

Ing. Oldřich H o d e k , VÚHU

Ing. Josef M a r v a n , VÚHU

Blanka K r e n c o v á , VÚHU

Třídící technika v SHR - rozvoj otáčivých roštových třídíčů

SRT - VÚHU

V problematice úpravy hnědého uhlí v SHR zaujímají třídící procesy významné poslání. Zvyšují užitnou hodnotu vydobytého uhlí a zabezpečují v řadě případů hospodárný průběh úpravnických procesů. V provozovaných úpravárenských technologických souborech je třídící technika z oboru suchého třídění uplatňována:

- a) V procesu výroby drceného energetického uhlí v tzv. průběžných drticích stanicích na uhelných lomech. Před drcením je ze vsázkového uhlí odtříděno zrno velikosti pod 40 mm. Nadroštné postupuje k finálnímu podrcení do kladivových drtičů na velikost pod 40 mm. Analogický postup je uplatňován při výrobě drceného energetického uhlí v závodních drtírnách SHR.
- b) Při přípravném třídění uhelných vsázek upravovaných návazně v těžkosuspenzních úpravkách. Přípravným tříděním je získávána vsázka o zrnitostním složení 10 až 80 (100) mm.
- c) Při finálním třídění nízkopopelnatých druhů uhlí na prachové a tříděné druhy uhlí.
- d) Ve funkci kontrolního odtřídění prachových zrn z tříděné kostky a ořechového uhlí 1 před nakládkou do železničních vagonů, popřípadě do nákladních automobilů.

Převážná většina upravovaných druhů hnědého uhlí se vyznačuje obtížnou tříditelností. Ta je především zapříčiněna povrchovou vodou a častou přítomností lepivých příměsí jílovitého charakteru v popelnatějších druzích uhlí. Mezi zrny

vlhkého uhlí, ale i mezi zrny uhlí a pracovními plochami třídíčů působí adhézní síly, jež napomáhají vzniku slepenců a tvorbě nálepů na pracovních plochách třídíčů. Nepříznivé klimatické podmínky, jako např. silné sněžení a deště, vyvolávají řadu potíží, jež vyúsťují v poklesu výkonnosti třídíčů, zhoršené účinnosti třídění, zvýšení provozní poruchovosti aj.

Od roku 1945 se v SHR trvale zvyšovaly požadavky na získání spolehlivých třídíčů s vysokými jednotkovými výkony, způsobilých i pro třídění lepivých, vícepopelnatých druhů uhlí. V předcházejícím období upravovaly málovýkonné závodní třídírny převážně nízkopopelnaté uhlí bez hlušinových příměsí na zastaralých třídicích systémech, jako např. na otáčivých bubnových a kolotavých třídicích. Technická a technologická koncepce závodních třídíren nevytvářela efektivní výchozí základnu pro perspektivní řešení třídicí techniky v SHR. Její další vývoj významně ovlivnila výstavba ústředních úpraven, jmenovitě první Úpravny uhlí Komořany. V technologických postupech třídění byly uplatněny zčásti modernizované nátlasné třídíče o výkonnosti do 150 t.h^{-1} a vibrační třídíče výstředníkového typu o výkonnosti 120 až 150 t.h^{-1} . Pro hrubé třídění se dále používaly osvědčené otáčivé roštové třídíče typu Distl-Suski. Při třídění vlhkých a lepivých druhů uhlí však docházelo na třídicích plochách nátlasných a vibračních třídíčů k tvorbě nálepů a k celkovému omezení výkonnosti třídicích uzlů, a to zejména u třídicích ploch s třídicími otvory velikosti 8 (10) mm. Snahy zmenšit tyto problémy nahrazením pletivových sítí tzv. harfovými, serpa nebo Krčmovými síty byly málo úspěšné. V dalším období se proto soustředila pozornost na získání spolehlivějších třídicích systémů. Na základě provedeného výběrového řízení byl vybrán válečkový otáčivý třídíč typu Zemag, který se dlouhodobě osvědčil při třídění hnědého uhlí v NDR. Zkouš-

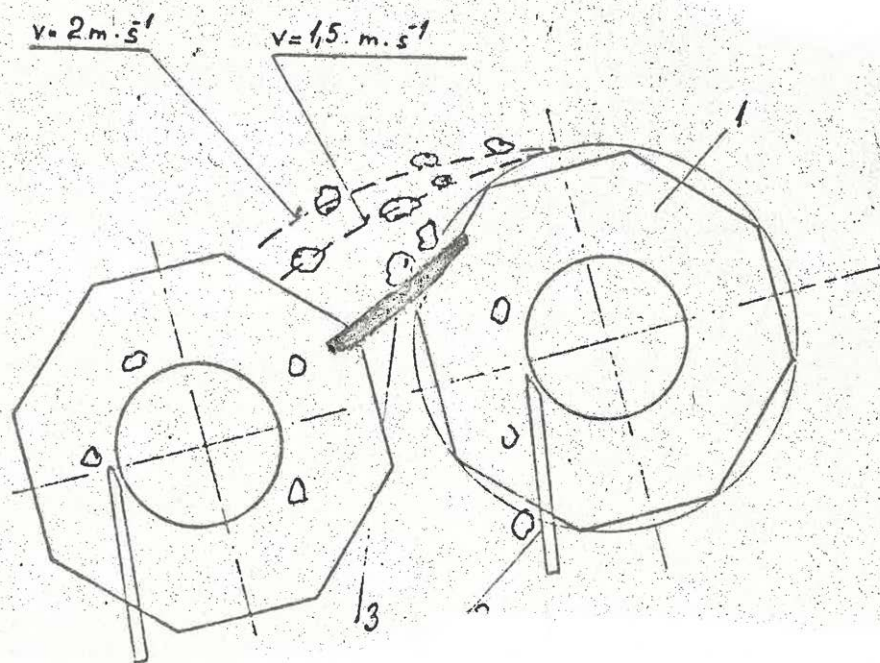
ky prokázaly jeho způsobilost pro třídění i lepivějších druhů hnědého uhlí v SHR, a proto byl nasazen ve funkci kontrolního třídiče vsázek před jejich rozdružováním na úpravkách Komořany, Herkules a Ledvice.

Na počátku šedesátých let byl v Úpravně uhlí Komořany vyvinutý a posléze úspěšně odzkoušený tzv. kaskádový třídič. Rozdělením třídicí plochy typu Zemag do tří kaskádovitě uspořádaných dílčích ploch, z nichž každá sestává z devíti válečkových roštnic, se dosáhlo lepšího rozvolnění zrn v tříděné vrstvě, a tím i zlepšené účinnosti třídění při vyšší měrné výkonnosti na 1 m^2 třídicí plochy. V příloze č. 1 je znázorněna technická koncepce kaskádového třídiče.

Dosud provozované kaskádovitě otáčivé válečkové třídiče dosahují výkon až 250 t.h^{-1} při třídicí velikosti 10 mm. V důsledku opotřebení třídicích drážek na otáčivých roštnicích dochází v relativně krátké době ke zhoršení účinnosti třídění.

Na základě uspokojivých provozních výsledků s otáčivými roštovými třídiči byly úpravny Herkules a Ledvice vybaveny nově vyvinutými třídiči typu Krejčík. Na obrázku č. 1 je uvedena koncepce třídiče a tvar třídicích disků, včetně převáděcích ploch.

Třídicí plocha sestává z otáčejících se hřídelů, osazených osmibokými disky 1 a z hřebenovitě ohraničených převáděcích ploch 3. Mezi disky jsou vloženy distanční kroužky, takže vznikají štěrbiny požadované šířky. Disky se otáčejí obvodovou rychlostí $2,0$ až $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ a dopravují vrstvu tříděných zrn po třídicí ploše.



Obr. č. 1 Schéma uspořádání disků u třídiče typu Krejčík

Štěrbiny jsou čištěny vespod umístěnými stěrači 2. V době zasazení předmětného třídiče se předpokládalo, že nahradí dosavadní třídící systémy, uplatňované pro suché třídění hnědého uhlí. Záhy se ukázalo, že: 1/ nedosahuje požadovanou čistotu třídění, 2/ při odtržení hruboprachu vznikají nezanedbatelné ztráty ořechového uhlí propadem do hruboprachu, 3/ během vlastního třídícího procesu dochází k nežádoucímu rozpojování zrn nadroštného a k nárůstu otěrových prachových částic na výstupu z třídiče, 4/ provoz klade vysoké nároky na údržbu. V některých případech dosahují roční náklady na výměnu třídících disků na jednom třídiči až 200 tis. Kčs, 5/ při vyšším obsahu lepivých jílovitých příměsí v uhlí vznikají v období silných dešťů na převáděcích plochách třídiče nálepy a násled-

kem toho dochází i k narušení dopravní funkce na třídící ploše. Uvedený nedostatek se projevil citelně při třídění sokolovských druhů hnědého uhlí a 6/ vláknité nečistoty, jako např. palnickové dráty se namotávají na rotující části třídíče a zachycují se na hřebeny převáděcích ploch.

Déletrvající provoz s třídícím systémem typu Krejčík potvrdil jeho použitelnost pro třídění vlhkých a lepivých druhů uhlí v SHR, zejména pak v oblasti přípravného třídění před drcením hrubozrnných podílů energetického uhlí. Při finálním třídění nízkopopelnatého uhlí na ořechové a kostkové uhlí však dosahoval nepříznivé výsledky.

V šedesátých letech byla proto pozornost zaměřena na výběr nových typů třídíčů. Na zkušební lince vybudované v Úpravně uhlí Herkules byly odzkoušeny dostupné typy domácích síťových třídíčů. Mezi nimi to byly např. samobalanční dynamický třídíč typu SDT, samobalanční třídíč typu Škoda, rezonanční třídíč Přerov a třídíč N 61. Navíc byl odzkoušen třídíč z dovozu typu Mogensen-Densibi. Nejlepší výsledky dosahoval třídíč N 61 a SDT. Společný nedostatek hodnocených typů třídíčů byl nízký jednotkový výkon, který nepřekračoval 220 t.h^{-1} .

Návazně na zvyšování výkonnosti technologických celků na uhelných lomech v SHR byl ve VŽSKG v šedesátých letech vyvinutý otáčivý roštový třídíč o výkonnosti $2000 \text{ až } 2200 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. Jeho vývoj byl vynucen potřebou zasadit do systému technologických pasových dopravníků na uhelných lomech, zajišťující výrobu drceného energetického uhlí, tzv. průběžné drticí stanice. V její sestavě byl uplatněn zmíněný třídíč VŽSKG s propadovou šterbinou 36 mm, výkonnosti $2200 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ s možností krátkodobého přetížení o 20 % a kladivový drtič přerovských strojíren o výkonnosti až 1400 t.h^{-1} pro drcení uhlí na velikost pod 40 mm. Třídíč typu VŽSKG vychází z kladných dílčích řešení, uplatňovaných u třídíče Krejčík a v technickém

provedení zohledňuje vysoké požadavky kladené na dopravní výkon třídíče, avšak jak se při jeho provozu ukázalo, na úkor účinnosti třídění. V příloze č. 2 je uvedeno schéma a technické údaje třídíčů VŽSKG, používaných v SHR.

Oproti třídíčům typu Krejčík používá třídíč VŽSKG dvojnásobný průměr třídicího disku 0,5 m a každá z otáčivých třídících roštnic má samostatný pohon. Třídíč VŽSKG má však nízký propadový výkon. Například výtěžnost drobného zrna v podroštném dosahuje pouze 40 až 60 hmot. % z celkového množství drobného zrna ve vsázce.

S přihlédnutím ke kladným a negativním zkušenostem s provozem roštových třídíčů v SHR byl počátkem roku 1980 ve VÚHU zahájen výzkum a vývoj progresivního typu otáčivého roštového třídíče.

V sledované výzkumné koncepci se vycházelo z nesporných předností roštových otáčivých třídíčů oproti jiným třídícím systémům, mezi které patří 1/ vysoký propadový výkon na otáčivých roštových třídících plochách, 2/ nízké dynamické namáhání strojových součástí a úložné konstrukce třídíče a 3/ klidný chod a možnost trvalého čištění třídících otvorů.

K hlavním záporům patří náročná výroba a montáž součástí třídíče, zejména při uplatnění malých třídících šterbin. Dále je kritizována velká abraze na otáčivých částech roštnic. S ohledem na uvedené nedostatky byl v padesátých letech v NDR vysloven názor /1/, že otáčivé roštové třídíče dosáhly vrcholu svého rozšíření a uplatnění v třídírenské praxi. Vyvinutý stupňovitý otáčivý třídíč VÚHU eliminuje zčásti naznačené nedostatky a zatímní provozní výsledky potvrzují jeho způsobilost pro třídění hnědého uhlí v SHR, HDB Sokolov a ULB. Jeho technickým řešením se zabývá další odstavec.

Problém třídění vlhkých a lepivých druhů hnědého uhlí není zvláštní pouze pro ČSSR. Stal se světovým problémem a doka-

zuje to např. vývoj tzv. šnekových třídíčů v SSSR pro třídící velikost 25 a 50 mm a vývoj netradičních třídících systémů, např. Liwell v NSR. Podle dostupných materiálů umožňují třídíče typu Liwell třídění vlhkého lepivého uhlí při třídící velikosti až 6 mm. V nabídce firmy Hein, Lehmann Dolu Nosek v kladenském uhelném revíru /2/ se např. nabízí třídíč Liwell pro výkon až 600 t.h^{-1} s třídící plochou 18 m^2 . Jeho nevýhoda spočívá ve velkých nárocích na obestavěný prostor. Při šířce 2,0 až 2,5 m dosahuje třídící plocha délky 6 až 9 m. Zatím nebyl tento typ třídíče ověřen pro třídění hnědého uhlí v ČSSR.

Třídění hnědého uhlí na stupňovitých roštových třídících SRT

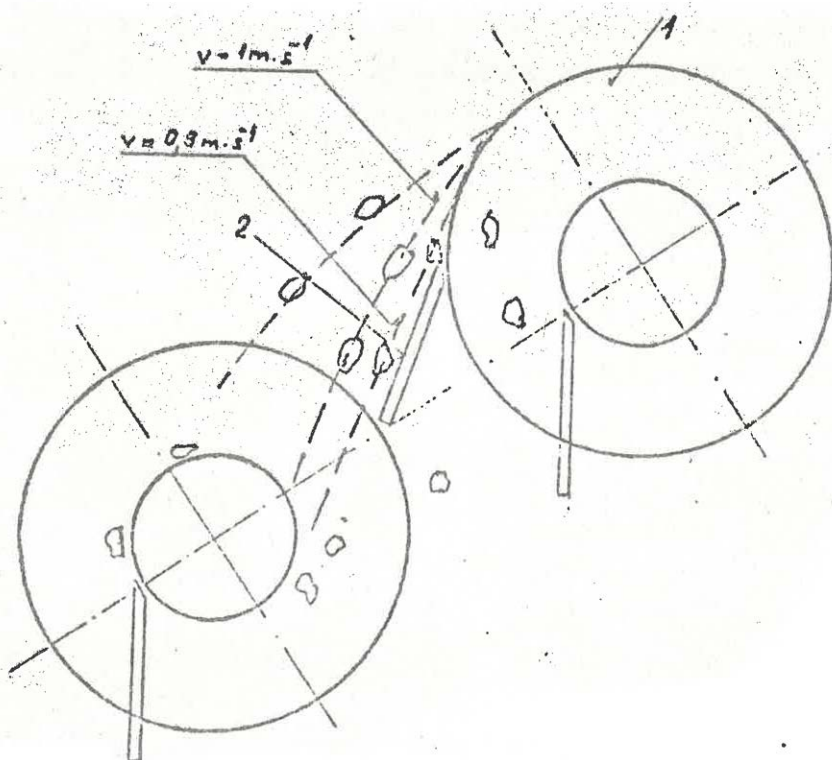
Se zřetelem na kladné, ale i záporné zkušenosti s provozem otáčivých roštových třídíčů v SHR byl ve VÚHU Most vyvinutý a následně ověřený stupňovitý otáčivý roštový třídíč SRT. Provozované třídíče SRT dnes již prokázaly svoje provozní a konstrukční přednosti oproti jiným typům roštových třídíčů a v podmínkách SHR i vůči běžně používaným síťovým třídíčům.

V následujících odstavcích jsou uváděna některá teoretická východiska, která odůvodňují koncepční hlediska, jež byla uplatněna v technickém řešení třídíčů SRT.

Stručný popis technických a technologických prvků stupňovitých otáčivých roštových třídíčů SRT

Používané typy třídíčů, ať již roštové nebo síťové, se liší především způsobem rozvolňování a dopravou tříděné suroviny po třídící ploše. Pro výsledek třídění má velký význam docílený stupeň nakypření zrn v tříděné vrstvě postupující po třídící ploše. Oproti tradičním konstrukčním provedením otáči-

vých roštových třídíčů, vyjma tzv. kaskádového třídíče s roštnicemi Zemag, se stupňovitě třídíče vyznačují strmým uložením a důsledným stupňovitým uspořádáním třídící plochy, jak je patrné ze schematicky znázorněné dvojice roštnic třídíče SRT na obrázku č. 2.



Obr. 2

Principiální schéma třídění na třídíčích SRT

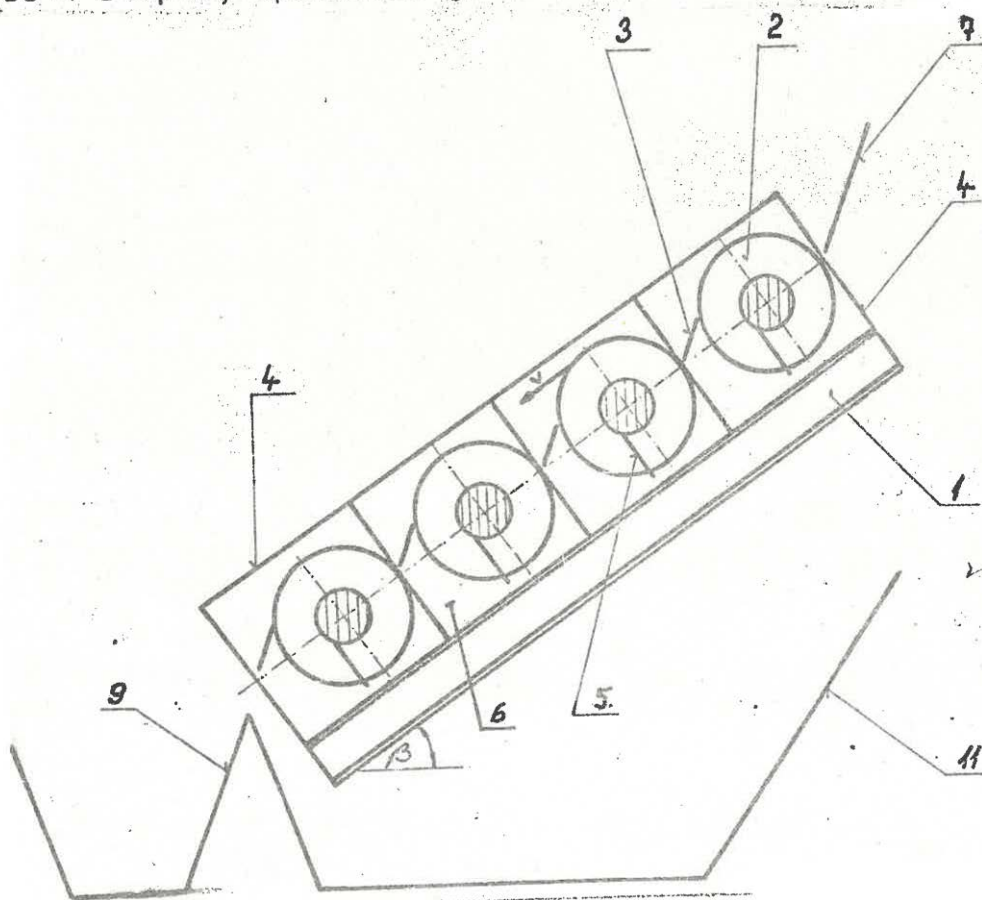
Zrna různých velikostí dopadávají na otáčivé disky 1, jsou jimi dopravovány do bodu jejich odpoutání. V závislosti na jejich velikosti vykonávají rozdílné vrhové křivky, které napomáhají k nakypření zrn v tříděné vrstvě nadroštného při

dopadu na návaznou roštnici.

Na stupňovitě uspořádané třídící ploše dochází k několika-
kerému dopadu tříděných zrn na otáčivě roštnice, popřípadě
na převáděcí plochy 2. V závislosti na počtu třídících stup-
ňů se zvyšuje pravděpodobnost propadu podroštného zrna tří-
dicí štěrbinou.

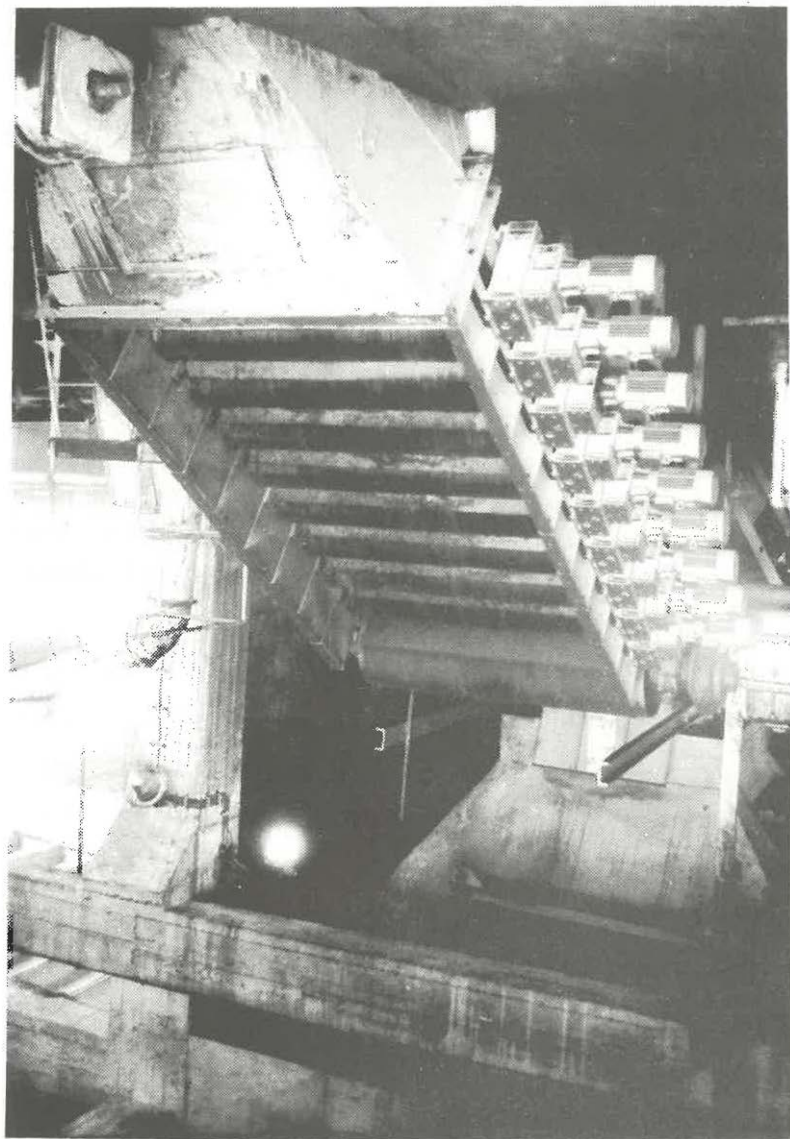
Dosahované výsledky u provozovaných stupňovitých třídíčů
prokazují, že na šikmé a stupňovitě provedené třídící ploše
je racionálně využívána potenciální a kinetická energie, jed-
nak pro získání vhodné dopadové geometrie zrn na třídící štěr-
biny a jednak pro dopravu tříděné vrstvy.

Na obrázku č. 3 je uvedeno popisné schéma stupňovitého
třídíče SRT - VÚHU Most. V pojednáváném řešení se jedná o tří-
dič se 4 stupni, zpravidla je třídíč řešen s 8 až 12 stupni.



Obr. 3

Popisné schéma stupňovitého třídíče SRT VÚHU Most



Obr. 4
Stupňovitý třídič SRT

Třídíč sestává ze strmě uloženého základního rámu 1 k vodorovné rovině pod nastavitelným úhlem β . Na rámu jsou upevněny třídící stupně 4. Třídící stupeň 4 je vytvořen z otáčivých diskových roštnic kruhového tvaru 2, převáděcí plochy 3, stěrače 5 a bočnic třídícího stupně 6. Šířka třídících roštnic se volí v závislosti na požadované výkonnosti třídíče a zrnitostním složení vsázek. Počet třídících stupňů je ovlivněn požadovanou účinností třídění se zřetelem na lepivé vlastnosti vsázkových uhlí. Vsázka je na třídící plochu přiváděna skluzem 7. Převáděcí plocha 3 u třídících stupňů 4 uzavírá prostor mezi otáčivými diskovými roštnicemi 2 a zajišťuje podávání nadroštného na třídící plochu návazného třídícího stupně.

Rozdílné vrhové křivky různě velkých zrn usnadňují rozvrstvení zrn nadroštného podle velikostí při jejich dopravě po třídící ploše, což se příznivě projevuje při jejich dopadu na třídící plochu návazných stupňů. Několikrát dopad, např. slepenců při třídě í vlhkého a lepivého hnědého uhlí, na posloupné třídící stupně přispívá i k jejich žádoucí destrukci.

Stavebnicové uspořádání stupňovitých třídíčů umožňuje snadnou výměnu třídících stupňů bez větších odstávek. Vyjmuté třídící stupně lze snadno přepravit a provést posléze výměnu opotřeбенých částí v příslušných dílnách.

Na obr. č. 4 je uveden pohled na stupňovitý třídíč SRT, používaný v Úpravně uhlí Ledvice jednak pro přípravné třídění popelnatého vsázkového uhlí určeného pro těžkosuspenzní rozdružování a jednak pro odtrídění hruboprachu v procesu finálního třídění nízkopopelnatých druhů uhlí na tříděné druhy uhlí. Třídění je prováděno při šířce třídící štěrbiny 8 mm. Při šířce otáčivých roštnic 1800 mm a délce 9 stupňovité třídící plochy 3655 mm dosahují provozované třídíče jednotkový výkon až 450 t.h^{-1} .

V příloze č. 3 je uveden protokol o výsledcích vzorkování na třídíči SRT na Úpravně uhlí Ledvice. Při třídící štěr-

bině 8 mm byl docílen výkon 450 t.h^{-1} při účinnosti třídění 84,7 %, vztažené k třídící velikosti 8 mm a 83,9 % u třídící velikosti 10 mm. Pojednávání a další výsledky hodnocení potvrzují jednak vysokou účinnost třídění a jednak neobvykle vysokou výkonnost třídiče.

V příloze č. 4 je na obrázku /A/ uveden pohled na třídič SRT nasazený na třídírně druhů v Úpravně uhlí Ledvice. Třídič je určen k odtrídění praného ořechového uhlí 2. V porovnání k třídičům, používaným pro suché odtrřívání prachových druhů uhlí dochází u tohoto třídiče k vyššímu opotřebení třídících disků, následkem brusných účinků ulpělých zrn zatěžkávadla na povrchu tříděného praného uhlí. Naproti tomu při suchém odtrřívání hruboprachu byla dosažena relativně velmi dlouhá a do jisté míry neobvyklá doba životnosti disků. První výměna prvotního vyložení třídících disků byla u prototypového třídiče provedena po zpracování asi 2 mil. tun vsázkového uhlí. Stavební koncept u třídičů SRT rovněž usnadňuje údržbové práce a spolu s velkou životností třídících disků vedla k podstatnému snížení provozních a údržbových nákladů oproti nákladům u původně provozovaných roštových třídičů typu Krejčík.

V příloze č. 4 je na obrázku /B/ uveden jednak pohled na stupňovitý třídič SRT a jednak na původní třídiče typu Krejčík. Z pohledu je zřejmé, že třídič SRT je situačně umístěn v prakticky shodných stavebních dispozicích, jež byly původně určeny pro třídiče Krejčík. Umožňuje to především okolnost, že přívod vsázkového uhlí je u třídičů SRT řešen krátkým podávacím skluzem od přívodního pasového dopravníku na první třídící stupeň. I při značně nerovnoměrném přísunu vsázek na třídič SRT nedochází k zahlcení třídících stupňů na počátku třídící plochy z důvodů relativně velké dopravní rychlosti nadroštného po třídící ploše. Nasazení stupňovitých třídičů proto většinou nevyžaduje rekonstrukci přívodních dopravních cest. Přihlédne-li se při pohledu na obrázek /B/ v příloze č. 4 k výkonnosti obou třídících systémů, který u třídičů SRT do-

sahuje až 450 t.h^{-1} a u třídíčů typu Krejčík pouze 250 t.h^{-1} při šířce třídící šterbiny 10 mm, pak lze provedené změny v třídící technice označit jako příklad zdařilé inovace třídící techniky v Úpravně uhlí Ledvice.

Jistou modifikací stupňovitého třídíče se zvýšenou způsobilostí pro odtrhnutí hrubozrnných lepivých druhů uhlí a dalších hornin je tzv. stupňovitý třídíč s mezistupni, vyvinutý rovněž ve VÚHU Most. Je určen pro třídící velikost 60 až 100 mm.

Stupňovitý třídíč s mezistupni sestává z třídících stupňů tvořených otáčivými roštnicemi. Každý třídící stupeň je tvořen z předtřídící otáčivé roštnice, opatřené stěračem a ze dvou, nebo více odtrhovacích otáčivých diskových roštnic, přičemž průměr třídící otáčivé roštnice je větší než průměry návazných roštnic.

V příloze č. 5 je uvedeno popisné schéma stupňovitého třídíče s mezistupni.

Stupňovitý otáčivý třídíč s mezistupni může být umístěn v přesypu mezi pásovými dopravníky lomů nebo mezi dopravníky dálkové pásové dopravy. Zajišťuje odtrhnutí kusoviny z proudu těživa a její svedení např. do násypky drtiče k návaznému drcení.

Stupňovitý třídíč s mezistupni je již řadu let používán k třídění vápence s jílovitými příměsemi v Cementárně Rohožník a je v nejbližším období plánován k zasazení v koncernovém podniku PKAZ v Úžíně u Ústí nad Labem. Výroba stupňovitých třídíčů s mezistupni je zajišťována v koncernovém podniku Krušnohorské strojírny v Komořanech u Mostu.

V tabulce č. 1 je uveden přehled o provozovaných třídících SRT v SHR a na dalších lokalitách.

V projekční přípravě je asi 15 ks třídíčů SRT plánovaných pro zasazení ve státních podnicích SHD Most, HDB Sokolov a ŮLB.

V současné době je čistý společenský zisk resultující z využití stupňovitých třídíčů stanoven v přibližné výši 4 až 5 mil. Kčs za rok. Významnou měrou se třídíče SRT spolupodílejí na překračování úkolů ve výrobě tříděného uhlí ve státních podnicích SHD, HDB Sokolov a ŮLB.

Tabulka č. 1

Přehled provozovaných třídíčů SRT

Místo použití	Propadová velikost (mm)	Šířka šterbiny (mm)	Jedn. ¹ výkon (t.h ⁻¹)	Počet třídíčů
Pc třídírna	10	8	350 až 400	4
Pb třídírna	10,12	8,10	400 až 450	4
Třídírna druhů	12,25	10,22	300 až 350	3
Drobný prodej	12	10	60 až 80	1
Úpravna Chabařovice	20	16	700 až 800	2
PK - Vřesová	12	10	300 až 400	1
Družba - HDB Sokolov	24	20	500 až 600	2
Důl Hodonín	24	20	250 až 350	2
ČKD Tatra Kolín	10	8	100 až 120	4
Úpravna Cígel	10	8	200 až 250	1
SHD - DNT	24	20	500 až 600	2

Příklad netypického řešení třídicího uzlu s použitím stupňovitých třídíčů SRT je uveden v přílohách č. 6 a 7.

V příloze č. 6 je schematicky naznačeno původní řešení nakládacího zařízení pro nakládku podrceného uhlí do železnič-

ních vagónů. V příloze č. 7 je v témže místě zasazen stupňovitý třídič SRT s dělenou třídící plochou. První dílčí třídící plocha je výsuvná a v případě vysunutí zabezpečuje zařízení původní nakládací funkci. Uvedené řešení bylo uvedeno do provozu v roce 1985 a jeho operativním využíváním bylo na Lomu Družba ročně vyprodukováno více než 100 tis. tun tříděného uhlí.

Poznámky k teoretickým poznatkům z oblasti třídění na otáčivých roštových třídících

Na otáčivých roštových třídících dochází k žádanému třídicímu procesu, jsou-li splněny následující podmínky:

1. Zrna podroštného musí mít v tříděné vrstvě postupující po roštové ploše příležitost zařadit se nad propadovými otvory.
2. Po dobu třídícího procesu musí působit tak velká síla, která je schopná dopravit zrna podroštného třídícími otvory.
3. Při kontinuálně probíhajícím třídícím procesu musí být tříděná vrstva plynule přepravována přes třídící plochu v pokud možno nízké vrstvě tříděného materiálu, přičemž rychlost její dopravy významně určuje výkon a účinnost třídění.

Třídící proces začíná zpravidla tím, že přichází uhlí s různě velkými, dokonale promísenými zrny. Zrna podroštného, která se při dopadu na třídící plochu zařadí do spodní části vzniklé vrstvy, získávají vzápětí příležitost propadnout třídícími otvory. Po návazném zmenšení podílu podroštného v tříděné vrstvě musí být v následujících fázích třídícího procesu vytvářeny trvale podmínky pro rozvolňování zrn v tříděné vrstvě,

aby další zrna podroštného získala možnost proniknout k třídícím otvorům. Provozní výsledky, docílené se stupňovitými třídíči SRT potvrzují význam trvalého, intenzivního rozvolňování zrn v tříděné vrstvě po celou dobu třídícího procesu. Např. u roštových třídíčů typu Distl Suski je rozvolňování zrn docíleno použitím sférických trojúhelníkových disků; u systému Krupp excentricky umístěnými roštnicemi aj. U třídíčů SRT probíhá třídění v relativně malých vrstvách a během třídícího procesu dochází po odpoutání zrn od roštnic po dobu jejich vrhu na další roštnici k velkému rozvolnění a po jejich dopadu pouze ke krátkodobému zhuštění. Zmíněný děj se opakuje.

Stupeň volnosti zrn v tříděné vrstvě je ovlivněn řadou faktorů, mezi nimi zrnitostním složením vsázkových druhů uhlí, jejich povrchovou vlhkostí a lepivostí aj. Princip třídění na třídících SRT potvrzuje, že optimální nakypření zrn v tříděné vrstvě lze zajistit vířivým vrstevnatým tokem. Přitom je důležité, aby vysoký stupeň nakypření zrn ve vrstvě, dosahovaný např. i převrácením zrn ve vrstvě byl vhodně spojen s dopravou zrn po třídící ploše.

Podstatně menší zrna podroštného, než je velikost třídícího otvoru procházejí již s velkou pravděpodobností na počátku třídění propadovými otvory, pokud se dostanou do styku s třídící roštovou plochou. Třídící proces na stupňovité třídící ploše vytváří podmínky, aby jemná zrna podroštného se zařazovala do vrstvy blízké třídícím otvorům, jak o tomu bude řeč v dalším odstavci v souvislosti s významem dopadové geometrie zrn na třídící plochu. Proto obsahuje podroštné na počátku třídícího procesu mnohem více jemných zrn než u konce třídící plochy.

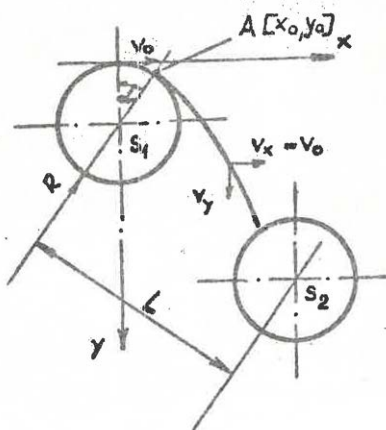
Dosud nebyl třídící proces na otáčivých roštových třídících podrobně analyzován. Určité poznatky, které odůvodňují vztah mezi průměrem třídících disků a velikostí zrn v tříděné vsázce jsou uváděny v německé literatuře. V průběhu řešení

a ověřování stupňovitých třídíčů SRT byly rovněž zkoumány některé teoretické aspekty z oblasti kinematických dějů, probíhajících při třídění zrn na roštových třídících plochách. Přitom byly zohledněny výsledky, jež byly dosahovány při provozu třídíčů SRT.

Dále uváděné poznatky vycházejí z idealizovaného pohybu zrn po roštové otáčivé ploše a snaží se postihnout význam kinetické energie, působící na zrna ve vertikálním směru jejich pohybu. Výsledky teoretických úvah jsou analyzovány u vybraných typů otáčivých roštových třídíčů. Ze vzájemného porovnání vyplynulo, že realizovaná koncepce stupňovitých třídíčů oproti porovnávaným typům vytváří vhodnější podmínky pro rozvolnění zrn v tříděné vrstvě a přitom využívá optimálně kinetickou energii, kterou zrna vždy nabývají během vrhu z jedné na návaznou třídící plochu roštnice.

V idealizovaném modelu je třídíč charakterizován třídícími disky s kruhovým tvarem o poloměru R , které se otáčejí obvodovou rychlostí v . Vzdálenost mezi roštnicemi je určena roztečí L .

Výpočet rychlosti zrna při jeho dopadu na návaznou otáčivou roštnici vychází ze schématu naznačeném na obrázku č. 5.



Obr. 5

Zrno po dopadu na roštnici postupuje rychlostí, která odpovídá obvodové rychlosti až do bodu, kdy dojde k překonání gravitační sily odstředivou silou. Za tímto bodem se odpoutávají zrna od povrchu disků a postupují dále po parabolické dráze do místa jejich dopadů na návazné roštnice rychlosti $\underline{v}$. Rychlost $\underline{v}$ lze rozložit na složky $\underline{v}_x$ a $\underline{v}_y$. Známe-li bod, kdy dojde k odpoutání zrna z třídícího disku o poloměru R při jeho obvodové rychlosti $\underline{v}_0$, pak můžeme vypočítat rychlost dopadu $\underline{v}$. Odpoutání zrna z povrchu disku nastane při jeho otáčení o úhel $\angle$, který vypočítáme ze vztahu

$$\cos \angle = \frac{v_0^2}{g \cdot R} \quad /1/$$

Za účelem matematického vyjádření hodnocených dějů položíme souřadný systém do nejvyššího bodu kružnice (disku) se středem S_1 (obr. 5). Pak budou souřadnice zrna v čase t vyčísleny ze vztahu:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t \cdot \cos \angle \quad /2/$$

$$y = y_0 + v_0 \cdot t \cdot \sin \angle + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad /3/$$

Rychlost zrna se vypočítá ze vztahu:

$$v_x = v_0 \cdot \cos \angle \quad /4/$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin \angle + g \cdot t \quad /5/$$

U běžně používaných průměru třídících disků a praktických obvodových rychlostí dochází k odpoutání zrn již při úhlu $\angle = 0^\circ$ a za tohoto předpokladu je rychlost $\underline{v}_0$ určena vztahem

$$v_0 = \sqrt{g \cdot R} \text{ (m.s}^{-1}\text{)} \quad /6/$$

Čas t , kdy dojde po odpoutání zrna k jeho dopadu na další roštnici se stanoví jako průsečík parametrické rovnice paraboly s rovnicí kružnice se středem S_2 .

Výslednou rychlost v při dopadu v čase t lze návazně vyčíslit z dále uvedených rovnic:

$$v_y = g \cdot t \quad /7/$$

$$v_x = v_0 \quad /8/$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \text{ (m.s}^{-1}\text{)} \quad /9/$$

Výpočtová koncepce předpokládá, že rozhodující význam pro průchod zrn podroštného třídícími šterbinami má především kinetická energie, kterou zrno nabývá před dopadem na třídící plochu ve vertikálním směru rychlosti v_y . Kinetickou energii složky v_y lze stanovit ze vztahu:

$$W_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_y^2 \quad /10/$$

Po porovnání jednotlivých typů roštových otáčivých třídíčů lze používat součinitel C_E , udávající poměr mezi kinetickou energií zrna při dopadu na roštnici a kinetickou energií danou zrnu W_D , otáčející se roštnicí. Pojednávaný součinitel C_E tedy vyjadřuje míru využití kinetické energie během třídícího procesu.

$$C_E = \frac{W_K}{W_D} = \frac{0,5 \cdot m \cdot v_y^2}{0,5 \cdot m \cdot v_0^2} = \left(\frac{v_y}{v_0} \right)^2 \quad /11/$$

Dále se v hodnotitelských úvahách posuzovala možnost upotřebení tzv. součinitele C_L . Tento součinitel udává poměr mezi kinetickou energií zrna o jednotkové hmotnosti k rozteči L mezi třídícími disky. Hodnota součinitele vyjadřuje kinetickou energii, působící na jednotkové délce třídíče.

Součinitel C_L pro jednotkovou hmotnost vypočítáme ze vzta-
hu:

$$C_L = \frac{W_K}{W_D} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot v_y^2}{L} = \frac{v_y^2}{2L} \quad /12/$$

Geometrie dopadu zrna na třídící plochu otáčivé roštnice je v přijatém modelu charakterizována úhlem γ , který svírá vektor rychlosti zrna $\underline{v}$ se složkou $\underline{v}_y$ při jeho dopadu. Úhel γ byl stanoven ze vzorce:

$$\gamma = \arctg \frac{v_o}{v_y} \quad /13/$$

Na základě pojednáváných závislostí byl pro třídíče typu SRT, Krejčík, VŽSKG a Zemag proveden výpočet součinitelů C_E , C_L a úhlu γ . Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2

Výpočet součinitelů C_E a C_L včetně úhlu γ

Třídíč	v_o (m.s ⁻¹)	d (m)	L (m)	sklon β ($^\circ$)	C_E	C_L	úhel γ ($^\circ$)
SRT	1,2	0,3	0,39	35 $^\circ$	3,151	5,8	29 $^\circ$ 23'
Krejčík	2,0	0,25	0,27	15 $^\circ$	0,348	2,578	59 $^\circ$ 27'
VŽSKG	2,4	0,50	0,60	25 $^\circ$	0,861	4,133	47 $^\circ$ 8'
Zemag	1,3	0,145	0,145	12 $^\circ$	0,421	2,455	57 $^\circ$

Ve schématech v příloze č. 8 jsou znázorněny úhly dopadu zrn γ u třídíčů typů SRT, Krejčík a Zemag. Základní technické údaje předmětných třídíčů, tj. průměr disků, jejich obvodová rychlost a rozteč mezi disky, jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Z údajů je zřejmé, že třídič SRT je proveden s největším sklonem a používá nejnižší rychlost.

Uvedené ukazatele se příznivě promítají do ukazatele C_E , který u třídičů SRT dosahuje relativně vysokou hodnotu 3,15. Tato příznivá hodnota je logickým důsledkem strmého uložení otáčivých roštnic a jemu odpovídající nižší obvodové rychlosti disků. Oba faktory vyústí v optimální kinematiku pohybu zrn po třídící ploše, která je v přijatém modelu hodnocení vyjádřena úhlem β . Naproti tomu je pohyb zrn po třídící ploše u třídičů typu Krejčík, VŽSKG a Zemag méně příznivý, což se odráží v jejich nízkých hodnotách součinitelů C_E . Z jejich hodnot lze usuzovat, že u nich není optimálně využívána kinetická energie zrn, která je jim dodávána otáčivým pohybem roštnic. Jak je patrné ze schématů v příloze 8, je úhel β u třídiče typu Krejčík a Zemag podstatně vyšší a tím méně příznivý z hlediska pohybu zrn po třídící ploše. Část dodané kinetické energie zrnům, je u třídiče typu Krejčík vynakládána na překonání odporů během jejich dopravy, zejména pak při jejich přechodu po mírně nakloněné převáděcí ploše mezi disky. Rovněž v ukazateli C_L vykazují třídiče SRT relativně nejvyšší a tím i nejpríznivější hodnotu.

Pojednávané teoretické úvahy, odvozené z pohybu jednotlivých zrn mají pouze informativní význam. Jejich působnost však prokazuje dosahované provozní výsledky u třídičů typu SRT a u ostatních typů. Odrážejí se v dosahovaných měrných výkonnostech, ve spotřebě elektrické energie na provoz třídičů a v neposlední řadě i na velikosti opotřebení pracovních ploch třídiče.

Perspektivní inovační záměry v oblasti dalšího rozvoje otáčivých roštových třídících a ve využívání netradičních třídících systémů

Stupňovité otáčivé roštové třídíče typu SRT se v provozní praxi SHR, HDB Sokolov a na dalších místech osvědčily při třídění lepivého hnědého uhlí. Oproti předešlým používaným třídícím systémům vykazují v řadě provozních ukazatelů progresivní zlepšení. Při velikosti třídící štěrby 8 mm dosahují v procesech předtřídění velmi dobrých výsledků a jejich nasazením byly v hodnocených případech dosahovány vyšší výnosy u tříděných druhů uhlí. Jejich stavebnicové provedení umožňuje přizpůsobení třídící plochy zvláštním podmínkám v místě jejich zasazení. Provoz třídících není náročný na obslužné a údržbové práce. Výměna opotřebovaných roštnic si nevyžaduje delší plánované odstávky.

V současné době již uplynulo 5 let od uvedení 1. prototypového třídíče do provozu. S přihlédnutím na kladné, ale i záporné stránky jejich provozní činnosti jsou již nyní zkoumány možnosti návazného inovačního cyklu u tohoto typu třídíče.

V popředí pozornosti jsou dále popsány problémové okruhy:

1. Možnost optimalizace velikosti poloměru disku pro třídící velikost 8 až 10 mm a 20 až 40 mm. Optimalizací poloměru disku by mělo být docíleno snížení dosavadní měrné spotřeby elektrické energie na 1 tunu tříděného vsázkového uhlí o cca 20 %.
2. Použití nekovového materiálu pro výrobu disků, včetně stěračů, s cílem snížit velikost třídící štěrby na 4 až 6 mm.
3. Zajistit další snížení pracnosti u výroby disků a stěračů pro třídíče SRT.

V souvislosti se zamýšleným vývojem účinné technologie úpravy vysokopopelnatých druhů uhlí je ve VÚHU Most vyvíjen nový způsob oddělování jemnozrnných uhelných a hlušinových

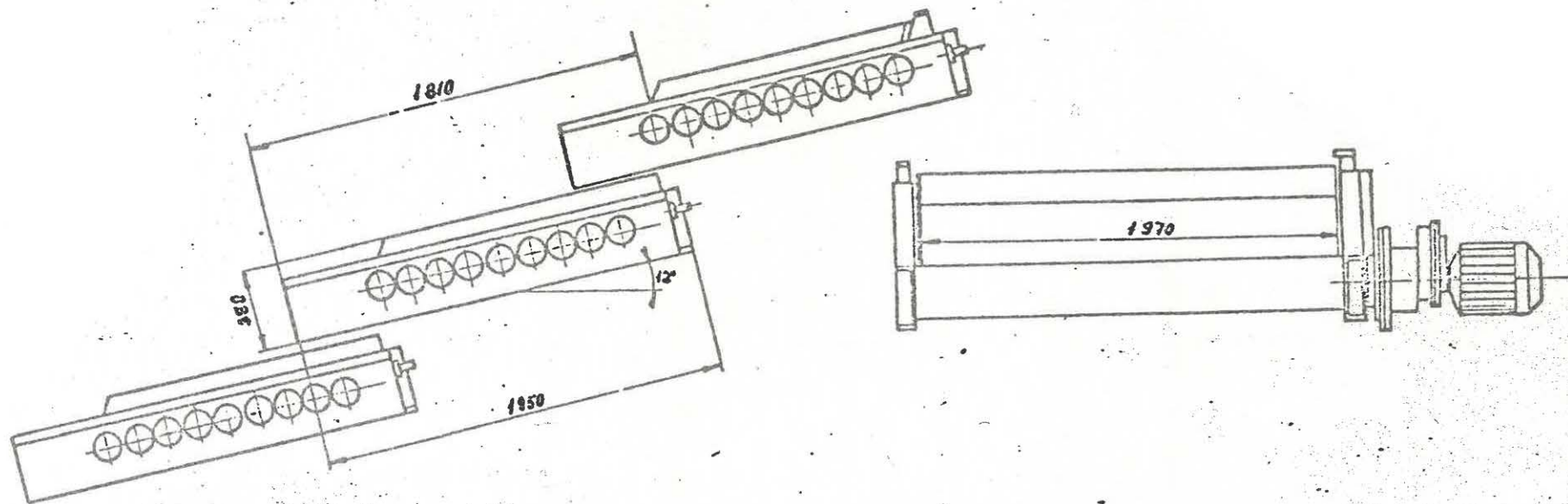
částic z proudu dopravovaného uhlí. Výzkumně sledovaný způsob je založen na tzv. polosuchém oddělování (odtřídění) zrn velikosti pod 2 až 3 mm z uhlí. Vyvíjený způsob odtřídování jemných zrn využívá povrchových sil, jež vznikají na rozhraní kapalného a tuhého skupenství. V ověřovaném systému vytvářejí jemná zrna selektivně oddělitelnou vrstvu na pohybující se ploše. Získáván je polosuchý jemnozrnný produkt, který je přemístitelný obvyklými dopravními prostředky, jako např. pasovými dopravníky. Při modelových zkouškách byla docílena účinnost třídění až 70 %.

Závěrem lze konstatovat, že probíhající inovační cyklus v oblasti třídící techniky v SHR na bázi dalšího rozvoje otáčivých roštových třídíčů přinesl pozitivní výsledky jak v oblasti zvýšení jednotkových výkonů, tak i v celé řadě dalších provozních ukazatelů, jako např. ve snížení provozních a údržbových nákladů, měrné spotřeby elektrické energie na 1 tunu tříděného vsázkového uhlí aj. Vyvinutý typ třídíče SRT má dobré předpoklady pro návazný inovační krok, který je plánován pro 9. pětiletku. V nastávajícím období bude se zřetelem na výhledové technologické potřeby soustředěna pozornost na vývoj třídícího systému pro odtřídění jemných prachových zrn.

Shrnutí

Článek přináší retrospektivní pohled na vývoj třídící techniky SHR po 2. světové válce. Analyzuje klady a zápory současné třídící techniky a na podkladě teoretické analýzy odůvodňuje přednosti otáčivých roštových třídíčů v procesech přípravného třídění.

Technická koncepce kaskádového třídiče pro třídění hnědého uhlí



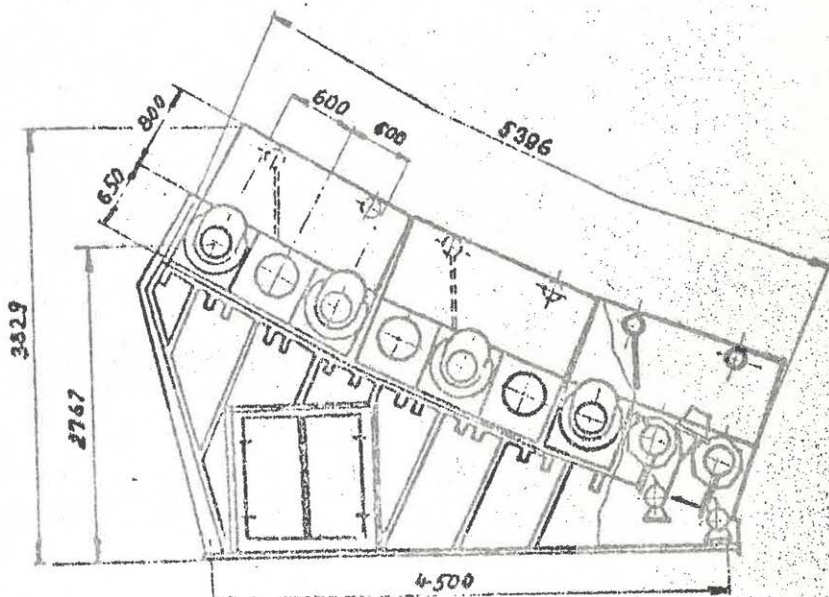
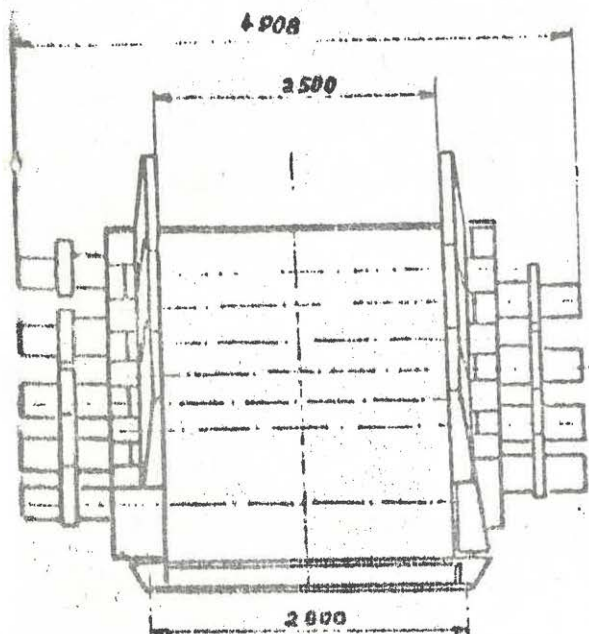
Výkon třídiče max. 250 t.h⁻¹
 Vstupní zrno 0-40 / 0-80 / mm
 Propad 10 mm
 Tvar propad. otvorů čtvercový
 Výška kaskád 400 mm

Délka 1 950 mm
 Šířka 2 995 mm
 Výška 480 mm
 Tříd. plocha 2,26 m²
 Hmotnost 1 400 kg

Výk. el. mot. 7 kW
 Sklon tř. pl. 12°
 Počet roštnic 9
 Prům. jed. roštnice 145 mm

Příloha č. 1

Základní schéma a technické údaje diskového třídiče VŽSKG



TECHNICKÁ DATA

Počet diskových hřídelů

9 osmibokých disků

Výkon třídění

 $2200 \text{ m}^3/\text{h} + 20\%$ podle tříd.mater.

Max. velikost zrna

400 - 600 mm

Hranice třídění

nastavitelná v rozsahu 20 až 100 mm

Pohon

9 ks el.převodovka TS 030331, 2-170

převod. poměr 1-16, el.motor AP 132M

7,5 kW 1455 ot/min 500 V, 50 Hz

 $9 \times 7,5 = 67,5 \text{ kW}$

Celkový el. příkon

Hmotnost

27 000 kg

Velikost třídící plochy

 $13,5 \text{ m}^2$

P r o t o k o l

o vzorkování na stupňovitém třídíči v ÚUL dne 19.11.1984

Výpočet množství nadsítného:

byl odebrán třímetrový úsek nadsítného z pasového dopravníku o celkové hmotnosti 118,1 kg. Při rychlosti dopravníku 1,35 m.s⁻¹ činí podíl nadsítného 191,3 t.h⁻¹.

Výpočet množství podsítného:

byly odebrány dva dvoumetrové úseky podsítného z pasového dopravníku o celkové hmotnosti 156,0 kg. Při rychlosti dopravníku 1,7 m.s⁻¹ činí podíl podsítného 238,7 t.h⁻¹.

Výpočet vsázky:

byl zjištěn součet nadsítného a podsítného v t.h⁻¹ a činil 450 t.h⁻¹. Procentuální podíl nadsítného činil ve vsázce výše 51,4 %, podíl podsítného 48,6 %.

Zrnitostní složení vsázky, podsítného a nadsítného

zrnitostní složení /v mm/	vsázka /v %/	nadsítné /v %/		podsítné /v %/	
+ 12	48,3	85,6	100,0	1,7	1,7
10 - 12	3,1	3,5	14,4	2,6	4,3
8 - 10	3,7	3,9	10,9	3,7	8,0
6 - 8	5,1	0,7	7,0	10,5	18,5
0 - 6	39,8	6,3	6,3	81,5	100,0
10	48,6	10,9		95,7	
8	44,9	7,0		92,0	
10	51,4	89,1		4,3	
8	55,1	93,0		8,0	

Obsah vody a popela ve vsázce, nadsítném a podsítném

byl získán výpočtem z hodnot stanovených v jednotlivých zrnitostních třídách.

	vsázka	nadsítné	podsítné
W_t^r %	22,55	22,78	22,27
A^r %	42,11	40,89	43,63
A^d %	54,34	52,94	56,09

Obsah vody a popela v nadsítném a podsítném, v jednotlivých zrnitostních třídách

nadsítné

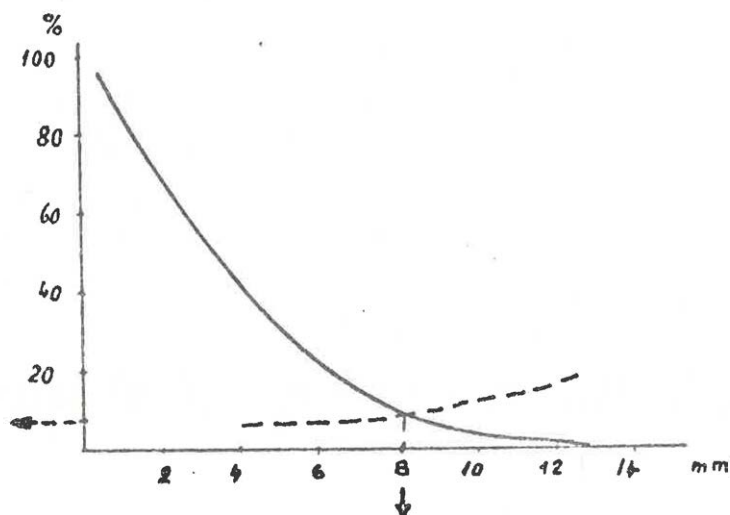
třída mm	W_t^r %	A^r %	A^d %
+ 12	22,78	41,09	53,21
10 - 12	24,12	37,68	49,66
6 - 10	23,40	37,47	48,92
0 - 6	21,56	42,43	54,10

podsítné

třída mm	W_t^r %	A^r %	A^d %
+ 12	23,00	33,05	42,93
10 - 12	22,52	39,75	51,31
6 - 10	24,09	36,01	47,44
0 - 6	21,93	45,30	58,03

U k a z a t e l é

		pro 8 mm	pro 10 mm
výnos podsítného	V_D	44,5	
výnos nadsítného	V_R	55,5	
výtěžnost jemného zrna v podsítném	m	91,2	87,6
výtěžnost hrubého zrna do podsítného	w	6,5	3,7



Graficky zjištěná dělící hranice třídění
dělící hranice 8,0 mm

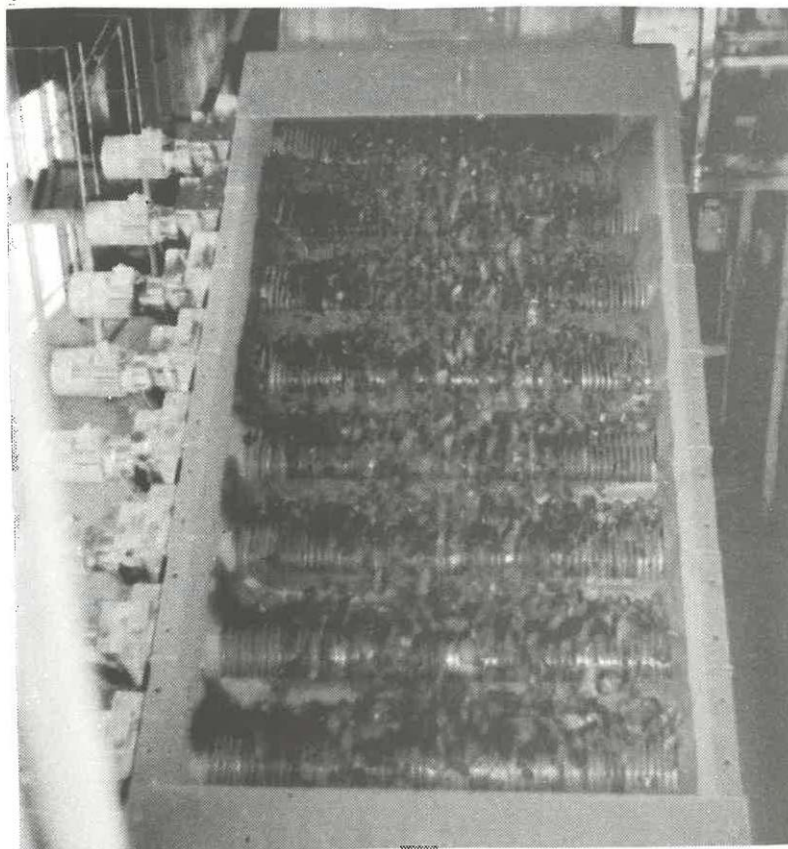
Graficky zjištěný podíl chybného zrna při dělící hranici 8,0 mm
chybné zrna 8,0 %

Výpočet účinnosti třídění

$$\eta = \frac{a - b \cdot \frac{c - a}{c - b} \cdot 100}{100 - a \cdot \frac{c - b}{c - a} \cdot a} \cdot 100$$

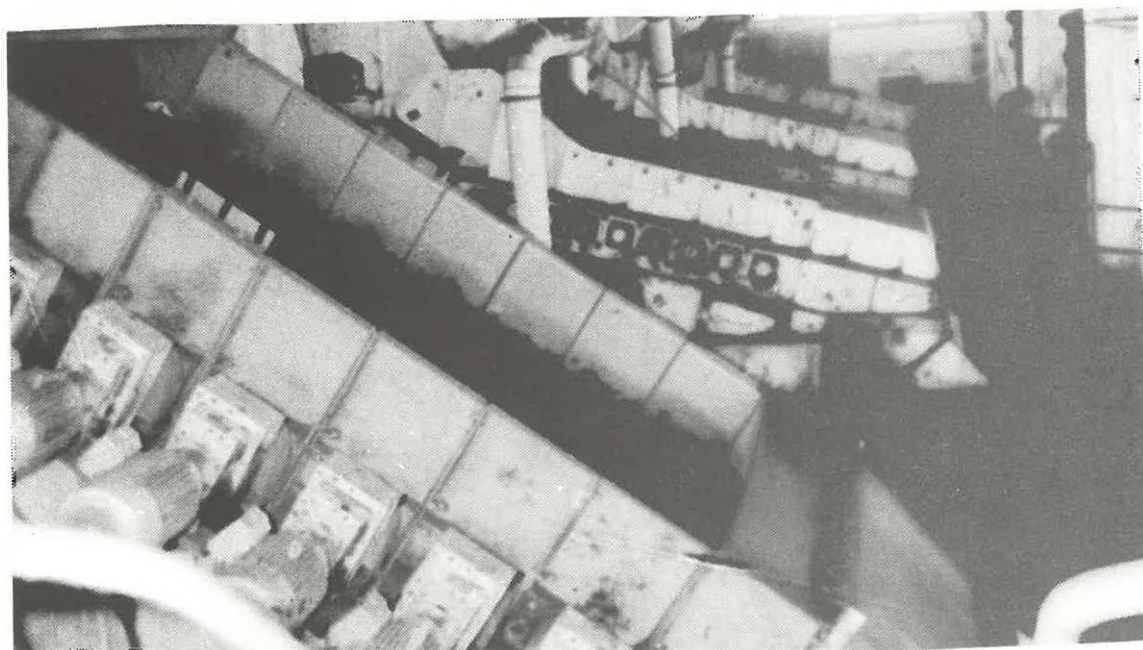
a - váhový podíl drobného zrna v původním netříděném materiálu
b - váhový podíl drobného zrna v nadsítném
c - váhový podíl drobného zrna v podsítném

pro třídící velikost 8 mm 84,7 %
pro třídící velikost 10 mm 83,9 %



Obr. A

Pohled na stupňovitý třídič SRT v objektu Třídírny druhů
v Úpravně uhlí Ledvice



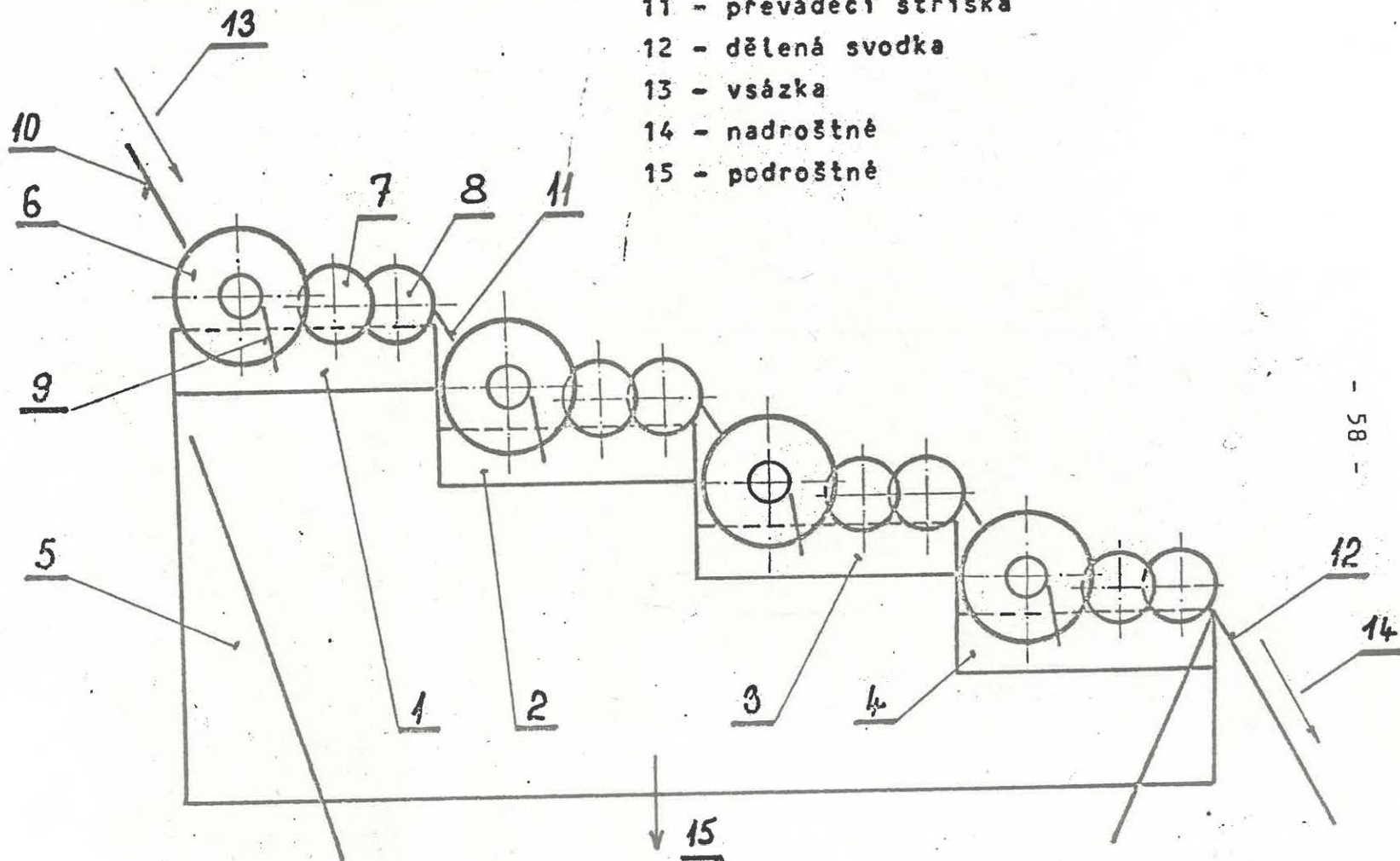
Obr. B

Pohled na stupňovitý třídič SRT v objektu Hrubá třídírna

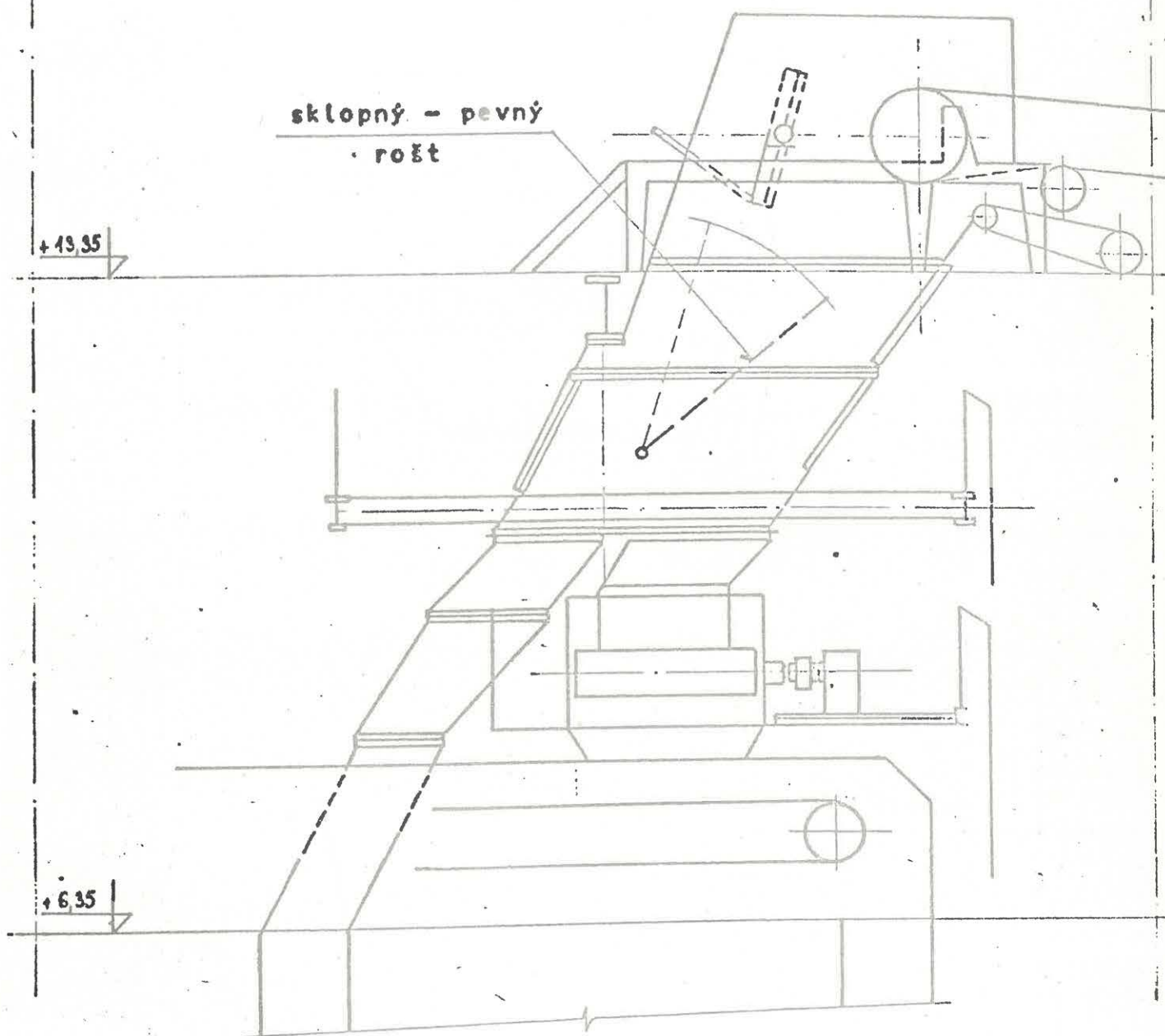
Legenda:

1, 2, 3, 4 - třídící stupeň,
5 - základní rám
6 - předtřídovací otáčivá roštnice

7, 8 - dotřídovací otáčivá roštnice
9 - stěrač
10 - vstupní skluz
11 - převáděcí stříška
12 - dělená svodka
13 - vsázka
14 - nadroštné
15 - podroštné



Technologické schéma
nakládací stanice lomu
Družba



Technologické schéma třídícího
a nakládacího uzlu lomu Družba
po provedené rekonstrukci

