

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

MEHAANIKATEADUSKOND

Tootearenduse õppetool

MES70LT

Nadezda Krutšinkina

Vadim Pivovarov

**KIVIÕLI KEEMIA TÖÖSTUSE PÕLEVKIVI VASTUVÕTU JA
VALMISTUMISE SÕLME REKONSTRUEERIMINE**

Juhendaja:

Tootearenduse õppetooli juhendaja Martin Eerme

Kaasjuhendaja:

TTÜ Virumaa kolledzi tehniliste ainete lektoraadi dotsent Tatjana Baraškova

Tallinn 2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus. Esitatud materjalide põhjal ei ole varem kutse- ega teaduskraadi ega inseneridiplomit taotletud. Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Martin Eerme juhendamisel.

“.....” 2015 a.

Töö autor Nadezda Krutšinkina

/allkiri/.....

Töö valmis Martin Eerme juhendamisel.

“.....” 2015 a.

Töö autor Vadim Pivovarov

/allkiri/.....

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....” 2015 a.

Juhendaja Martin Eerme

/allkiri/.....

Lubatud kaitsmisele.

MATM õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” 2015 a.

/allkiri/.....

TTÜ masinaehituseinstituut
Tootearenduse õppetool
MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Nadezda Krutšinkina, 132398 MATM

Üliõpilane: Vadim Pivovarov, 132202 MATM

Eriala: Tootearendus

Juhendaja: professor Martin Eerme

Kaasjuhendaja: Tatjana Baraškova

Magistritöö teema:

Kiviõli keemiatööstuse põlevkivi vastuvõtu ja valmistumise sõlme rekonstrueerimine

Reconstruction of the receiving and preparing node of shale at the Kiviõli chemical plant (Kiviõli Keemiatööstus)

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Töötada välja projektilahendused põlevkivi etteandmise süsteemi seadmete, põlevkivi vastuvõtu- ja etteandmissõlme projekteerimiseks ja rekonstrueerimiseks	veebbruar.2015
2.	Rekonstrueerimise võimalike variantide analüüs ja järgnev toodangu kvaliteedi seire	märts.2015
3.	Kirjeldada põlevkivi etteande olemasoleva süsteemi eeliseid ja puudusi	aprill.2015
4.	Kirjeldada põlevkivi etteande ja purustamise tehnoloogilisi protsesse	mai.2015
5.	Aruande koostamine ja töö vormistatud	mai.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt: 12.05.2015 **Töö esitamise tähtaeg:** 25.05.2015

Üliõpilane: Nadezda Krutšinkina /allkiri/..... /kuupäev/.....

Üliõpilane: Vadim Pivovarov /allkiri/..... /kuupäev/.....

Juhendaja: Martin Eerme /allkiri/...../kuupäev/.....

Kaasjuhendaja: Tatjana Baraškova /allkiri/...../kuupäev/.....

REFERAAT

Antud töös on toodud põlevkivi vastuvõtu ja ettevalmistamise sõlme (edaspidi PVES) variant keemiatööstuse ettevõttes Kiviõli keemiatööstuse OÜ.

Rekonstrueerimise põhiülesandeks on materjali vastuvõtu sõlmest (edaspidi PVS) ja purustamise ja sorteerimise kompleksist (edaspidi PSK) koosneva liini tootlikkuse tõstmine, kuni 280 tonni tunnis. Käesoleval momendil moodustab tootlikkus 240 tonni tunnis.

Purustavate ja sorteerivate seadmete valikuks tehti turu analüüs ja uuriti üksikasjalikult kõiki olemasolevate seadmete tüüpe, mis sobivad tehniliste omaduste ja töötingimuste poolest.

Selleks, et saada ettekujutus PVS-le saabuvast materjalist tehti põlevkivi fraktsioonkoostise analüüs, mis näitab karjäärast kohale veetava kivimi suurust. Selle analüüsi alusel tehti arvutused paigaldatavate seadmete täpsete tehniliste omaduste leidmiseks.

Üheks läbiviidava rekonstrueerimise pakutavatest uuendustest on vahepunkri, kiikuva toitja ja kahevaltsilise purusti lahti võtmine ja nende kokkupanek elektromagnetilise ajamitrumliga lintkonveieri kohas, põlevkivi sorteerimiseks etteantud fraktsioonide järgi ja ferromagnetiliste lisandite eemaldamiseks materjalivoost.

Ettevõtte töötajate töötingimuste parandamiseks kirjeldatakse töös aspiratsioonisüsteemi ja tolmusummutuse süsteemi, mis võimaldab omakorda samuti vähendada põlevkivi säilitus- ja transportimisalade plahvatusohtlikkust ning pikendab seadmete tööiga.

Töös on esitatud autorite rekonstrueerimise variandi ja ettevõtte Technobalt Eesti OÜ projekteerimisgrupi poolt pakutud variandi võrdlev analüüs. See analüüs võimaldas näha erinevusi seadmete valikus, kuna nende otsused põhinesid töökogemusel antud valdkonnas, autorite omad aga matemaatilisel analüüsil.

SISUKORD

REFERAAT	4
1. UURIMISTÖÖ ÜLESANNE JA EESMÄRK.....	7
2. REKONSTRUEERIMISE TINGIMUSED	9
3. OLEMASOLEVA PÕLEVKIVI VASTUVÕTMISE JA ETTEVALMISTAMISE SÕLME JA TEHNOLOOGILISE PROTSESSI KIRJELDUS	10
3.1 Olemasolevate seadmete tehnilised andmed	11
3.2 Tehnoloogiline protsess	12
3.3 Olemasoleva sõlme puudused	13
4. REKONSTRUEERIMINE	14
4.1 Rekonstrueerimise põhjused.....	14
4.2 Rekonstrueerimise variandid	14
4.3 Tehnobalt Eesti OÜ ettepanek	16
5. SEADMETE VALIKU ALGORITM.....	18
5.1 Sõelaga vastuvõtupunker	19
5.1.1 Sõelumine.....	19
5.2 Purustamise ja sorteerimise seadmed	35
5.2.1 Purustamise ja sorteerimise seadmete klassifikatsioon.....	35
5.2.2 Turu analüüs ja põskpurusti mudeli valik	42
5.2.3 Purustite arvutus ja valik	45
6. TRANSPORTIMISE SEADMED	50
6.1 Konveierilintide ühtlustamine	50
6.2 Alusrullid.....	51
7. ELEKTROMAGNETILINE SEPARATSIOON	53
7.1 Analüüs.....	53
7.1.1 Elektromagnetilised valtsseparaatorid.....	53
7.1.2 Lintkonveieriga püsिमagnetiga separaatorid	54
7.1.3 Kõrgintensiivse püsिमagnetsüsteemiga trummel magnetseparaator.	56
7.2 Põlevkivi omadused.....	56
7.2.1 Põlevkivi füüsikalised ja mehaanilised omadused.	58
7.3 Magnettrumpli arvutused.....	60
8. ASPIRATSIOONISÜSTEEM JA TOLMU SUMMUTAMISE SÜSTEEM	69
8.1 Aspiratsioonisüsteem.....	69

8.2	Tolmu summutamine	70
8.3	Tolmu ärastamine	70
9.	TEHNOBALT REKONSTRUEERIMISE VARIANTIDE HINNANG	72
10.	KOKKUVÕTE.....	73
11.	SUMMARY	76
12.	KASUTATUD KIRJANDUS	80

1. UURIMISTÖÖ ÜLESANNE JA EESMÄRK

Magistritöö teemaks saadakse põlevkivi vastuvõtu ja ettevalmistamise sõlme rekonstrueerimise selle edasiseks töötlemiseks keemiatööstuse ettevõttes Kiviõli keemiatööstuse OÜ, mis tegeleb põhiliselt põlevkiviõli, soojus- ja elektrienergia tootmisega ja asub Ida-Virumaal Kiviõli linnas [1].

Uuritav magistritöö teema on aktuaalne Ida-Viru maakonna energeetika ja majanduse jaoks ning Eesti majanduse jaoks, kuna põlevkivitööstus on meie riigi traditsiooniline tööstusala, mis on oma alguse saanud esimese vabariigi ajal.

Antud töös käsitletakse põlevkivi toite ja purustamise süsteeme, kuna need on esmajärgulised ülesanded põlevkiviõli tootmise teel. Eesmärgiga suurendada toodangu tootlikkust kuni 280 tonni tunnis ja põlevkivitöötlemise seadmete tõhusust algatati põlevkivi toitesüsteemi rekonstrueerimine ja olemasolevate seadmete moderniseerimine. Plaanitava moderniseerimise detailsmaks analüüsiks peatuti ühel tehniliselt kõige keerulisemal osal – põlevkivi vastuvõtu ja purustamise sõlmel (PVS ja PSK). Toetudes faktile, et põlevkiviõli saamiseks põlevkivi põletamise teel gaasigeneraatorites (Kiviter-200 tehnoloogia tööpõhimõtte) ja tahke soojuskandja seadmel (tüüp TSK-500) ning töötlevate seadmete stabiilse töö toetamiseks on tähtis etteantava põlevkivi fraktsiooni (tera) suurus. Põlevkivi termiliseks töötamiseks kasutatakse gaasigeneraatorites fraktsioone mõõtmetega 25-125 mm. Soojuselektrijaama tarbeks kasutatakse põlevkivi fraktsioone mõõtmetega 0-25 mm.

Töö põhieesmärgid on:

- uurida ja analüüsida tootmise võimsuste suurendamiseks uute tehnoloogiate kasutamise võimalust põlevkivi vastuvõtu ja purustamise sõlmes;
- vähendada aega ja kulutusi seadmete tehniliseks teenindamiseks ja remondiks (tööea pikendamine);
- vähendada kulutusi energia tarbimisele;
- analüüsida ja läbitöötada variant elektromagnetilise ajamiga trumli paigaldamiseks, põlevkivi sorteerimiseks etteantud fraktsioonide järgi ja ferromagnetiliste lisandite eemaldamiseks materjalivoost.

Magistritöös püstitatud eesmärkide saavutamiseks (rekonstrueerimine jne) on vaja lahendada järgmised ülesanded:

1. Töötada välja projektilahendused põlevkivi etteandmise süsteemi seadmete, põlevkivi vastuvõtu- ja etteandmissõlme projekteerimiseks ja rekonstrueerimiseks lähtudes tootlikkusest 280 tonni põlevkivi tunnis ja järgnevast ekspuaterimise ajast vähemalt 20 aastat;
2. Rekonstrueerimise võimalike variantide analüüs ja järgnev toodangu kvaliteedi seire selliste objektide jaoks optimaalsete tehniliste lahenduste kasutamisel;
3. Kirjeldada põlevkivi etteande olemasoleva süsteemi eeliseid ja puudusi (tehnilisest vaatenurgast);
4. Kirjeldada põlevkivi etteande ja purustamise tehnoloogilisi protsesse.

2. REKONSTRUEERIMISE TINGIMUSED

- purustile peab saabuma 50% projekti järgi PVS punkrisse antavast mäemassist, st 280 t/h korral on 140 t/h;
- materjali andmine sellele liinile toimub autotranspordi abil;
- karjäärast PVS vastuvõtupunkrisse saabuva mäemassi fraktsioonide koostis protsentides:

0 – 210 mm	50%
210 – 700 mm	15%
700 – 900 mm	30%
900 – 1100 mm	2%
1100 – 1200 mm	2%
1200 – 1500 mm	1%

Transporditava materjali omadused

Materjal: põlevkivi

Erikaal t/m³: 1,2 – 1,4

Fraktsiooni suurus (min/maks), mm: 0 – 1500

Mäemassi niiskus, %: maks 22

Seadmete kasutustingimused

Keskkonna temperatuur, °C, –25 ... + 35

Seadmete töötundide arv ööpäevas, h: 24

Tööpäevade arv nädalas: 7

Esitatud andmete alusel valitakse põlevkivi purustavad, sorteerivad ja ühest punktist teise transportivad seadmed.

3. OLEMASOLEVA PÕLEVKIVI VASTUVÕTMISE JA ETTEVALMISTAMISE SÕLME JA TEHNOLOOGILISE PROTSESSI KIRJELDUS

Olemasolevate PVS ja PSK sõlmede ülesandeks on karjääris kaevandatava ja autotranspordiga kohale toimetatava mäemassi vastuvõtmine selle järgneva purustamisega ja sorteerimisega fraktsioonide järgi 0...25 mm lattu (koonusesse) andmiseks ja 25...125 mm andmiseks põlevkivi gaasigeneraatorisse (edaspidi GGS).

Olemasolevad PVS ja PSK koosnevad järgmistest põhielementidest:

- sõelaga vastuvõtupunker;
- plaatkonveieri toitja;
- lintkonveier (3 tk);
- kraapkonveier;
- põskpurusti (2 tk);
- vahepunker;
- kiikuv toitja;
- vibrosõelur;
- kahevaltsiline hammaspurusti.



Sele 3.1. Põlevkivi vastuvõtu ja ettevalmistamise sõlm: 1 - sõelaga vastuvõtupunker, 2- ettevalmistamise sõlm [2].

3.1 Olemasolevate seadmete tehnilised andmed

Tabelis 3.1 on toodud olemasolevate seadmete tehnilised andmed koos seadmete positsioonide ja nimetustega.

Tabel 3.1

Seadmete tehnilised andmed [3].

Positsiooni Nr	Seadme nimetus	Tehnilised karakteristikud	Elektrimootori võimsus	Etteantav materjal, mm
92	Sõelaga vastuvõtupunker	$V=75\text{ m}^3$		0-1500
93	Plaatkonveieri- toitja TK-15A	1000x6000 mm 150/200 t/h	N=7,5 kW n=1500 p/min	0-300
101	Kraapkonveier	L=10m, B=1000mm, $\leq 0^\circ$	N=15,0 kW n=1500p/min	220/1500
102	Põskpurusti DBS10/8	Täitekolu 1000X800 Q-250 m^3/h	N=90,0 kW n=1500p/min	0-800
94	Lintkonveier	$V_1=1,84\text{m/s}$ Ø500x950 mm (rullikud) L=55m, B=1000mm, $\leq 17^\circ$ Ø400x950 mm (rullikud) Reduktor: II2Y315	N=30,0 kW n=1500p/min	0-210
95	Vahepunker	$V=40\text{ m}^3$		0-210
96	Kiikuv toitja	Q-500t/h	N=22,0 kW n=1500p/min	0-300
97	Vibrosõelur ГИТ-52М	Q-500t/h	N=22,0 kW n=1500p/min	0-300

98	Kahevaltsiline hammaspurusti СМД-175Д	Q-225t/h	N=2x75,0 kW n=1500p/min	125-300
99	Lintkonveier	L=25m, B=1000mm, <=0 °	N=7,5 kW n=1500p/min	25-125
100	Lintkonveier	L=51m, B=800mm, <=16 °	N=11,0 kW n=1500p/min	0-25
101	Kraapkonveier	L=10m, B=1000mm, <=0 °	N=15,0 kW n=1500p/min	220/1500
102	Põskpurusti DBS10/8	Täitekolu 1000X800 Q-250 m ³ /h	N=90,0 kW n=1500p/min	0-800

3.2 Tehnoloogiline protsess

Tehnoloogiline protsess oli koostatud tehnoloogilise skeemi alusel, mis on esitatud LISA2.

Karjääris kaevandatast ja autotranspordiga kohale toimetatav mäemass saabub sõelaga vastuvõtupunkti positsioonil nr 92 ja sõltuvalt fraktsiooni suurusest liigub see edasi kas: a) plaat konveieritoitjasse positsioonil nr 93, 0-210 suurusega fraktsioonid liikudes „rööbaste“ vahel antakse lintkonveierile positsioonil nr 94; b) või liigub edasi mööda kraapkonveierit positsioonil nr 101 (fraktsioonid alates 210 mm) põskpurustisse positsioonil nr 102 ja satub samuti lintkonveierile positsioonil nr 94.



Sele 3.2 Põlevkivi karjäärist saabumine

Ülaloodud lintkonveierilt satub mäemass vahepunktisse positsioonil nr 95, kus kiikuv toitja positsioonil nr 96 abil toimub põlevkivi toite doseerimine vibrosõelurisse positsioonil nr 97. Selle sõeluri abil toimub materjali eraldamine fraktsioonideks 0...25 mm, 25...125 mm ja 125...200 mm (mõnikord kuni 400 mm). Fraktsioonid 0...25 mm ja 25...125 mm liiguvad edasi lintkonveierile positsioonil nr 100 (koonusesse suunav) ja lintkonveierile positsioonil nr 99 (materjali andmine PGG-sse) vastavalt. Fraktsioon 125...200 mm suunatakse korduval purustamisele kahevaltsilisse hammaspurustisse positsioonil nr 98 ja seejärel lintkonveierile positsioonil nr 99.

3.3 Olemasoleva sõlme puudused

Kuna PVES rekonstrueerimine toimus viimati 15 aastat tagasi ja vahepeal oli vahetatud vaid sõlme üksikuid osi/elemente, siis on seadmed tervikuna juba moraalselt ja füüsiliselt vananenud ja paljud sõlmed koosnevad vanadest ja renoveeritud seadmetest, mis võib olla ühte ja teist tüüpi seadmete mittevastavuse põhjuseks. Olemasolevate seadmete põhiliseks puuduseks on madal remondikõlblikkus seoses varuosade puudumisega või vastavuse probleemidega, suhteliselt madal tootlikkuse tase ja väljastatava toodangu kvaliteet (antud juhul on tähtis saada kindla fraktsiooniga põlevkivi), sagedased tööseisakud seadmete üksikute osade rivist väljalangemise tõttu, suured ajakulud rikke otsimiseks.

4. REKONSTRUEERIMINE

4.1 Rekonstrueerimise põhjused

Tegutsevate ettevõtete rekonstrueerimine näeb reeglina ette olemasolevate põhi-, abi- ja teenindusotstarbega tsehhide ja objektide ümberehitamist ilma põhjotstarbega hoonete ja ehitiste laiendamiseta ja on seotud tootmise täiustamisega ja selle tehnilise ning majandusliku taseme tõstmisega toetudes teaduslikule ja tehnilisele progressile.

Rekonstrueerimise peamiseks põhjuseks on materjali vastuvõtu sõlmest (edaspidi PVS) ja purustamise ja sorteerimise kompleksist (edaspidi PSK) koosneva liini tootlikkuse tõstmine, kuni 280 t/h (käesoleval momendil moodustab tootlikkus 240 t/h) õlitootmise realiseerimise võimaluseks ja SEJ tarbeks Kiviõli tehase territooriumil kuni 5604 tonni põlevkivi ööpäevas. Samuti on edaspidi kavas üleminek rikastatud põlevkivile uuest kaevandusest.

Uurides rekonstrueerimise protsessi ja toetudes selle läbiviimise peamisele põhjusele tuuakse välja veel mõned põhjusteks olevad punktid:

- seadmete mittevastavus teadusliku-tehnilise progressi uusimate saavutustega, kuna suurem osa olemasolevatest seadmetest on paigaldatud üsna ammu ja on praeguseks momendiks peaaegu täielikult amortiseerunud;
Seadmete asendamise arvelt võib ettevõtte vähendada aega remondile ja teenindamisele, mis võimaldab vähendada tööseisakute aega. Samuti võib uurida võimalust konveierilintide ühtlustamiseks, mis võimaldab kiiresti teha remonti ja omada pidevat tagavaraseadmete reservi laos;
- töötajate mitterahuldavad töötingimused, sellepärast on võimalik aspiratsioonisüsteemi ja tolmu summutamise süsteemide kasutusele võtmine;
- tehnoloogilise protsessi täielik automatiseerimine, mis võimaldab vähendada või välistada inimfaktorit.

4.2 Rekonstrueerimise variandid

Püstitatud tootlikkuse 280 t/h saavutamiseks on vaja eelkõige tõsta konveierite kiirust kuni optimaalselt võimalikeni. See toob kaasa rida tehnoloogilisi muudatusi olemasolevatel seadmetel. Samuti, kuna suurem osa olemasolevatest seadmetest oli paigaldatud üsna ammu ja nende (seadmete) praeguses seisukorras ei ole võimalik saavutada nõutavat tootlikkust, siis peab need kas renoveerima või täielikult asendama.

1-ne variant

Esimese variandi eesmärgiks on – olemasoleva PVS ja PSK liini tootlikkuse suurendamise võimalus kuni 280 t/h selle (nii ehituskonstruksioonide kui ka seadmete) minimaalse rekonstrueerimisega ja vastavalt minimaalsete investeeringutega. Samuti võimaldab see vähendada või täielikult välistada vajaduse kooskõlastada projekti kohalike omavalitsustega.

2-ne variant

Teise variandi eesmärgiks on - olemasoleva PVS ja PSK liini tootlikkuse suurendamise võimalus kuni 280 t/h selle rekonstrueerimise ja tootlikumate seadmete (olemasolevate asendamine) kasutamise arvelt, võttes arvesse järgnevat üleminekut rikastatud põlevkivile uuest kaevandusest.

3-s variant

Kolmas variant eeldab uue põlevkivi vastuvõtu, purustamise ja sorteerimise sõlme ehitamist. See variant on rahaliselt kõige kulukam võrreldes renoveerimise variantidega, samas on see tulevikuplaanide valguses kõige perspektiivikam.

Selleks, et detailselt kirjeldada kõiki kolme rekonstrueerimise varianti, oli koostatud võrdlustabel. Järgnevalt on toodud võrdlustabel.

Tabel 4.1

Rekonstrueerimise variantide kirjeldus.

	Rekonstrueerimise variandid		
Olemasolevad seadmed	1-variant	2-variant	3-variant
Vastuvõtturest (vastuvõtupunker)	Asendamine uue vastu	Asendamine uue vastu või paigaldamine vibrosõelurit	Uue põlevkivi vastuvõtu, purustamise ja sorteerimise sõlme ehitamine ning uue seadmete paigaldamine vajalikku tootmisvõimsusega.
Kraapkonveier	Redukti elektrimootori ja vedava võlli asendamine uue vastu	Redukti elektrimootori ja vedava võlli asendamine uue vastu	

Põskpurusti	Renovatsioon	Asendamine uue vastu	
Plaatkonveieritoitja	Redukti elektrimootori ja vedava võlli asendamine uue vastu	Asendamine uue vastu	
Lintkonveier	Ajami, pingeaama ja lindi rullikud asendamine uue vastu	Asendamine uue vastu	
Vahepunker	Renovatsioon	Demonteerimine ja asendamine lintkonveieri vastu	

4.3 Tehnobalt Eesti OÜ ettepanek

Rekonstrueerimise eesmärgi tehnilise analüüsi saamiseks pöördus ettevõtte Kiviõli Keemiatööstus OÜ ettevõttesse Technobalt Eesti OÜ. Technobalt Eesti OÜ tegeleb tehnoloogiliste liinide väljatöötamisega, projekteerimisega ja paigaldamisega ja komplekslahendustega mitmesuguste materjalide transportimiseks.

Allpool on toodud teave (tabelis 4.3) PVS ja PSK rekonstrueerimise tehnilisest ülesandest ettevõtte Technobalt Eesti OÜ ettepanekul, selle töötlemiseks ja detailseks analüüsiks[4].

Tabel 4.2

Technobalt Eesti OÜ ettepanek [4].

Olemasolevad seadmed	Ettepanek
Vastuvõtupunker	Vastuvõturesti asendamine uue vastu või paigaldamine vibrosõelurit.
Kraapkonveier	Renovatsioon või reduktori elektrimootori ja

	vedava võlli asendamine uue vastu.
Põskpurusti	Põskpurusti demontaaz ja asendamine uuem tootlikum kahevaltsilise hammaspurusti vastu.
Plaatkonveieritoitja	Plaatkonveieritoitja renoveerimine, mis hõlmab elektrimootori ja võlli asendamist uuega või täielik konveieri asendamine uue vastu.
Lintkonveier	Asendamine uue väiksema kaldenurgaga lintkonveieri vastu.
Vahepunker	Asendamine uue lintkonveieri vastu, et etteantav põlevkivi saaks sattuda vibrosõeluri peale.

Kuna Technobalt Eesti OÜ ettepanek on kirjeldava iseloomuga ja ei ole põhjendatud mingite arvutustega, oli otsustanud toetudes vajalike seadmete turu analüüsil ja arvutustel teha oma PVES rekonstrueerimise variandi.

5. SEADMETE VALIKU ALGORITM

Turuuring tehti põlevkivi vastuvõtu ja purustamise sõlme rekonstrueerimise käigus asendatavate seadmete detailsema valiku jaoks. Kuna projekti käigus renoveeritakse samuti põlevkivi transportimise süsteemid (konveierid), siis uuritatakse üksikasjalikult ka seda tüüpi seadmeid, samuti töötame läbi aspiratsioonisüsteemi ja tolmusummutuse süsteemid selleks, et tagada paremad töötingimused.

Karjäärast saabuv põlevkivi ei ole jämeduse, saastatuse ja teiste näitajate poolest koheseks kasutamiseks kõlblik. Sellepärast seda töödeldakse tehnoloogia järgi, mis sisaldab järgmisi põhioperatsioone:

- eelsorteerimine peenpõlevkivi eraldamiseks enne esmast purustamist (0-210 mm);
- tooraine purustamine põlevkivi nõutud fraktsioonide saamiseks;
- purustist saadud põlevkivi sorteerimine etteantud fraktsioonide järgi;
- valmistoodangu transportimine ja ladustamine.

Operatsioonide koosseis ja seadmete mõõtmete valik sõltub tooraine omadustest, nõuetest valmistoodangule ja ettevõtte etteantud tootlikkusest. Ettevõtte põhilised tehnoloogilised seadmed: purustid, sõelujad, magnettrumliga lintkonveier, abiseadmed.

Tehnoloogilisi seadmeid toodetakse eraldi masinatena, teisaldatavate purustamise ja sorteerimise paigaldistena (TPSS), kokku- ja lahtivõetavate automatiseeritud purustamise ja sorteerimise liinidena (KPSL) ja iseliikuvate paigaldistena.

Purustamise toodangu maksimaalse suuruse järgi eristatakse järgmisi purustamise tüüpe:

suured	100...350 mm
keskmised	40...100 mm
väikesed	5...40 mm

Põlevkivi vastuvõtu ja purustamise sõlme rekonstrueerimise käigus asendatavate seadmete detailsemaks läbitöötamiseks tegime kättesaadavate kivimite nii purustamiseks kui ka sõelumiseks kasutatavate seadmete turu analüüsi. See osa on jaotatud kolmeks põhiosaks, mida hakatakse rekonstrueerima:

- sõelaga vastuvõtupunker;
- purustamise ja sorteerimise seadmed;
- aspiratsioonisüsteemi ja tolmusummutuse süsteemid.

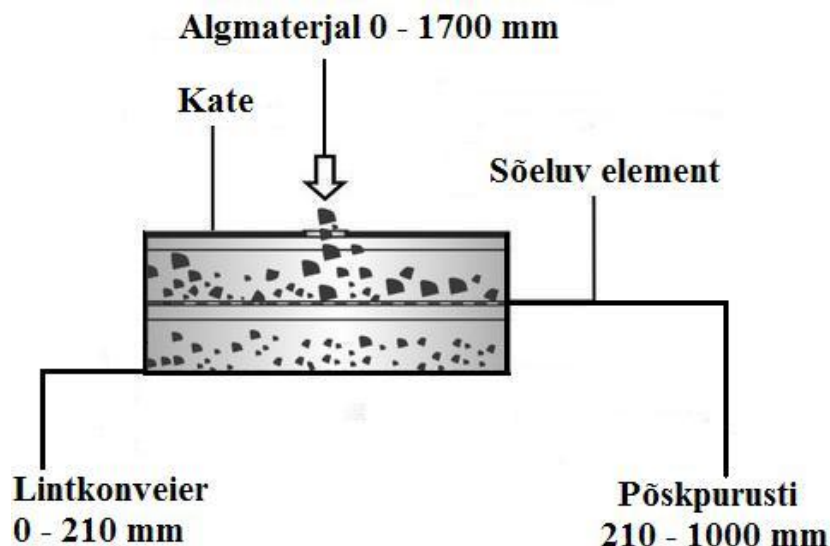
5.1 Sõelaga vastuvõtupunker

Vastuvõtupunkri põhiülesandeks on esmane põlevkivimassi sorteerimine fraktsioonideks. Antud juhul on olemas kaks punkri rekonstrueerimise varianti: asendada vibrosõel olemasoleval vastuvõtupunkril või paigaldada vibrosõelur. Edaspidi uuritakse mõlemat varianti ja valitakse kõige sobivam seade.

5.1.1 Sõelumine

Sõelumisel eraldatakse teraline puistematerjal erineva suurusega teradeks (klassideks/fraktsioonideks) sõeluvate pindade abil.

Materjali, mis antakse sõelumisele, nimetatakse algmaterjaliks, sõelale jäävat materjali sõelapealseks (ülemiseks tooteks), sõela avadest läbikukkuvat – sõelaaluseks (alumiseks tooteks). Materjali jadamisi sõelumisel n sõelal saadakse $n + 1$ toodet. Sellel juhul on üks eelmise sõelumise toode (alumine) algmaterjaliks järgneva sõelumise jaoks (sele nr. 5.1).



Sele 5.1. Sõelumise tehnoloogiline skeem(PVS)

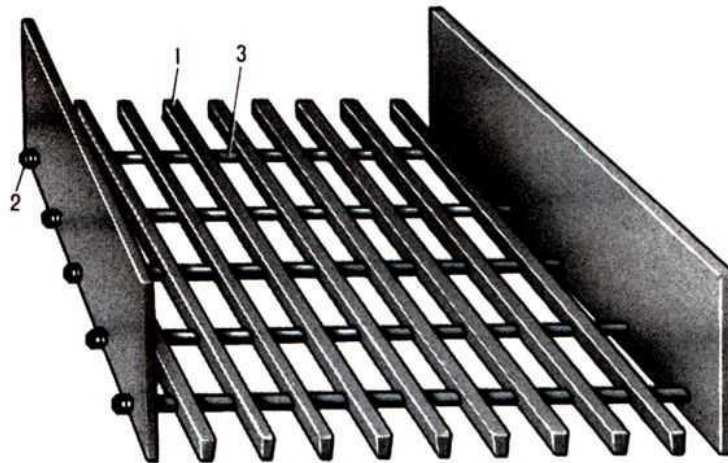
Tehnoloogilise eesmärgi järgi eraldatakse kahte liiki sõelumist:

1. eelsõelumine – suuruselt valmistoote eraldamiseks (enne purustit);
2. kontrollisõelumine – purustatud toote suuruse kontrollimiseks (pärast purustit).

Põlevkivi etteandmise sõlme läbiviidav rekonstrueerimine puudutab just eelsõelumist.

Sõelumiseks ettenähtud aparate nimetatakse sõeluriteks. Sõelureid kasutatakse nii puistematerjalide kui ka tahkete materjalide sorteerimiseks. Sõeluri sõeluvas pinnas on vastava suurusega avad.

Purustamise esimeses staadiumis kasutatakse olemasolevas põlevkivi etteande sõlmes jämeda materjali sõelumiseks sõeluva pinnana restsõelurit, mis koosneb eraldi restidest talade kujul (sele 5. 2) [5].



Sele 5.2. Restsõelur: 1 – rest; 2 – pingutuspolt; 3 – toru [6]

Horisondi suhtes nurga all paigaldatud restsõelur kujutab endast restidest koostatud võre. Materjal, mis laaditakse võre ülemisse ossa liigub mööda seda alla raskusjõu mõjul. Seejuures kukuvad väiksemad tükid läbi võre ja suurem klass väljub alumisest osast, kust edasi satub kraapkonveieri abil põskpurusti vastuvõtuavasse. Tavaliselt on restsõelurite tootlikkus väga suur, kuna materjal liigub sõeluris nagu isevoolurennis, kuid niiskeid saviseid kivimeid on restsõeluril töödelda võimatu, kuna võre avad määrduvad ja määratakse kinni savi sisaldavate materjalidega. Antud tüüpi sõeluval pinnal on vähim eluslähbilõige, kuid samas suurim kandevõime (tugevus), kuid olles läbi viinud erinevate ettevõtete töötajate küsitluse saadi teada, et ei ole otstarbekas vahetada ainult restsõelurit, kuna antud tootel täheldatakse vahemike kiiret ummistumist, deformatsiooni (mille tagajärjel toimub kinnikiilumine) ja kulumist, mis toob kaasa selle detaili sagedase asendamise.

Samuti ei lahenda vastuvõtupunkri renoveerimine vaid resti asendamisega suurte purustist mööda kukkuvate tükkide punkrisse sattumise probleemi. Sellest lähtudes ei vaadelda töös seda vastuvõtupunkri rekonstrueerimise varianti.

Järgnevalt vaadeldakse edasine valik ja olemasoleva restsõeluri asendamiseks üksikasjalikumalt erinevat tüüpi sõelurite klassifikatsiooni ja konstruktsioone.

5.1.1.1 Sõelurite klassifikatsioon ja konstruktsioonid

Sõelureid iseloomustavad järgmised kliimaatilised ja konstruktiivsed iseärasused:

- sõeluva pinna geomeetrilise kuju järgi;
- sõeluva pinna asendi järgi horisoni suhtes;
- sõeluva pinna liikumise iseloomu või materjali teisaldamise mooduse järgi;
- sõelutava materjali jämeduse järgi.

Sõeluva pinna geomeetrilise kuju järgi liigitatakse sõelurid:

- lamedad;
- trumliga;
- kaarjad;

Sõeluva pinna asendi järgi horisoni suhtes liigitatakse sõelurid:

- kaldega sõeluriteks ($15 - 26^\circ$);
- väikese kaldega sõeluriteks ($5 - 6^\circ$);
- horisontaalseteks.

Sõeluva pinna liikumise iseloomu või materjali teisaldamise mooduse järgi või kõiki sõelureid liigitada:

- liikuvad (pöörlevad, vibreerivad);
- osaliselt liikuvad (valtsidega);
- liikumatud restsõelurid, kaarsõelurid);
- pöörlevad (trummelsõelurid);
- hüdraulilised.

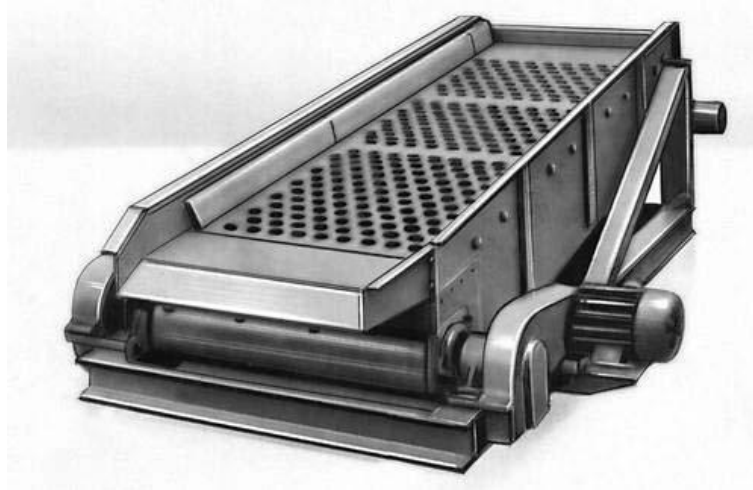
5.1.1.1.1 Lamedad sõelurid

Lamedad sõelurid jaotuvad omakorda inertsiaalseteks ja ekstsentrilisteks.

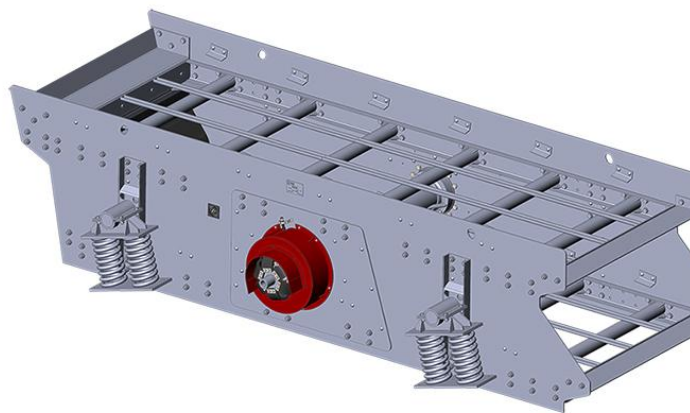
- ekstsentrilisel sõeluril (sele 5.3) on liikumatu alus, raamile on paigaldatud elektrimootor. Ekstsentrilise võlli pöörlemisperioodi jooksul vibreerib mobiilne raam võredega.
- inertsiaalsel sõeluril (sele 5.4) töötavad vibratsiooniga sõeluri sõelad. Selle sõeluri rattad ei ole tasakaalustatud. Selle sõeluri eelisteks on kiire ja kvaliteetne

sorteerimine, sõela avade kaliibriga 0 kuni 200 mm väike ummistumine, sõela kogupinna kasutamine, kontrolli mugavus. Lamedaid inertsiaalseid sõelureid kasutatakse horisontaalasendis. Inertsiaalsed sõelurid sõeluvad niiskeid materjale [5].

Lamedate sõelurite tootlikkus on 150 t/h.



Sele 5.3. Ekstsentriline sõelur [7]

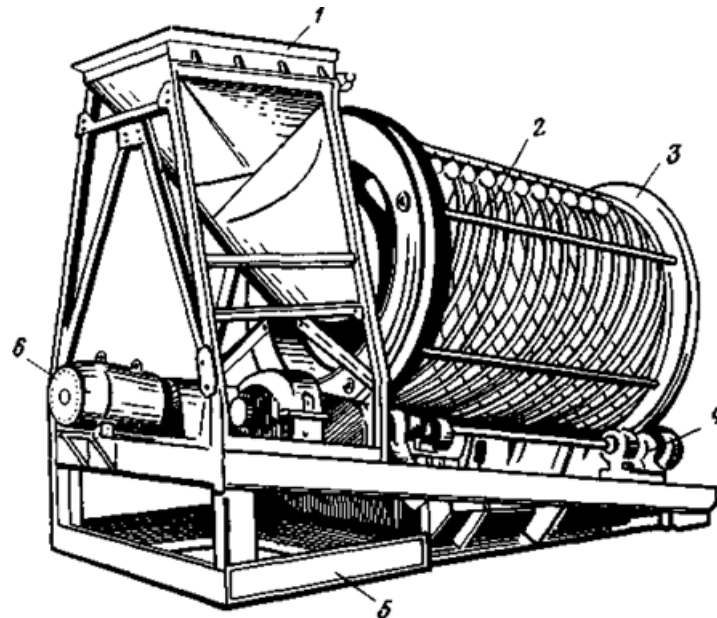


Sele 5.4. Inertsiaalne sõelur [8]

5.1.1.1.2 Trummelsõelurid

Trummelsõelur (vt. sele 5.5) – on pöörlev trummel, mis on paigaldatud kaldega ülemise klassi mahalaadimise suunas. Sõeluri sõeluvaks pinnaks on perforeeritud teraslehtedest moodustuv külgpind. Kui on vaja saada mitu toodet, siis pannakse trumli rest (sõel) kokku mitmest sektsioonist erinevate avadega, mis suurenevad mahalaadimise otsa suunas. Trumli pöörlemisel väikese läbimõõduga materjal pudeneb läbi avade, suurema läbimõõduga

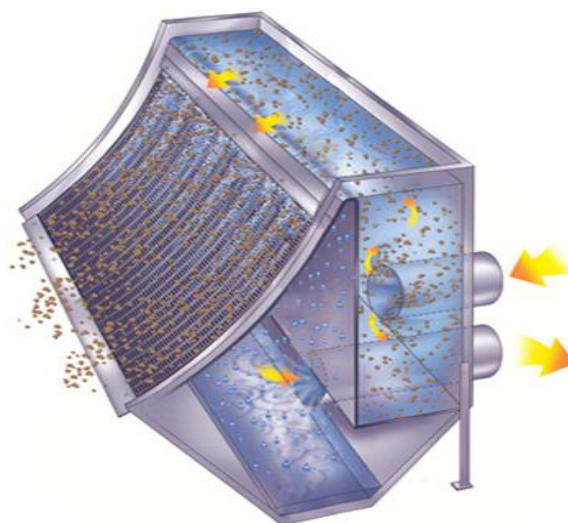
materjal eemaldatakse trumlist alumises osas. Materjal haaratakse hõõrdejõu toimele kaasa pöörleva trumli sisepinnaga ja seejärel libiseb alla [5].



Sele 5.5. Trummelsõelur: 1 – täitekolu; 2 – rest; 3 – toetus bandaaž; 4 – veetav rull; 5 – raam; 6 – elektrimootor [9]

5.1.1.1.3 Kaarsõelurid

Kaarsõelureid kasutatakse väikese ja peene kergelt mudaks muutuva materjali märjaks sõelumiseks. Kaarsõelurites (sele 5.6) kujutab sõeluv pind endast kaarjat restsõelurit voolu suunaga risti asuvate võredega. Sõelutava pulbi liikumine on võre alguses suunatud piki ringjoone puutejoont [5].



Sele 5.6. Kaarsõelur [10]

Toite suurus varieerub alates 0,074 kuni 12 mm; tahke materjali sisaldus toites alates 10 kuni 70%; võrealuse toote nominaalne jämedus 0,05...3,25 mm; sõelumise tõhusus – 30...75% (sõltuvalt eraldise jämedusest).

Kaarsõelurite põhilised eelised:

- suur eritootlikkus;
- liikuvate osade puudumine;
- ajami kompaktsus.

5.1.1.1.4 Liikuvad sõelurid (pöörlevad, vibreerivad)

Vibratsioonisõelur on konstruktsiooni poolest lameda sõeluri analoog (sele 5.7). Vibratsioonisõeluri tööorganid – sõelad (või restid) on jäigalt kinnitatud raamile, millele antakse edasi perioodilisi võnkeid. Selle tulemusena toimub sorteeritava materjali liikumine ja raputamine, selle sõelumine läbi sõelte (või restide) avade, st fraktsioonideks jagamine jämeduse järgi.

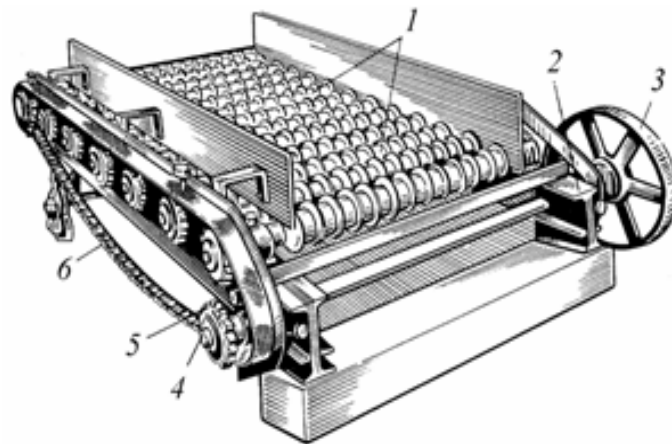
Vibratsioonisõelureid liigitatakse ekstsentrilise ajamiga pöörlevateks ja vibreeriva ajamiga inertsaalseteks. Vibratsioonisõeluritel on sellised eelised nagu sõelumise suur tõhusus tänu materjali heale kihistumisele sõelumispinnal (85-90%); suur tootlikkus, madal elektrienergiatarve [5].



Sele 5.7. Vibratsioonisõelur [11]

5.1.1.1.5 Osaliselt liikuvad (valtsidega) sõelurid

Sõelumine osaliselt liikuvatel sõeluritel sõeluva pinna üksikute elementide liikumisega tehakse (valtsidega) sõeluritel (sele 5.8), mille sõeluva pinna moodustavad kettad, mis on paigaldatud valtside reale, mis pöörlevad materjali etteande suunas. Valtsidega sõelureid kasutatakse süte, põlevkivi eelsõelumiseks, et eraldada kõige suuremad klassid, samuti lubjakivi ja teiste mittemetalliste maavarade sõelumisel enne esmast purustamist. Valtsidega sõelurite tootlikkus on mõnevõrra suurem, kui liikumatutel restsõeluritel, kuid tööavade ummistumine teeb nende kasutamise ebausaldusväärseks [5].



Sele 5. 8. Valtsidega sõelur: 1 – valtsid; 2 – raam; 3 – ajam; 4 – võll; 5 – ketiratas; 6 – kettülekanne [12]

Kaldega, osalise kaldega ja horisontaalsed sõelurid võivad olla konstruktiivselt erinevad, sellepärast neid me edaspidi üksikasjalikult ei vaatle.

Toetudes ülalesitatud sõelumiseks kasutatavate seadmete analüüsile tehti järeldus, et eelsõelumiseks sobib meile vibratsioonisõelur. Ülejäänud sõelurite meie nõuetega mittevastavuse tabel (tabel 4) on esitatud allpool.

Tabel 5.1

Mittevastavuse tabel

Sõeluri tüüp	Mittevastavuse põhjus
Restsõelur	- Restsõeluril võimatu töödelda niiskeid saviseid kivimeid
Lamesõelur	- Väike tootlikkus (vajalik 280 t/h); - Kohmakas; - Sõelumise väike efektiivsus (70-80%) [13]
Trummelsõelur	- Sõelumise väike efektiivsus (meie arvutuste järgi peab olema vähemalt - 80%) [13]
Kaarsõelur	- Väikese ja peene kergelt mudaks muutuva materjali märjaks sõelumiseks [14]
Valtsidega sõelur	- Eksploaatatsiooni ebakindlus [12]

5.1.1.2 Vibratsioonisõelurite turu uurimine.

Eelneva sõelumise jaoks vaadeldavas tootmises on kõige sobivamaks seadmete tüübiks vibratsioonisõelur, sellepärast esitasime mõned ettevõtted, mis tegelevad antud seadme tootmisega (vt.tabel 5).

Tabel 5.2

Ettevõtted, mis tegelevad vibratsioonisõelurite tootmisega.

Ettevõtte nimetus	Mudel	Sõelite arv, tk	Fraktsioon, mm	Tootlikkus, t/h	Elektrimootori tarbitav võimsus, kW
Astec Mining Group	3YK1854	3	0-210	200-450	18,5
Speco	OP-1224	1-3	0-210	300	7,5
KROOSH Technologies Ltd.	ULS2010-12WS	1-3	0-210	500	8

See sorteerimisseade on ennast heast küljest näidanud sarnaste kasutustingimustega põlevkivitöötlemisettevõtetes nagu: Viru Keemia Grupp (VKG); VKG Kaevandused OÜ (Ojamaa kaevandus); VKG Oil AS (Petroter I ja Petroter II) ja Eesti Energia AS.

Käesolevast uuringust oli valitud KROOSH Technologies Ltd. vibratsioonisõelur, sest käesolevas mudelis - ULS2010-12WS piisav tootlikkuse reserv ja tarbib vähe elektrienergiat. Veel üks kaalukas faktor räägib selle vibratsioonisõeluri kasuks. Kiviõli keemiatööstuses on juba paigaldanud käesolev sõelur, aga teises sõlmes. KROOSH Technologies Ltd. vibratsioonisõelur näitas end Kiviõli keemiatööstuses heast küljest nagu kõrgeväärtuslik sorteerimise seade.

5.1.1.3 Sõelurite arvutus ja põlevkivi fraktsioonkoostise analüüs

Kuna antud peatükis autorid vaatlevad põlevkivi vastuvõtusõlme (PVS) rekonstrueerimist. Aluseks võetakse asjaolu, et PVS-le saabub põlevkivi otse karjäärist. Sellepärast on töös vaadeldud sõelumise esimest astet.

Vibratsioonisõelurite vajaliku tööpinna pindala F_d määratakse erikoormuste järgi võttes arvesse paranduskoefitsiente:

$$F_d = \frac{Q}{q\delta klmnop} \quad (5.1)$$

kus

Q - koormus sõelurile, t/h;

q – eritootlikkus (koormus sõela pinna 1 m² kohta), m³/h·m²;

δ – materjali puistemass;

k - koefitsient, mis võtab arvesse väikeste klasside mõju sõelumise protsessile (mõõtmel väiksemad, kui pool sõela avast);

l - koefitsient, mis võtab arvesse suurte tükkide mõju sõelumise protsessile (mõõtmel suuremad, kui sõela avad);

m - koefitsient, mis võtab arvesse sõelumise efektiivsust;

n - koefitsient, mis võtab arvesse terade kuju;

o - koefitsient, mis võtab arvesse materjali niiskust;

p - koefitsient, mis võtab arvesse sõelumise tüüpi [13].

Paranduskoefitsientide väärtused vibratsioonisõelurite vajaliku tööpinna pindala F_d arvutamiseks on toodud mitmetes teatmikes, sealhulgas allikates [14, 15]. Määratakse koefitsiendi k väärtus. Sõela ava diameetri $d = 210$ mm korral loetakse fraktsioonide mõõtmeks, mis on väiksemad, kui pool sõela avast, 2 sordi fraktsioone (25 – 125 mm): *klass* $(0,5 \cdot d^2 - 0) = (105 - 0) \text{ mm} - 2\text{-ne sort}$.

Selleks, et saada usaldusväärseid sõelurite arvutusi on vaja teada saada PVS-le saabuva põlevkivi protsendiline sisaldus. Selleks oli tehtud fraktsioonikoostise analüüs, mis toimus kahes etapis 10 masina kaupa. Esimesel etapil analüüsiti kogu karjäärast saabuvat põlevkivi sõltuvalt selle mõõtmetest, teisel etapil pöörati tähelepanu põlevkivi fraktsioonile 0-210 mm, mis läbisid restsõelurid ja jõudsid lintkonveierile (purustit läbimata).

See fraktsioonikoostise analüüs tehti 10 veoautost mahalaaditud põlevkivi mahu alusel, millest igaüks veab 1 reisi jooksul 20 tonni põlevkivi. Päeva jooksul laaditakse PVS-le 60 – 120 masinatäit, sõltuvalt järgmistest faktoritest:

- ilmastikutingimused;
- teede seisukord (karjäärast kuni PVS-ni);
- mahalaaditava põlevkivi mõõtmed.

Järgmisena on toodud tabel, erinevate mõõtmetega põlevkivi tükide suhe veoautodest maha laaditava põlevkivi üldisest mahust.

Oletame, et 1 masinast laaditakse maha 100% põlevkivi.



Sele 5.9 Põlevkivi suuruste mõõtmine

Fraktsioonikoostise analüüsi 1-ne etapp

Katse №1

Veoauto №	Põlevkivi fraktsioon, mm				
	0-210 (liigub „rööbaste“ vahel)	0-210 (mööda kraapkonveierit)	210-500	500-900	+1000
1	30	15	40	10	5
2	40	20	27	10	3
3	25	10	45	30	0
4	30	10	50	20	0
5	25	5	40	30	10
6	30	20	30	18	2
7	40	20	25	14	1
8	20	5	70	5	0
9	60	20	15	5	0
10	15	4	5	75	1

Katse №2

Veoauto №	Põlevkivi fraktsioon, mm				
	0-210 (liigub „rööbaste“ vahel)	0-210 (mööda kraapkonveierit)	210-500	500-900	+1000
1	80	5	10	4	1

2	50	10	35	5	0
3	15	5	20	60	0
4	65	2	8	25	0
5	85	5	10	0	0
6	50	20	5	25	0
7	53	5	20	20	2
8	45	10	15	30	0
9	75	5	15	5	0
10	30	20	12	35	3

Katse №3

Veoauto №	Põlevkivi fraktsioon, mm				
	0-210 (liigub „rööbaste“ vahel)	0-210 (mööda kraapkonveierit)	210-500	500-900	+1000
1	60	24	10	5	1
2	25	8	20	45	2
3	40	18	15	25	2
4	25	25	10	40	0
5	70	15	5	10	0
6	30	5	20	40	5
7	65	10	15	10	0
8	20	8	20	50	2
9	90	5	5	0	0
10	30	10	40	20	0

Tuginedes eespool toodud andmetele, arvutatakse kui palju põlevkivi fraktsiooniga 0 – 210 mm tuli sõeluri peale ja kukkus edasi läbi võre.

$$\frac{30 + 40 + 25 + 25 + 30 + 40 + 20 + 60 + 30 + 15}{10} = 31,5 \% \quad - 1 - ne \text{ katse.}$$

$$\frac{80 + 50 + 15 + 65 + 85 + 50 + 53 + 45 + 75 + 30}{10} = 54,8 \% \quad - 2 - ne \text{ katse.}$$

$$\frac{60 + 25 + 40 + 25 + 70 + 30 + 65 + 20 + 90 + 30}{10} = 45,5 \% \quad - 3 - s \text{ katse.}$$

PVS-le saabunud 0-210 mm fraktsioonide keskmine moodustas kolme eksperimendi jooksul 44%. Järgnevalt oma arvutustes käesolev maht vaadeldakse nagu saadud alumise toote arv.

$$\frac{31,5 + 54,8 + 45,5}{3} = 44\%$$

Fraktsioonikoostise analüüsi 2-ne etapp

Katse №1

Veoauto №	Põlevkivi fraktsioon, mm		
	0-25	25-105	105-210
1	70	20	10
2	50	40	10
3	20	20	60
4	30	45	25
5	10	70	20
6	30	10	60
7	25	50	25
8	10	40	50
9	10	85	5
10	60	30	10

Katse №2

Veoauto №	Põlevkivi fraktsioon, mm		
	0-25	25-105	105-210
1	50	20	30
2	70	25	5
3	70	10	20
4	60	20	20
5	40	50	10
6	50	40	10
7	50	20	30
8	70	5	25
9	25	25	50
10	10	60	30

Katse №3

Veoauto №	Põlevkivi fraktsioon, mm		
	0-25	25-105	105-210
1	90	5	5
2	80	5	15
3	40	30	30
4	50	10	40
5	70	20	10
6	20	75	5
7	25	40	35

8	20	40	40
9	75	5	20
10	80	10	10

Tuginedes eespool andmetele, arvutatakse kui palju põlevkivi fraktsiooniga 0 – 105 mm tuli sõeluri peale ja edasi kukkus läbi võre (tera mõõdud väiksem kui pool sõela auku).

$$\frac{90 + 90 + 40 + 75 + 80 + 40 + 75 + 50 + 95 + 90}{10} = 72,5 \% \quad - 1 - ne \text{ katse.}$$

$$\frac{70 + 95 + 80 + 80 + 90 + 90 + 70 + 75 + 50 + 70}{10} = 77 \% \quad - 2 - ne \text{ katse.}$$

$$\frac{95 + 85 + 70 + 60 + 90 + 95 + 65 + 60 + 80 + 90}{10} = 79 \% \quad - 3 - s \text{ katse.}$$

$$\frac{72,5 + 77 + 79}{3} = 76\%$$

PVS-le saabunud 0-105 mm fraktsioonide keskmine moodustas kolme eksperimendi jooksul 76%.

Järgmisena on vaja leida PVS-le saabunud 0-105 mm fraktsioonide protsent põlevkivi mahust 0-210 mm fraktsioonidega. Seejuures on meile teada, et: 44% põlevkivist on mõõtmatega 0-210 mm ja 76% põlevkivist on mõõtmatega 0-105 mm, 0-210 mm fraktsioonidega põlevkivi mahust. Siit järeldub, et

$$0,76 \cdot 0,44 = 0,33$$

See tähendab, et 0-105 mm fraktsioonidega põlevkivi moodustab 33% põlevkivi mahust 0-210 mm fraktsioonidega. Toote jämeduse omaduste järgi määratakse kindlaks klassi (105 – 0) mm sisaldus:

$$\beta(15-0) = 33 \%$$

Siis $k = 0,8$

Määrame koefitsiendi l väärtuse. Selleks on vaja leida klassi +210 mm sisaldus, mis moodustab $\beta + 210 = 56\%$ (ümardame antud väärtuse kümnendikeni 60%). Siis tabeliandmete interpoleerimise teel leiame, et $l = 1,32$.

Sõela sõelumispinna arvutusliku pindala leidmiseks on meil vaja teada sõelumise efektiivsust E , mida tavaliselt iseloomustab saadud alumise toote koguse suhe samasse klassi kuuluva puistematerjali kogusega esialgses materjalis.

Karjäärast PVS-le saabunud põlevkivi 0-210 mm fraktsioonide (mahu) keskväärtuse arvutamise teel saame 54% ja arvutame järgmisena sõelumise efektiivsuse:

$$E = \frac{\text{saadud alumine toode}}{\text{fraktsiooniga 0 – 210 toote üldmaht}} = \frac{44\%}{54\%} = 0,81 \approx 80\%$$

Sõelale avade diameetriga $d = 210$ mm ja etteantud sõelumistingimustega $q = 110 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$. Sõelumise efektiivsuse $E = 80\%$ korral on koefitsient $m = 1,35$. Koefitsiendid $n = 1,5$, $o = p = 1$.

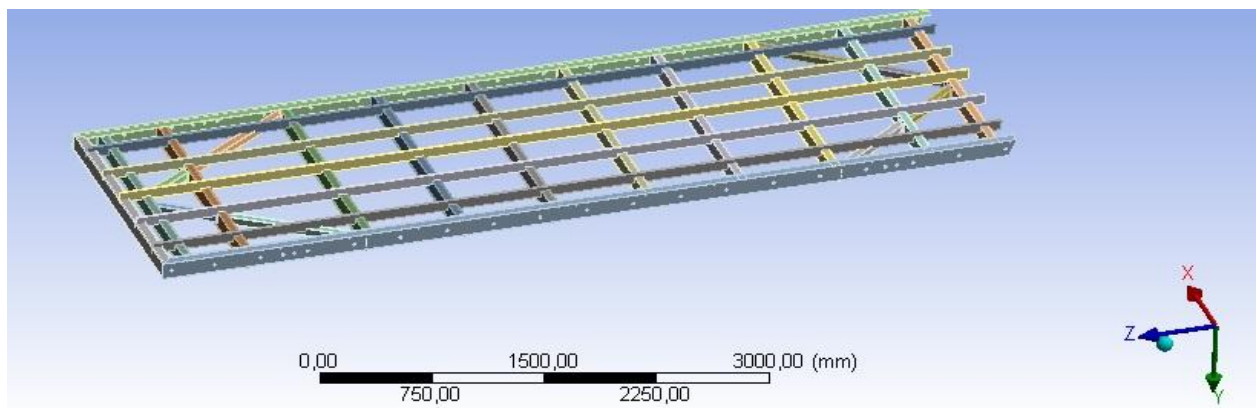
Sõela arvutuslik pind moodustab:

$$F_{210} = \frac{280}{110 \cdot 1,096 \cdot 0,8 \cdot 1,32 \cdot 1,35 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1} = 1,1 \text{ m}^2$$

Sõela toolikkus sõltub otseselt sõela pindalast, seega võib saadud arvutuste põhjal valida konkreetne sõela mudel.

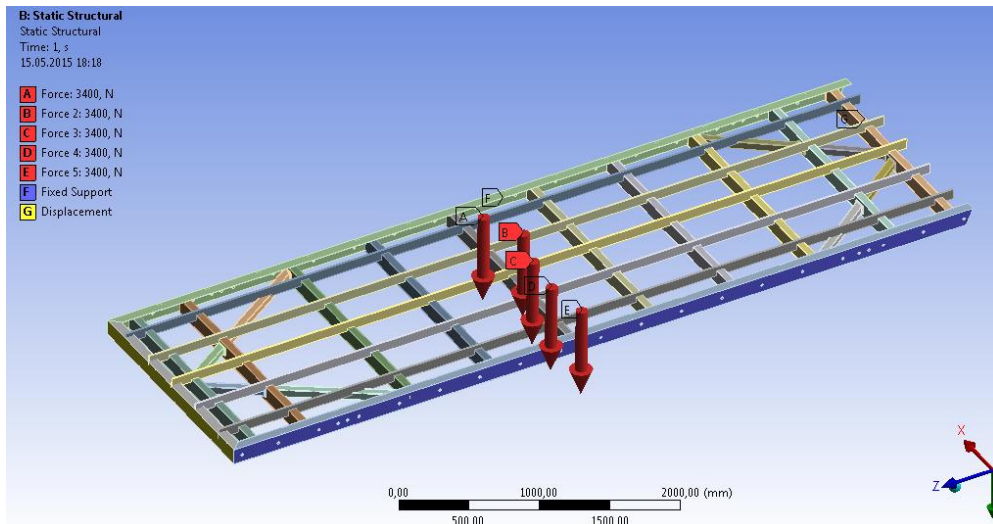
5.1.1.4 Sõeluri sõela analüüs võimalikule deformatsioonile ja konstruktsioonipingele

Selle analüüsi jaoks oli projekteeritud vibratsioonisõeluri mudel programmis SolidWorks ja programmi ANSYS Workbench 14.5 abil simuleeritakse sellele põlevkivi andmise. Simulatsiooniks valiti ülemine sõel (sele 5.9), mis deformeerub enam, kuna kogu koormus langeb sellele.



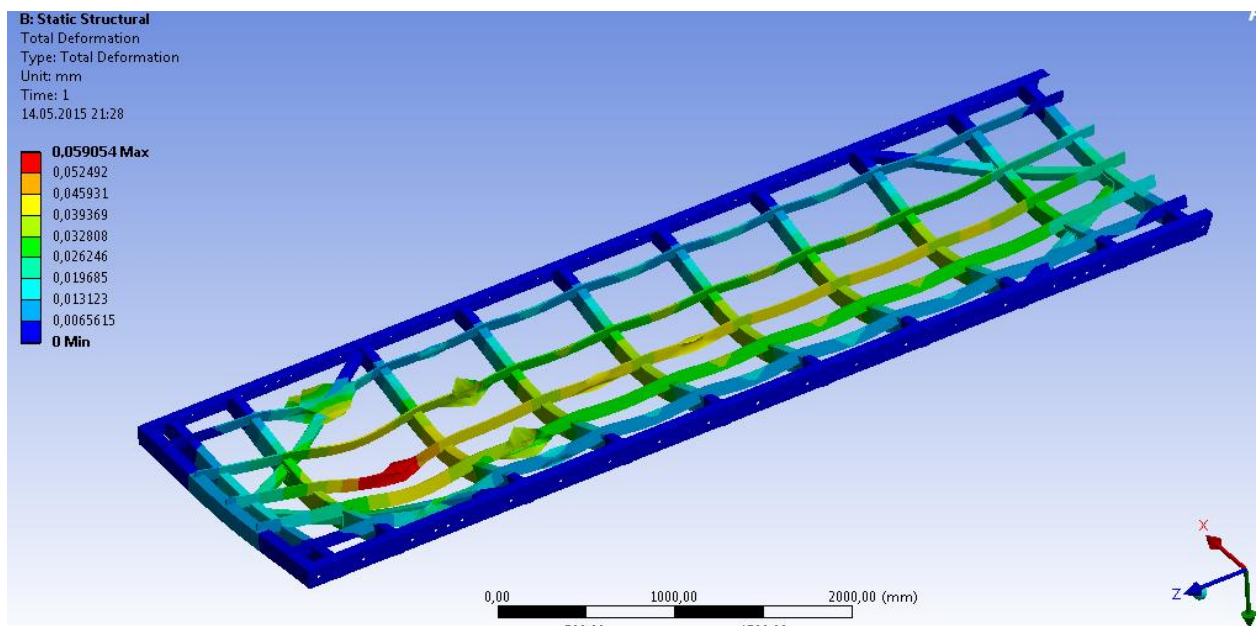
Sele 5. 10. Vibratsioonisõeluri sõel

Seejärel kinnitasime sõela horisontaalsed ääred, vertikaalsed aga jätsime võimaliku nihke asendisse piki Z-telge. Suurima deformatsiooni leidmiseks, vaadeldi sõela paigalseisus, kuid jõudude (3400 N) ühtlase toime all igale 5-st talast.

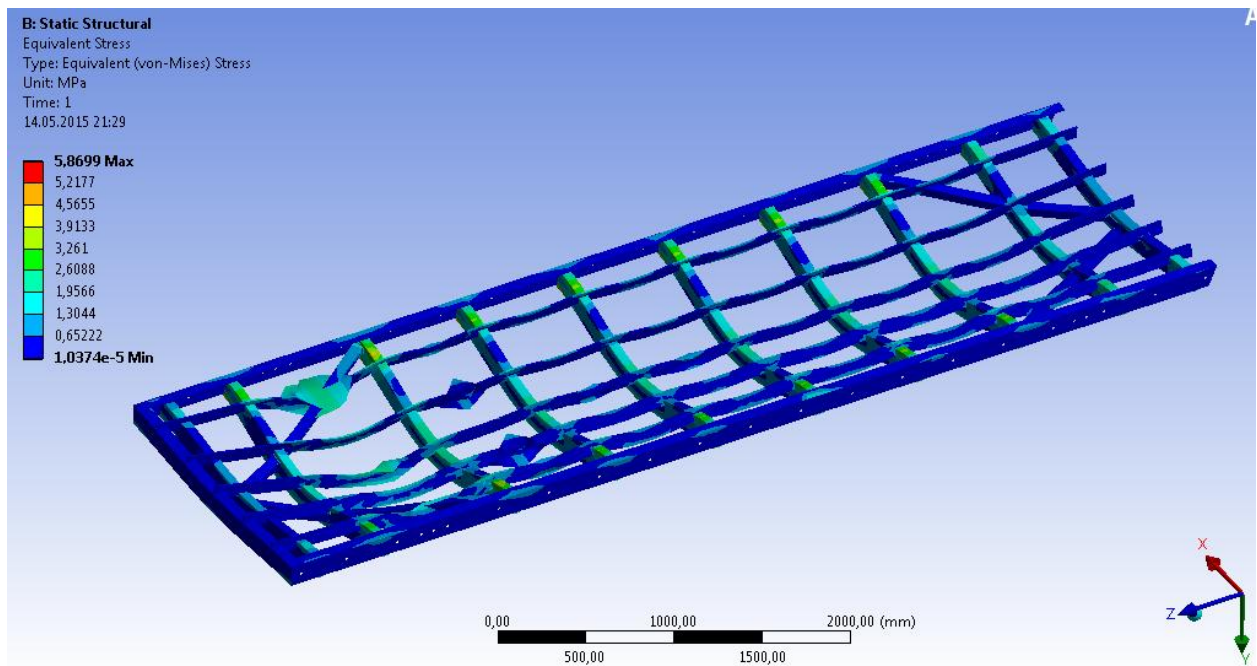


Joonis 5.11. Mõjuvate jõudude skeem.

Samuti viidi läbi sõela deformatsiooni analüüs, millest näeme, et suurima deformatsiooniga alaks osutus koht, kuhu antakse toote põhiline osa, mis edasi vibratsiooni mõjul hajub kogu pinnale.



Sele 5.12. Deformatsioon



Sele 5.13. Dünaamiline koormus

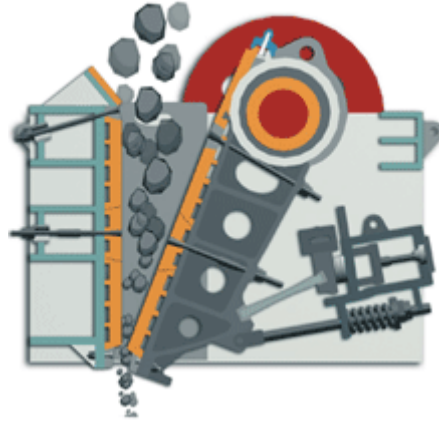
Järeldus: see sõel on võimeline vastu pidama vajalikule koormusele, kuna deformatsiooni maksimaalne suurus moodustas kõigest 0,05 mm ja maksimaalne dünaamiline koormus ainult 3,9 MPa võimaliku lubatud koormuse korral 24MPa stress.

5.2 Purustamise ja sorteerimise seadmed

5.2.1 Purustamise ja sorteerimise seadmete klassifikatsioon

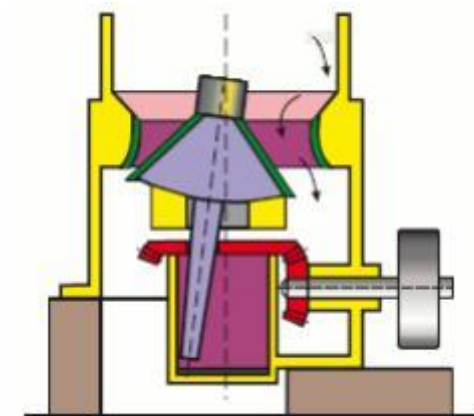
Eristatakse nelja purustajate baastüüpi. Erinevused seisnevad purustava tööorgani nelja tüüpi mõjutuses töödeldavale materjalile: põskpurusti (lõugpurusti), koonspurusti, lõõpurusti (rootorpurusti) ja valtspurusti:

a) põskpurusti (lõugpurusti) - on traditsioonilisim purusti, mis surub kivi kahe metallplaadi vahel väiksemaks tükiks. Lõugpurusti on suhteliselt lihtne, aeglase käiguga, suur, raske, laseb avast läbi ka plaatjaid tükke. Kuna ava on suur, siis on oht, et liiga suured kivid kinni kiiluvad. Skemaatilisel on põskpurusti tööpõhimõte esitatud seel 5.14.



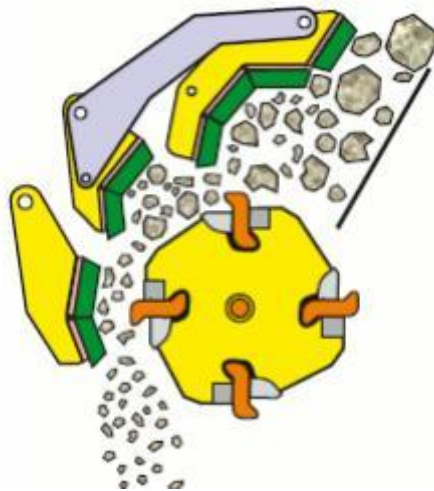
Sele 5.14. Põskpurusti tööpõhimõte

b) Koonuspurusti on purusti, kus metallist koonilise korpuse sees olev metallist koonus surub ringliikumise (kontsentriselt) kive survejõuga katki. Koonuspurustiga purustamine meenutab uhmerdamist. Koonuspurusti on üldjuhul suurem, tootlikum ja suurema avaga kui teised purustid. Skemaatiliselt on koonuspurusti tööpõhimõte esitatud seel 5.15.



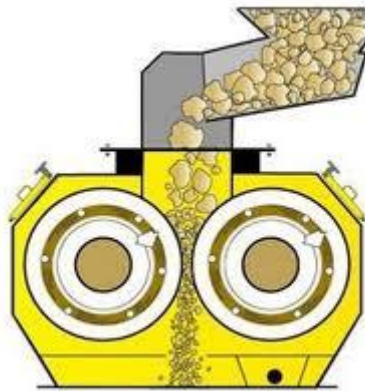
Sele 5.15. Koonuspurusti tööpõhimõte

c) Löökpurusti e. roatorpurusti (roatory crusher; impact crusher) purustab kivimit löögi abil, mis antakse kivimile pöörleva rootori labaga. Kivi lüüakse vastu purusti pörkeplaati või vastu langevaid kive (kivi vastu kivi purustamine). Skemaatiliselt on löökpurusti tööpõhimõte esitatud seel 5.16.



Sele 5.16. Löökpurusti tööpõhimõte.

d) Valtspurusti on purusti, mis survejõu abil purustab kaevist valtside vahelt läbi surudes. Valts on terasest silinder. On nii ühe, kahe, nelja, kui enama valtsiga valtspurusteid. Selleks, et hõõrdejõud oleks suurem ja lisaks surumisele saaks kasutada ka löögi, löike- ja tõmbejõudu, lisatakse silindrile tappe, nagasid, ribasid ja hambaid. Skemaatiliselt on valtspurusti tööpõhimõte esitatud seel 5.17.



Sele 5.17. Valtspurusti tööpõhimõte [16]

5.2.1.1 Purustite võrdlev analüüs

Allpool tabelis 6 on esitatud purustite võrdlev analüüs, kus on toodud iga purustite tüüpi eelised ja puudused.

Tabel 5.3

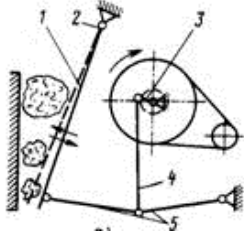
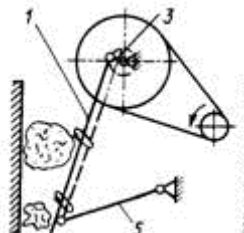
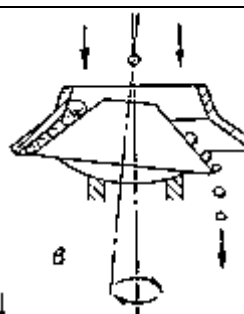
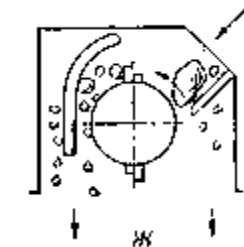
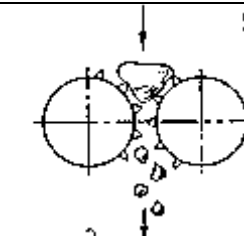
Purustite võrdlev analüüs [17]

Purusti tüüp	Eelised	Puudused
Põskpurusti	<ul style="list-style-type: none"> - Hind - Kompaktsus - Kasutustingimused - Purusti vastuvõtuava reguleerimine -Kõrge kulumiskindlus 	<ul style="list-style-type: none"> - Ei sobi väikese purustamiseks -Suur vibratsioon
Koonuspurusti	<ul style="list-style-type: none"> - Madal energiakulu(1 tonni materjali töötlemisel) -Puudub vibratsioon - Puuduvad dünaamilised koormused 	<ul style="list-style-type: none"> - Niiskeid saviseid kivimeid on purustada võimatu - Hind - Konstruktsiooni keerukus -Suurekoguline purusti
Löökpurusti	<ul style="list-style-type: none"> - Efektiivsuse reguleerimine 	<ul style="list-style-type: none"> - Piiratud purustamise aste - Niiskeid kivimeid on purustada võimatu - Ilmub tasakaalustamata inertsjõud(disbalanss), mis võib rikkuda purusti
Valtspurusti	<ul style="list-style-type: none"> - Konstruktsiooni lihtsus -Võimalus purustada niiskeid saviseid kivimeid - Ideaalne lõpptoode vorm - Remondi ja teeninduse lihtsus -Vastuvõtupunkri tühjendamine toorainest ilma purusti peatumist 	<ul style="list-style-type: none"> - Suur abrasiiv kulu - Ebahütlane valtside kulu - Tihti mitte purustatud põlevkivi satub lõpptootesse

Tabel 5.4

Purustite klassifikatsioon [5]

Purusti tüüp	Skeem	Ülesanne	Etteantava materjali omadused ja	Tootlikkus , m ³ /t

			maksimaalne suurus, mm	
Põse lihtsa liikumisega põskpurusti		Suur ja keskmine purustamine	Kõva ja abrasiiv materjal 700...1300	180...600
Põse keerulise liikumisega põskpurusti		Suur ja keskmine purustamine	Kõva ja keskmise tugevusega materjal 210...510	7...75
Koonuspurusti väikese ja kesmise purustamise jaoks		Keskmine ja väike purustamine	Kõva ja abrasiiv materjal 40...500	12...1100
Löökpurusti		Suur, keskmine ja väike purustamine	Miinimum abrasiiv materjali 100...1100	10...1200
Valtspurusti		Keskmine ja väike purustamine	Materjalid keskmise kõvadusega 35...75	10...120

Nõuded purustamise seadmetele:

materjali niiskus:	meie juhul 12 – 22%
seadmete tootlikkus:	140 t/h
sisendmaterjali mõõtmed:	0 – 1000 mm
purusti mõõtmed:	2550 x 2380 x 1880 mm

Analüüsid tabelid 6 ja 7 ning toetudes seadmete asendamiseks vajalikele lähteandmetele võib teha järelduse, et põse keerulise liikumisega põskpurusti, koonuspurusti ja valtspurusti ei sobi ettevõttes KKT Oil kasutatava põlevkivi purustamiseks. Järgnevalt on toodud tabel 8 tehtud otsuse üksikasjaliku põhjendusega.

Tabel 5.5

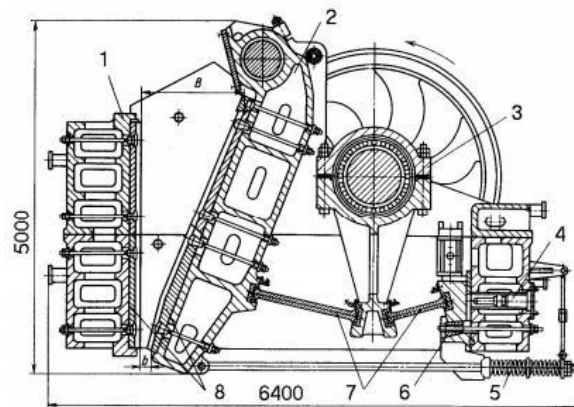
Otsuse üksikasjaliku põhjendusega

Purusti tüüp	Mittevastavuse põhjused
Koonuspurusti	- Keskmise ja väike purustamine; - Niiskeid kivimeid kihilese struktuuriga on purustada võimatu.
Põse keerulise liikumisega põskpurusti	-Antava materjali suurus liiga väike; -Väike tootlikkus.
Valtspurusti	- Ei sobi suure materjali purustamiseks; - Väike tootlikkus.

Sobiva purustava seadme valiku tegemiseks põse lihtsa liikumisega põskpurusti ja löökpurusti vahel, uurisime teavet igäihe kohta detailsemalt.

a) Põse lihtsa liikumisega põskpurusti.

Põse lihtsa liikumisega põskpurusti konstruktsioon on näidatud sele 5.18.

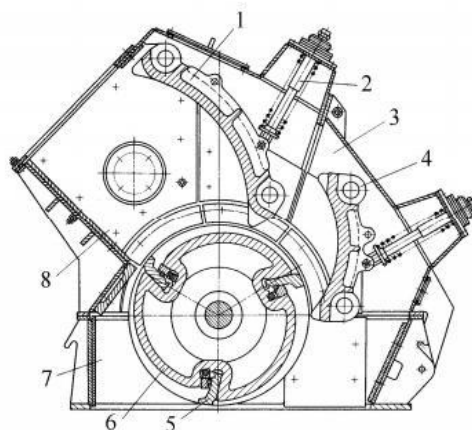


Sele 5. 18. Põse lihtsa liikumisega põskpurusti (SMD tüüp).

Põskpurusti põhilisteks konstruktiivseteks sõlmedeks on: 1 - kere; 2 - liikuv põsk; 3 - keps; 7- distantsplaadid; hõõrsidurid.

b) Rootorpurusti

Tehnoloogilise tunnuse järgi eristatakse suure, keskmise ja väikese purustamisega rootorpurusteid. Suure purustamisega purustid on ette nähtud peamiselt purustamise esimese astme jaoks, keskmise ja väikese purustamisega purustid – järgnevate purustamise astmete jaoks. Rootorpurusti konstruktsioon on näidatud selel 5.19.



Sele 5.19. Suure purustamisega rootorpurusti konstruktsioon (SMD-86A tüüp) 1- peegeldav plaat; 2 - amortisaatorid; 3 – klapposa; 4 - korpuse külgeinad; 5 - lokk; 6 - rootor; 7 – korpuse; 8 – liikumatu osa

Rootorpurustid on võrreldes põskpurustitega tootlikumad, väiksema massiga ja mõõtmetega, lihtsamalt valmistatavad, vähem tundlikud purustumatute esemete sattumisele, neil on olemas valikuline purustamine. Rootorpurustite põhiliseks puuduseks, mis takistavad nende laialdast levikut, on:

- 1) Põrkeplaatide väike ressurs. Neid on vaja tihedamini vahetada lihtsate ja abrasiivsete materjalide purustamisel;
- 2) Purustamise astme piiratus;
- 3) Ei sobi niiskete materjalide purustamiseks (põlevkivi 22%);
- 4) Disbalansi tekkimine, mis edaspidi võib vigastada agregaadid sõlme [17].

Järeldus: toetudes töös esitatud tehnoloogilise protsessi jaoks kaalukatele puudustele loendile – teeme valiku põskpurustite kasuks.

5.2.2 Turu analüüs ja põskpurusti mudeli valik

Purustamine on ettevalmistavaks protsessiks põlevkivi rikastamisel. Maavarade rikastamise protsessid on üsna töömahukad – neile kulub 40% kuni 60% kogu elektrienergiast, mida kulutatakse rikastamisele. Tooraine tihedus 1080 kg/m^3 , puistemass $1,096 \text{ t/m}^3$, niiskus 22%, kõvaduse koefitsient Protodiakonovi järgi (LISA 3). Toorainet kaevandatakse avatud moodusel, tooraine tüki maksimaalne suurus on 1000 mm. Tehniline ülesanne näeb ette vastuvõtupunkrist saabuva 210 – 1000 mm fraktsiooniga tooraine purustamise kuni fraktsioonini $\dots < 210 \text{ mm}$. Tooraine purustamise optimaalne suurus moodustab sellisel juhul 100 – 200 mm keskmise ja suure kõvadusega tooraine jaoks $d_H = 150 \text{ mm}$.

Vastavalt tooraine vastuvõetud purustamise suurusega on purustamise aste võrdne:

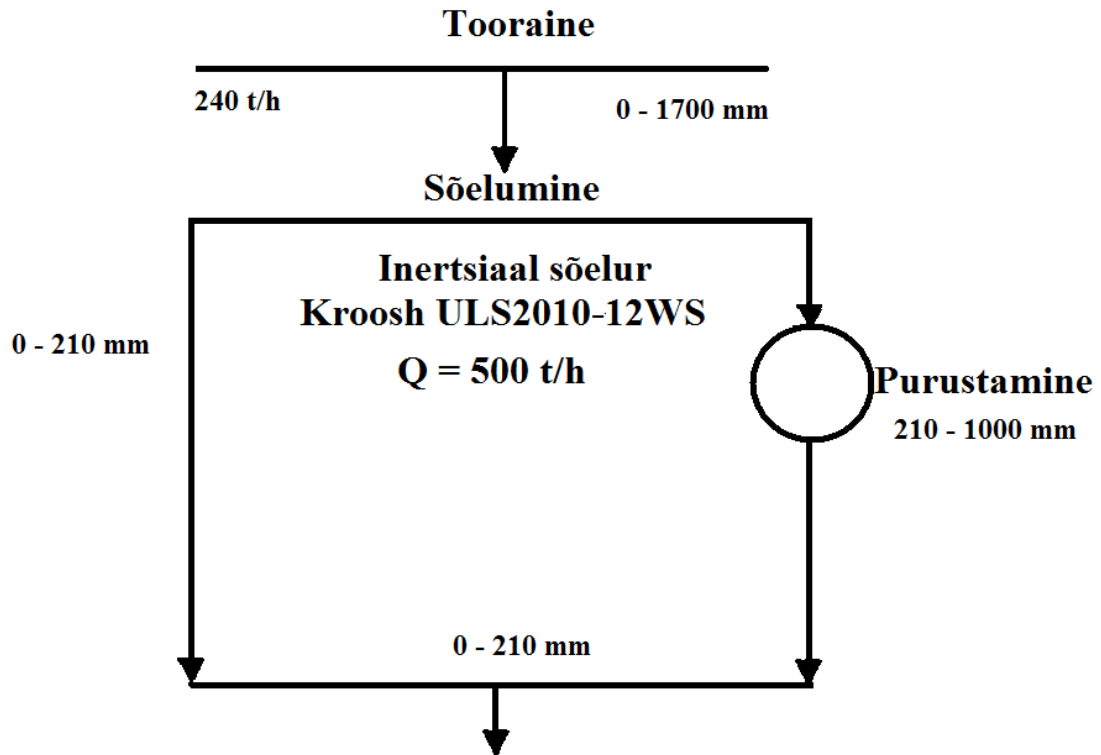
$$i = \frac{D_H}{d_H} = 1000/150 = 6,666 \approx 6,67 \quad (5.2)$$

Võttes arvesse lähtetooraine maksimaalsete tükide suuri mõõtmeid ($d_H = 1000 \text{ mm}$) eeldame suuremõõtmelise purusti paigaldamist vastuvõtuava suure laiusega. Sellisel juhul võib eeldada tootlikkuse varu. Seoses sellega võtame purustamise astme keskmisest mõnevõrra väiksemaks.

$$i_I = 6,02$$

Purustatud toodete nominaalne suurus on staadiumites võrdne:

$$d_{H=} = \frac{1000}{6,02} = 166,11 \text{ mm}$$



Sele 5.20. Purustamise skeem

Purustite vastuvõtuavade B minimaalse laiuse määramine.

Leiame need suurused valemi järgi:

$$B = (1,15 - 1,20) \cdot D_H, \quad (5.3)$$

kus:

B – purusti vastuvõtuava laius, mm;

D_H – kivimi nominaalne jämedus purusti toites, mm.

$$B = 1,15 \cdot 1000 = 1150 \text{ mm}$$

Purustite mahalaadimise vahemike laiuse määramine.

Nende suuruste määramiseks kasutame valemit:

$$l = \frac{d_H}{Z}, \quad (5.4)$$

kus:

l – purusti mahalaadimise vahemiku laius, mm (suure purustusastmega põsk- ja koonuspurustitel on see suurus profiilide avamise faasis);

d_H – purustatud toodete nominaalne suurus, mm;

Z – suurendamise koefitsient.

Väärtus Z on purustamise astemete järgi võrdne:

I aste $Z_I = 1,5$;

Tabel 5.6

Suurendamise koefitsient - Z ja purustatud toodete nominaalne suurus d_u

Purusti tüüp	Mahalaadimise vahemike laius, mm	Tooraine kõvadus					
		Pehmed		Poolkõvad		Kõvad	
		d_u	Z	d_u	Z	d_u	Z
1	2	3	4	5	6	7	8
Põse lihtsa liikumisega põskpurusti	-	-	1,3	-	1,5	-	1,7
Koonuspurusti-1200	10	14	1,4	17	1,7	19	1,9
	20	24	1,2	28	1,4	32	1,6
	30	36	1,2	42	1,4	48	1,6
	40	48	1,2	56	1,4	64	1,6
Koonuspurusti-1750	15	25	1,7	29	1,9	33	2,1
	20	32	1,6	34	1,7	38	1,9
	30	45	1,5	51	1,7	54	1,8
	40	60	1,5	68	1,7	72	1,8
	50	75	1,5	85	1,7	96	1,8
	60	90	1,5	102	1,7	108	1,8

Antud juhul on avatud purustamise tsüklitega skeemi jaoks mahalaadimise vahemike laius võrdne:

$$l = \frac{d_H}{Z} = \frac{166,11}{1,5} = 110,74 \text{ mm}$$

Purusti töötamisel suletud tsüklis sõeluriga peab selle mahalaadimise vahemike laius olema 20-25% võrra väiksem, kui sõeluri sõela ava mõõtmetest. Sellisel juhul on sõelaaluse toote kogus maksimaalne ja tsirkuleeriva toote kogus minimaalne. Sellisel juhul saame,

$$l = d_H - d_h \cdot 0,2 = 166,11 - (166,11 \cdot 0,2) = 132,91 \text{ mm} \quad (5.5)$$

Võtame kasutusele järgmised tähistused:

Q - kaalu kogus t/h;

Q_0 - materjali mahu kogus m^3/h ;

N_m - puistemass t/m^3 .

Purustitesse saabuva materjali mahu kogus määratakse kui kaalu koguse ja puistemassi suhe. Siit:

$$Q_0 = \frac{Q}{N_m} = 140 / 1,096 = 127,74 \text{ m}^3/h \quad (5.6)$$

5.2.3 Purustite arvutus ja valik

Tehniliste omaduste järgi valitakse paigaldamiseks tehnoloogiliselt võimalikud purustid, mis tagavad üleval toodud arvutusega määratud tooraine tükide vastuvõtu ja väljundvahemike vajaliku laiuse. Nõuded purustitele koondatud tabelis 10. Edaspidi määratakse valitud purustite tootlikkuse väljundvahemike vastuvõetud laiuse korral.

Tabel 5.7

Nõuded purustitele

Purusti tüüp	Mahalaadimise vahemike laius, mm	Purusti vastuvõtuava laius, mm	Tootlikkus, m^3/t	Võimalikud variandid	Päritolumaa
Põsk-purusti	132,91	1150	127,74	Sandvik CJ409	Rootsi
Põsk-purusti	132,91	1150	127,74	Metso C116	Soome
Põsk-purusti	132,91	1150	127,74	КМ ДЦ-11*14	Venemaa
Põsk-purusti	132,91	1150	127,74	PE-900*1200	Hiina

5.2.3.1 Purusti SANDVIK CJ409 tootlikkuse määramine.

Kasutatakse valem:

$$Q_0 = K_k \cdot K_j \cdot K_n \cdot Q_p \cdot \frac{l}{l_p}, \quad (5.7)$$

kus,

Q_0 – purusti mahuline tootlikkus mahalaadimise vahemiku laiuse korral, m^3/h ;

K_k, K_j, K_n – paranduskoefitsiendid vastupidavuse, kõvaduse ja niiskuse korral;

Q_p – purusti passijärgne tootlikkus väljundvahemiku laiuse nominaalse (passijärgse) laiuse korral, m^3/h .

l_p – purusti väljundvahemiku passijärgne laius, mm.

l – väljundvahemiku arvutuslik laius, mm.

Edaspidi määratakse paranduskoefitsiendid tabeli järgi:

Tabel 5.8

Paranduskoefitsiendid

Kõvaduse kategooria	Pehmed		Poolkõvad			Kõvad		Väga kõvad		
Kõvadus, f	9 ja vähem		10	11-14	15	16-17		18-20		
Paranduskoefitsient, K_f	1,20		1,0	1,0	0,97	0,95		0,90		
Tooraine niiskus, K_n %	4	5	6		7	8	9	10	11	
Paranduskoefitsient, K_w	1,0	1,0	0,95		0,9	0,85	0,8	0,75	0,65	
Kivimite suure mõõduga sisaldus (suurem kui 0,5B vastuvõtuavas), %	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80
Paranduskoefitsient, K_{kr}	1,10	1,08	1,05	1,04	1,03	1,00	0,97	0,95	0,92	0,89

Koefitsientide väärtused on järgnevad:

$$K_k = 1,08;$$

$$K_n = 0,65;$$

$$K_h = 1,20.$$

Vaadeldava purusti jaoks on passijärgne tootlikkus Q_p väljundvahemiku laiuse nominaalse (passijärgse) laiuse korral võrdne 295 – 390 t/h. Valitakse 295 t/h, kuna see on lähedane meie purusti nominaalsele võimsusele $Q = 40$ t/h.

$$Q_p = \frac{295}{1,096} = 269,16 \text{ m}^3/\text{h}; \quad (5.8)$$

$$l_p = 150 \text{ mm}.$$

Väljundvahemiku arvutuslik laius $l = 132,91$ mm ja siis,

$$Q_0 = 1,08 \cdot 1,20 \cdot 0,65 \cdot 269,16 \cdot \frac{132,91}{150} = 226,74 \cdot 0,89 = 200,9 \text{ m}^3/\text{h}.$$

5.2.3.2 Purusti Metso C116 tootlikkuse määramine.

Toetudes purusti passi andmetele, teame minimaalne ja maksimaalne purusti Metso C116 tootlikkus $\rightarrow Q_p = 165\text{-}205$ t/h, ja samuti teame purusti väljundvahemiku laiuse reguleerimise ulatus $\rightarrow l_p = 70\text{-}220$ mm. Sellel juhul arvutatakse purusti tootlikkus kasutades interpolatsiooni valemit:

$$Q_0 = Q_{max} - \frac{Q_{max} - Q_{min}}{l_{max} - l_{min}} \cdot (l_{max} - l) \quad (5.9)$$

kus,

Q_{max} – purusti maksimaalne tootlikkus väljundvahemiku laiuse maksimaalse (passijärgse) laiuse korral, m^3/h ;

Q_{min} – purusti minimaalne tootlikkus väljundvahemiku laiuse minimaalse (passijärgse) laiuse korral, m^3/h ;

l_{max} – purusti väljundvahemiku passijärgne maksimaalne laius, mm;

l_{min} – purusti väljundvahemiku passijärgne minimaalne laius, mm;

l – Väljundvahemiku arvutuslik laius, mm

$$Q_{max} = \frac{205}{1,096} = 187,0437 \approx 187,04 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$Q_{min} = \frac{165}{1,096} = 150,547 \approx 150,55 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$l_{max} = 220 \text{ mm};$$

$$l_{min} = 70 \text{ mm};$$

Väljundvahemiku arvutuslik laius $l = 132,91$ mm ja siis,

$$\begin{aligned} Q_0 &= 187,04 - \frac{187,04 - 150,55}{220 - 70} \cdot (220 - 132,91) = 187,04 - \frac{36,49}{150} \cdot 87,09 = \\ &= 187,04 - 21,19 = 165,85 \text{ m}^3/\text{h}, \end{aligned}$$

5.2.3.3 Purusti KM-ДЩ 11*14 tootlikkuse määramine.

Kasutatakse sama valemit (6), nagu purusti Metso C116 tootlikkuse määramiseks.

Purusti passi andmed:

$$Q_{max} = 240 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$l_{max} = 250 \text{ mm};$$

$$Q_{min} = 110 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$l_{min} = 100 \text{ mm};$$

Väljundvahemiku arvutuslik laius $l = 132,91 \text{ mm}$ ja siis,

$$Q_0 = 240 - \frac{240 - 110}{250 - 100} \cdot (250 - 132,91) = 240 - \frac{130}{150} \cdot 117,09 = 240 - 101,48 = 138,52 \text{ m}^3/\text{h}.$$

5.2.3.4 Purusti PE-900*1200 tootlikkuse määramine.

Koefitsientide väärtused on võrdsed:

$$K_k = 1,08;$$

$$K_n = 0,65;$$

$$K_j = 1,20.$$

Vaadeldava purusti jaoks on passijärgne tootlikkus Q_p väljundvahemiku laiuse nominaalse (passijärgse) laiuse korral võrdne 220 – 380 t/h. Valime 220 t/h, kuna see on lähedane meie purusti nominaalsele võimsusele $Q = 140 \text{ t/h}$.

$$Q_p = \frac{220}{1,096} = 200,73 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$l_p = 165 \text{ mm}$$

Väljundvahemiku arvutuslik laius $l = 132,91 \text{ mm}$ ja siis,

$$Q_0 = 1,08 * 1,20 * 0,65 * 200,73 * \frac{132,91}{165} = 169,1 * 0,81 = 136,21 \text{ m}^3/\text{h}.$$

5.2.3.5 Lõpp purustite valik.

Arvutuse tulemused on esitatud tabelis 12, kus samuti on toodud purustite elektrimootorite võimsused [13].

Tabel 5.9

Arvutuse tulemused

Purusti mudel	Tootlikkus		Tootlikuse varutegur, Q_0	Elektrimootori võimsus, kW
	Vajalik	Arvutuslik		
Sandvik CJ409	127,74	200,9	1,57	75
Metso C116	127,74	165,85	1,3	132
КМ ДЦ-11*14	127,74	138,52	1,08	200
PE-900*1200	127,74	136,21	1,07	160

Paigaldamiseks valitakse põskpurusti Sandvik mudeli CJ409, kui väiksemat energiakulu nõudva.

6. TRANSPORTIMISE SEADMED

Kuna tehase juhtkond soovib perspektiivis teha põlevkivi andmine PVS-le otse põlevkivikaevandusest, mis omakorda toob kaasa vahepunkri ja kiikuva toitja demonteerimise ja nende paigaldamise uue lintkonveieri asukohas, millele samuti hakkab toimuma ümberpuistamine lintkonveierilt pos. nr. 94, siis ei ole antud momendil võimalik teha arvutusi tulevase konveieri jaoks.

Uue konveieri arvutusel ja ehitamisel tuleb arvesse võtta selliseid faktoreid, nagu:

- kaevanduse/karjääri kaugus ja geograafiline asukoht;
- lindile antava materjali tükkide jämedus;
- põlevkivi lindile andmise kiirus ja maht.

6.1 Konveierilintide ühtlustamine

Kuna üldiste näitajate järgi ei ole tootlikkuse suurendamine eriti oluline (suurenemine 40 tonni võrra), siis on võimalik kasutada selle kaubamärgi ja näitajatega linti, mida kasutatakse ka praegu ja nimelt 2T2x1000x5 TK200-2x6.

Uue konveieri jaoks autorid teevad ettepaneku kasutada sama tüüpi konveieri linti, antud tüüpi seadmete ühtsustamiseks, mis võimaldab vähendada ajakulusid remondile ja tööseisakutele, kuna olemasolev (tagavara/reserv) lint hakkab selle või teise konveieri rike korral olema laos.

Järgnevalt on esitatud lintkonveieri pos. nr. 94 tehniliste omaduste ja arvutuste tabel 13 lähendusmeetodil.

Tabel 6.1

Arvutuste tabel lintkonveieri pos. nr. 94 tehniliste omaduste lähendusmeetodil [18]

Konveier L, m		55	Konveieri skeem		
Tõstekõrgus $H+H_0$, m		10			
Tootlikkus Q, t/h		280			
Tooraine karakteristik	Nimetus	Põlevkivi	Lint	Vaade	Üldotstarbeline
	Suurus, mm	0-210		Kiirus V, m/s	1,84
	Puistemass,kg	1,096		Nurk,	17
	Nurk,kraad °	20			

				kraad °	
Keskkonnatingimused	Suletud galerii			Laius B, mm	1000
Tööaeg päevas, tund	24				
$P = K_d \cdot L \cdot w(q_r \cdot q_p' \cdot q_p'' + 2 \cdot q_{d.kesk}) + q_r(H + H_0) =$ $= 1 \cdot 55 \cdot 0,04(100 + 50 + 10,3 + 2 \cdot 20) + 220 \cdot 10$ $= 2621 \text{ daN}$				$S = S_{tp} + S_{t.kp} = 3538 + 917 = 4455 \text{ daN}$	
			Trumli mõõdud ja tüüp 10050Г-80		
$M_{kr} = P \cdot \frac{D}{2} = 2621 \cdot 0,25 \approx 655 \text{ daN} \cdot m$			Konveieri mõõdud 10050-80		
	$\alpha = 210^\circ$	$K_s = 0,35$	Elektrimootori karakteristikud N= 30kW; n=1500 p/min		
$S_{tp} = P \cdot K_s = 2621 \cdot 1,35 = 3538 \text{ daN}$			Reduktor		
$S_{t.kp} = S_{tp} - P = 3538 - 2621 = 917 \text{ daN}$			Tüüp: И2Y315		
$z_p = \frac{S_{tp} \cdot n_0}{B \cdot K_t} = \frac{3538 \cdot 9,1}{100 \cdot 100} = 3,22$			Raami mõõdud 10040-60-50		

6.2 Alusrullid

Üheks konveierite tõrgeteta töö osafaktoritest on alusrullid. Antud töös pakutakse läbivaatamiseks plastist rulle, mis on kõrge tihedusega polüetüleenist TOP/V1 20F 89PE 280/288/320. Kõrge tihedusega polüetüleenist valmistatud alusrullidel on terasrullide ees rida eeliseid. Alusrullide välispind on tehtud kõrge tihedusega polüetüleenist ja tagab suurepärase löögitugevuse, korrosiooni, hapete ja leeliste vastase vastupidavuse. Plastist alusrull ei jää alla terasrullile sünteetilise polümeeri tugevdatud struktuuri tõttu. Patenteeritud labürinttihendus kaitseb laagrit 45% võrra paremini vee ja tolmu sattumise eest, kui traditsioonilised labürindid. Kolmekordsete labürinttihendite spetsiaalne tehnoloogia võimaldab säilitada kuivana alusrulli sisepinna mis tahes tingimustes. Polümeerist alusrullide suureks eeliseks on madal kasutuskulude hind. Alusrullid ei vaja täiendavat määrimist. Tänu väikesele massile on neid kerge maha võtta ja asendada uutega. Tänu sellele väheneb teenindamise aeg ja lühenevad konveieri kallid seisakud. Polümeerist alusrullidele ei kleepu transporditav materjal. Seoses sellega liigub konveierilint sirgjooneliselt ja ei kulu intensiivselt. Erinevalt metallist rullidest on polümeerist alusrullid samuti vastupidavad abrasiivide toimele. Alusrulli hermeetiline laager on kaitstud niiskuse ja tolmu sattumise eest kolmekordsete

labürinttihenditega ja ei vaja määrimist, sellel on suurepärase dünaamiline tasakaalustus ning alusrulli tühine hõõrdejõud ja väike kaal võimaldab kokku hoida elektrienergiat [19].

7. ELEKTROMAGNETILINE SEPARATSIOON

Elektromagnetilise separatsiooni peamiseks ülesandeks on toorainest ferromagnietsete lisandite eraldamine. Kõige sobivama separatsioonisüsteemi tegime me turul olemasolevate kättesaadavate seadmete analüüsi.

7.1 Analüüs

Viidi läbi mittesoovitavate (lõpptoodete kvaliteedile negatiivselt mõjuvate või tehnoloogiliste seadmete rikkeid tekitavate) lisandite mitmesuguste tootmiste toorainete komponentidest eraldamiseks kasutatavate elektromagnetiliste separaatorite võrdlev analüüs.

Moraalselt aegunud elektromagnetilised valtsseparaatorid on kohmakad, mitteusaldusväärsed ja kasutamisel kulukad. Lintkonveieriga püsिमagnetiga separaatorite konstruktsioonil on ridamisi kõrvaldamatuid defekte, mis takistavad nende kasutamist antud ettevõtte tingimustes. Nii on antud keemiaetevõtte tingimustes Balti põlevkivist ferromagnietsete lisandite eraldamiseks on kõige sobivamad trumliga kõrgintensiivsed magnetseparaatorid. Antud momendil kasutatakse mäetööstuses magnetseparaatorite süsteeme põhiliselt ainult metallist ja metalle sisaldavate lisandite eraldamiseks, mitte aga toodangu fraktsiooniliseks sorteerimiseks. Kuid töös võetakse vaatluse alla sorteerimise variandi kolmeks fraktsiooniks (0-25 mm; 25-125 mm; 125-210 mm) antud separeerimise süsteemi abil. Toodangu eraldamiseks magnetilise separeerimise meetodil peab elektromagnetilise magnetseparaatori magnetsüsteem tekitama mittehomogeense magnetvälja, kusjuures magnetvälja pinge suurus ja pinge suuruse gradient on elektromagnetilise trumli tähtsaimateks omadusteks, mis otseselt mõjutavad separeerimise tulemusi. Käesoleval ajal kasutatakse magnetseparaatorite omadustena magnetvälja induktsiooni ja magnetvälja induktsiooni gradiendi väärtusi.

Separatori konstruktiivsed omadused, selle reguleerimine, materjali doseerimise moodus, tootlikkus (rikastatava materjali kihi paksus) mõjutavad samuti separeerimise protsessi. Tänapäeval on teada 2 tüüpi magnetseparaatoreid, mida kasutatakse nõrgalt magnetiseerunud või mittemagnetiliste kivimite magnetiliseks rikastamiseks. Analüüsime nende separaatorite eeliseid ja puudujääke.

7.1.1 Elektromagnetilised valtsseparaatorid

Seda tüüpi separaatorites luuakse liikumatu magnetjuhtme ja horisontaalpinnas pöörleva valtsi vahel elektromagnetilise pooli abil magnetväli. Pöörleval terasest valtsil on spetsiaalsed ended, millel tekib separeerimiseks vajalik ebaühtlane magnetväli. Vahemikku liikumatu

magnetjuhtme ja pöörleva valtsi vahele antakse materjal. Magnetlisandid tõmbuvad lähemale pöörleva valtsi eenditele ja jätkates pöörlemist koos sellega omandavad kineetilise energia. Väljudes vahemikust koos valtsiga kaob magnetlisanditele mõjuv ja neid eendite küljes hoidev magnetväli (väljaspool vahemikku on magnetväli väike) ja eralduvad jätkates inertsil mõjul liikumist omandatud kineetilise energia arvelt.

Separeeritud põlevkivi kvaliteet.

Osa rikastatud põlevkivis olevast teraskulumist kleepudes valtsile ei eraldu ja pöörleb koos sellega, muutes magnetvälja geomeetriat töövahemikus. See halvendab magnetilise separeerimise tulemusi. Teraskulumise eemaldamiseks on vaja puhastada valtse väljalülitatud magnetvälja korral. Teist osa teraskulumist valts ei eralda ja see koguneb liikumatul magnetjuhtmel „habemena“ rikastatud põlevkivi väljumiskohal. Osa „habemest“ kukub perioodiliselt maha ja satub rikastatud põlevkivisse. Separaatori magnetvälja väljalülitamise korral kukub kogu „habe“ rikastatud põlevkivisse.

Separaatorite puudused.

- tarbitava elektrienergia suur võimsus (tootlikkusel 6 t/h tarbitakse elektrienergiat 30 kW/h) ja suur mass (8 t);
- konstruktsiooni ebausaldusväärsus (valtside pöörlemisel magnetväljas tekivad pöörisvoolud, mis lõhuvad tugilaagreid).

Järeldus. Elektromagnetilistel valtsseparaatoritel on rida konstruktiivseid puudusi, suured kasutamiskulud ja need ei taga magnetilise rikastamise stabiilselt kõrget kvaliteeti. Elektromagnetiliste valtsseparaatorite ostmise põlevkivi rikastamiseks ei ole otstarbekas.

7.1.2 Lintkonveieriga püsomagnetiga separaatorid

Lintkonveieriga püsomagnetiga separaator kujutab endast transporterit, mille veorulliks on magnetrull. Rulli magnetsüsteem on ehitatud raud-neodüüm-boor püsomagnetitest, mis tagab separaatori kõrged magnetilised omadused. Põlevkivi antakse kevlarist transpordilindile ja liikudes koos sellega satub magnetrullile. Magnetfraktsioon tõmbub transpordilindi külge rulli magnetsüsteemi abil. Edasisel liikumisel lahkub transpordilint rulli pinnalt, rulli magnetsüsteemi toime kaob ja toimub eraldumine raskusjõu mõjul. Külgetõmbejõu poolt mõjutamata rikastatud põlevkivi eraldub varem piki teist trajektoori kesktõmbe- ja raskusjõu mõjul.

Separeeritud põlevkivi kvaliteet.

Õhus tolmuna sisalduv magnetfraktsioon settib rulli pinnale, moodustades seal „kasuka“. Kasuka paksusel 0,5 mm halveneb separateerimise kvaliteet. Rikastamise kvaliteet on väga tundlik kevlarist lindi seisukorrale. Samuti toimub vesijahutuse puudumisel rullide magnetsüsteemide koosseisu kuuluvate püsomagnetite temperatuuriline demagneetimine, st separaator muutub kasutuskõlbmatuks. Seda näitab purustamise ja sorteerimise seadmete rikete suurenemine.

Separaatrite puudused.

Lühiealine ja kallis transpordilint (lindi kulumine õhus tolmuna sisalduva magnetfraktsiooni rulli pinnale settimise arvelt). „Kasuka“ eemaldamiseks või lindi vahetamiseks on vajalik separaatori osaline lahti võtmine, lindi maha võtmine, rulli pinna hoolikas puhastamine. See protsess on väga töömahukas ja tehakse spetsiaalselt koolitatud kõrgelt kvalifitseeritud personali poolt.

Järeldus. Lintkonveieriga püsomagnetiga separaatrite konstruktsioonil on ridamisi kõrvaldamatuid defekte, mis raskendavad nende kasutamist antud ettevõtte tingimustes.

Tabel 7.1

Magnet süsteemide tehnilised karakteristikud

Tehnilised karakteristikud (töötsoonis)	Seadmete nimetus	
	Elektromagnetiline valtsseparaator	Lintkonveieriga püsomagnetiga separaator
Magnetiline induktsioon, B,T	1,2	1,2
Hindamis gradient, T/mm	0,07	0,03

Esitatud magnetseparaatrite puuduste analüüs näitab vajadust luua kaasaegne, usaldusväärne, odav, väiksemõõtmeline ja pidevat seiret mittevajav magnetseparaatori konstruktsioon põlevkivi magnetiliseks rikastamiseks ja fraktsiooniliseks sorteerimiseks. Selline

konstruktsioon õnnestus luua trumliga kõrgintensiivse magnetsüsteemiga varustatud magnetseparaatoriga raud-neodüüm-boor püsomagnetitel.

7.1.3 Kõrgintensiivse püsिमagnetsüsteemiga trummel magnetseparaator.

Protsess toimub põlevkivi andmisel trumlile, mis pöörleb ümber liikumatu kõrgintensiivse magnetsüsteemi. Andmine toimub lintkonveieri lindi liikumise arvelt. Trumli materjaliks on – mittemagnetiline roostevaba teras. Trumli sees asuv liikumatu magnetsüsteem hõivab 120 kuni 180 kraadi ringist. Separatsiooni tsoonis tõmbab magnetsüsteem magnetlisandeid pöörleva trumli pinnalt. Jätkates pöörlemist koos trumliga väljutatakse magnetlisandid liikumatu magnetsüsteemi magnetjõudude toime väljast mahalaadimise tsooni. Kuna kauguse suurenemisel magnetjõud muutuvad nõrgemaks, siis raskusjõu mõjul kukub põlevkivi trumlilt maha.

Separatori eelised. Kõrgintensiivse püsिमagnetsüsteemiga trummel magnetseparaatori konstruktsioon on lihtne ja usaldusväärne. Trumlite välispindade tööiga on vähemalt 5 aastat. Kõrgintensiivse püsिमagnetsüsteemiga trummel magnetseparaatori eelised võrreldes elektromagnetiliste separaatoritega seisnevad paremas separeerimise kvaliteedis, töömahukate remontide ja suure elektrienergia tarbimise puudumises, samuti puudub vajadus jälgida separaatorite tööd ja on võimalus kasutada separaatoreid tolmuses kohas [20].

7.2 Põlevkivi omadused

Kuna oma töös me vaatleme magnettrumli kasutamise varianti, siis oli vaja uurida põlevkivi keemilist koostist ja selle füüsikalisi omadusi.

Tabel 7.2

Eesti põlevkivi orgaanilise ja mineraalse osa keemiline koostis

Organiline osa		Liivsavi		Karbonaatne osa	
Komponent %	Kogus	Komponent	Kogus %	Komponent	Kogus %
C	76,0 – 77,5	SiO ₂	59,8	CaO	48,1
H	9,4 – 9,9	CaO	0,7	MgO	6,6
S	1,2 – 2,0	Al ₂ O ₃	16,1	FeO	0,2
N	0,2 – 0,5	Fe ₂ O ₃	2,8	CO ₂	45,1
Cl	0,5 – 11,0	TiO ₂	0,7		
O	9,0 – 11,0	MgO	0,4		
		Na ₂ O	0,8		
		K ₂ O	6,3		
		FeS ₂	9,3		
		SO ₃	0,5		
		H ₂ O	2,6		

Selleks, et vaatluse alla võtta fraktsioonideks purustatud põlevkivi sorteerimise varianti erineva suurusega põlevkivi tükkide ja massi ligitõmbamise arvelt elektromagnetilises väljas on vaja uurida põlevkivi konkreetsemalt ka metallide sisalduse suhtes selles.

Enamikul põlevkividest on tuha koostises suurem osatähtsus räni- ja alumiiniumoksiidil, osal on küllalt oluline kaltsiumoksiidi sisaldus.

Väiksem osatähtsus on Fe₂O₃, MgO, SO₃, K₂O, Na₂O sisaldusel.

Tabel 7.3

Põlevkivide tuha keemiline koostis

Leiukoht	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	$\frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO}$
	Keskmine keemiline koostis, %								
Eesti	31,0	8,2	5,9	39,5	4,8	5,0	4,2	0,3	0,9

Põlevkivi kui põlevmaavara olulusemateks kvaliteedinäitajateks on põlemissoojus eht kütteväärtus, õlisaagis tuhasus, väävli sisaldus ja niiskus .

Tabel 7.4

Põlevkivi kvaliteedinäitajad

Jrk nr	Leiukoht	Tuhasus (A ^d), %	CO ₂ , %	OA, %	Kütteväärtus (Q _d), MJ/kg	Õlisaagis (T), %	Looduslik niiskus (W), %	Väävli sisaldus (S), %
1	Eesti	46,5	18,0	35,5	13,0	23,0	7	1,7

7.2.1 Põlevkivi füüsikalised ja mehaanilised omadused.

Põlevkivi tihedus, poorsus ja mehaanilised omadused sõltuvad nende koostisest. Enamikes põlevkivides moodustab orgaanilise aine tegelik tihedus 1020 – 1100 kg/m³. Loomulikult väheneb nende tihedus orgaanilise aine sisalduse suurenemisel. Eesti kaubandusliku põlevkivi puistetihedus moodustab 1000 – 1080 kg/m³.

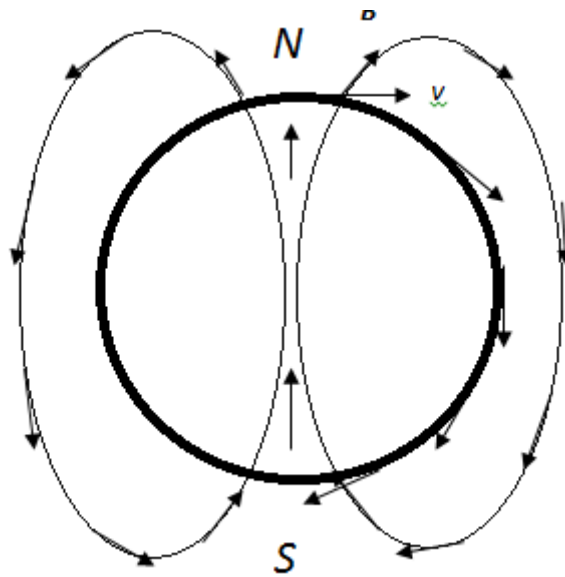
Üksikasjalikumad Balti basseini põlevkivimaardlate kivimite füüsikalised ja mehaanilised omadused on esitatud tabelis allpool.

Tabel 7.5

Balti basseini põlevkivimaardlate kivimite füüsikalised ja mehaanilised omadused [21]

Jrk nr	Näitajad	Kivimi keskmine väärtus	
		Põlevkivi	Paekivi
1	Tihedus, kg/m³		
2	Tegelik	1860	2520
3	Näiv	1510	2310
4	Poorsus, %	19	10
5	Keskmine tihedus kivimite kokkusurumiseks, MPa		
6	Kuiv	24	75
7	Looduslik niiskus	29	70
8	Keskmine tugevus kivimite venitamiseks (looduslik niiskus), MPa	2,2	4,8
9	Sidurdus, MPa	70	200
10	Hõõrdenurk, kraad	26	32
11	Kõvaduse koefitsient Protodiakonovi järgi	2	6
12	Elastsed parameetrid		
13	Young'i moodul $k \cdot 10^6$, MPa	0,019	0,29
14	Poissoni koefitsient	0,25	0,25
15	Laine levimise keskmine kiirus m/s		
16	pikisuunalised	1120	3670
17	ristsuunalised	640	2050

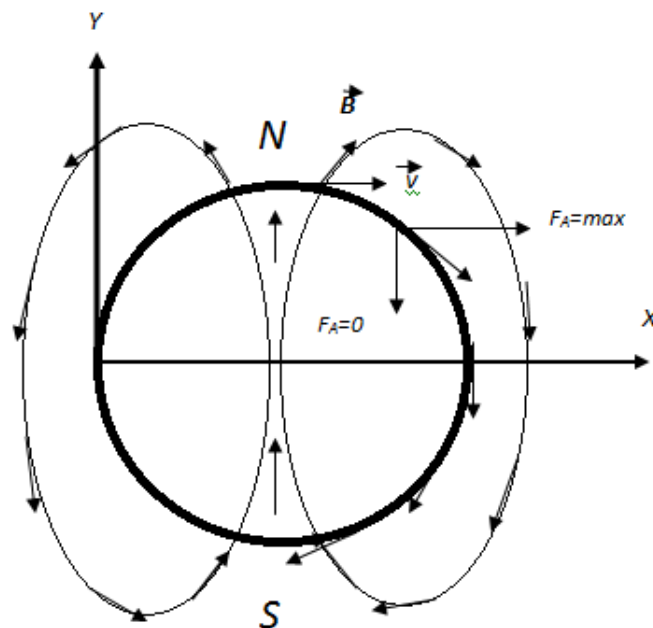
7.3 Magnettrumpli arvutused



Sele 7.1 . Induksiooniga magnetvälja jõujooned ja magnettrumli ajamiga konveieri lindi lineaarkiirus

Selel 7.1 on näidatud magnetinduksiooniga B magnetvälja jõujooned magnettrumli ajamiga konveieri lindi lineaarkiirus v .

Selel 7.2 on näidatud magnetinduksiooni vektori ja konveieri lindi kiiruse komponendid telgede X ja Y suhtes.



Sele 7.2. Magnetinduksiooni vektori ja konveieri lindi kiiruse komponendid

Edasise lahendamise jaoks kasutatakse dünaamika põhiseadust Newtoni teist seadust diferentsiaalvormis, mis kirjeldab keha kiirenduse sõltuvust kõigile kehale mõjuvatest jõudude resultantjõust ja keha massist.

$$dF_A = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (7.1)$$

kus,

dF_A - Ampri jõud

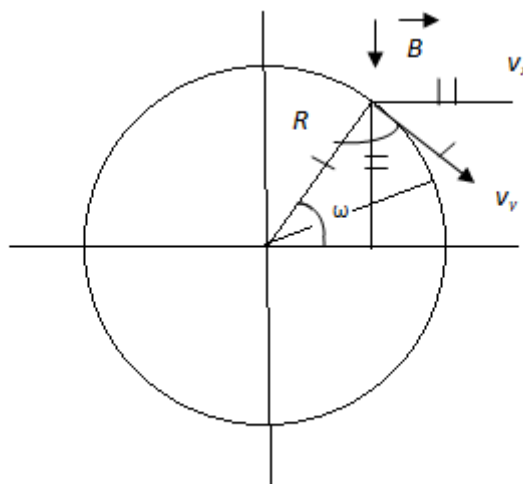
m - materiaalse punkti mass

$\frac{d^2x}{dt^2}$ - keha kiirendus

Integraalkujul näeb seadus (7.1) välja järgmiselt, kirjeldades liikumist piki X telge:

$$F_{Ax} = ma_x \quad (7.2)$$

Sele 7.3 näidatab osakese asukohta (meie juhul põlevkivi) teatud punktis konveieri lindil.



Sele 7.3. Põlevkivi osakese asukohta konveierlindil

Kust näeme

$$v_{x_0} = \omega \cdot R \cdot \cos 30^\circ \quad (7.3)$$

$$v_{x_0} = 157 \cdot 0,25 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 34,15 \text{ m/s}$$

$$v_{y_0} = \omega \cdot R \cdot \sin 30^\circ \quad (7.4)$$

$$v_{y_0} = 157 \cdot 0,25 \cdot \frac{1}{2} = 19,625 \text{ m/s}$$

Kus

v_{x_0} - esialgne kiirus X telje suunas

v_{y_0} - esialgne kiirus Y telje suunas

Teame, et Ampri jõud, mis mõjub osakeste peale on

$$\vec{F}_A = q(\vec{v} \cdot \vec{B}) \quad (7.5)$$

Ja selle jõugu suurus on

$$F_A = q|\vec{B}| \cdot |\vec{v}|$$

Kus

q - põlevkivi laeng

\vec{B} - magnettrumli magnetväli induktsioon

\vec{v} - osakeskse liikumiskiirus

Järgmisena on lahendite jaoks vaja kasutada Newtoni teist seadust diferentsiaalvormis:

$$F_{Ax} = ma_x = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$qBv_x = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$qB \frac{dx}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$qB_y v_x = m \frac{dv_x}{dt}$$

Lahendame seda võrrandi muutujate eraldamise meetodiga

$$\int_0^t \frac{qB_y dt}{m} = \int_{\omega R}^{v_x} \frac{dv_x}{v_x}$$

Lahendus näeb välja järgmisena. Konstandid lähevad integralli märgi ette

$$\frac{qB_y}{m} t = \ln|v_x|$$

$$\ln|v_x| - \ln|\omega R| = \frac{qB_y}{m} t$$

Lihtsustamise pärast saame

$$v_x = e^{\frac{qB_y t}{m} + \ln \omega R} = e^{\frac{qB_y t}{m}} \cdot e^{\ln \omega R} = \omega R \cdot e^{\frac{qB_y t}{m}} \quad (7.6)$$

Kust saame, et

$$v_x|t| = \omega R \cdot e^{\frac{qB_y t}{m}}$$

Asendades kiiruse teisalduse tulelisega, saame

$$v_x = \frac{dx}{dt}$$

Järelikult,

$$\omega R \cdot e^{\frac{qB_y t}{m}} = \frac{dx}{dt}$$

Integreerime seda võrrandi ja saame

$$\int_0^x dx = \int_0^t \omega R \cdot e^{\frac{qB_y t}{m}} \cdot dt$$
$$x(t) = \omega R \int_0^t e^{\frac{qB_y t}{m}} \cdot dt = \frac{m\omega R}{qB_y} \int_0^t e^{\frac{qB_y t}{m}} d\left(\frac{qB_y t}{m}\right) = \frac{m\omega R}{qB_y} \cdot \left(e^{\frac{qB_y t}{m}} - 1\right) \quad (7.8)$$

Lahendame seda võrrandi, arvestades et

ω –trumpli nurkkiirus = 157 rad/s

R - trumpli raadius = 250 mm

B - trumpli induksiion = 250 mT

q - põlevkivi laeng= 3,1 C (25 mm); 38,1 C (125 mm); 181,3 C (210 mm)

m - põlevkivi mass = 0,09 kg (25 mm); 1,1 kg (125 mm); 5,23 kg (210 mm)

Laengu leidmine

$$\frac{m}{\mu} \cdot N_A \cdot \bar{e} = q \quad (7.9)$$

Kus

m – põlevkivi mass

μ -0,36⁻¹·x10⁻³ kg

N_A - Avogadro number (6,02·10²³)

e - elektrooni laeng(1,6 x10⁻¹⁹ c)

Arvutame põlevkivi massi fraktsiooni 0-25 mm kohta ja vaatleme piirväärtust

$$m_{25} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = 1080 \cdot \frac{4 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{25}{2} \cdot 10^{-3}\right)^3}{3} = 0,09 \text{ kg} \quad (7.10)$$

Arvutame põlevkivi massi teiste fraktsioonide kohta

$$125mm \quad m_{125} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = 1080 \cdot \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (\frac{125}{2} \cdot 10^{-3})^3}{3} = 1,1 \text{ kg}$$

$$210mm \quad m_{210} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = 1080 \cdot \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (\frac{210}{2} \cdot 10^{-3})^3}{3} = 5,23 \text{ kg}$$

Aatommassi arvutus elementide suhtes, mis sisalduvad põlevkivis, näeb ette kõikide elementide, selliste nagu As, Ba, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Cd, Hg, Sb, Sr, samuti Fe, O, Mg, S, K, Na käsitlemist.

$$\begin{aligned} \frac{1}{\mu} &= \frac{1}{74,922} + \frac{1}{137,34} + \frac{1}{51,996} + \frac{1}{63,546} + \frac{1}{95,94} + \frac{1}{58,7} + \frac{1}{207,19} + \frac{1}{65,37} + \frac{1}{112,41} \\ &+ \frac{1}{200,59} + \frac{1}{121,75} + \frac{1}{87,62} + \frac{1}{55,849} + \frac{1}{15,999} + \frac{1}{24,312} + \frac{1}{32,064} \\ &+ \frac{1}{39,102} + \frac{1}{22,99} = \frac{44811}{125000} = 0,358488 \approx 0,36 \text{ g} \end{aligned}$$

Tuleme tagasi valemile ja leiame põlevkivi laengu. Fraktsioonid 0-25 mm; 25-125mm; 125-210 mm;

$$q_{25} = \frac{m_{25}}{\mu} \cdot N_A \cdot e = 0,09 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,1 \text{ c}$$

$$q_{125} = 1,1 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 38,1 \text{ c}$$

$$q_{210} = 5,23 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 181,3 \text{ c}$$

Edasi arvutatakse magnet induktsioon iga fraktsiooni kohta, et õigesti arvestada jõudude mõju

$$B_{25} = \sqrt{\rho \cdot D \cdot g \cdot 2\mu_0} \quad (7.11)$$

Kus

ρ - põlevkivi tihedus

D - põlevkivi fraktsioonide läbimõõt (25mm, 125mm ja 210m)

$g = \text{const} = 9,82$

$\mu_0 = \text{const} = 4\pi \cdot 10^{-7}$

$$B_{25} = \sqrt{\rho \cdot D \cdot g \cdot 2\mu_0} = \sqrt{1080 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 9,82 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}} = 0,026 T = 26 mT$$

Sama valemiga järgi arvutatakse induktsiooni 125mm ja 210 mm põlevkivi fraktsioonide jaoks ja saame

$$B_{125} = 55 mT$$

$$B_{210} = 78 mT$$

Selleks et leida X koordinaadi kasutatakse valem (7.8), mis oli toonud üleval ja peneme sinna nimbreid, eeldades et ajaks võtame iga kahe sekundi

$$x_{25}(2) = \frac{0,09 \cdot 157 \cdot 0,25}{3,1 \cdot 0,026} \cdot \left(e^{\frac{3,1 \cdot 0,026 \cdot 2}{0,09}} - 1 \right) = 43,8 \cdot (e^2 - 1)$$

$$x_{125}(2) = \frac{1,1 \cdot 157 \cdot 0,25}{38,1 \cdot 0,055} \cdot \left(e^{\frac{38,1 \cdot 0,055 \cdot 2}{1,1}} - 1 \right) = 20,6 \cdot (e^4 - 1)$$

$$x_{210}(2) = \frac{5,23 \cdot 157 \cdot 0,25}{181,3 \cdot 0,078} \cdot \left(e^{\frac{181,3 \cdot 0,078 \cdot 2}{5,23}} - 1 \right) = 14,5 \cdot (e^6 - 1)$$

Tabel 7.6

X koordinaadi näitajad, kui aeg on 4, 6 ja 8 sekundit

Aeg	X ₂₅	X ₁₂₅	X ₂₁₀
4 s	43,8 · (e ⁴ - 1)	20,6 · (e ⁸ - 1)	14,5 · (e ¹¹ - 1)
6 s	43,8 · (e ⁶ - 1)	20,6 · (e ¹² - 1)	14,5 · (e ¹⁷ - 1)
8 s	43,8 · (e ⁸ - 1)	20,6 · (e ¹⁶ - 1)	14,5 · (e ²² - 1)

Järgmisena Y koordinaadi leidmiseks koostame võrrandi

$$m \frac{dv_y}{dt} - qB_x v_y - mg = 0 \quad (7.12)$$

$$m \dot{v}_y - qB_x v_y - mg = 0$$

$$m \dot{v}_y - qB_x v_y = mg$$

Üleval toodud võõrand on esimese korra mitteühtlane differentsiaalvõõrand, kust saame leida

$$v_y = v_y^I + v_y^{II} \quad (7.13)$$

Vaatleme ühtlase lineaarvõrrandi lahenduse

$$m\dot{v}_y - qB_x v_y = 0$$

Vahetuse meetodiga $\frac{d}{dt} = \alpha$ saame, arvestades

$$m\alpha v_y - qB_x v_y = 0 / v_y$$

$$m\alpha - qB_x = 0$$

$$\alpha = -\frac{qB_x}{m}$$

Kust saame, et

$$v_y^I = Ae^{\frac{-qB_x}{mt}} \quad (7.14)$$

Oletame, et esialsel ajahetkel $t=0$, siis saame $v_y = v_0$ – see on selline koht, kus põlevkivi osa ei ole veel maha jooksnud konveierlindist. Sel juhul,

$$v_0 = Ae^{\frac{-qB_x}{m} \cdot 0} \Rightarrow A = v_0 \quad (7.15)$$

Lähtuvalt sellele saame

$$v_y^I|t| = v_0 e^{\frac{-qB_x}{m}t}$$

Leiame eralahenduse mitteühtlase lineaarvõrrandi kohta

$$v_y^{II}|t| = K$$

Eralahendus meenutab mitteühtlase differentsiaal võrrandi vaba osa, siis $mg = \text{const}$ on konservatiivne gravitatsiooni jõud

$$v_y(t) = v_0 e^{\frac{-qB_x t}{m}} + K \quad (7.16)$$

Juhul kui $t = \infty$

$$v_y(\infty) = 0$$

Järelikult

$$0 = v_0 e^{\frac{-qB_x t}{m}} + K \Rightarrow K = 0$$

$$v_y \frac{dy}{dt}$$

$$v_0 e^{\frac{-qB_x t}{m}} = \frac{dy}{dt}$$

$$v_0 e^{-\frac{qB_x t}{m}} \cdot dt = dy \quad (7.17)$$

Järgmisena integreerime võrrandi ja saame

$$\int_0^t v_0 e^{-\frac{qB_x t}{m}} \cdot dt = \int_0^y dy$$

Lahendame järgmise võrrandi

$$v_0 \int_0^t \frac{\frac{qB_x}{m}}{\frac{qB_x}{m}} \cdot e^{-\frac{qB_x t}{m}} \cdot dt = y$$

$$v_0 \int_0^t \frac{1}{\frac{qB_x}{m}} \cdot e^{-\frac{qB_x t}{m}} \cdot d\left(-\frac{qB_x}{m} t\right) = y$$

$$-\frac{v_0 m}{qB_x} \cdot e^{-\frac{qB_x t}{m}} \Big|_0^t = y$$

$$y(t) = -\frac{v_0 m}{qB_x} \cdot e^{-\frac{qB_x t}{m}} + \frac{v_0 m}{qB_x} = \frac{v_0 m}{qB_x} \cdot (1 - e^{-\frac{qB_x t}{m}}) \quad (7.17)$$

Paneme numbrilisi väärtusi ja leiame Y koordinaadi, mis sõltub ajast

$$y_{25}(2) = \frac{19,625 \cdot 0,09}{3,1 \cdot 0,25} \cdot \left(1 - e^{-\frac{-3,1 \cdot 0,25 \cdot 2}{0,09}}\right) = 2,3 \cdot (1 - e^{-17})$$

$$y_{125}(2) = \frac{19,625 \cdot 1,1}{38,1 \cdot 0,25} \cdot \left(1 - e^{-\frac{-38,1 \cdot 0,25 \cdot 2}{1,1}}\right) = 2,3 \cdot (1 - e^{-17})$$

$$y_{210}(2) = \frac{19,625 \cdot 5,23}{181,3 \cdot 0,25} \cdot \left(1 - e^{-\frac{-181,3 \cdot 0,25 \cdot 2}{5,23}}\right) = 2,3 \cdot (1 - e^{-17})$$

Tabel 7.7

Y koordinaadi näitajad, kui aeg on 4, 6 ja 8 sekundit

Aeg	Y ₂₅	Y ₁₂₅	Y ₂₁₀
4 s	$2,3 \cdot (1 - e^{-34})$	$2,3 \cdot (1 - e^{-52})$	$2,3 \cdot (1 - e^{-69})$
6 s	$2,3 \cdot (1 - e^{-42})$	$2,3 \cdot (1 - e^{-52})$	$2,3 \cdot (1 - e^{-69})$
8 s	$2,3 \cdot (1 - e^{-56})$	$2,3 \cdot (1 - e^{-52})$	$2,3 \cdot (1 - e^{-69})$

Järeldus:

Arvutuste jaoks kasutasime magnettrumpli induksiooniga 250 mT, ja saime teada ,et ta saab hoida põlevkivi fraktsiooniga nii 0-25mm, 25-125 mm kui ka 125-210mm konveier lindil.

Seal kus lõppeb elektromagnet välja kehtivus juhtub põlevkivi mahajooks ja selleks et õigesti asetada punkrid arvutasime X ja Y telje kordinaadid.

Need arvutused oli tehtud „ideaalsetes“ tingimustes kolme põlevkivi tükki kohta, aga töö protsessis materjali hulk on segane ja mitte ühtlane, selle pärast põlevkivi sorteerimiseks võib kasutada magnettrumpli.

8. ASPIRATSIOONISÜSTEEM JA TOLMU SUMMUTAMISE SÜSTEEM

Põlevkivi vastuvõtu ja ettevalmistamise sõlme tehniline ümberseadistamine ja võimsa tehnika kasutamine aitab kaasa õhu tolmu saastatuse suurenemisele töötsoonides. Praegu on see 2000 mg/m³ ja enam. Sellepärast on võitlus tolmu üks kõige tähtsamatest probleemidest, mis näeb ette vajaduse töötada välja tõhusate meetmete kompleksi, mis on suunatud normaalsete sanitar-hügieeniliste tingimuste tagamisele ja ümbritseva keskkonna kaitsele põlevkivitolmu kahjuliku toime eest positiivsete ja negatiivsete temperatuuride tingimustes ja lõppkokkuvõttes „Ökoloogiliselt puhta sõlme“ loomine.



Sele 8.1 Saastatud töötsoon

Peatükis on toodud üldised põhimõtted tolmu võitlemisel ja tolmu summutamise, aspiratsiooni ja tolmu püüdmise parameetritega.

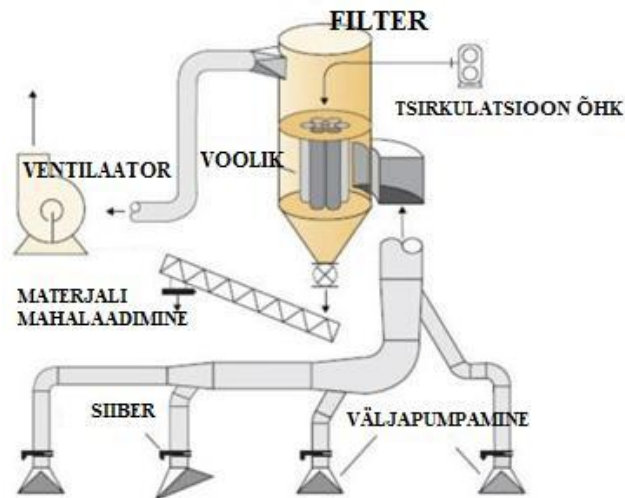
8.1 Aspiratsioonisüsteem

Aspiratsioonisüsteemid (tolmust vabastavad ventilatsioonid) on ette nähtud tolmu õhu eemaldamiseks transpordi ja tehnoloogiliste seadmete varjualuste alt ja töötsoonidest.

On olemas kaht tüüpi aspiratsioonisüsteeme – need on monoplokk ja moodulsüsteemid.

- Monoplokk aspiratsiooni süsteem – võimaldab paigaldada seadet saateallikate lähedale ja tagab juurdelülitamise lihtsuse tsentraalse aspiratsioonisüsteemi magistraalidele. Monoplokkagregaat koosneb ventilaatorist, separaatorist (filtrist) ja jäätmemahutist ja võib olla nii mobiilse kui ka statsionaarse teostusega.

- Aspiratsiooni moodulsüsteem – on efektiivsem, mille lahenduseks on loodud seadme omaduste täielik sobivus tehnoloogilise protsessiga, mis nõuab selle olemasolu.



Sele 8.2 aspiratsiooni süsteemi komponendid [22]

8.2 Tolmu summutamine

Tolmu summutamise moodus seisneb tolmu niisutamises pihustatud vedelikuga (uduga), püüdmises ja sadestamises. Udu moodustamise süsteem – see on seadmete kompleks, mis on võimeline muutma mikrokliima tingimusi ruumis vee termodünaamika abil ja luua tolmuosakeste inertsiaalset äraõhust. Süsteemi kõrge rõhu all töötavad sprinklerid kastavad piiskadega, mille mõõtmed on kuni 5 μm . Seda kastmist kasutataksegi temperatuuri vähendamiseks või tolmuosakeste äraõhustamiseks (summutamiseks) [23].

8.3 Tolmu äraõhustamine

Tolmu äraõhustamine – õhu ja teiste gaaside puhastamine lenduvatest kõvadest osakestest. Kõige levinumateks inertsiaalseteks tolmu äraõhustamise süsteemideks on tsüklonid. Saastunud õhk suunatakse suudme kaudu tsükloni ülemisse ossa. Sisenedes tsükloni korpusesse gaaside voog kihistub kesktõmbejõu toimel. Tahked osakesed paisatakse silindri seintele ja langevad tolmu kogujasse raskusjõu mõjul. Väiksema massiga õhk pöörleb silindri keskel ja seejärel tekkiva madala rõhu tõttu tõuseb üles ja väljub väljalasketorust [17].

Toetuse tellija (Kiviõli Keemiatööstuse OÜ) soovidele pakutakse paigaldamiseks udu moodustamise süsteemi järgmistel põhjustel:

- konstruktsiooni kompaktsus (kinnitus lae all ja sprinklerid);
- tõhusus;

- materjali mitteniisutamine;
- seadmete hooldamise lihtsus

9. TEHNOBALT REKONSTRUEERIMISE VARIANTIDE HINNANG

Magistritöö selles peatükis analüüsitakse tehtud tööd ja tulime järeldusele, et autorite poolt valitud rekonstrueerimise variant läheb lahku ettevõtte Tehnobalt poolt pakutud variandiga.

1. Suheldes vastuvõtupunkri personaliga saime teada, et ainult vastuvõturesti asendamine ei lahenda restide vahelise ruumi ummistumise probleemi, mis tekitab kinni kiilumise ja põlevkivihunnikute kogunemise. Nende hunnikute kõrvaldamine on töötajate jaoks ohtlik, kuna antud protsessi tuleb teha käsitsi vasarate abil.
2. Analüüsides purustamise seadmete tüüpe tulime järeldusele, et otstarbekam on asendada olemasolev põskpurusti uuemaga sama tüüpi purustiga, samas, kui Tehnobalt arvates on sobivam kahevaltsiline purusti (antud järeldus tehti tuginedes kogemusele antud valdkonnas).
3. Kuna lintkonveieri ajamid asendati vastuvõtupunkri rekonstrueerimise käigus 2 aastat tagasi ja antud konveieri arvutused on võimatud, kuna puuduvad konkreetsed tulevikuplaanid (põlevkivi lindile andmine otse kaevandusest), siis antud momendil ei saa me pakkuda konkreetset lahendust.
4. Meie ettepanek vahepunkri demonteerimiseks langeb kokku Tehnobalti ettepanekuga, kuid ainult autorite poolt soovitatakse lisada antud liinile elektromagnetilise trumli, mis võimaldab eemaldada ferromagnetilisi lisandeid põlevkivivoost ja eraldada seda fraktsioonideks.

10. KOKKUVÕTE

Antud töös on läbi töötatud põlevkivi vastuvõtu ja ettevalmistamise sõlme rekonstrueerimise variant, kasutades teavet purustamise ja sorteerimise seadmete kohta, põlevkivitöötlemisettevõtete töökogemust ja matemaatilisi arvutusi, mis aitasid kaasa püstitatud eesmärkide saavutamisel.

Rekonstrueerimise põhiülesandeks oli vajadus suurendada sõlme tootlikkust kuni 280 t/h, antud momendil olemasoleva tootlikkuse 240 t/h korral. Lisapõhjusteks said samuti olemasolevate seadmete mittevastavus, mis oli kindlaks tehtud üsna ammu ja on antud momendiks täielikult amortiseerunud, samuti ebarahuldavad töötingimused töötsoonide kõrge tolmususe tõttu.

Ettepanekud rekonstrueerimiseks

Pakutud variandi peamiseks eesmärgiks on võimalus suurendada olemasoleva liini tootlikkust selle rekonstrueerimise ja tootlikumate seadmete kasutamise arvelt arvesse võttes edaspidist üleminekut rikastatud põlevkivile uuest kaevandusest.

Positiivsed küljed:

- liini tootlikkuse suurendamine;
- võimalus võtta tulevikus materjali vastu otse kaevandusest;
- olemasolevate seadmete renoveerimine pikendab nende kasutusiga;
- ehituskonstruksioonide mõõdukas muutmine toob kaasa minimaalsed kooskõlastused kohalike omavalitsustega.

Püstitatud ülesannete lahendamise meetodika

Seadmete õigemaks valikuks tegime eelkõige vastuvõtu sõlmele antava põlevkivi fraktsioonilise koostise analüüsi. Selles analüüsis võeti vaatluse alla Põhja-Kiviõli karjäärast saabuva toodangu kogumaht, kus tüki maksimaalne jämedus moodustab 1500 mm. Selle analüüsi teiseks etapiks oli põlevkivi väiksema fraktsiooni 0-210 mm uurimine, 0-25 mm, 25-105 mm ja 105-210 mm suuruste tükide sisalduse kindlaksmääramiseks põlevkivi üldmassist.

Samuti viidi läbi purustamise ja sorteerimise seadmete ning aspiratsiooni- ja tolmu summutamise süsteemide turu analüüs, mis andis täiendava selguse millist tüüpi ja mudeliga seadmetega võib asendada ettevõttes paigaldatud seadmed. Antud valik sõltus lindile antavast

materjalist (meie juhul põlevkivist), selle mõõtmest, niiskusest ja aparaatide endi tööperioodist.

Üheks pakutud uuendustest on elektromagnetilise püsomagnetitega trumli lisamine ferromagnetiliste lisandite eraldamiseks ja vaadeldi põlevkivi sorteerimise võimalust sordi klasside järgi tekkiva elektromagnetvälja abil: 1 sort - 125-210 mm; 2 sort - 25-125 mm; 3 sort - 0-25 mm.

Analüüsiti põlevkivi keemilist koostist ja selle füüsikalisi ja mehaanilisi omadusi, mis võimaldas meil arvutada piirmõõtmega (25, 125 ja 210 mm) põlevkivi massi, kus $m_{25} = 0,09$ kg; $m_{125} = 1,1$ kg ja $m_{210} = 5,23$ kg. Selleks, et leida põlevkivi kogumispunkri asukoha koordinaate oli samuti vaja teada saada põlevkivi laeng, kus saadi $q_{25}=3,1$ C ; $q_{125}=38,1$ C; $q_{210}=181,3$ C.

Arvutuste käigus me selgitasime välja, et sellist orgaanilist ainet nagu põlevkivi on võimalik sorteerida magneetamise ja elektromagnetvälja abil. Ja saime teada X ja Y koordinaadid, mis annavad võimaluse aru saada kus kohas kogumispunkteid monteerima. Selle jaoks kasutasime valemeid (7.8) ja (7.17).

$$x(t) = \omega R \int_0^t e^{-\frac{qByt}{m}} \cdot dt = \frac{m\omega R}{qBy} \int_0^t e^{-\frac{qByt}{m}} d\left(\frac{qByt}{m}\right) = \frac{m\omega R}{qBy} \cdot \left(e^{-\frac{qByt}{m}} - 1\right)$$

$$y(t) = -\frac{v_0 m}{qB_x} \cdot e^{-\frac{qB_x t}{m}} + \frac{v_0 m}{qB_x} = \frac{v_0 m}{qB_x} (1 - e^{-\frac{qB_x t}{m}})$$

Ja näiteks fraktsioonile 0-25mm saime

$$x_{25}(2) = \frac{0,09 \cdot 157 \cdot 0,25}{24,3 \cdot 0,026} \cdot \left(e^{\frac{24,3 \cdot 0,026 \cdot 2}{0,09}} - 1\right) = 5,8 \cdot (e^{14} - 1)$$

$$y_{25}(2) = \frac{19,625 \cdot 0,09}{24,3 \cdot 0,25} \cdot \left(1 - e^{-\frac{24,3 \cdot 0,25 \cdot 2}{0,09}}\right) = 0,3 \cdot (1 - e^{-135})$$

Andmete kogumine

Andmed analüüsiks ja lahendamiseks koguti vahetult rekonstrueerimise läbiviimise kohas.

Andmete kogumise esimeseks etapiks oli suhtlemine töötava personaliga, kes suutis üksikasjalikumalt kirjeldada sõlme objekti kõiki olemasolevaid probleeme ja puuduseid. See teave on kõige väärtuslikum, kuna kirjeldab mitmesuguseid konkreetse tootmise nüansse.

Vastuvõtupunkri seisukorra analüüsil me veendusime, et põlevkivi mahalaadimisel autotranspordist restsõelurisse toimus võre vahemike ummistumine ja kinni kiilumine, mille

tulemusena põlevkivi lindile andmine purustamiseks peatatakse ja personal viib läbi töömahukaid hooldustöid.

Andmete kogumise teiseks etapiks oli liini tootlikkuse tõstmiseks, kuni tellija poolt nõutud tootlikkuseni, vajalike seadmete turu analüüs. Analüüs sisaldas: üldise teabe läbitöötamist iga seadmete tüübi kohta, suhtlemine seadmete tootjatega ja tarnijatega, sarnase tegevusalaga ettevõtetes, sellistes nagu Viru Keemia Grupp ja Eesti Energia, paigaldatud olemasolevate seadmete andmete läbitöötamine.

Konkreetsete purustamise ja sorteerimise seadmete tüüpide ja mudelite kindlaksmääramiseks kasutati tehnoloogiliste parameetrite arvutamise juhendeid ja üldiseid meetodikaid, samuti põlevkivitöötlemisvabrikute projekteerimise teatmikke. Elektromagnetilise trumli arvutus põhines Newtoni teisel seadusel ja Amperi jõul $F = ma$, mis esitati diferentsiaal kujul, mis on dünaamika põhiseaduseks, mis kirjeldab keha kiirenduse sõltuvust kõikide kehale rakendatud jõudude resultantjõust ja keha massist.

$$dF_A = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

kus,

dF_A - Amperi jõud;

m - materiaalpunkti mass;

$\frac{d^2x}{dt^2}$ keha kiirendus.

Järeldus.

Käesoleva töö järelduseks on: vastuvõtupunkti sõeluri restsõela demonteerimine ja selle asemele uue vibratsioonisõeluri paigaldamine; olemasoleva DBS 10/8 tüüpi põskpurusti demonteerimine ja selle asendamine uue firma Sandvik põskpurustiga CJ409: suurem vastuvõtuava 1000 × 1000 mm, tootlikkus 150 t/h ja mõõtmed 2550 × 2380 × 1880 mm; vahepunkti demonteerimine ja selle paigaldamine lintkonveieri asukohta, mis saab anda põlevkivi liinile otse uuest kaevandusest. Sellel konveieril paigaldada elektromagnetiline trummel, mis annab võimaluse eemaldada põlevkivi voost ferromagnetilisi lisandeid ja sorteerima põlevkivi fraktsioonide järgi.

11. SUMMARY

In this work represented the version of reconstruction of the receiving and preparing node of shale at chemical plant of Kiviõli (Kiviõli keemiatööstuse OÜ) using information about different types of crushing and sorting machines; experience of the other chemical plants working with the same technology of producing shale oil and also mathematical calculations, which contributed to the achievement of the targets.

The main goal of the reconstruction is to increase the line productivity, which consist from the shale receiving node (the next SRN) and crushing and screening plant (CSP), until the 280 t/h (at the moment the productivity is 240 t/h). An additional reason for reconstruction was non-comformity of equipment, which had been mounted a long time ago and at this moment is completely amortized. The high concentration of dust does the working conditions for workers on chemical plant unsatisfactory.

Proposals for the reconstruction

The proposed version of the reconstruction includes increasing the line productivity and using modern equipment, because the chemical plant of Kiviõli has the intention to use a various technique for extracting oil and gas from a different types of shale.

Positive sides:

- Increasing the productivity of the line;
- The possibility to receive the material directly from shale mine;
- Renovation of existing equipment prolongs their lifetime;
- Reasonable changing the structures of chemical plant buildings involves minimal expenses.

Problem-solving techniques

For the selection of crushing and screening equipment were produced 2 analyzes:

- 1) Fractional composition analysis of oil shale, showing the size of rocks, which came from the quarry. Basing on this analysis we did the calculations to find the exact specifications of the future install equipment. The second phase of the fractional analysis was exploration of smaller fractions of oil shale 0-210 mm, 0 - 25 mm, 25 - 105 mm and 105 - 210 mm pieces from the total mass of oil shale.
- 2) The market analysis was made for examining in more details all the possible types of available equipment suitable for the specifications and operating conditions. This kind

of choice depends of incoming material properties (size; humidity; equipment working period).

One of the proposed innovations of the reconstruction is the dismantling of the intermediate hopper, feeder and double roll crusher and the installation on their place of belt conveyor with an electromagnetic drive drum for shale sorting by given fractions: 1 sort - 125-210 mm; 2 sort - 25-125 mm; 3 sort - 0-25 mm; and removing ferromagnetic inclusions from the material flow .

For calculating the maximum mass of oil shale by fraction (25, 125 and 210 mm) first of all, we analyzed the chemical composition of oil shale. The second step was researching physical and mechanical properties. After these steps we have got the next results: $m_{25} = 0,09$ kg;

$$m_{125} = 1,1 \text{ kg and } m_{210} = 5,23 \text{ kg.}$$

In order to find the location of oil shale collection bunkers, ultimately where the material will land into - was also necessary to know the oil shale charge: $q_{25}= 3 \text{ C}$; $q_{125}=38,1 \text{ C}$; $q_{210}=181,3 \text{ C}$.

After that, how we have recieved all the necessary data we found X ja Y coordinates, which helps to understand where exactly the oil shale pieces will land into the collection bunker.

We used the next formulas:

$$x(t) = \omega R \int_0^t e^{\frac{qB_y t}{m}} \cdot dt = \frac{m\omega R}{qB_y} \int_0^t e^{\frac{qB_y t}{m}} d\left(\frac{qB_y t}{m}\right) = \frac{m\omega R}{qB_y} \cdot \left(e^{\frac{qB_y t}{m}} - 1\right)$$

$$y(t) = -\frac{v_0 m}{qB_x} \cdot e^{-\frac{qB_x t}{m}} + \frac{v_0 m}{qB_x} = \frac{v_0 m}{qB_x} \left(1 - e^{-\frac{qB_x t}{m}}\right)$$

And for fraction 0-25mm we have got:

$$x_{25}(2) = \frac{0,09 \cdot 157 \cdot 0,25}{3,1 \cdot 0,026} \cdot \left(e^{\frac{3,1 \cdot 0,026 \cdot 2}{0,09}} - 1\right) = 43,8 \cdot (e^2 - 1)$$

$$y_{25}(2) = \frac{19,625 \cdot 0,09}{3,1 \cdot 0,25} \cdot \left(1 - e^{-\frac{3,1 \cdot 0,25 \cdot 2}{0,09}}\right) = 2,3 \cdot (1 - e^{-17})$$

Information gathering

The information for analysis and calculations were collected on the place of reconstruction.

The first step for getting information was talk with the working stuff, who was able to describe in details all the problems and shortcomings of node. This information is the most valuable, because describes different nuances of specific production process.

When we were analyzing the state of the hopper, we have seen that during the unloading from the vehicles on the bar grizzly, was lattice obstructing and jamming, that why the filing process for crushing the shale stopped and staff did consuming adjustment work.

The second step was analysis of market of equipment for increasing of the line productivity, until the required by customer. Analyses included: studying of general information about all the types of equipment, communication with manufacturers and equipment suppliers; elaboration of information of existing equipment installed in similar manufactures, such as: Viru Keemia Grupp and Eesti Energia.

To determine the specific types and models of crushing and screening equipment were used benefits and common method of calculation of technological parameters as guides for the design of oil shale plants. The calculation of electromagnetic drum was based on Newton's second law and Ampere's force $F = ma$, which was introduced in differential form. Ampere's law is the main dynamic law, which describes dependence of acceleration of the body from the resultant of all the forces applied to the body and body weight.

$$dF_A = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

where,

dF_A - Ampere's force;

m - material points weight;

$\frac{d^2x}{dt^2}$ - body acceleration.

Conclusion

The conclusion of this works : dismantling of the grate screening hopper and install in it place vibrating screen ; dismantling of existing jaw crusher of DBS 10/8 type and installing the new Sandvik jaw crusher with the bigger feed opening 1000 x 1000x 1000, productivity 150 t/h and the dimensions 2550 × 2380 × 1880 mm; dismantling of intermediate chopper and

install in it place the belt conveyor, which gives the oportunity to get the shale on traight line from the new shale mine. On this conveyor set the electromagnetic drum, which will remove the ferromagnetic impurities and sort the shale by the fractions.

12. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Kiviõli keemiatööstuse OÜ lehekülg. (15.05.2015). [WWW]
<http://www.keemiatootus.ee/est/ettevottest>
2. Google map service lehekülg. (15.05.2015). [WWW]
<https://www.google.ru/maps/place/Kivi%C3%B5li,+Ida-Viru+County,+%D0%AD%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F/@59.354596,26.9444034,191m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x469478b680a3c5ab:0xb09e813643dc1958?hl=ru>
3. Kiviõli keemiatööstuse OÜ seadmete tehniline dokumentatsioon
KKT_UPS_TENDOC.pdf
4. Technobalt Eesti AS tehniline ülesanne
Приложение 2 задание на проектирование. Pdf
5. Poskrebqshev jt (2002):
В. А. Посребышев, Т. Н. Радина, И. М. Ефремов. *Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий*. Братск: Братский Государственный Технический Университет.
6. Klushantsev jt (1982):
Клушанцев Б. В., Ермолаев П. С., Дудко А. А., Машины и оборудование для производства щебня, гравия и песка, М., 1976; Степанов Л. П., Косарев А. И., Устройство и монтаж дробильно-обогачительного оборудования, М.
7. Armiynliteri lehekülg ehitaja käsiraamat. (15.05.2015). [WWW]
<http://armiynliter.ru/ekscentrikovyj-giracionnyj-naklonnyj-groxot.html>
8. Firma Дробсервис lehekülg. (12.05.2015). [WWW]
<http://www.drobservis.ru/Каталог/Грохота-инерционные>
9. Õppimismaterjalid tudengitele. (09.05.2015). [WWW]
<http://vunivere.ru/work6507>

10. Firma SWECO lehekülg .(10.05.2015). [WWW]

<http://vibro-separator.ru/grohot-so-stacionarnim-sitom.html>

11. Firma Hoftec lehekülg .(10.05.2015). [WWW]

<http://www.hoftec.ru/technology/droblenie/>

12. Ostrovskij jt (2004):

Г. М. Островский, Р. Ш. Абиев, Ю. И. Бабенко и другие. *Новый справочник химика и технолога*. Санкт-Петербург. Издательство “Профессионал”.

13. Bogdanov (2004):

А. С. Богданов. *Дробление, измельчение и подготовка руд к обогащению*. Усть – Каменогорск: Восточно – Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева.

14. Razumov jt (1982):

К. А. Разумов, В. А. Перов. *Проектирование обогатительных фабрик*. Москва. Недра.

15. Sergo (1985):

Е. Е. Серго. *Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых*. Москва. Недра.

16. Firma Navigator **brošüür**

Обзор дробильного оборудования.pdf

17. Verenov (1958):

Беренов Д. И., Дробильное оборудование обогатительных и дробильных фабрик, Свердловск.

18. Зеленский О.В., Петров А.С. - Справочник по проектированию ленточных конвейеров – 1986. -63 С.

19. Firma RULMECA lehekülg. (17.05.2015). [WWW]

<http://www.rulmeca.com/en/>

20. Konev (2001):

Н. Н. Конев. *Магнитное обогащение кварцевых песков. Анализ работы сепараторов.* Номер работы: УДК 666. 1. 02: 621. 928. 8. Москва.

21. Arro, H., A., Pihu, T., Calculation of composition of Estonian oil shale and its composition products on the basis of heating value, *Oil Shale*, 1998, 15, 329-340

22. Wikipedia lehekülg, Aspiratsioon. (16.04.2015). [WWW]

[https://ru.wikipedia.org/wiki/ Аспирация- вентиляция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аспирация-вентиляция)

23. Firma Dust Solution Inc. Lehekülg. (16.04.2015). [WWW]

<http://www.nodust.com/Other/dry-fog-agglomerative-dust-suppression-systems-by-dust-solutions-inc.html>

LISA Nr. 1

KIVIÕLI KEEMIA TÖÖSTUSE VASTUVÕTU SÕLME ASENDIPLAAN

LISA Nr. 2

**PÕLEVKIVI VASTUVÕTU JA ETTEVALMISTAMISE SÕLME
TEHNOLOOGILINE SCHEEM**

LISA Nr. 3

KÕVADUSE KOEFITSIENDID PROTODIAKONOVI JÄRGI

LISA Nr. 4

LÕPUTÖÖ KIRJUTAMISE KÄIGUS TEHTUD TÖÖ

LISA Nr. 5

PÕSE LIHTSA LIIKUMISEGA PÕSKPURUSTI

(Joonis on tehtud CAD programmis AutoCad)

LISA Nr. 6

VIBROSÕELUR

(Joonis on tehtud ja muudetud CAD programmis SolidWorks)

LISA Nr. 7

**KÕRGINTENSIIVNE PÜSIMAGNETSÜSTEEMIGA TRUMMEL
MAGNETSEPARAATOR**

(Joonis on tehtud CAD programmis AutoCad)