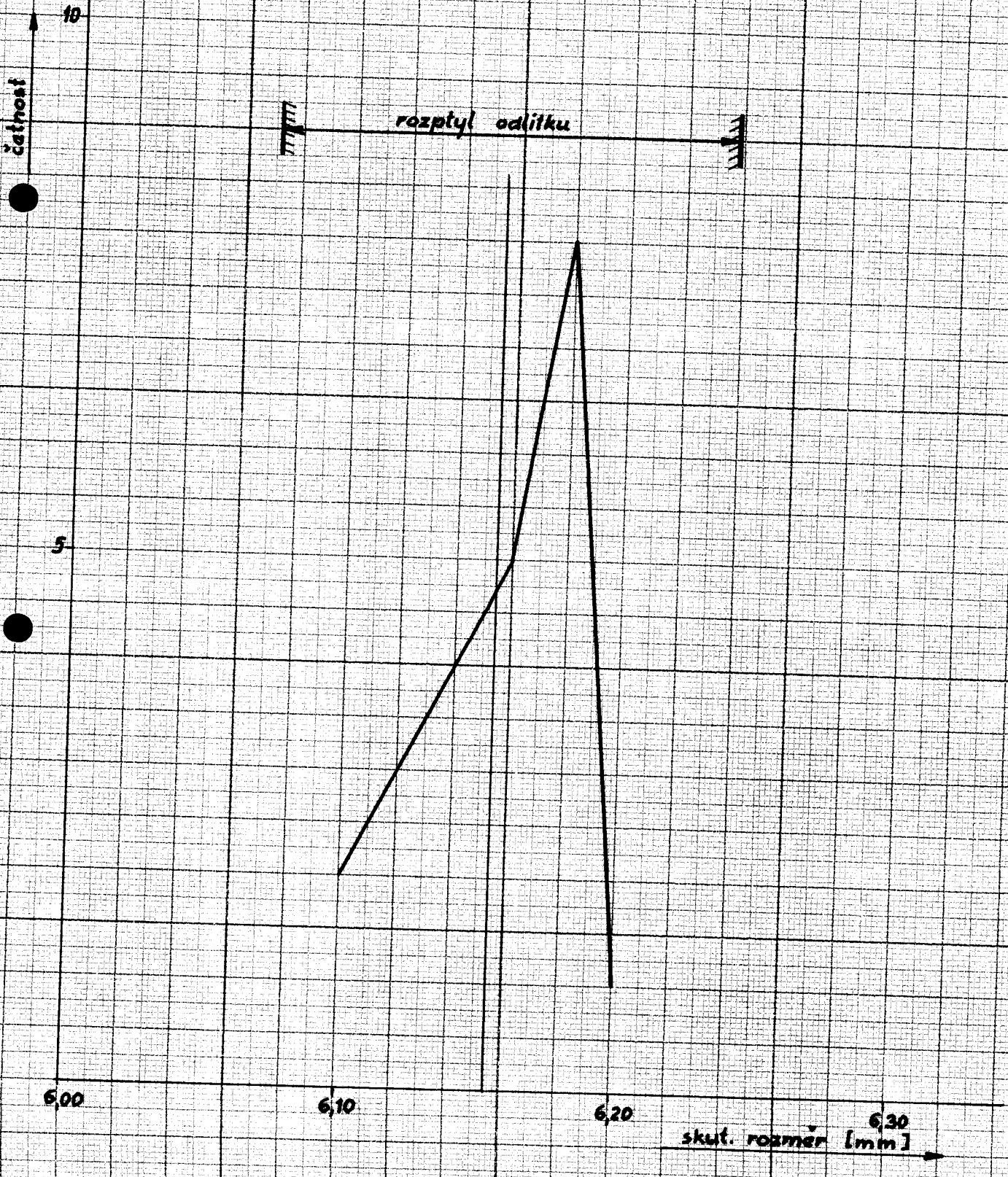
tabulka 36.

Rozměr B.



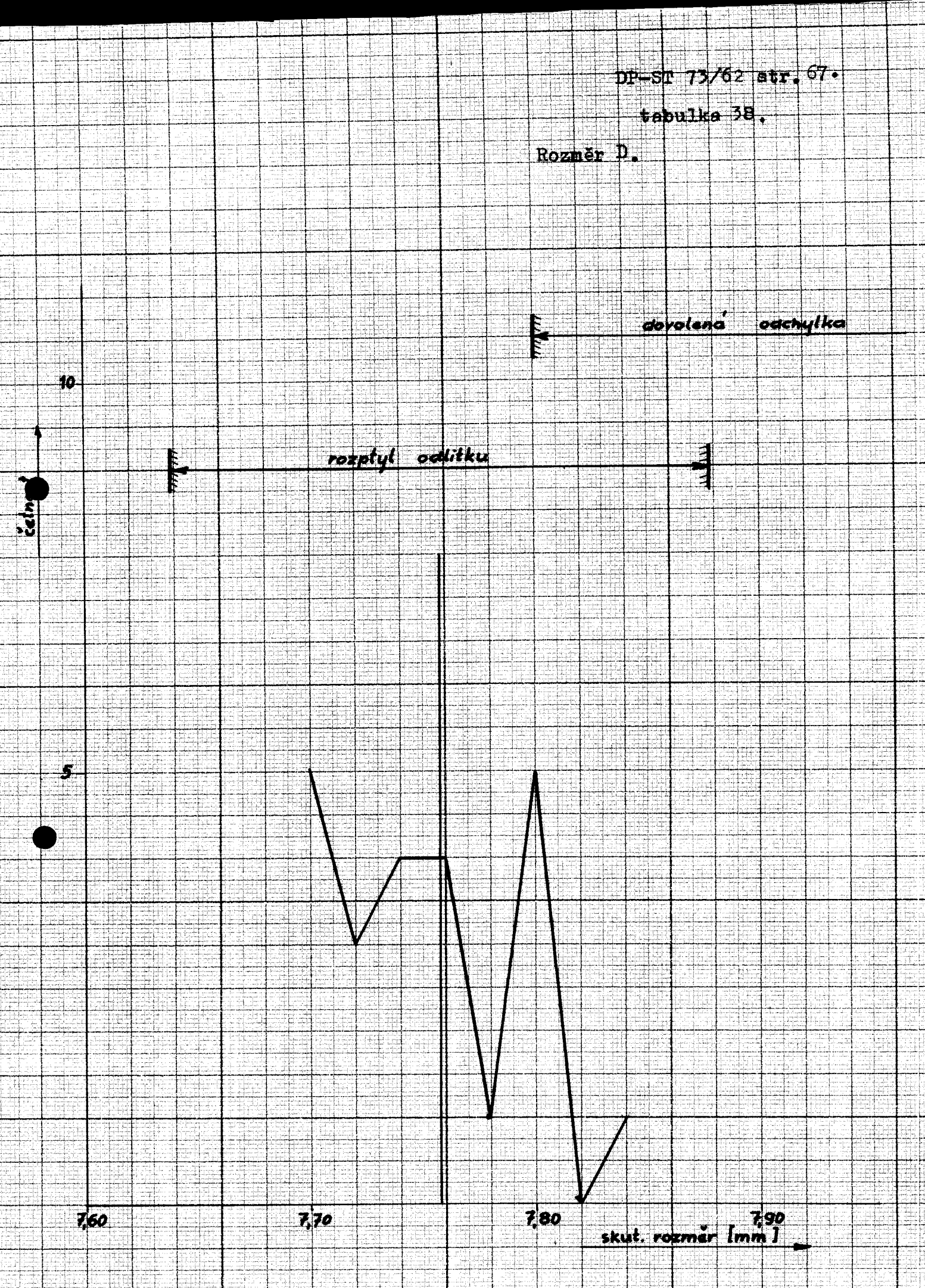
tabulka 37.

Rozměr C.



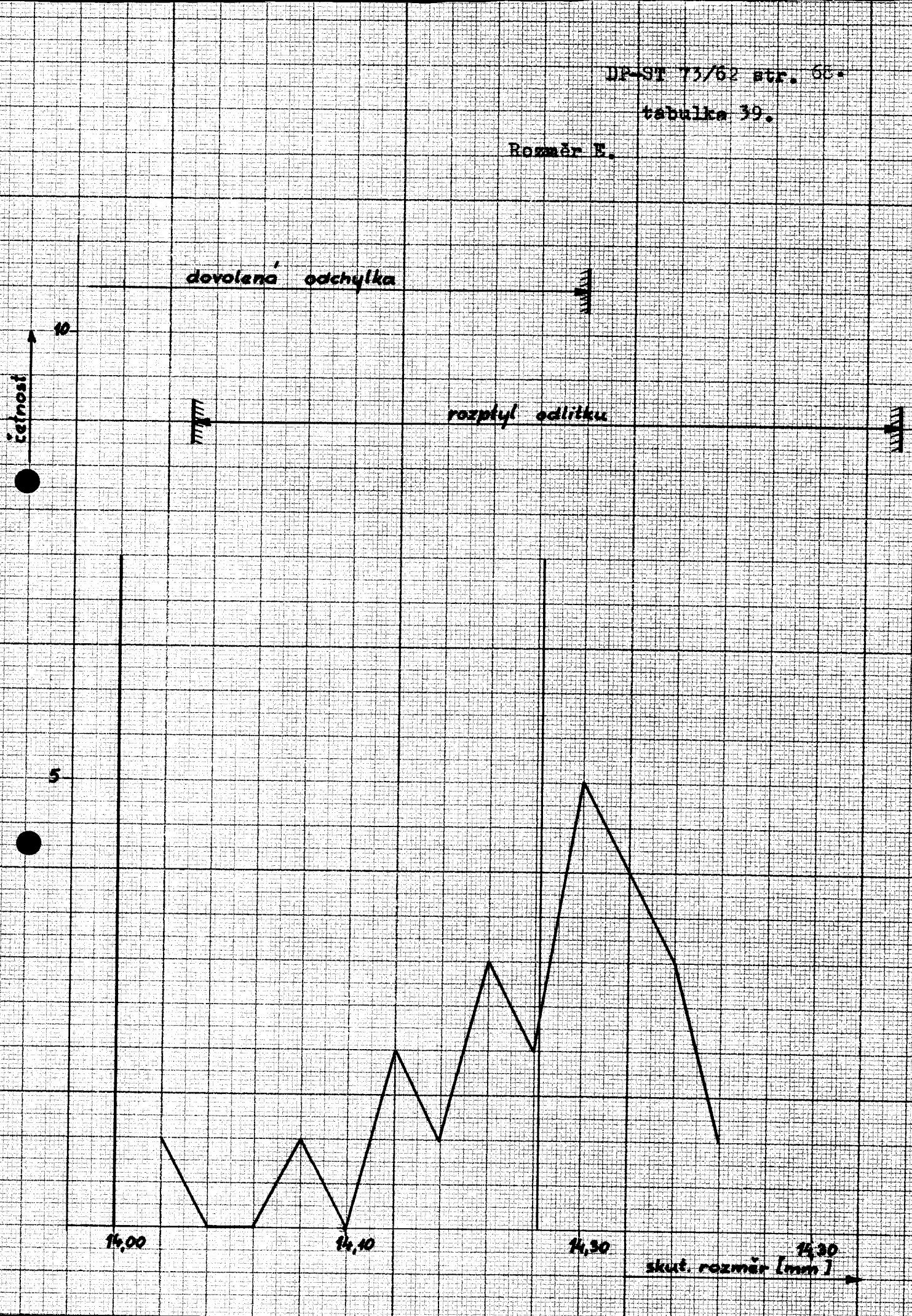
tabulka 38.

Rozměr D.



tabulka 39.

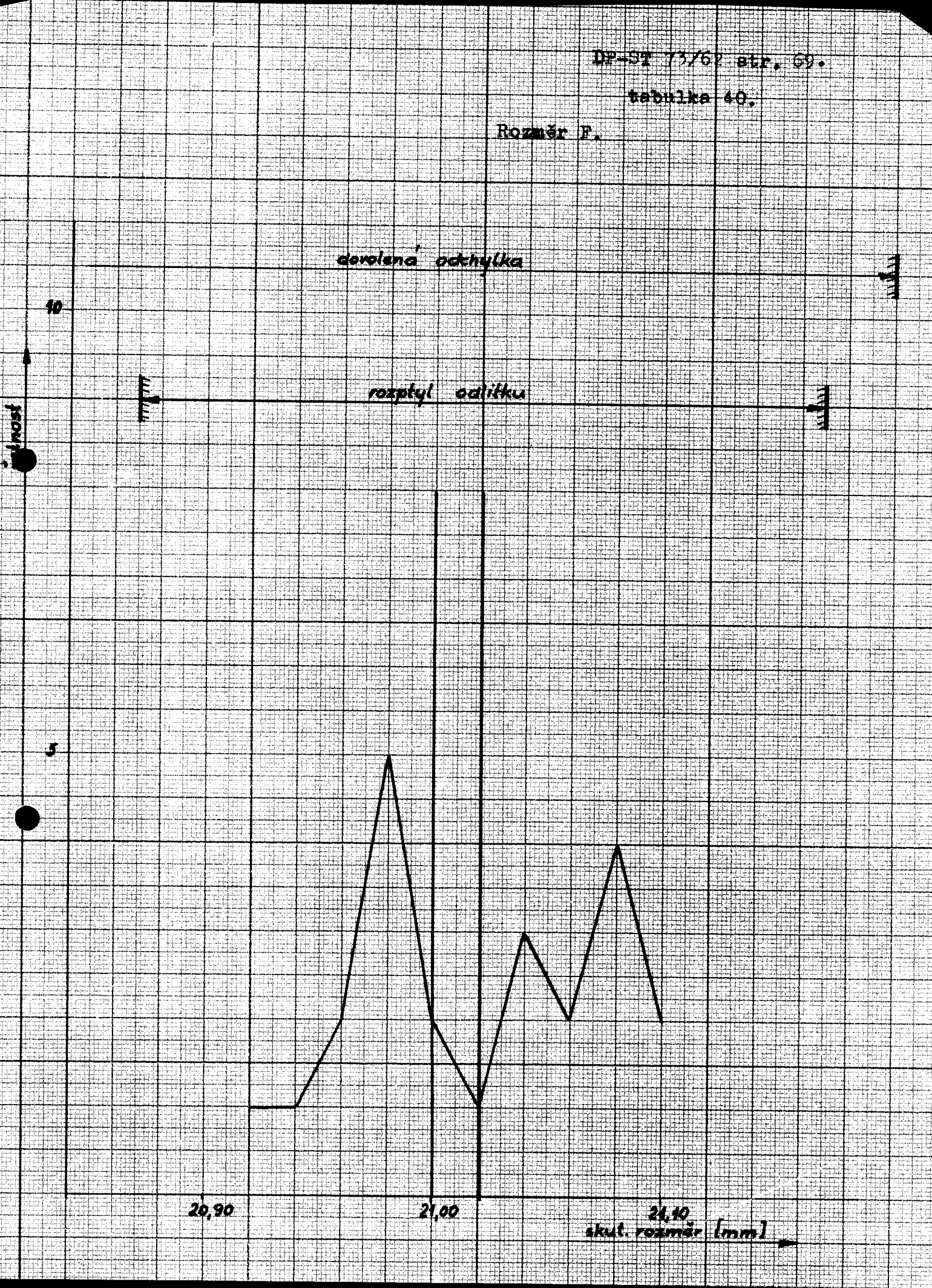
Rozměr E.



DP-ST 7?/62 str. 69.

tabulka 40.

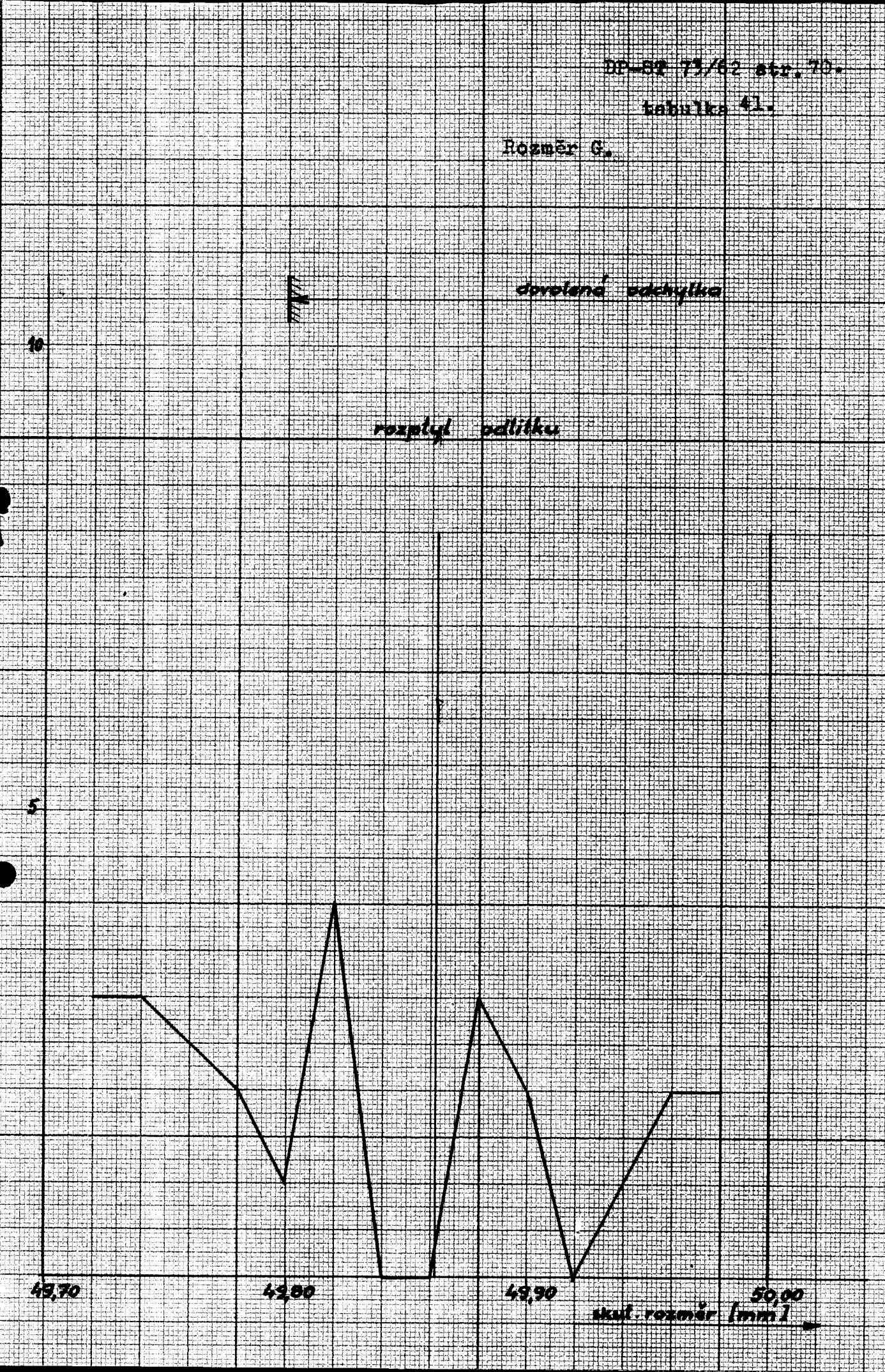
Rozměr F.



DP-SP 73/62 str. 70.

tabulka 41.

Rozměr G.



VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	3. LISTOPADU 1962
		Petr Zimmel

Tab. č. 46

Rozměr A. forma: 2,14 mm

mm	x_i		n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
2,06	0,08	3,738	5	0,40	0,0064	0,0320	$\bar{x}$= 0,1209
2,04	0,10	4,672	4	0,40	0,0100	0,0400	$\bar{x}^2$= 0,0146
2,02	0,12	5,605	3	0,36	0,0144	0,0432	δ= 0,0316
2,00	0,14	6,542	3	0,42	0,0196	0,0588	ϑ= 0,0210
1,98	0,16	7,476	6	0,96	0,0256	0,1536	$\varkappa$ = 0,0948
			21	2,54		0,3276	

Rozměr B. forma: 4,22 mm

4,20	0,02	0,473	1	0,02	0,0004	0,0004	$\bar{x}$= 0,1238
4,14	0,08	1,895	2	0,16	0,0064	0,0128	$\bar{x}^2$= 0,0153
4,12	0,10	2,369	4	0,40	0,0100	0,0400	δ= 0,0360
4,10	0,12	2,843	3	0,36	0,0144	0,0432	ϑ= 0,0240
4,08	0,14	3,317	6	0,85	0,0196	0,1176	$\varkappa$= 0,1080
4,06	0,16	3,793	4	0,64	0,0256	0,1024	
4,04	0,18	4,265	1	0,18	0,0324	0,0324	
			21	2,60		0,3488	

Rozměr C. forma: 6,28 mm

6,18	0,10	1,592	3	0,30	0,0100	0,0300	
6,16	0,12	1,910	1	0,12	0,0144	0,0144	
6,14	0,14	2,229	2	0,28	0,0196	0,0392	$\bar{x}$= 0,1904
6,12	0,16	2,547	2	0,32	0,0256	0,0512	$\bar{x}^2$= 0,0362
6,10	0,18	2,866	3	0,54	0,0324	0,0972	δ= 0,0604
6,08	0,20	3,184	4	0,80	0,0400	0,1600	ϑ= 0,0416
6,04	0,24	3,821	1	0,24	0,0576	0,0576	$\varkappa$= 0,1872
6,02	0,26	4,140	2	0,52	0,0676	0,1352	
6,00	0,28	4,458	1	0,28	0,0784	0,0784	
5,98	0,30	4,777	2	0,60	0,0900	0,1800	
			21	4,00		0,8432	

VŠST LIBEREC | Rozměrové přesnost. | **3. LISTOPADU 1962** | Petr Zimmel

Tab. č. 47

Rozměr D. --------- forma : 0,08 mm

mm	x_i	$\sqrt{x_i}$	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
7,98	0,10	1,937	1	0,10	0,0100	0,0100	
7,96	0,12	1,485	2	0,24	0,0144	0,0288	
7,94	0,14	1,732	2	0,28	0,0196	0,0392	$\bar{x}$= 0,[illegible]9
7,92	0,16	1,900	1	0,16	0,0256	0,0256	$\bar{x^2}$= 0,0492
7,90	0,18	2,227	1	0,18	0,0324	0,0324	σ= 0,0692
7,88	0,20	2,475	1	0,20	0,0400	0,0400	ϑ= 0,2076
7,86	0,22	2,737	3	0,66	0,0484	0,1452	$\varkappa$= 0,0461
7,84	0,24	2,970	1	0,24	0,0576	0,0576	
7,82	0,26	3,217	2	0,52	0,0676	0,1352	
7,80	0,28	3,465	4	1,12	0,0784	0,3136	
7,78	0,30	3,710	1	0,30	0,0900	0,0900	
7,76	0,32	3,960	1	0,32	0,1024	0,1024	
7,74	0,34	4,207	1	0,34	0,1156	0,1156	
			21	4,66	1,1356		

Rozměr B . --------- forma: 14,30 mm

14,20	0,08	0,559	2	0,16	0,0064	0,0128	
14,18	0,10	0,699	3	0,30	0,0100	0,0300	
14,18	0,12	0,839	1	0,12	0,0144	0,0144	
14,16	0,14	0,979	1	0,14	0,0196	0,0196	$\bar{x}$= 0,2333
14,14	0,16	1,119	3	0,48	0,0256	0,0768	$\bar{x^2}$= 0,0544
14,12	0,18	1,259	1	0,18	0,0324	0,0324	σ= 0,1224
14,10	0,20	1,399	1	0,20	0,0400	0,0400	ϑ= 0,09061
13,98	0,32	2,237	1	0,32	0,1024	0,1024	$\varkappa$= 0,3672
13,96	0,34	2,377	2	0,68	0,1156	0,2312	
13,94	0,36	2,517	1	0,36	0,1296	0,1296	
13,92	0,38	2,657	2	0,76	0,1444	0,2888	
13,90	0,40	2,797	3	1,20	0,1600	0,4800	
			21	4,90		1,4580	

VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	DP - ST 73/62 str. 73
		3. LISTOPADU 1962
		Petr Zimmel

Rozměr F. forma: 21,42 mm

Tab. č. 48

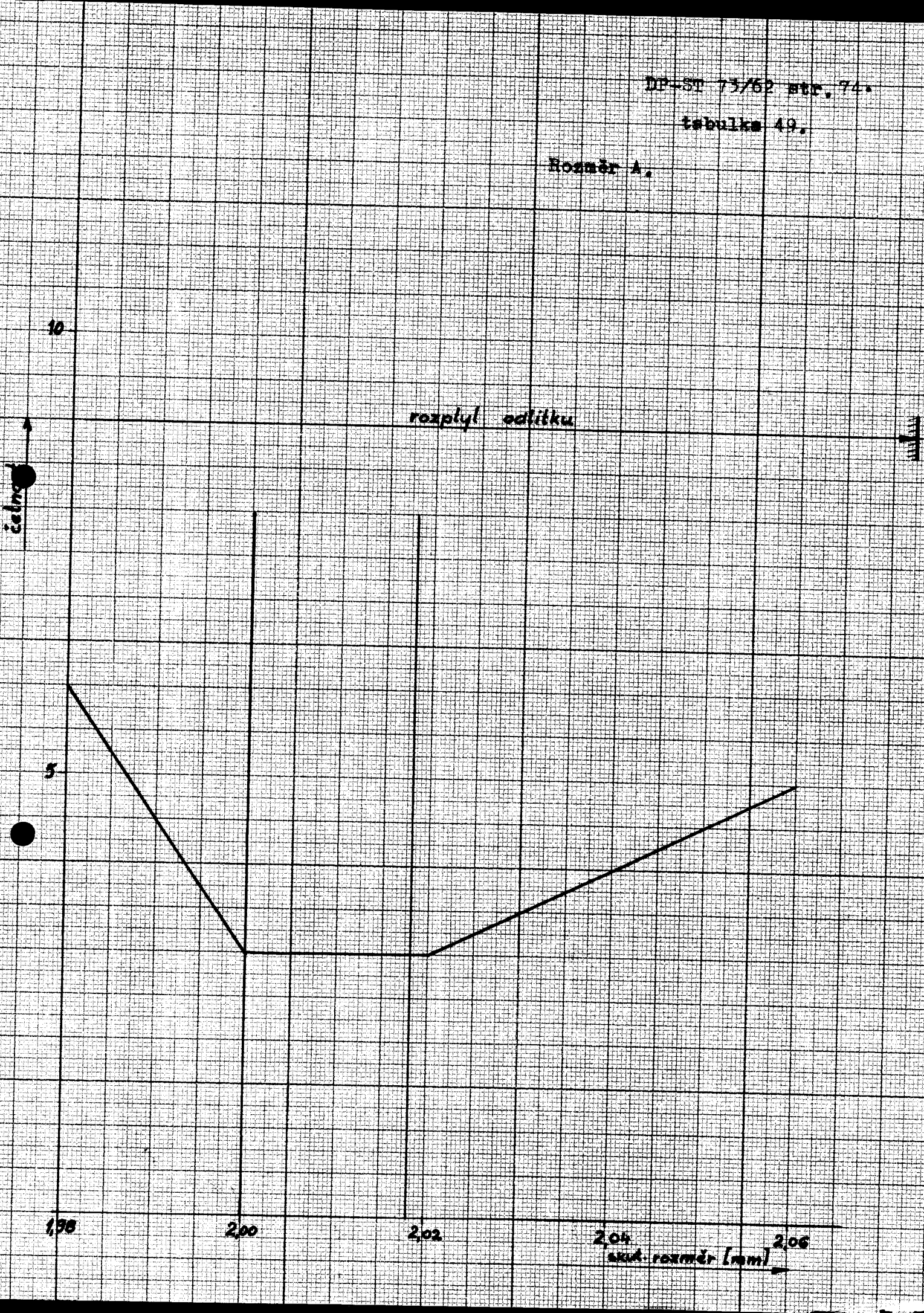
mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
21,08	0,34	1,587	2	0,68	0,1156	0,2312	
21,06	0,36	1,680	2	0,72	0,1296	0,2592	$\bar{x}$= 0,4409
21,02	0,40	1,867	2	0,80	0,1600	0,3200	$\bar{x}^2$= 0,1943
21,00	0,42	1,960	3	1,26	0,1764	0,5295	σ= 0,0608
20,98	0,44	2,053	4	1,76	0,1936	0,7744	ϑ= 0,0405
20,94	0,48	2,240	3	1,44	0,2304	0,6912	$\varkappa$= 01824
20,92	0,50	2,334	2	1,00	0,2500	0,5000	
20,90	0,52	2,427	1	0,52	0,2704	0,2704	
20,88	0,54	2,521	2	1,08	0,2916	0,5832	
			21	9,26		4,1588	

Rozměr C. forma: 50,44 mm

50,02	0,42	0,838	1	0,42	0,1765	0,1765	
49,98	0,46	0,9119	2	0,92	0,2116	0,4232	
49,96	0,48	0,951	2	0,96	0,2304	0,4608	$\bar{x}$= 0,5475
49,94	0,50	0,991	1	0,50	0,2500	0,2500	$\bar{x}^2$= 0,2997
49,92	0,52	1,030	2	1,04	0,2704	0,5408	σ= 0,0650
49,88	0,56	1,110	2	1,12	0,3136	0,6272	ϑ= 0,0426
49,90	0,54	1,070	3	1,62	0,2916	0,8748	$\varkappa$= 0,1950
49,86	0,58	1,159	1	0,58	0,3364	0,3364	
49,84	0,60	1,189	2	1,20	0,3600	0,7200	
49,82	0,62	1,229	3	1,86	0,3844	1,1532	
49,80	0,64	1,268	2	1,28	0,4096	0,8192	
			21	11,50		6,3820	

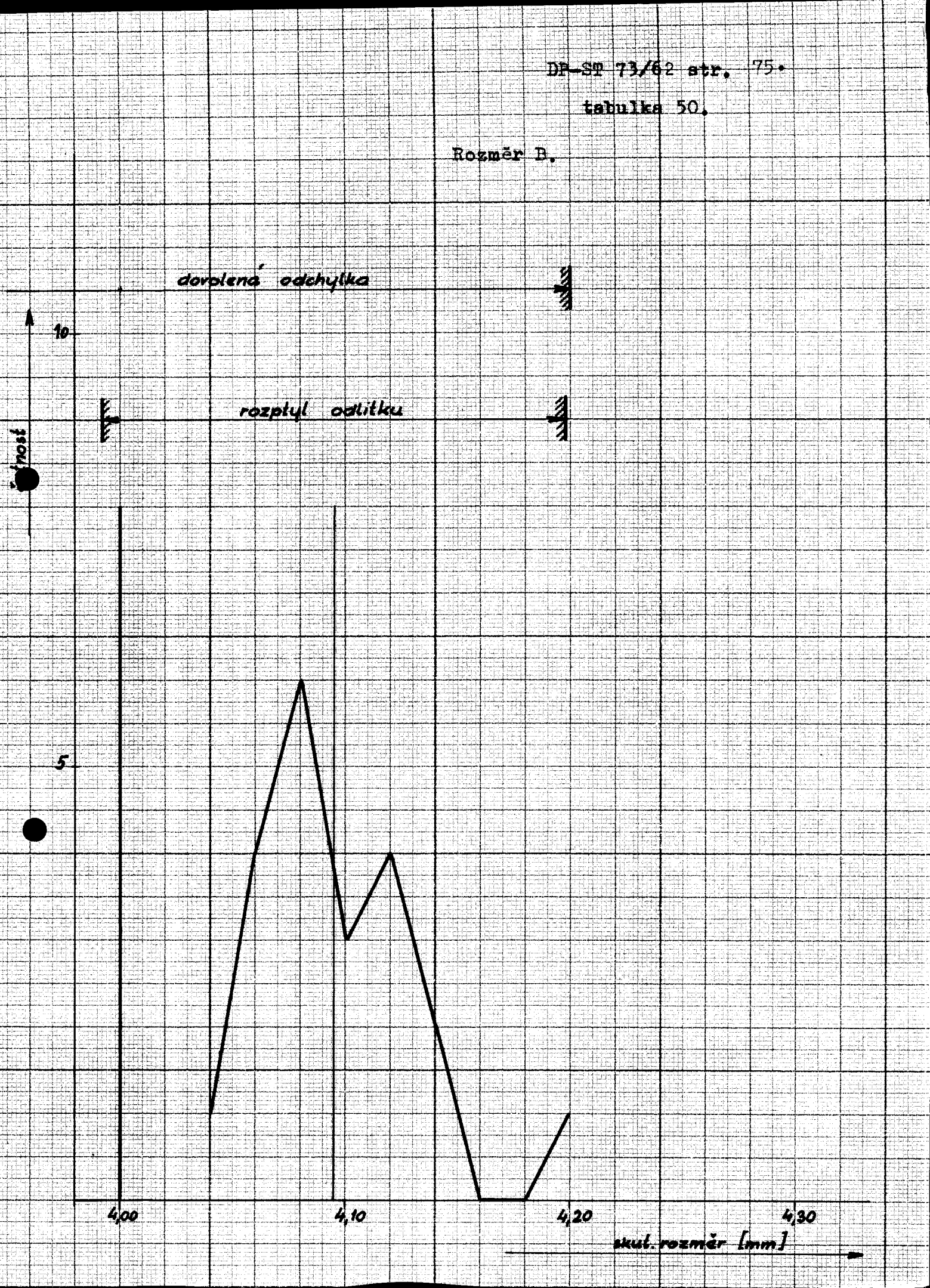
tabulka 49.

Rozměr A.



tabulka 50.

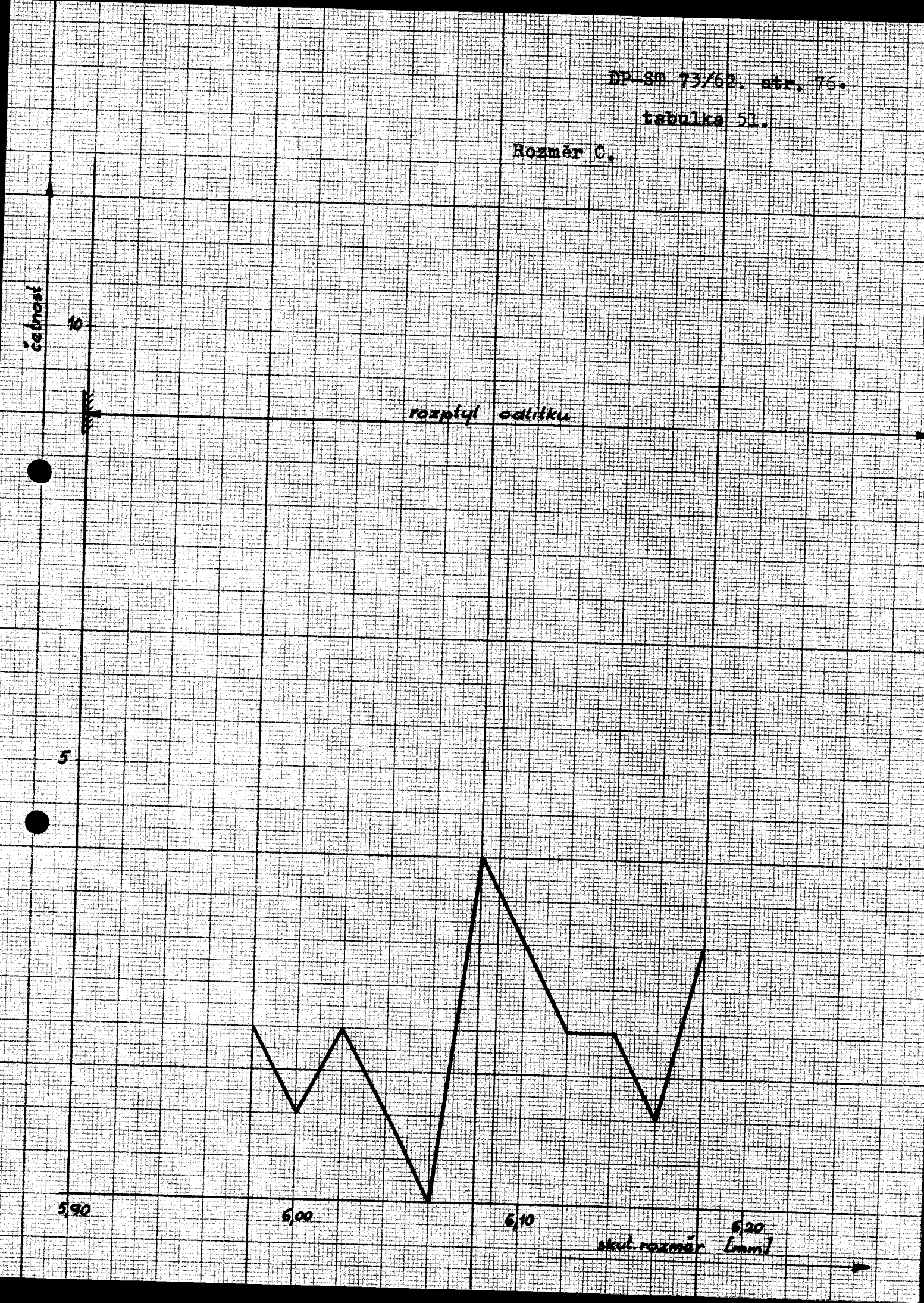
Rozměr B.



DP-SM 73/62. str. 76.

tabulka 51.

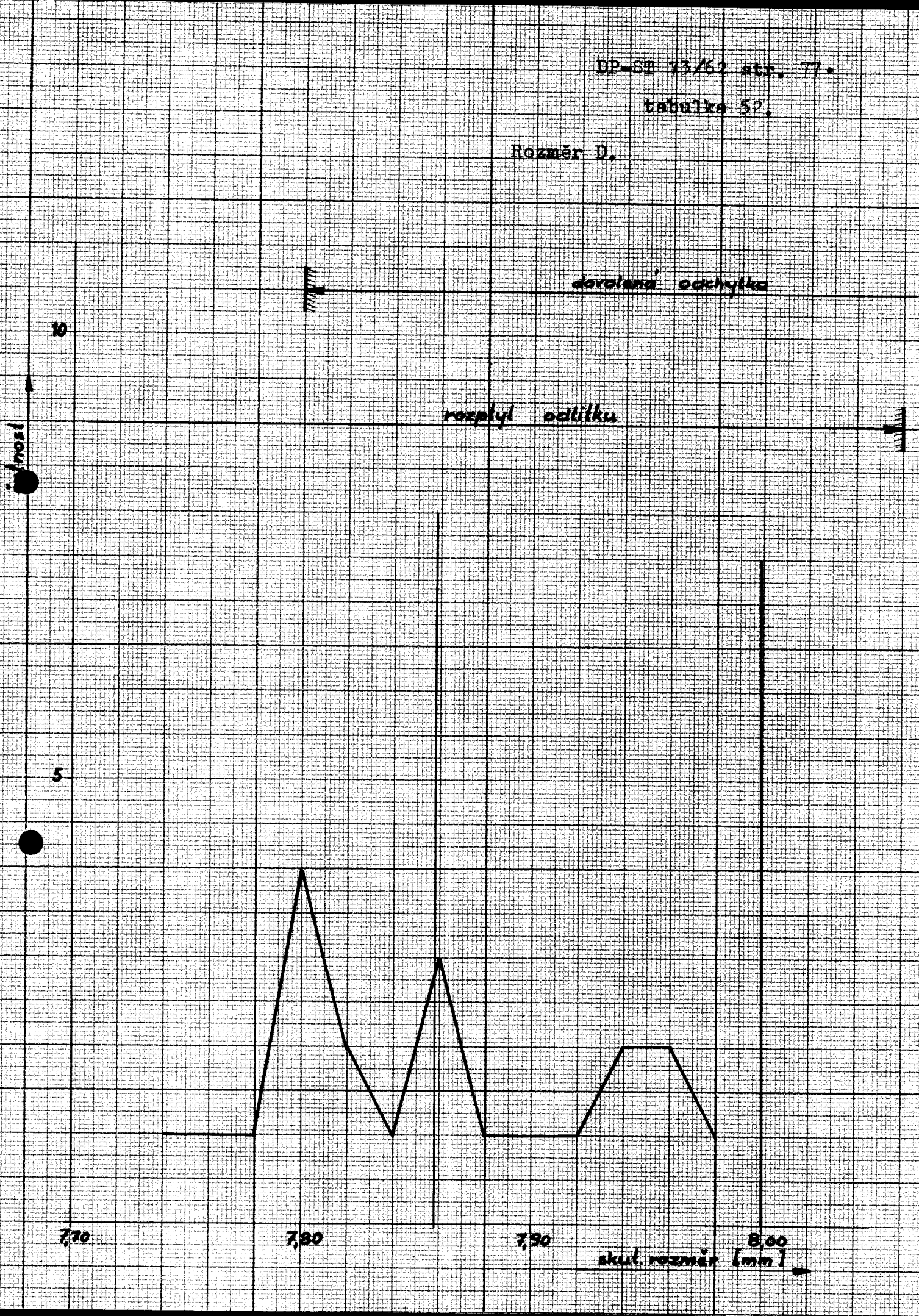
Rozměr C.



DP-ST 13/62 str. 77.

tabulka 52.

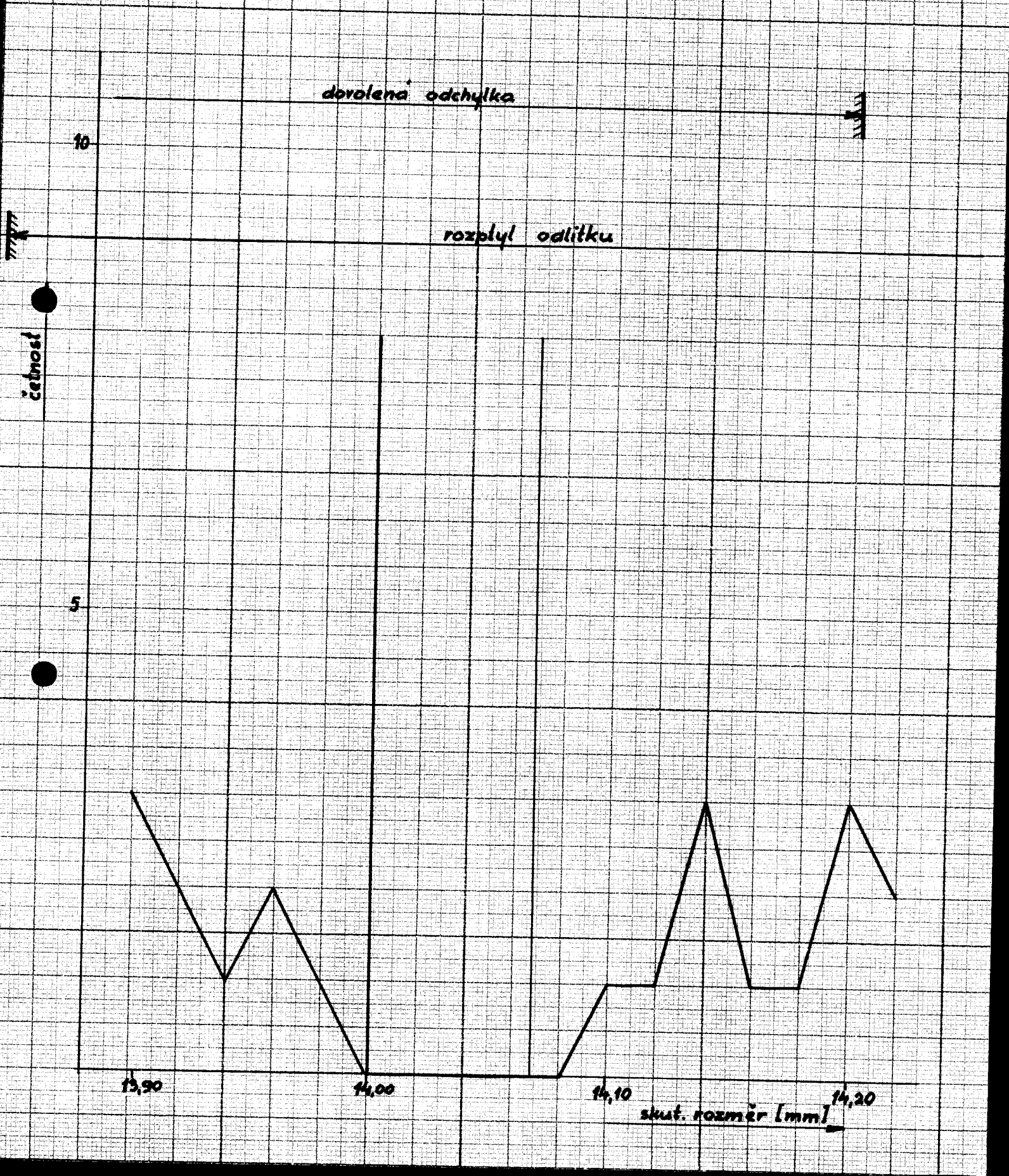
Rozměr D.



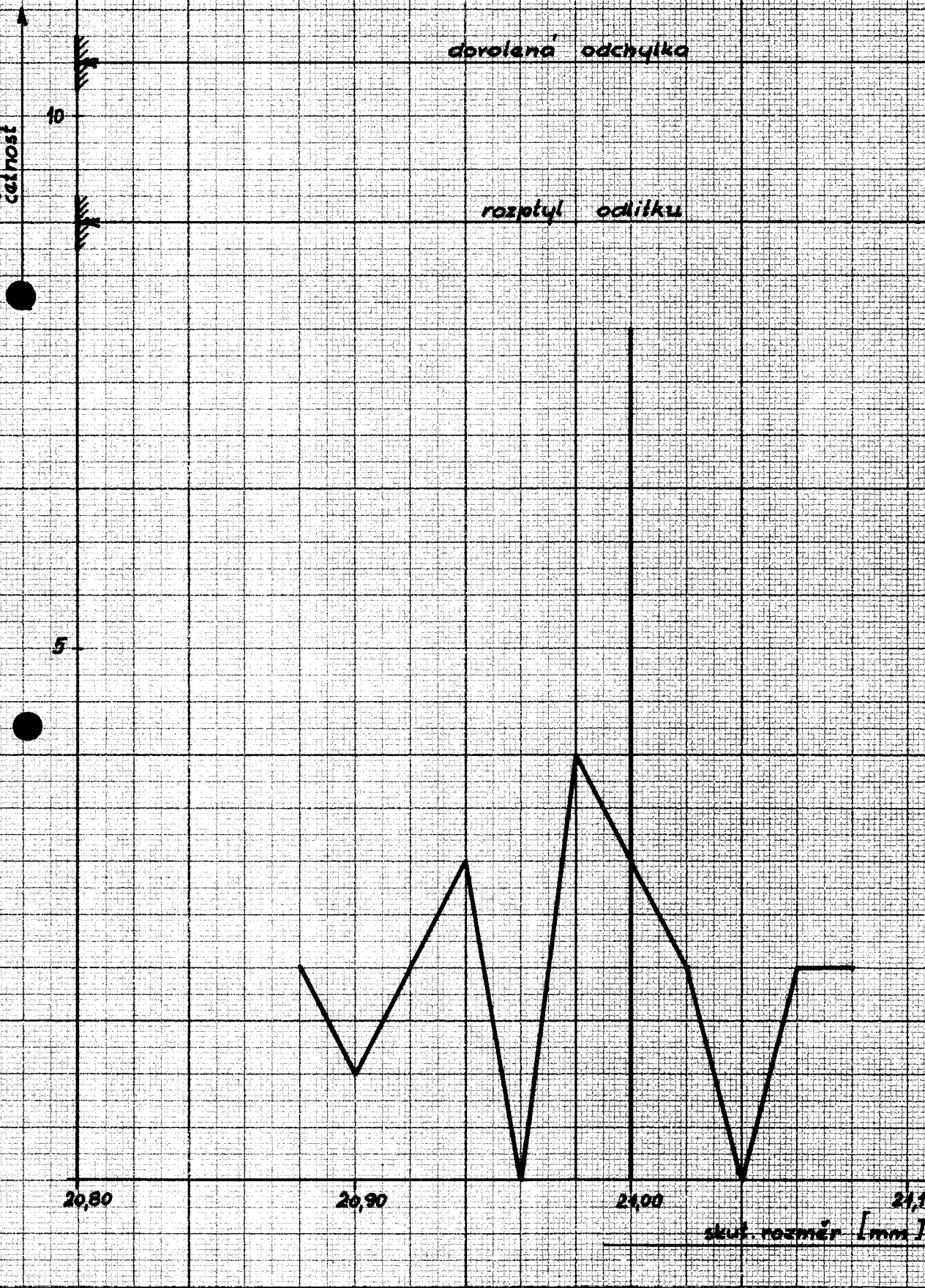
DP-ST 73/62 str. 78.

tabulka 53.

Rozměr E.



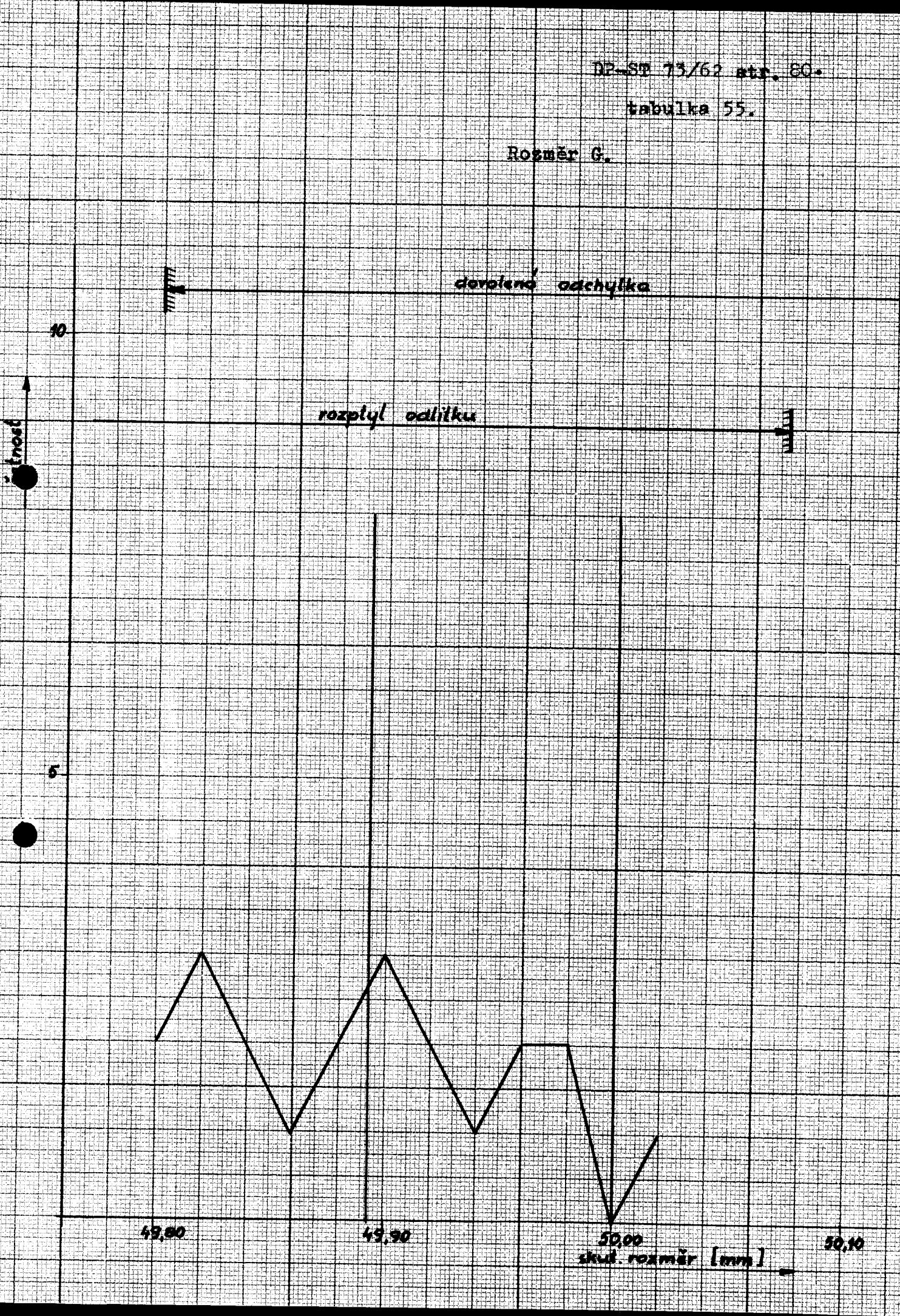
Rozměr F.


dovolená odchylka
10
četnost
rozptyl odlitku
5
20,80
20,90
21,00
skut. rozměr [mm]

DP-ST 73/62 str. 60.

tabulka 55.

Rozměr G.



VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	DP - ST 73/62 str. 81 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Tab. č. 56

Rozměr A. forma : 2,14 mm

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 \cdot n_i$	
2,02	0,12	5,605	1	0,12	0,0144	0,0144	$\bar{x}$= 0,1817
2,00	0,14	6,542	1	0,14	0,0196	0,0196	$\bar{x}^2$= 0,0330
1,98	0,16	7,476	5	0,80	0,0256	0,1280	σ= 0,0264
1,96	0,18	8,411	6	1,08	0,0324	0,1944	ϑ= 0,0109
1,94	0,20	9,345	8	1,60	0,0400	0,3200	$\mathcal{H}$ = 0,0792
1,92	0,22	10,280	2	0,44	0,0484	0,0968	
			23	4,18		0,7752	

Rozměr B. forma: 4,22 mm

4,12	0,10	2,369	2	0,20	0,0100	0,0200	$\bar{x}$= 0,1469
4,10	0,12	2,843	5	0,60	0,0144	0,0720	$\bar{x}^2$= 0,02158
4,08	0,14	3,317	5	0,70	0,0196	0,0980	σ= 0,0282
4,06	0,16	3,793	6	0,96	0,0256	0,1536	ϑ= 0,0188
4,04	0,18	4,265	4	0,72	0,0324	0,1296	$\mathcal{H}$ = 0,0846
4,02	0,20	4,739	1	0,20	0,0400	0,0400	
			23	3,38		0,5132	

Rozměr C. forma: 6,28 mm

6,18	0,10	1,592	1	0,10	0,0100	0,0100	$\bar{x}$= 0,1843
6,16	0,16	2,547	4	0,64	0,0256	0,1024	$\bar{x}^2$= 0,0339
6,10	0,18	2,866	8	1,44	0,0324	0,2592	σ= 0,0264
6,08	0,20	3,184	7	1,40	0,0500	0,2800	ϑ= 0,0109
6,06	0,22	3,503	3	0,66	0,0484	0,1452	$\mathcal{H}$ = 0,0792
			23	4,24		0,7968	

Rozměr D. forma: 8,08 mm

Tab. č. 57

mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
8,04	0,04	0,495	2	0,08	0,0016	0,0032	$\bar{x}$= 0,0887
8,02	0,06	0,742	5	0,30	0,0036	0,0180	$\bar{x}^2$= 0,0078
8,00	0,08	0,990	4	0,32	0,0064	0,0256	σ= 0,0282
7,98	0,10	1,237	6	0,60	0,0100	0,0600	ϑ= 0,0188
7,96	0,12	1,485	5	0,60	0,0154	0,0720	α= 0,0846
7,94	0,14	1,732	1	0,14	0,0196	0,0196	
			23	2,08		0,1984	

Rozměr E. forma: 14,22 mm

14,04	0,18	1,819	3	0,54	0,0324	0,0972	
14,02	0,20	1,959	6	1,20	0,0400	0,2500	$\bar{x}$= 0,2295
14,00	0,22	2,108	1	0,22	0,0484	0,0484	$\bar{x}^2$= 0,0516
13,98	0,24	2,237	7	1,68	0,0576	0,4032	σ= 0,0479
13,96	0,26	2,377	3	0,78	0,0676	0,2058	ϑ= 0,0317
13,94	0,28	2,517	2	0,56	0,0784	0,1568	α= 0,1437
13,92	0,30	2,657	1	0,30	0,0900	0,0900	
			23	5,28		1,2414	

VŠST LIBEREC	3. Rozměrová přesnost.	DP - ST 73/62 str. 83 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Rozměr F. forma: 21,42 mm

Tab. č. 58

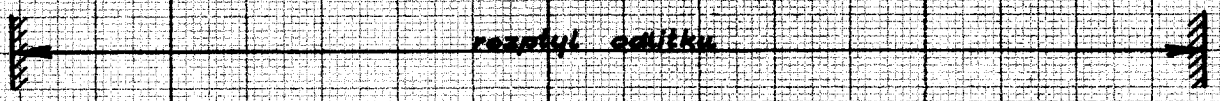
mm	x_i	%	n_i	$x_i n_i$	x_i^2	$x_i^2 n_i$	
21,26	0,14	0,653	1	0,14	0,0196	0,0196	
21,24	0,18	0,840	2	0,36	0,0324	0,0648	$\bar{x}$= 0,2243
21,22	0,20	0,933	4	0,80	0,0400	0,1600	$\bar{x}^2$= 0,0503
21,20	0,22	1,027	5	1,10	0,0484	0,2420	σ= 0,0315
21,18	0,24	1,120	6	1,44	0,0576	0,3456	ϑ= 0,0210
21,16	0,26	1,213	4	1,04	0,0676	0,2704	$\varkappa$= 0,0945
21,14	0,28	1,307	1	0,28	0,0784	0,0784	
			23	5,16		1,1808	

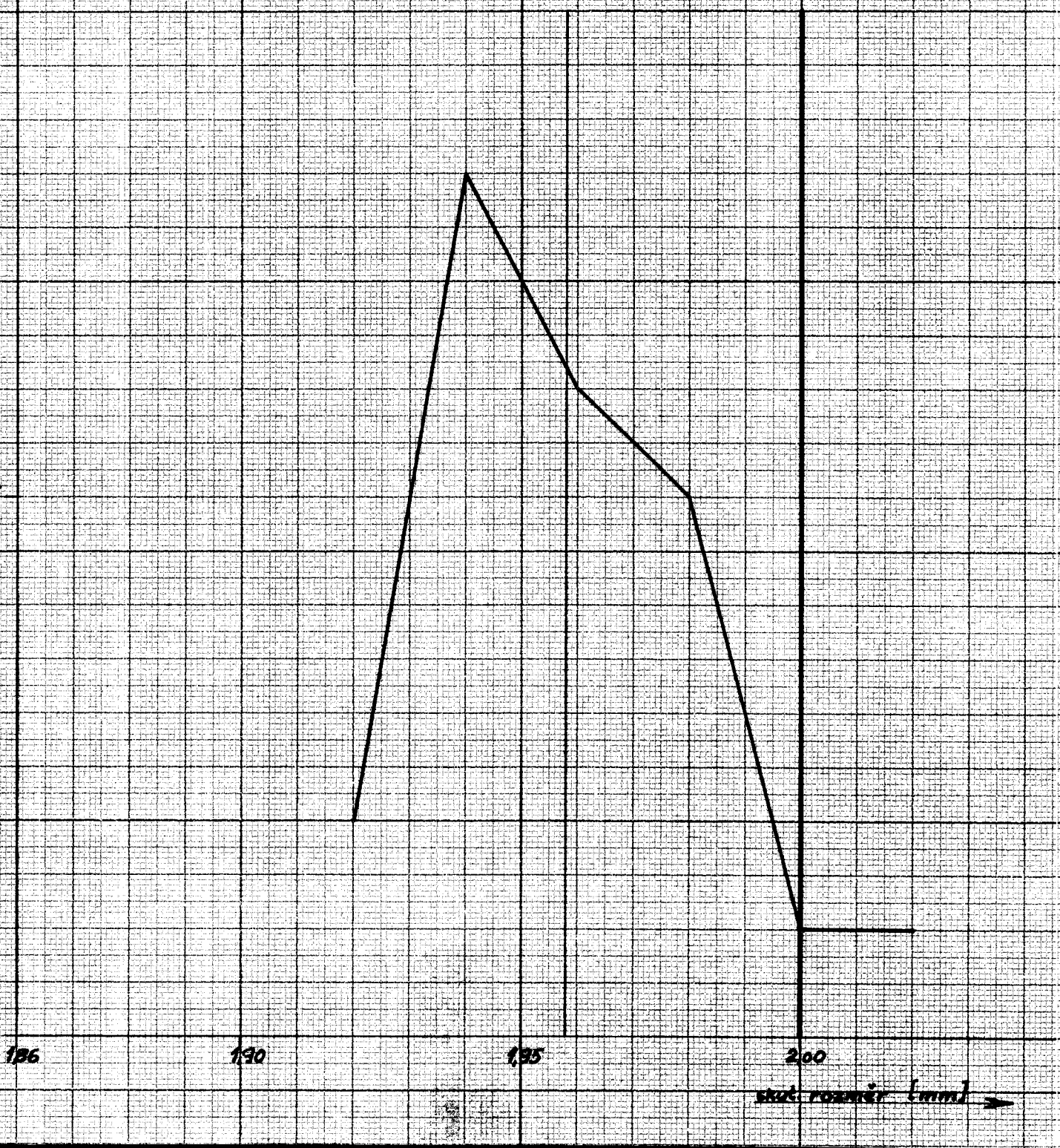
Rozměr G. forma: 50,44 mm

50,18	0,26	0,515	1	0,26	0,0676	0,0676	
50,16	0,28	0,555	3	0,84	0,0784	0,2352	$\bar{x}$= 0,3191
50,14	0,30	0,594	5	1,50	0,0900	0,4500	$\bar{x}^2$= 0,1018
50,12	0,32	0,634	5	1,60	0,1024	0,5120	σ= 0,0300
50,10	0,34	0,674	6	2,05	0,1156	0,6936	ϑ= 0,0200
50,08	0,36	0,713	2	0,72	0,1296	0,2592	$\varkappa$= 0,0900
50,06	0,38	0,753	1	0,38	0,1444	0,1444	
			23	7,34		2,3620	

tabulka 59.

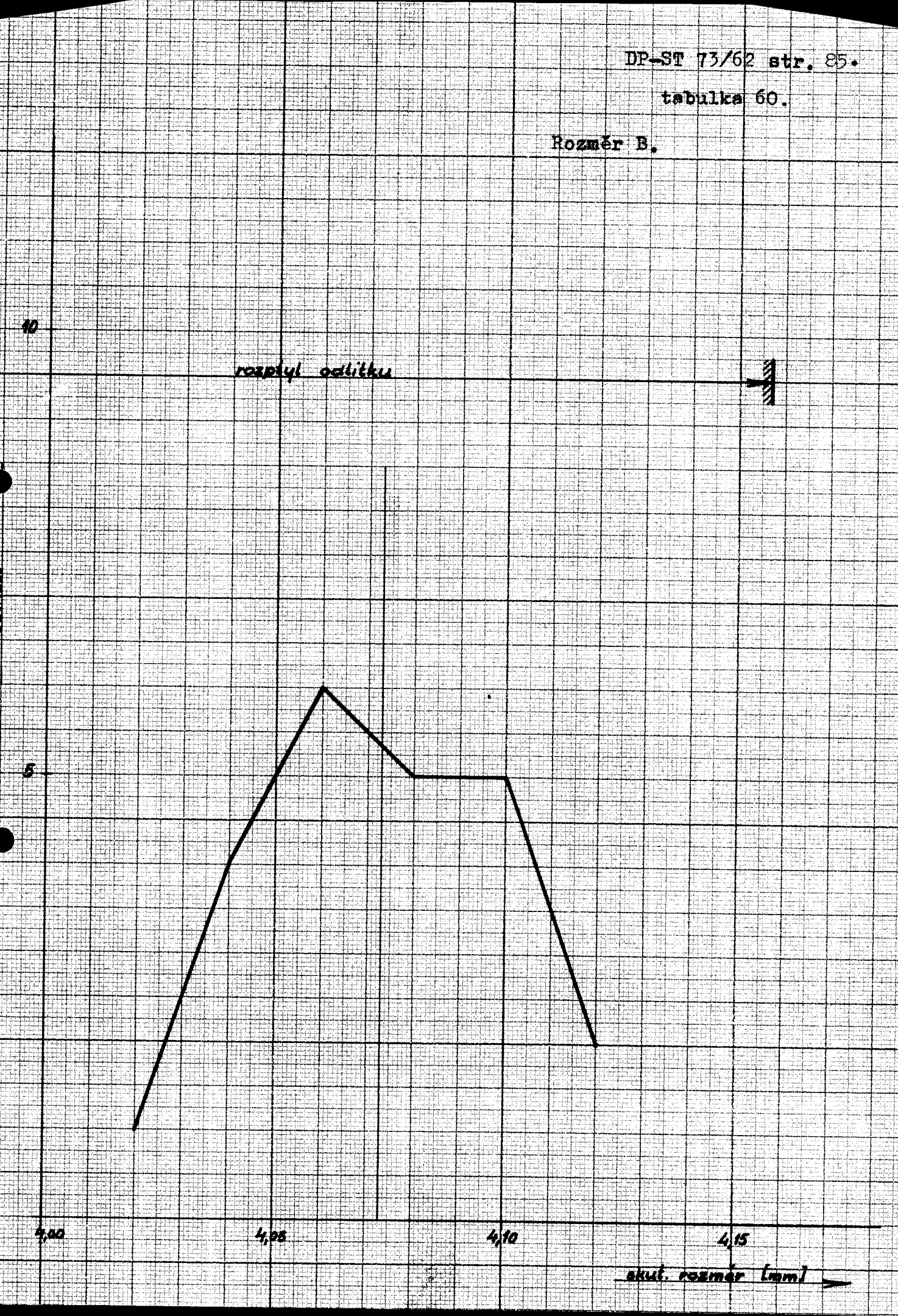
Rozměr A.





tabulka 60.

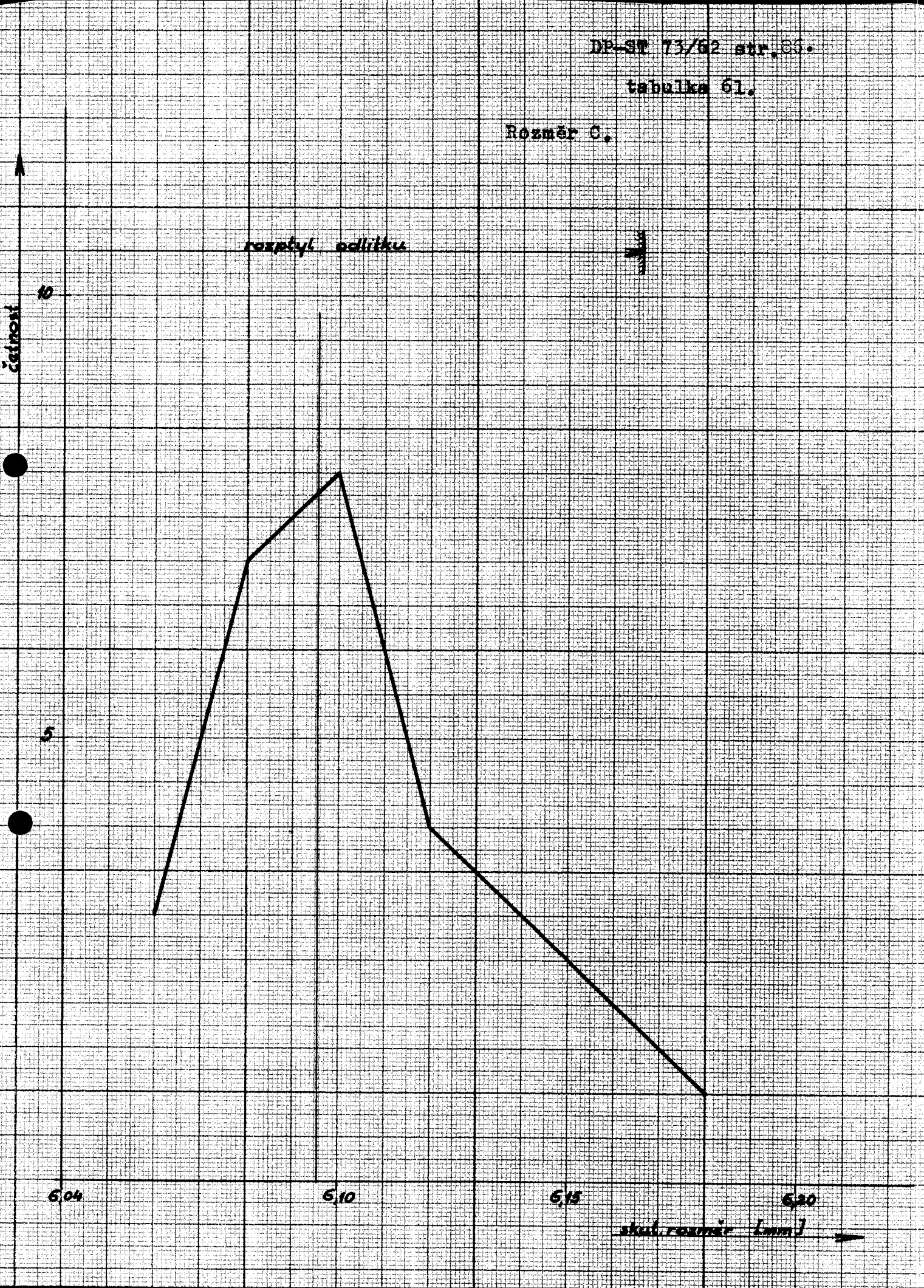
Rozměr B.



DP-ST 73/62 str.60.

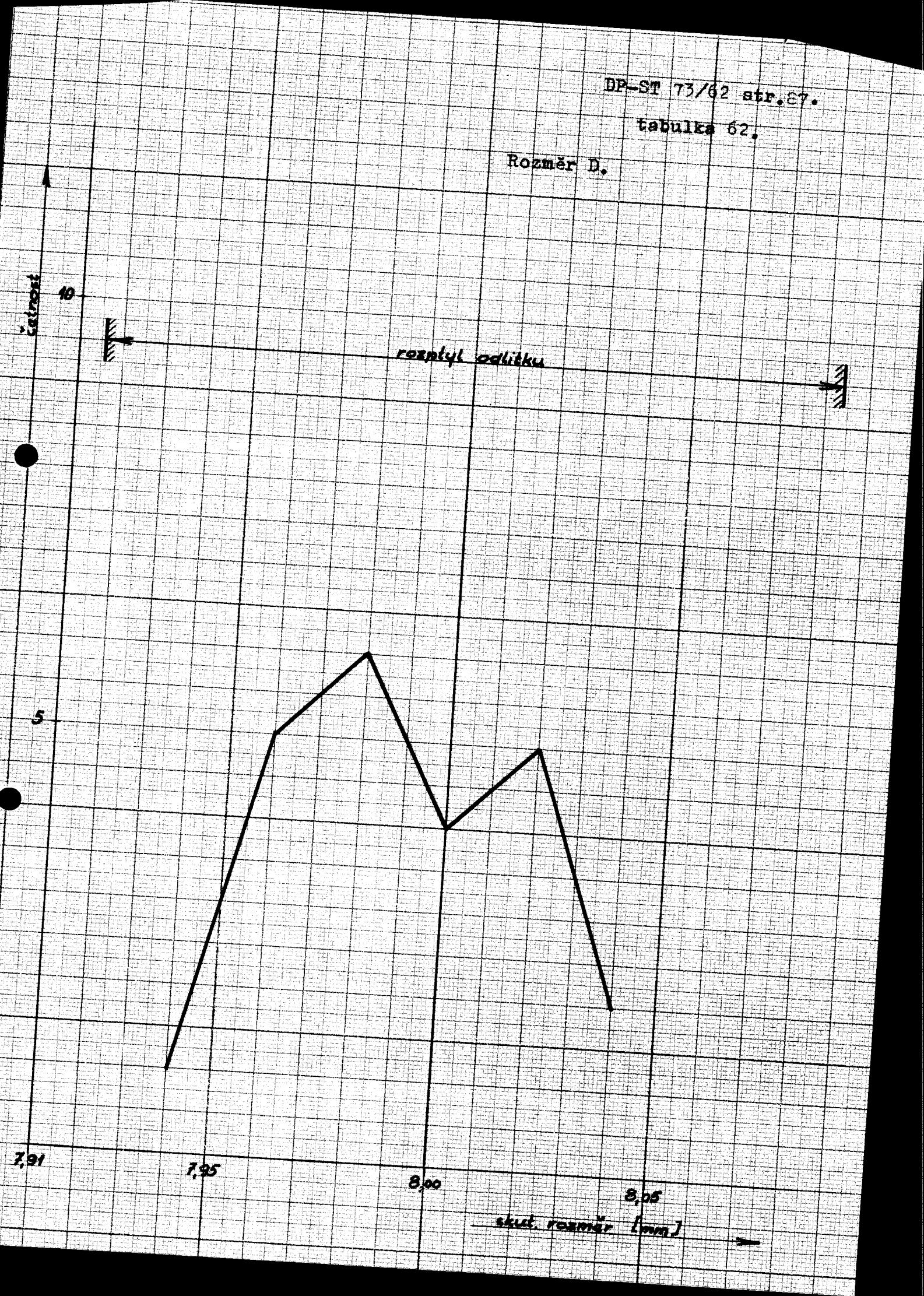
tabulka 61.

Rozměr C.



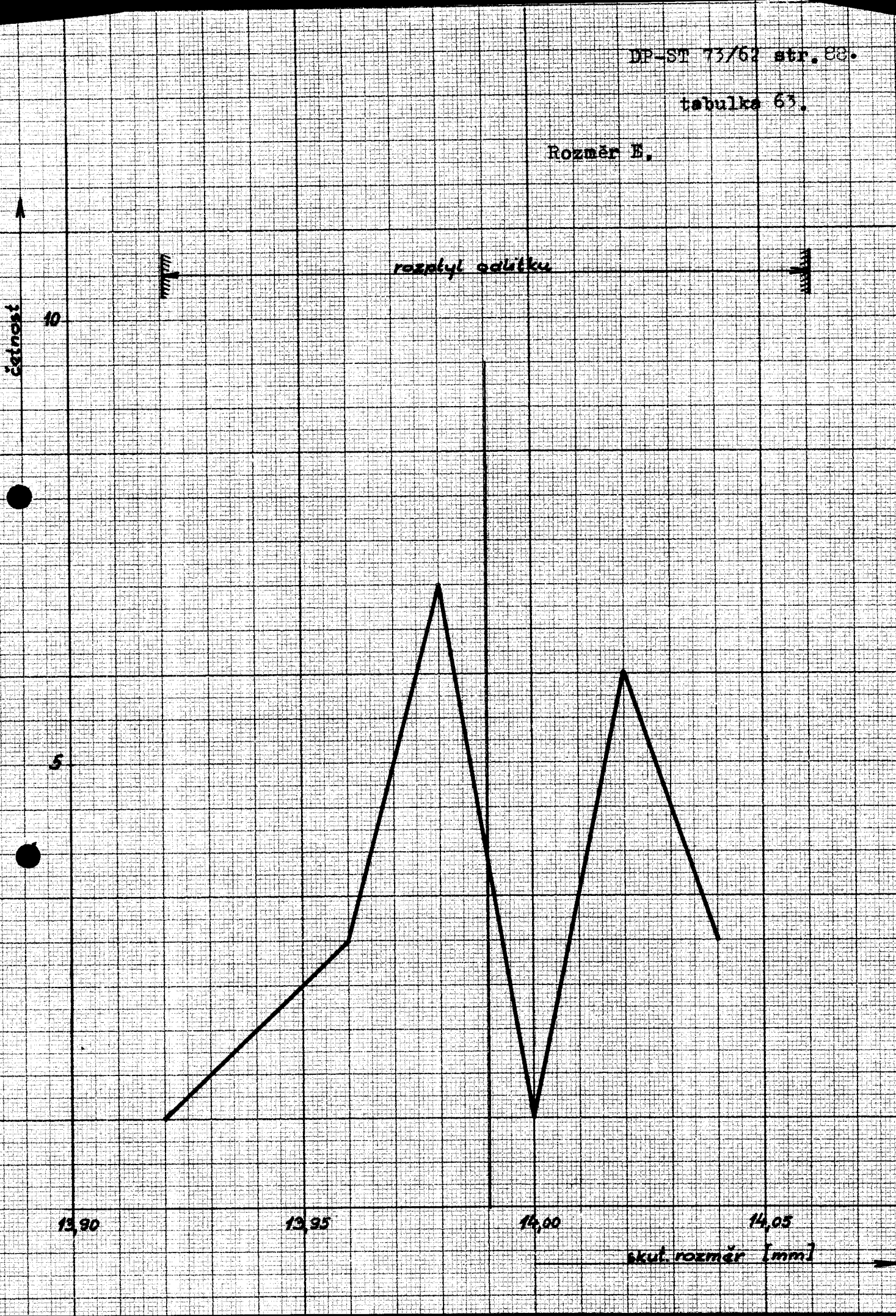
tabulka 62.

Rozměr D.



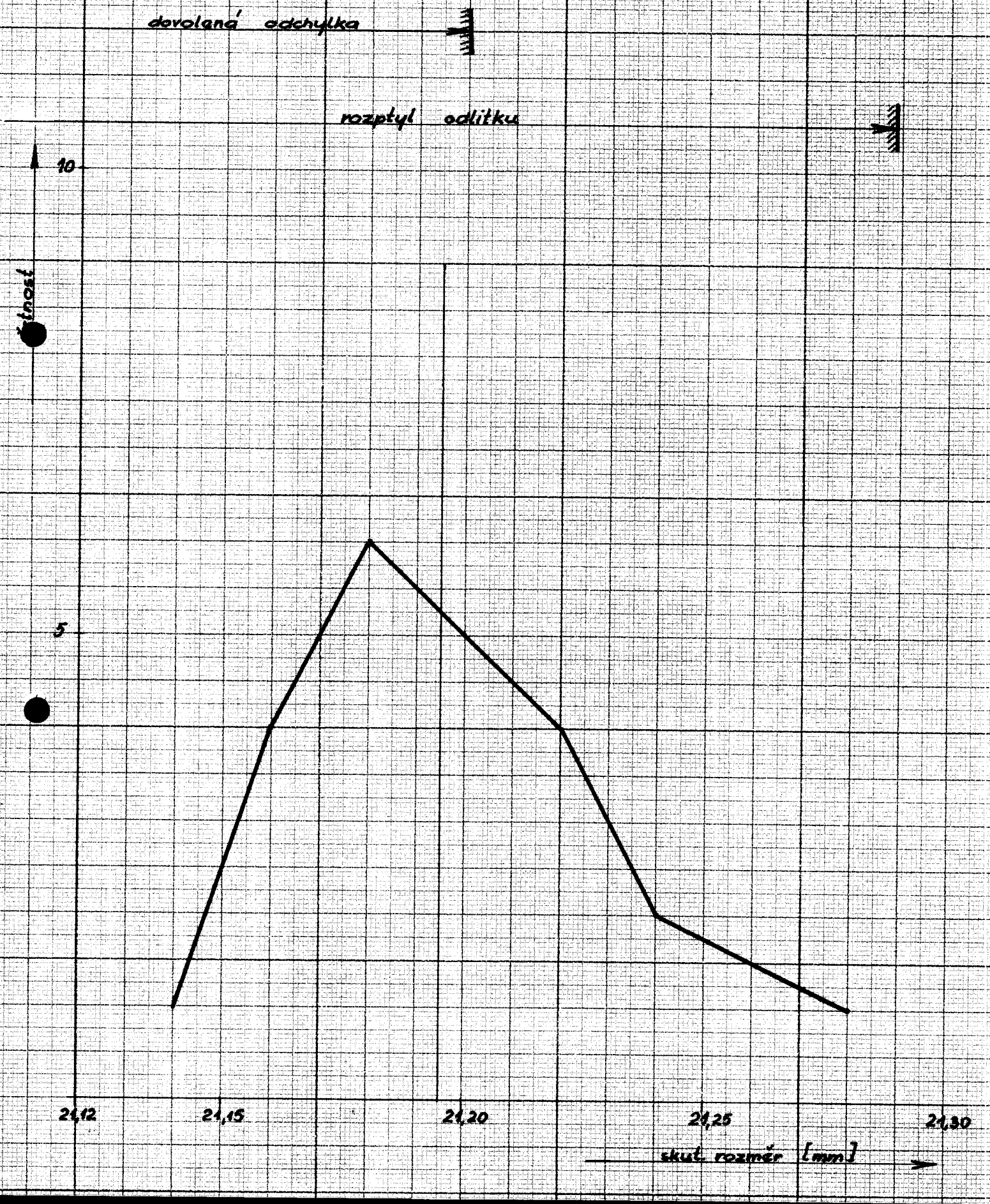
tabulka 63.

Rozměr E.



tabulka 64.

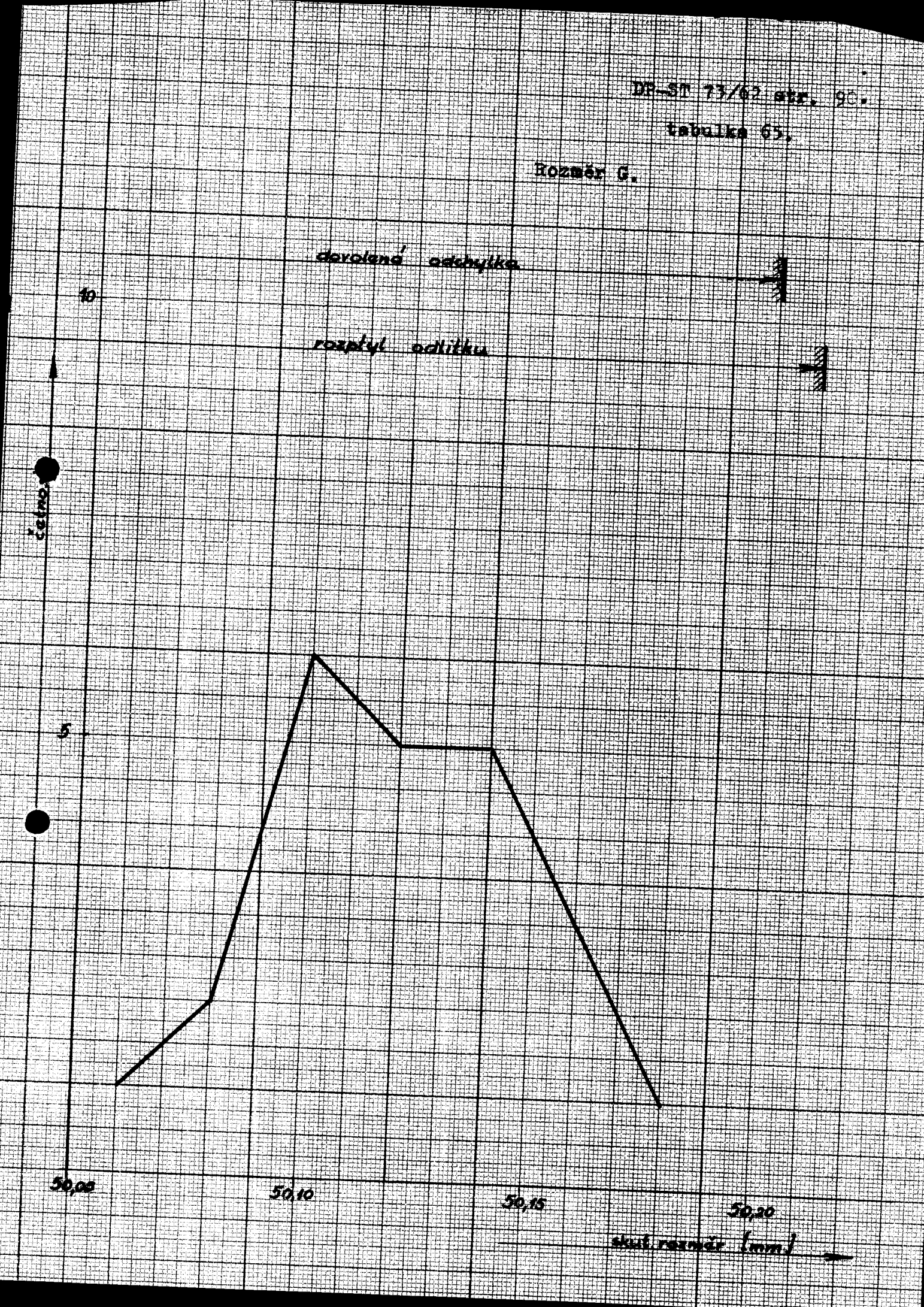
Rozměr P.



DP-ST 73/62 str. 9.

tabulka 65.

Rozměr G.



3.3.3. Statistické vyhodnocení výsledků měření odlitků.

Vlastní činnost statistické kontroly tvoří soustavné sledování, zaznamenávání výsledků a jejich konfrontace s předpokládanými výsledky. Z výsledků těchto měření se dá určit, jak se mění soustavné chyby a jaké jsou některé zákonitosti. Pro účely statistické kontroly byla vypracována norma ČSN 2240-1940.

Nejdříve je třeba určit váženou průměrnou odchylku celého souboru naměřených hodnot

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_i n_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i} \qquad /3/$$

jejíž hodnota určuje střed souboru a tudíž i osu souměrnosti Gaussovy křivky normálního rozložení odchylek (t. zn. křivky četnosti). Průběh Gaussovy křivky nám objasňuje vlastnosti a rozdělení nahodilých odchylek rozměrů odlitků, které jsou způsobeny okolnostmi při výrobě. K odvození požadovaných zákonitostí z měření všech rozměrů musíme použít vyrovnávacího počtu, jehož důležitou charakteristikou je tak zvaná vážená směrodatná odchylka [11, 12]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} x_i^2 n_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i} - \bar{x}} \qquad /4/$$

Dalšími význačnými hodnotami vyrovnávacího počtu jsou pravděpodobná odchylka $\vartheta = \frac{2}{3}\sigma$ /5/

a krajní odchylka $\varkappa = 3\sigma$ /6/

Geometrický význam uvedených odchylek tkví v tom, že každá na Gaussově křivce vytíná určitou část plochy pod křivkou, která procentuelně vyjadřuje pravděpodobnost výskytu odchylek v tomto oboru. Vytkneme-li na Gaussově křivce rozsah tolerančního pole, udává poměr plochy pod křivkou vně tohoto pole ku celé ploše pod Gaussovou křivkou pravděpodobné procento zmetků [11,13] . Z počtu pravděpodobností vyplývá, že :

$\pm \frac{2}{3}\sigma = \pm \vartheta$ odpovídá 50% zmetků

$\pm \sigma$ odpovídá 32% zmetků

$\pm 2\sigma$ odpovídá 5% zmetků

$\pm 3\sigma = \pm \varkappa$ odpovídá 0,27% zmetků

Z tohoto přehledu je jasné, že za daných výrobních podmínek je možno zvyšovat přesnost, tedy zužovat toleranční pole tehdy, připustíme-li zvýšení procenta zmetků. Ve většině případů počítáme však s tak zvanou normální přesností, která odpovídá $\pm 3\sigma$, t.j. rozptylu 6σ. Odchylky mimo tyto meze považujeme za odchylky způsobené hrubou nedbalostí, neopatrností, atd. Hodnoty σ, ϑ a $\varkappa$ jsou vypočteny v tabulkách č. 20 - 58.

Závislost rozptylu odchylek na jmenovitém rozměru se snadno stanoví korelačním počtem [2]. Uvažujeme korelaci lineární, a proto hledáme rovnici tak zvané regresní přímky ve tvaru :

$$y = a+bx \qquad /7/$$

nebo pro výpočet jednodušší vztah:

$$y = \overline{y} + b_{yx}\,(x - \overline{x}) \qquad /8/$$

kde y - rozptyl krajních odchylek v mm - závisle proměnná

x - jmenovitý rozměr v mm - nezávisle proměnná

$\overline{y}$, $\overline{x}$ - příslušné aritmetické průměry

b_{yx} - regresní koeficient, který udává průměrnou změnu proměnné y, odpovídající zvýšení proměnné x o jednotku.

Regresní koeficient se určí z rovnice :

$$b_{yx} = \frac{\overline{xy} - \overline{x}.\overline{y}}{\sigma_x^2} \qquad /9/$$

kde σ_x^2 je rozptyl hodnot jmenovitého rozměru

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{l} x_i^2}{n} - \overline{x}^2 \qquad /10/$$

Stejným způsobem určíme regresní koeficient b_{xy} - kde σ_y^2 je rozptyl hodnot y. Utvořením geometrického průměru z regresních koeficientů získáme korelační koeficient

$$r_{xy} = r_{yx} = \sqrt{b_{xy} \cdot b_{yx}} \qquad /11/$$

který je mírou lineární korelační závislosti.

Korelační koeficient rovný + 1 značí úplnou závislost přímou, koeficient - 1 značí úplnou závislost nepřímou. Nabude-li korelační koeficient hodnot mezi - 1 a + 1, značí větší či menší těsnost k lineární závislosti [12].

Touto metodou byly vypočteny velikosti průměrných odchylek rozměrů odlitků proti formě v tabulkách 66,67 vypočtené výsledky velikostí průměrných odchylek lze shrnout takto :

tab. 68

materiál	regresní přímka: y = a + bx	korelační koef. r_{yx}
mosaz Ms 67	y = 0,0807 + 0,00502.x	0,6024
slitina Al Si	y = 0,1056 + 0,00967.x	0,8774
ocel 11600	y = 0,1296 + 0,00909.x	0,9273
litina	y = 0,0555 + 0,00364.x	0,8112

Konstanta a je veličina, která značně závisí na podmínkách zkoušek, které však nejsou nevázány na jmenovitý rozměr. Je vlastně charakteristikou přesnosti zkoušek a přesnosti samotné výroby 5 .

3.4. Návrh na provozní aplikaci získaných údajů.

Při výrobě přesných odlitků je velmi důležitá konstrukce formy. U ní je jednou z nejdůležitějších otázek určení přídavků ke jmenovitému rozměru odlitku tak, aby byla vytvořena dutina vhodné velikosti. Pro všechny rozměry byly určeny průměrné odchylky rozměrů odlitků proti formě. Tím byly získány závislosti velikosti průměrné odchylky odlitku na jmenovitém rozměru formy (viz tabulky 66,67). Graficky jsou tyto závislosti zachyceny v tabulkách takto :

pro materiál : Ms 67 tab. č. 69
Al Si 70
ocel 71
litina 72

Opačná závislost, a to rozměru formy na výchozím předepsaném jmenovitém rozměru byla získána zpětným přepočtením. Závislost je uvedena numericky v tab. č. 73 a graficky takto:

pro materiál : Ms 67 tab. č. 74
Al Si 75
ocel 76
litina 77
společně 78

Tato závislost je důležitá především pro praxi, protože alespoň částečně přináší přesnější podklady pro konstrukci a výrobu forem.

Průměrný přídavek k jmenovitému rozměru odlitku pro určení rozměrů formy. tab. č. 73

jmen. rozměr	přídavek %			
	Ms 67	Al Si	ocel	litina
2	4,750	6,643	7,987	3,241
3	3,295	4,675	5,517	2,266
4	2,580	3,734	4,327	1,781
5	2,161	3,263	3,626	1,497
6	1,881	2,803	3,163	1,306
8	1,533	2,340	2,594	1,069
10	1,329	2,064	2,254	0,927
20	0,913	1,517	1,581	0,646
30	0,776	1,337	1,359	0,552
40	0,701	1,246	1,250	0,505
50	0,684	1,194	1,183	0,477

Tato závislost nám ukazuje nevhodnost nynější praxe v závodech, kde se rozměry forem vypočítávají ze jmenovitého rozměru odlitku se stejným přídavkem bez ohledu na velikost rozměru. To je nevýhodné především pro malé rozměry, kde se většinou stává, že průměrná odchylka rozměru odlitku padne z části mimo toleranční pole.

VŠST LIBEREC	3.Rozměrová přesnost.	DP - ST 73/62 str95 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

Velikost průměrné odchylky odlitku oproti formě - mosaz — Tab.č.66

rozměr	jm.rozměr formy x	prům.odch. y	x^2	y^2	x.y
A	2,14	0,0520	4,579	0,00270	0,1113
B	4,22	0,0420	17,808	0,00176	0,1772
C	6,28	0,0604	39,438	0,00364	0,3793
D	8,08	0,2824	65,286	0,07975	2,2818
E	14 ,30	0,0352	204,490	0,00124	0,5033
F	21,42	0,3360	458,816	0,11289	7,1917
G	50,44	0,2936	2 544,193	0,08610	14,7092
	106,88	1,1016	3 334,610	0,28808	25,3592

$\bar{y}$= 0,1573 — $\overline{y^2}$= 0,02474 — $\overline{y^2}$= 0,04115

$\bar{x}$= 15,2685 — $\overline{x^2}$= 233,147 — $\overline{x^2}$= 476,372

$\overline{x.y}$= 3,6227 — $\bar{x}.\bar{y}$= 2,4017

σ_x^2= 243,225 — σ_y^2= 0,01641

b_{yx}= 0,00502 — b_{xy}= 74.4058

regresní přímka: y= 0,0807 + 0,00502 . x — r_{yx}=0,6024

slitina Al-Si

rozměr	x	y	x^2	y^2	x.y
A	2,14	0,1104	4,576	0,01219	0,2362
B	4,22	0,1130	17,808	0,01277	0,4768
C	6,28	0,1252	39,438	0,01567	0,7862
D	8,08	0,3287	65,286	0,10801	2,6559
E	14,30	0,1182	204,490	0,01397	1,6902
F	21,42	0,4000	458,816	0,16000	8,5680
G	50,44	0,5773	2 544,193	0,33327	29,1190
	106,88	1,7728	3 334,610	0,65588	43,5323

$\bar{y}$= 0,2532 — $\overline{y^2}$= 0,06411 — $\overline{y^2}$= 0,09369

$\bar{x}$= 15,2685 — $\overline{x^2}$= 233,147 — $\overline{x^2}$= 476,372

$\overline{x.y}$= 6,2169 — $\bar{x}.\bar{y}$= 3,8659

σ_x^2= 243,225 — σ_y^2= 0,02958

b_{yx}= 0,00967 — b_{xy}= 79,5469

regresní přímka: y= 0,1056 + 0,00967 x — r_{yx}=0,8774

VŠST LIBEREC	3.Rozměrová přesnost.	DP-ST 73/62 STR.96 3. LISTOPADU 1962 Petr Zimmel

ocel 11600 — Tab.č.67

rozměr	x	y	x^2	y^2	x.y
A	2,14	0,1209	4,579	0,01461	0,2587
B	4,22	0,1238	17,808	0,01532	0,5224
C	6,28	0,1904	39,438	0,03625	1,1957
D	8,08	0,2219	65,286	0,04924	1,7929
E	14,30	0,2333	204,490	0,05443	3,3368
F	21,42	0,4409	458,816	0,19769	9,4441
G	50,44	0,5475	2 544,193	0,29965	27,6199
	106,88	1,8787	3 334,610	0,66719	44,1659

$\overline{y}$= 0,2684 — $\overline{y^2}$= 0,07203 — $\overline{y^2}$= 0,09531

$\overline{x}$= 15,2685 — $\overline{x^2}$= 233,147 — $\overline{x^2}$= 476,372

$\overline{x.y}$= 6,3090 — $\overline{x}.\overline{y}$= 4,0981

σ_x^2= 243,225 — σ_y^2= 0,02328

b_{xy}= 94,9871 — b_{yx}= 0,00909

regresní přímka: y= 0,1296 + 0,00909.x

r_{yx}= 0,9273

litina

rozměr	x	y	x^2	y^2	x.y
A	2,14	0,1817	4,579	0,03301	0,3888
B	4,22	0,1469	17,808	0,02157	0,6199
C	6,28	0,1843	39,438	0,03396	1,1574
D	8,08	0,0887	65,284	0,00786	0,6156
E	14,30	0,1426	204,490	0,02033	2,0391
F	21,42	0,2243	458,816	0,05031	4,8045
G	50,44	0,3191	2 544,193	0,10182	16,0954
	106,88	1,2856	3 334,610	0,26886	25,7207

$\overline{y}$= 0,1836 — $\overline{y^2}$= 0,03371 — $\overline{y^2}$= 0,3841

$\overline{x}$= 15,2685 — $\overline{x^2}$= 233,147 — $\overline{x^2}$= 476,372

σ_x^2= 243,225 — σ_y^2= 0,00470

b_{yx}= 0,00364 — b_{yx}= 188,5531

regresní přímka : y = 0,0555 + 0,00364.x

r_{yx}= 0,8112

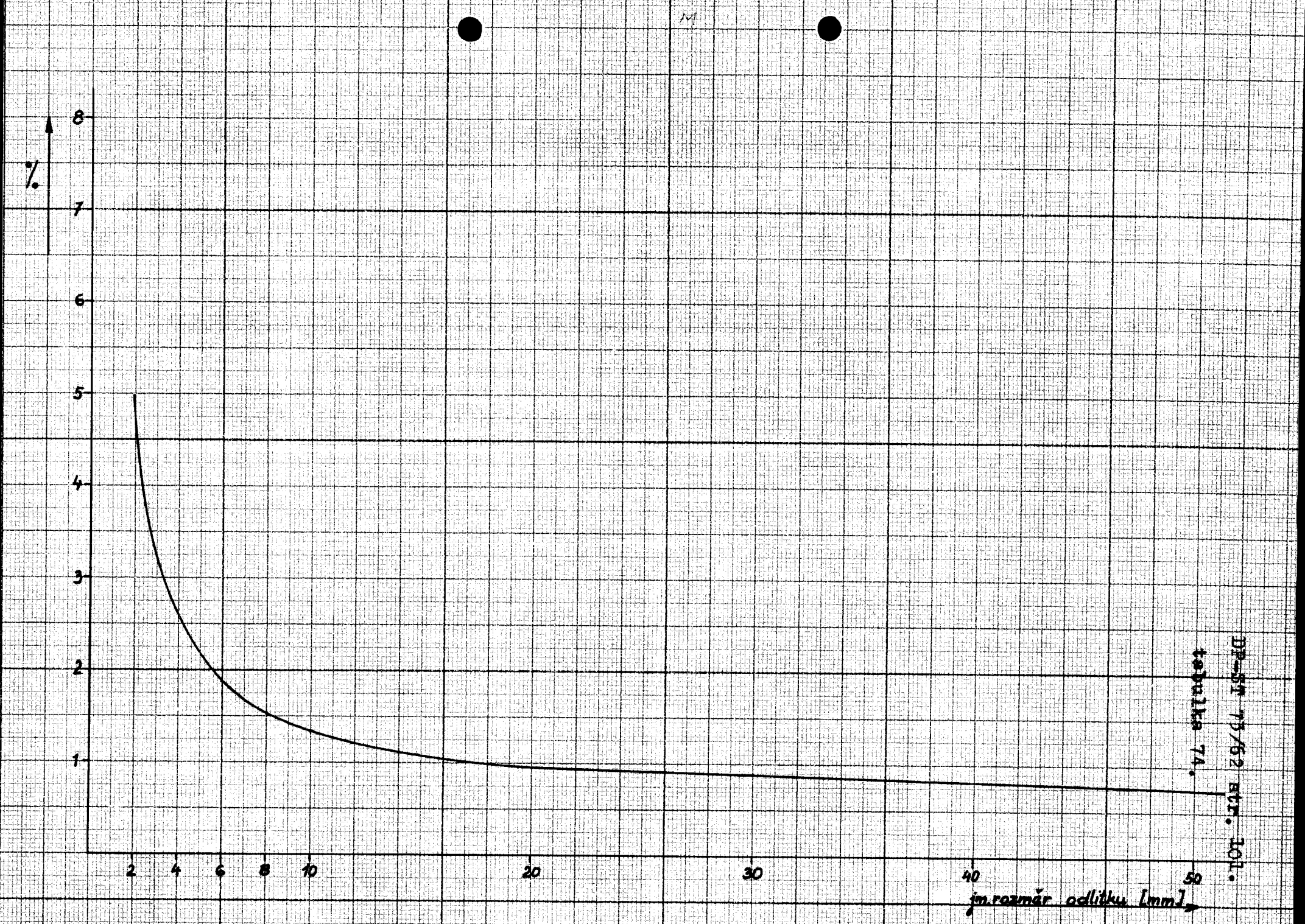
DP-ST 73/62 str.97.

tabulka 69.

tabulka 70.

tabulka 71.

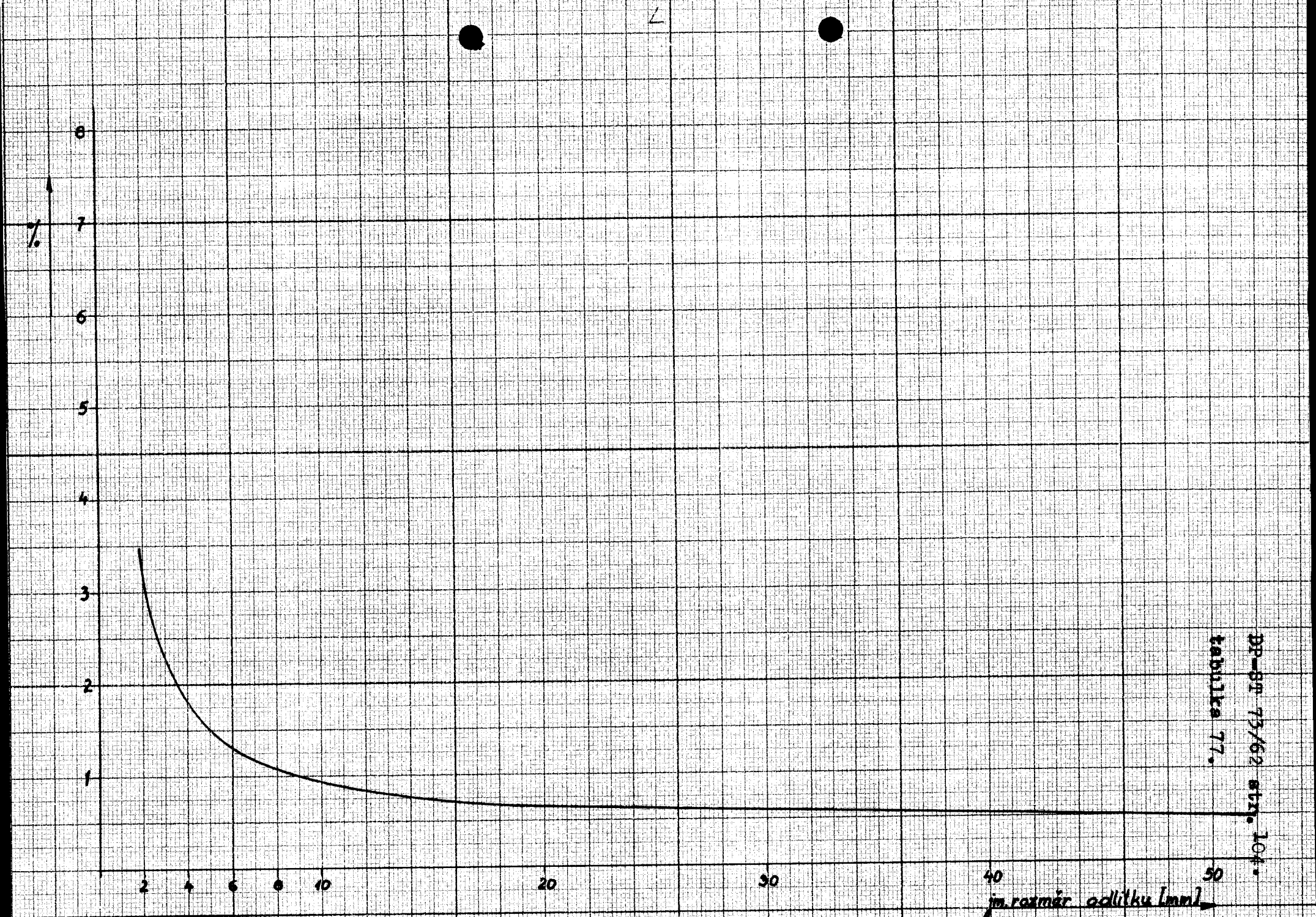
tabulka 72.

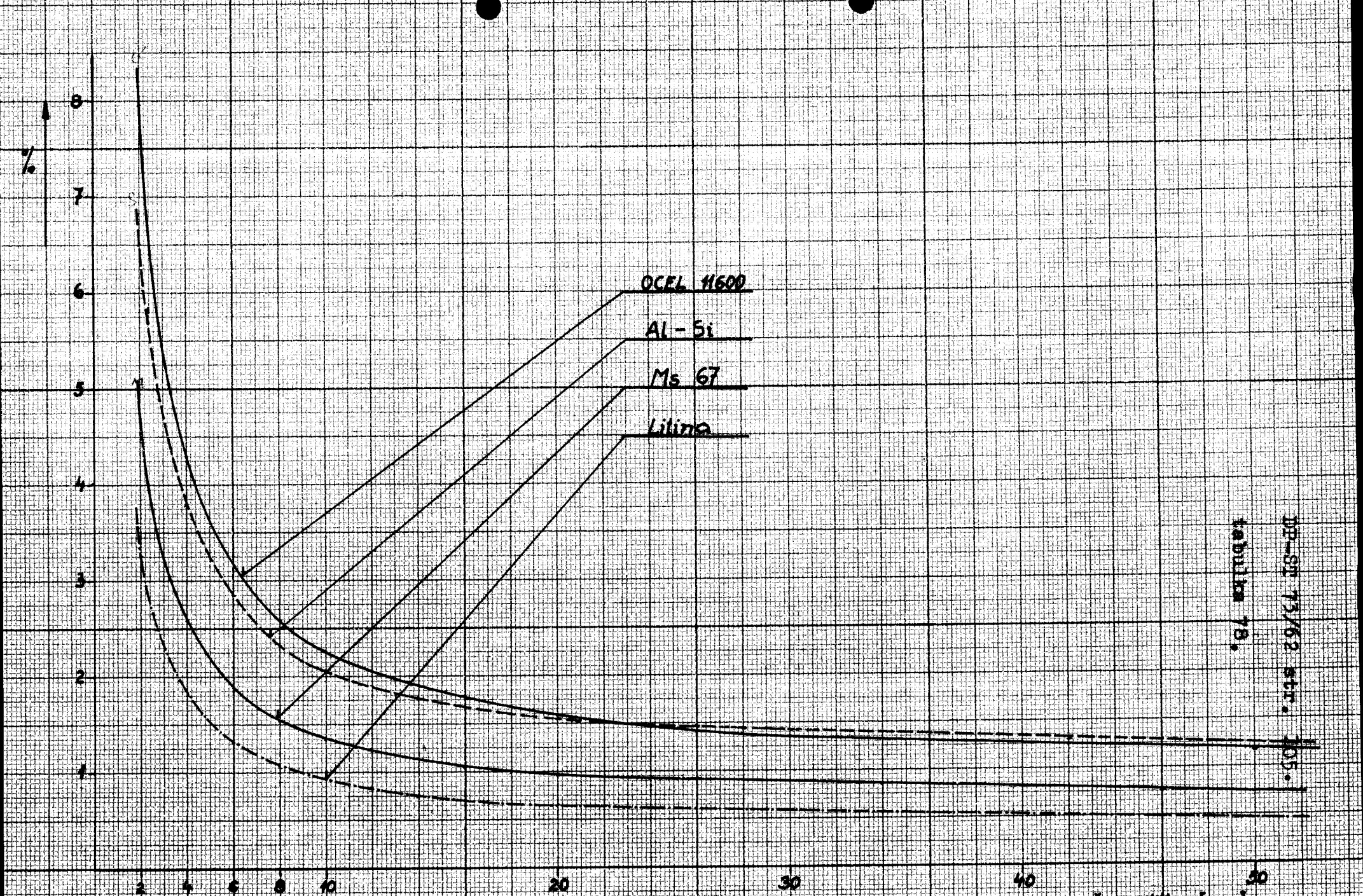

%
8
7
6
5
4
3
2
1
2
4
6
8
10
20
30
40
50
jm.rozmar odlitku [mm]
tabulka 74.
DP-SI 75/62 str. 101.

tabulka 75.

DP-ST 73/62 str. 103.

tabulka 76.


%
8
7
6
5
4
3
2
1
2
4
6
8
10
20
30
40
50
im. rozmér oddílku [mm]
PP-ST 73/62 stn. 10.
tabulka 77.


%
8
7
6
5
4
3
2
1
OCEL 11600
Al - Si
Ms 67
Lilina
10
20
30
40
50
tabulka 18.
ON-SN 73 2062 str. 105.

4. Jakost povrchu přesných odlitků.

V předcházejících kapitolách byla popsána rozměrová přesnost odlitků. Stejně jako klademe stále vyšší požadavky na rozměrovou přesnost přesných odlitků, tak se snažíme zvyšovat i jakost povrchu odlitků vyrobených metodou vytevitelného modelu. Důvody zvyšování jakosti povrchu nejsou ryze technologické. Jakost povrchu odlitků též hraje vážnou roli při provozu součástí, protože na ní závisí odolnost proti korosi, odolnost proti otěru atd. Obecně lze říci, že jakost povrchu přesných odlitků závisí především na jakosti povrchu formy, zrnitosti materiálu pro výrobu pevného obalu skořepiny, licích podmínkách. Ideálem ve slévárenství je získat povrchy přesných odlitků čisté, hladké, lesklé a pod.

4.1. Metody měření drsnosti povrchu.

Při měření drsnosti povrchu se dnes používá dvou hlavních způsobů [10]:

A/ kvantitativního stanovení R_a, R_z nebo R_{max} které často bývá spojeno s grafickým znázorněním profilu povrchu. Přístroje tohoto typu můžeme rozdělit na dotykové a bezdotykové. Dotykové profilometry jsou založeny na dvou principech : mechanickém a mechanicko-elektrickém.

B/ kvalitativního, které pouze zobrazují, srovnávají nebo graficky hodnotí zkoušené plochy se vzorkovnicemi, aniž se provádí skutečné číselné měření.

4.2. Vlastní zkoušky měření drsnosti povrchu.

Zkoušky drsnosti povrchu byly prováděny na dotykovém profilometru Somet, typu MDP2, který pracuje na induktivním principu. Vychýlením hrotu změní se mezera mezi kotvou a jádrem elektromagnetu, na kterém jsou upevněny dvě cívky. Změnou mezery se mění indukčnost obou cívek. Registrují se zesílené proudové změny.

Poloměr hrotu přístroje	3 - 6 μ (diamant)
měřící tlak	0,1 - 0,15 gr
měřený úsek	2,5 - 5 mm
měří záznam	R_a , registrace

rozsah 0,3 - 25,0 μ

Na tomto přístroji nemohla být měřena drsnost povrchu voskových modelů, protože materiál pro výrobu modelů (směs parafin - stearin - ceresin) nedovoluje toto měření provádět.

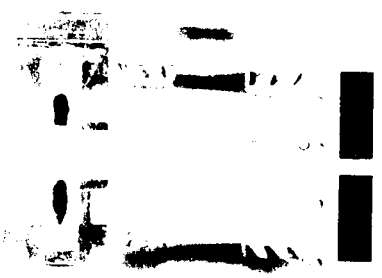
4.2.1. Účel zkoušek.

Při zkouškách byla měřena drsnost povrchu formy, vytavené skořepiny, vypálené skořepiny, skořepiny po odlití, surového a apretovaného odlitku. Z těchto výsledků zkoušek zjistit závislosti změny drsnosti v jednotlivých fázích výroby a stanovit maximální přípustnou drsnost formy, aby bylo možno vyřadit hned v počátku výroby voskové modely, které neodpovídají přípustné toleranci čistoty povrchu.

4.2.2. Výsledky měření drsnosti povrchu a jejich porovnání se současným stavem oboru.

Měření drsnosti povrchu bylo prováděno na stejném odlitku jako bylo prováděno měření rozměrové přesnosti, na přístroji Somet, který měří pouze hodnoty R_a nebo pouze zakresluje profil. Naměřené hodnoty jsou sestaveny tabelárně v tab. 79 a 80 a graficky názorněny v tab. 81.

Z výsledků měření je možno říci, že drsnost surového odlitku je závislá především na drsnosti skořepiny po vypálení (viz tab. 81) a méně na drsnosti formy a modelu. Při hodnocení je třeba upozornit na velmi nepříznivý vliv otryskávání na jakost povrchu konečných odlitků, což je vidět i vzhledově z obr. 10, na kterém je otryskaný (a) a surový (b) odlitek ze slitiny Al Si.



obr. 10.

V hodnocení je třeba si připomenout i současný stav jakosti povrchu přesných odlitků v naší výrobě v porovnání se stavem ve světě. V tabulce 82 [10 , 2] je přehled dosahovaných výsledků výroby přesných odlitků v SSSR, USA a u nás.

tab. č. 82

Dosažené výsledky výroby přesných odlitků	třída přesnosti Gost 2789-51			
	4	5	6	7
	odpovídá ČSN 014450			
	6,3-12,5	3,2-6,3	1,6-3,2	0,8-1,6
sovětská výroba	X	X	X	
americká výroba			X	X
československá výroba	X	X	X	

Při hodnocení jakosti povrchu je třeba ještě uvažovat další důležité vlivy: složení odlévané slitiny a druh i složení žáruvzdorného materiálu, jejich působením se může drsnost povrchu měnit ve značně širokých mezích [6].

Drsnosti povrchu formy,skořepin a odlitků.

Tab.č.79

	1	2	3	4	$R_{a\,st}$
forma	0,10	0,09	0,05	0,09	0,08

skořepina

vytavená						vypálená					
vzo-	R_a					vzo-	R_a				
rek	1	2	3	4	$R_{a\,st}$	rek	1	2	3	4	$R_{a\,st}$
1	2,20	2,40	2,90	2,10	2,40	1	2,80	2,40	2,90	3,60	2,97
2	1,90	2,00	2,20	1,80	1,97	2	2,10	2,60	1,90	3,00	2,40
3	2,10	2,60	2,90	2,00	2,40	3	3,60	2,90	3,40	3,60	3,37
4	3,40	3,20	3,00	3,30	3,20	4	2,20	3,60	2,40	2,60	2,70
5	1,80	2,40	2,30	2,20	2,13	5	2,30	2,40	2,50	2,80	2,50

skořepina po odlití						surový odl.-litina					
vzo-	R_a					vzo-	R_a				
rek	1	2	3	4	$R_{a\,st}$	rek	1	2	3	4	$R_{a\,st}$
1	2,40	2,80	2,20	2,40	2,45	1	2,20	2,40	1,80	2,10	2,12
2	2,20	2,80	1,80	2,70	2,38	2	2,70	1,80	2,40	2,20	2,21
3	2,20	2,80	2,00	1,90	2,22	3	2,10	2,60	1,90	2,00	2,15
4	2,60	2,40	2,20	2,20	2,35	4	2,80	2,10	2,20	2,00	2,27
5	2,30	1,60	2,10	2,20	2,05	5	1,90	2,00	2,30	2,70	2,22

odlitek-mosaz

surový						opískovaný					
vzo-	R_a					vzo-	R_a				
rek	1	2	3	4	$R_{a\,st}$	rek	1	2	3	4	$R_{a\,st}$
1	1,60	1,70	1,60	1,90	1,70	1	4,60	3,50	5,40	4,20	4,42
2	2,10	1,60	1,70	1,90	1,83	2	4,80	4,00	4,10	4,80	4,46
3	1,50	1,60	1,40	1,50	1,49	3	3,00	3,00	3,80	4,00	3,46
4	2,60	1,70	2,30	2,80	2,41	4	5,30	4,90	3,60	3,70	4,38
5	1,60	1,40	1,60	1,60	1,55	5	5,20	5,00	5,60	4,20	5,00

Tab. č.80

odlitek- Al-Si

surový						opískovaný					
vzo-	R_a					vzo-	R_a				
rek	1	2	3	4	R_{z4}	rek	1	2	3	4	R_{z4}
1	1,40	1,80	1,70	1,60	1,61	1	2,60	3,40	6,20	4,30	4,12
2	1,10	1,10	1,50	1,30	1,25	2	4,10	4,20	4,40	3,80	4,12
3	1,20	1,40	0,90	1,00	1,14	3	4,10	4,00	3,90	3,20	3,84
4	2,90	0,90	2,80	1,40	2,01	4	4,10	4,90	5,20	4,40	4,60
5	0,90	1,20	1,30	1,30	1,19	5	5,40	5,20	4,80	5,15	5,10

odlitek-ocel 11600

surový						opískovaný					
vzo-	R_a					vzo-	R_a				
rek	1	2	3	4	R_{z4}	rek	1	2	3	4	R_{z4}
1	1,80	1,20	1,60	1,90	1,62	1	2,40	2,80	2,20	2,40	2,45
2	1,50	1,90	1,80	2,30	1,87	2	2,10	2,20	2,20	2,30	2,28
3	1,80	1,80	2,10	1,90	1,93	3	2,30	2,70	3,40	3,20	2,91
4	1,70	2,00	1,70	1,80	1,80	4	2,20	3,10	2,20	3,40	2,72
5	1,70	1,90	2,20	1,60	1,85	5	1,80	2,80	2,00	1,90	2,11

5. Závěr.

Ve své diplomové práci jsem sledoval současný stav technologie přesného lití metodou vytavitelného modelu, zvláště rozměrovou přesnost a jakost povrchu odlitků. Ze sledované metody a z provedených zkoušek je možno říci asi toto :

a/ v provoze se prakticky neprovádí soustavná kontrola rozměrové přesnosti, a když se provádí, tak u těch odlitků u nichž odběratel v přejímacích podmínkách žádá o dodržení odchylky menší než stanovuje norma ČSN 014470.

b/ u zmíněného odlitku bylo provedeno ze statistického vyhodnocení matematické vyjádření vztahu jmenovitého rozměru odlitku a rozměru formy výpočtem nutného procentuálního přídavku k jmenovitému rozměru odlitku /tab. č. 73 - 78 /

c/ z porovnání norem přesnosti je patrnom že naše norma je pro menší jmenovité rozměry přesných odlitků poměrně volná a dosti přísná pro rozměry větší.

d/ jakost povrchu přesných odlitků závisí především na drsnosti skořepiny po vypálení a méně již na jakosti povrchu modelu.

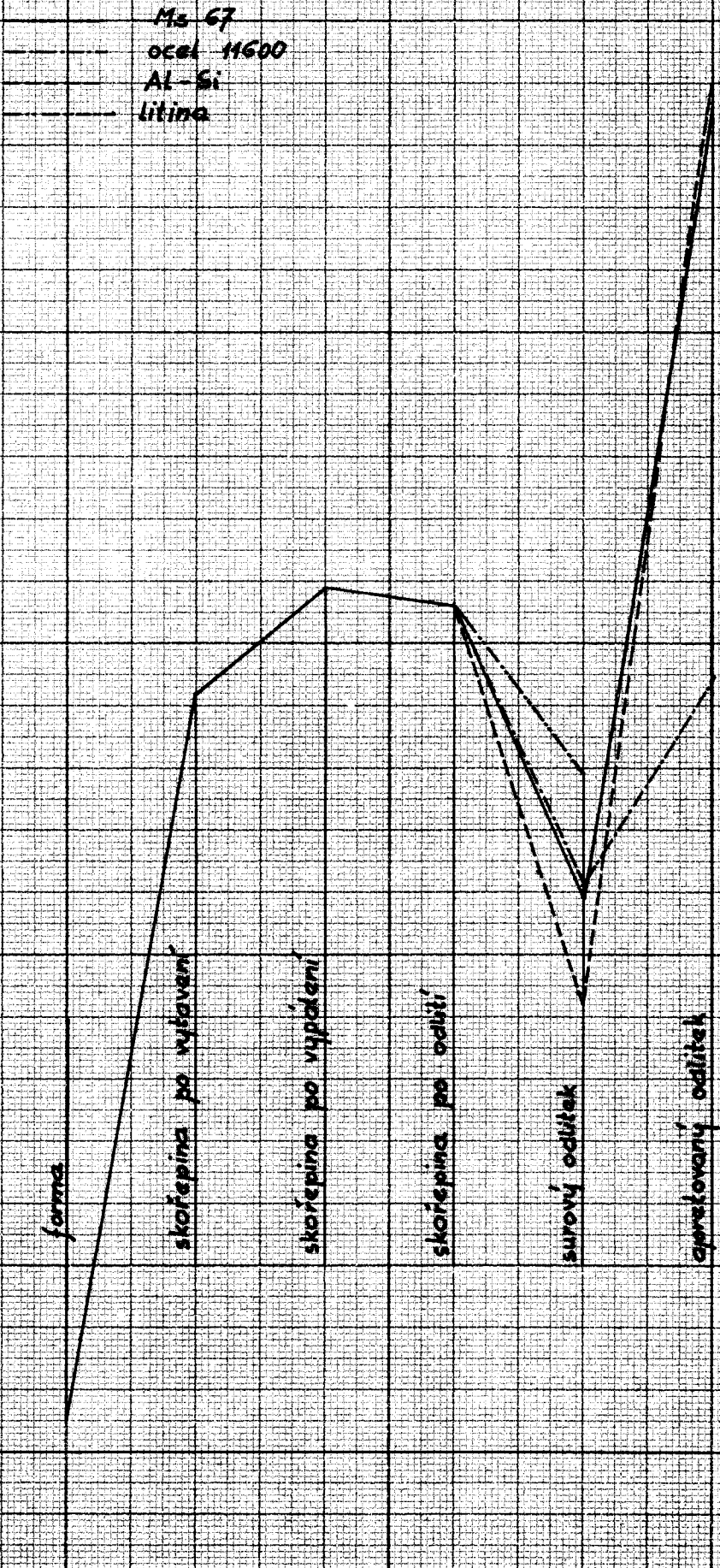
e/ odstraňování zbytků skořepiny otryskáváním velmi zhoršuje jakost povrchu přesných odlitků. Bylo by proto vhodné používat otryskávání co nejméně a dávat přednost chemickému odstraňování zbytků skořepiny.

Výsledky této práce je však nutno považovat především za informativní, protože byly ověřeny jen na malém počtu měření. Bude ještě třeba udělat velké množství měření, aby bylo možno přesně stanovit všechny zákonitosti při výrobě přesných odlitků metodou vytavitelného modelu.

Petr Zimmel

Seznam použité literatury.

1. Doškář J. a kol.: Přesné lití do keramických forem, Praha 1961.
2. Doškář J. - Krumpolc V.: Novodobé způsoby lití, Praha 1955.
3. Kurčman B.S.: Točnoje liťjo, Oborongis 1954.
4. Ozerov V. A. a kol.: Liťjo po vyplavĭjajemym moděljam, Mažgis 1958.
5. Guljajev B.B. a kol.: Točnosť otlivok, Mažgis 1960.
6. Obolencev F. D.: Káčestvo litych pavěrchnostěj, Mažgis 1961.
7. Brabenec : Příručka pro slévače.
8. Kondratěv J. P.: Konstrujírovnije litých dětálej i osnastki.
9. Ivanov V. I.: Brak i děfekty v litje po vyplavĭjajemym moděljam, Mažgis 1959.
10. Schlesinger G.: Jakost povrchu, Praha 1950.
11. Mlčoch L. a kol.: Měřidla a měření ve strojírnách, Praha 1955.
12. Cyhelský L. - Zelinka J.: Statistické metody v příkladech, Praha 1961.
13. Horák Z. a kol.: Technická fysika, Praha 1961.
14. Anger Z. - Pacholík : Technická zpráva - přesné lití pomocí vytavitelných modelů, 1961.
15. : Zkušenosti z technologií přesného lití v VŘR Uherský Brod.
16. : O přesném lití metodou vytavitelných a spalitelných modelů. Celostátní konference, Gottwaldov 1960.
17. Ivanov - Osokin : Mechnizácija liťja po vyplavĭjajemym moděljam.
18. Odvody V.: Návrh návodu pro obsluhu měřidla drsnosti povrchu profilometr Somet - výzkumná zpráva VÚOSO, Praha 1957.


Ms 67
ocel 11600
Al-Si
litina
forma
skořepina po vysívání
skořepina po vyplavení
skořepina po odlití
surový odlitek
opracovaný odlitek