

<https://doi.org/10.3176/tech.phys.math.1956.3.05>

PEENPÕLEVKIVI PÕLETAMISEST LABORATOORSES KAHE- ASTMELISES KEEVKIHIGA GENERAATOR-TSÜKLONKOLDES

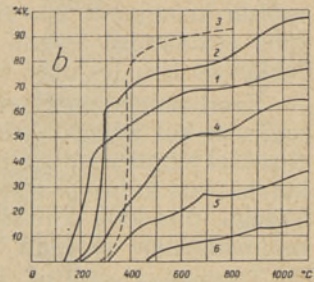
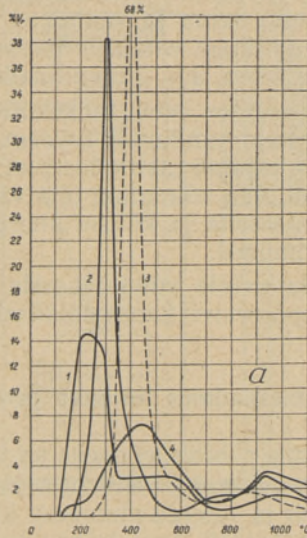
E. JÜRISMA

Peenpõlevkivi ratsionaalsete põletamismenetluste loomine omab meie rahvamajanduses suurt tähtsust. Käesolevas artiklis käsitletakse Eesti NSV Teaduste Akadeemia Energeetika Instituudi kollete laboratooriumis aastail 1952—1953 teostatud uurimistöö tulemusi peenpõlevkivi põletamise alal laboratoorses kaheastmelises keevkihiga koldes. Uurimistöö antud etapis pöörati enam tähelepanu sobiva konstruktsiooniga teise astme kujundamisele.

Kolde tüübi valik

Põlevkivi on lendosaderohke kütus. Joonisel 1 toodud lendosade eraldumise karakteristikutest näeme, et temperatuuril 400° on eraldunud ligikaudu 80% lendosi ehk ligikaudu 70% kütuse orgaanilisest ainest. Arvestades seda, et suurem osa orgaanilisest ainest eraldub temperatuuripiirkonnas 400—500°, võime järeldada, et otstarbekam on põlevkivi põletamise protsess kujundada kaheastmeliselt, kusjuures esimeses astmes toimuks lendainete eraldamine ja jääkkoksi

põletamine, teises astmes lendainete ja lendkoksi põletamine. Teostades ühes ja samas ruumis lendainete eraldamist ja põletamist, võib esineda tuhaosakeste paatumine või osaline vedeldumine, mis tugevasti halvendab seadme tööd ja rikub põlevkivituha ehitus-sideainelisi omadusi. Siinkohal peame märkima, et põlevkivi ratsionaalse põletamise menetluse uurimisel peeti silmas põlevkivi kompleksse



Joon. 1.

a. Lendainete eraldumise karakteristikud mitmesugustest kütustest: 1 — turvas, 2 — puit, 3 — põlevkivi, 4 — pruunsüsi, 5 — süsi PS, 6 — antratsiil.

b. Lendainete summaarne eraldumine.

kasutamise tingimusi, mis antud juhul seisneb orgaanilise aine põletamisprotsessi sellises juhtimises, et eraldatav lendtuhk oleks kasutatav ehitusidematerjalina.

Arvestades seda, et kolde esimeses astmes toimub põhiliselt kütuse termiline ettevalmistamine põletamiseks, on väga tähtis, et esimeses astmes oleksid soodsad tingimused kütuseosakeste intensiivseks kuumutamiseks. Tavaliselt kütuseosakeste intensiivseks kuumutamiseks kütus tolmustatakse. Põlevkivi kui eriti kõrge tuhasisaldusega ja paatumist esilekutsuvate omadustega ⁽⁴⁾ kütuse tolmuna põletamisel esinevad suured raskused järelküttepindade kulumise tõttu tuha abrassiivsest toimest ning lendtuha paatumisest küttepinna. Samuti on energiakulu tuharikka kütuse tolmustamisel suhteliselt suur.

Nimetatud puuduste osaliseks vältimiseks valiti esimeses astmes kütuse termiliseks töötlemiseks keevkihi menetlus ^(2,3) ja kütuseks looduslik peenpõlevkivi tükisuurusega kuni 5 mm.

„Keevkihti” moodustavad kütuseosakesed ei allu hõljumisseadusele, vaid liiguvad gaasilises keskkonnas vastavalt harilikule ruudulisele takistuseseadusele ⁽¹⁾. Selle tagajärjel on kütuseosakeste ja gaasi-õhuvoolu suhteline kiirus võrdne või natuke väiksem kui seisvas kihis, kuid tunduvalt suurem suhtelisest kiirusest kütuse osakeste hõljumisel. Tingituna sellest on keevkihi puhul ainetevahetus kütuseosakese pinnal, millest sõltub kütuse gaasistamis- ja põlemiskiirus, väga intensiivne.

Teiseks — keevkihis tekkiv keerukas kiirusteväli eraldab kütuseosakesed ja nihutab neid üksteise suhtes, luues seega pidevalt muutuva roobitsemismehhanismi ja võimaldades õhu juurdepääsu kõikidele kütuseosakestele, mis omakorda intensiivistab kütuse põlemis- ja gaasistamisprotsessi.

Teise astme ülesandeks on kolde esimeses astmes toodetud gaasi ja lendkoki põletamine, tuhaosakeste termiline järeltöötlemine ja nende eraldamine põlevgaasidest.

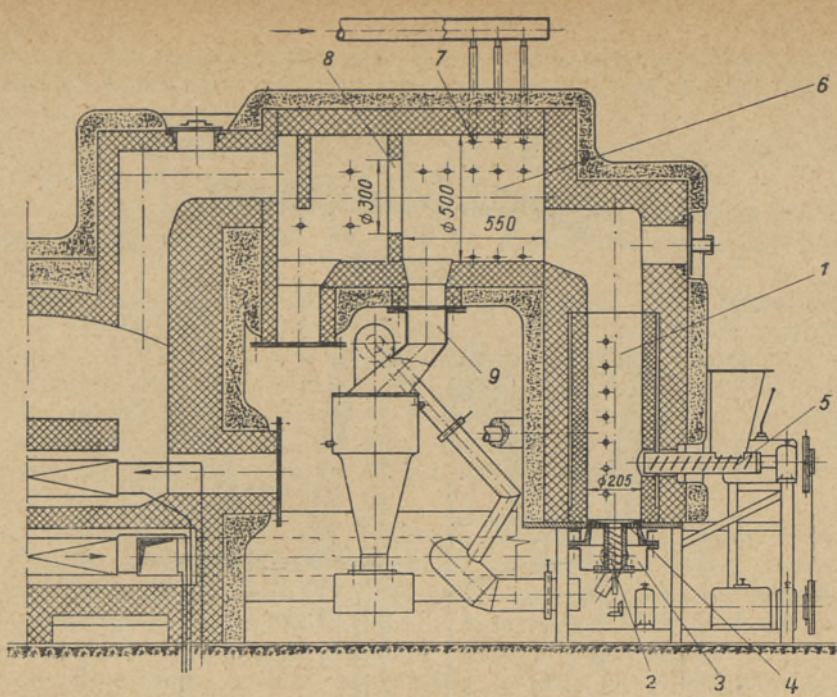
Teise astme konfiguratsiooni kujundamisel võeti aluseks tsüklonikuju-line keeriskolle. Keerisprintsiiibi rakendamiseks juhitakse esimeses astmes toodetud põlevgaasid teise astmesse tangentsiaalselt. Samuti suubuvad teise astmesse tangentsiaalselt sekundaar-õhu puhurid. Tingituna sellest põletatakse gaas ja lendkoks tsüklonis ja põlemisproduktidel on teises astmes tugev keerisliikumine, mille toimetel paisatakse tahked osakesed ringlusse tsükloni seina lähedasse piirkonda. Tuhaosakesed liiguvad tsüklonis edasi mööda kruvijoont piki tsükloni seina ja suubuvad tsükloni lõpus olevasse tuha eraldamise avasse. Lendtuhaast osaliselt puhastatud põlemisproduktid lahkuvad läbi tsükloni otsas oleva ava küttepindadele.

Keerispõletamisel teises astmes olev tahkekütuse kontsentratsioon on väiksem kui kihispõlemisel, kuid tunduvalt suurem kui kamberpõletamisel. Keerisel ringlev kütuse mass kujutab „tsirkuleerivat kihti”, kuid sellises olukorras, kus kütuseosakesed ei oma võimalust olla vahenditult kontaktis üksteisega, mis loob põlemisprotsessile ja kütuse anorgaanilise osa termilisele muundamisele soodsad tingimused.

Tuginedes esitatud kaalutlustele võime lugeda keevkihiga generaator-tsüklonkollet sobivaks peenpõlevkivi kaheastmelisel põletamisel.

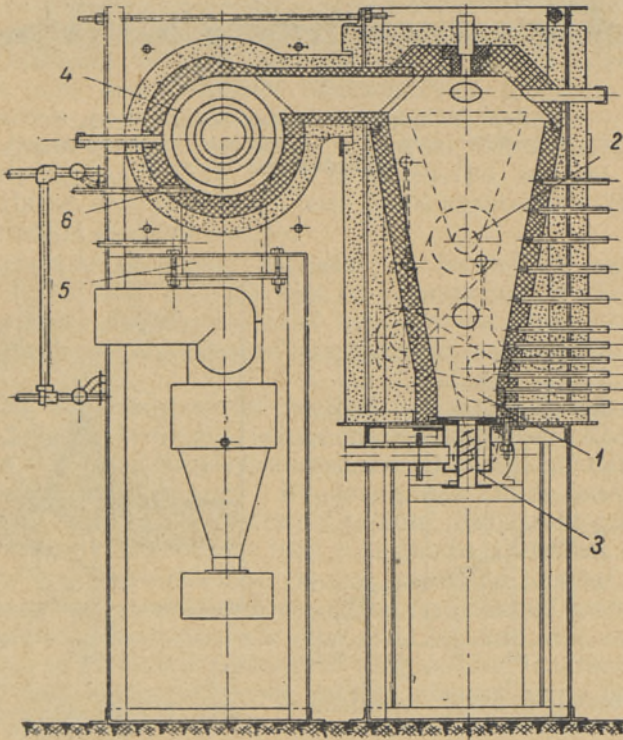
Katseseadme ja katseseadmes toimuva protsessi kirjeldus

Katseseadme esimese astme põhiliseks osaks on tulekindlast šamottsavist valmistatud silindriline toru pikkusega 900 mm ja läbimõõduga 200 mm. Toru on asetatud vertikaalselt ja suletud alumisest otsast restiga. Resti elavpind moodustab ligikaudu 1% resti peegelpinnast. Resti keskel on 60 mm



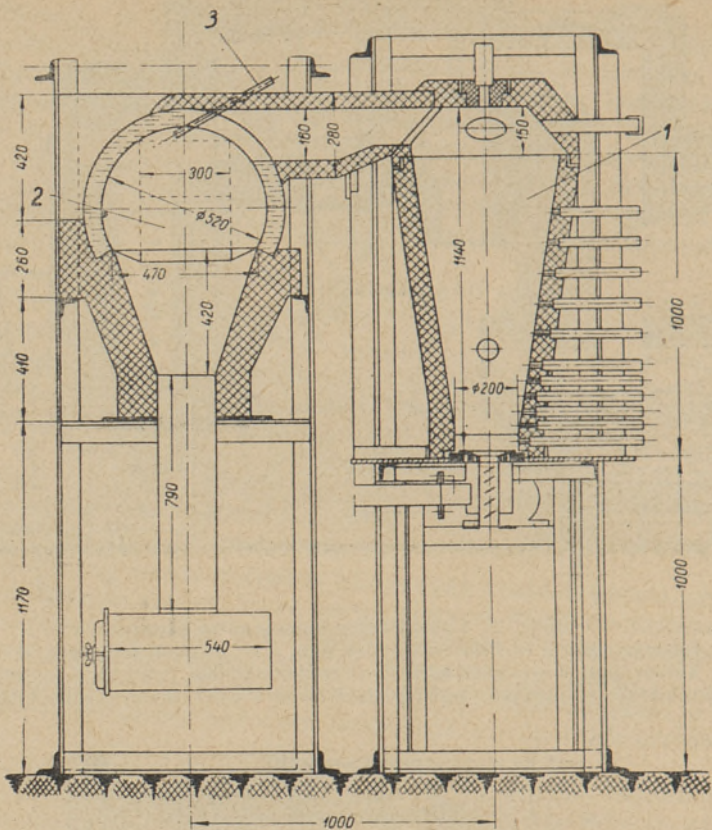
Joon. 2. Laboratoorse katseseadme skeem.

1 — esimene aste, 2 — tuhaärastamise tigu, 3 — primaar-õhu karp, 4 — rest, 5 — kütuse tigu, 6 — teine aste, 7 — sekundaar-õhu puhurid, 8 — ava põlemisproduktide väljumiseks tsüklonist, 9 — ava tuha eraldamiseks tsüklonist.

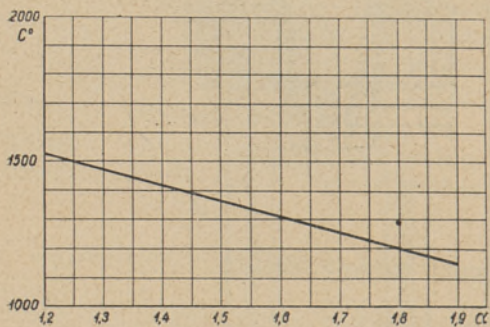


Joon. 3. Laboratoorse katseseadme skeem.

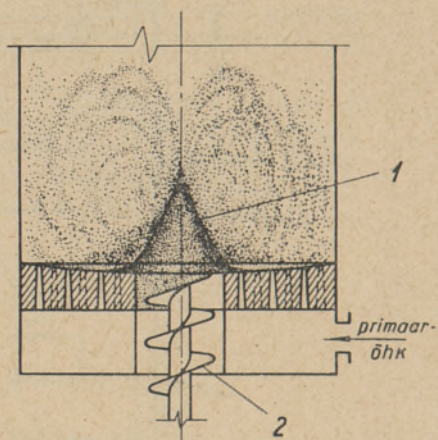
1 — esimene aste, 2 — kütuse tigu, 3 — tuhaeraldamise tigu, 4 — teine aste, 5 — tuhaeraldamise seade teisest astmest, 6 — sekundaar-õhu puhurid.



Joon. 4. Laboratoorse katseseadme skeem.
 1 — esimene aste, 2 — feine aste (vesijahutusega),
 3 — sekundaar-õhu puhurid.



Joon. 5. Põlemisproduktide teoreetiline temperatuur sõltuvalt liigõhutegurist.



Joon. 6. Tuha ärastamine esimesest astmest.
 1 — „surnud koonus”, 2 — tuhaeraldamise tigu.

läbimõduga ava tuha eraldamiseks tuhaarastusseadmesse. Resti alla on hermeetiliselt kinnitatud karp, kuhu suubub primaar-õhk. Restist 250 mm kõrgusel on paigutatud kütuse toitetigu.

Katsekolde teise astme moodustab horisontaalselt asetatud tsüklon. Tsükloni läbimõõt on 500 mm ja pikkus 550 mm.

Kolde teisele astmele järgneb jahutusseade, milles tsüklonist väljunud põlemisproduktid jahutatakse 200—250°-ni. Kirjeldatud seade on toodud joonisel 2.

Põlevkivi anorgaanilise aine termilisel muundamisel ehitus-sideaineks on vajalik, et temperatuur seadmes ei ületaks 1150°. Tuhaosakeste paatumise vältimiseks tsükloni seinale ei tohiks sein temperatuur ületada 500° (4). Kolde ja kolde sein temperatuuri ülemmäära piiramiseks kasutati laboratoorsel katseseadmel kaht võimalust: „õhkjahutust” (s. o. töötamine kõrgendatud liigõhuga) ja vesijahutust radiatsioonküttepinna kasutamiseega. Õhkjahutusega variandid on toodud joonistel 2 ja 3, vesijahutusega variant joonisel 4.

Õhkjahutusega variandi rakendamisel, kasutades III sordi põlevkivi kütteväärtusega 2530 kcal/kg, on vajalikud liigõhutegurid toodud joonisel 5.

Joonisel näeme, et lubatud temperatuuri saavutamiseks on vaja kasutada liigõhutegurit $\alpha = 1,9$. Kõrgendatud liigõhuteguri tõttu ($\alpha = 1,9 - 2,0$) suurenevad tunduvalt heitegaaside maht, kiirused ja aerodünaamilised takistused. Õhkjahutusega variandi positiivseks küljeks on kilogrammi kütuse kohta antava õhukoguse suurenemine, mis mõjub positiivselt keerisprotsessi organiseerimisele teises astmes ning võimaldab paremini täita pneumaatilise transpordi tingimusi.

Radiatsioonküttepinna kasutamisel on küll võimalik töötada normaalse α -ga ($\alpha = 1,15 - 1,20$), kuid keerisliikumine tsüklonis nõrgeneb tunduvalt, mis põhjustab suuremate kütuse- ja tuhaosakeste keerisest väljalangemist ja sadestumist tsükloni põhjale. Et radiatsioonküttepinna variandi rakendamisel vältida tsüklonis nõrgast keerisliikumisest tekkida võivaid häireid, selleks loobuti puht keerisprintsipi rakendamise tsüklonis ja kasutati teises astmes keeris- ja sadestuskambri vahepealset varianti — lahtise põhjaga tsüklonit (joon. 4). Kütuseosakesed, sisenedes vahekanalist tsüklonisse, teevad tsüklonis ligikaudu 0,75 ringi ja sadenevad seejärel läbi avatud põhja tuhakogujasse. Avatud põhjaga teise astme kasutamine võimaldab vältida tuha sadenemist tsükloni põhjale.

Kütuse sisenemisel esimesse astmesse — keevkihiga generaatorisse, jaguneb kütus kahte ossa. Esimene osa (s. o. peenemad fraktsioonid) kantakse põlevgaasidega keemisprotsessist osa võtmata teise astmesse, kuna teine osa — jämedamad fraktsioonid moodustavad primaar-õhu toimel keevkihi.

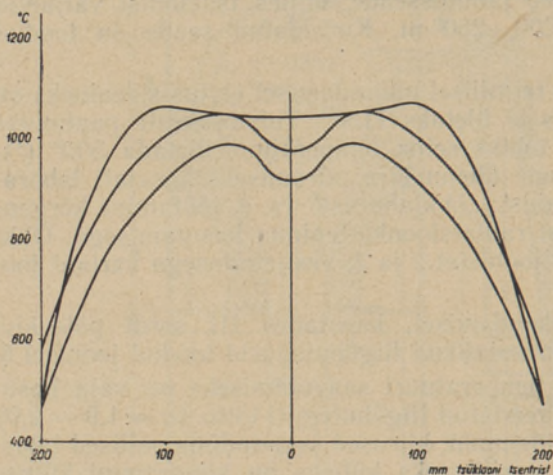
Survete vahe tõttu kogunevad pooleldi põlenud kütuseosakesed resti tsentris oleva tuha väljavõtuava kohale koonusekujuliselt. Koonuse suuremaks kasvades varisevad kütuseosakesed uuesti restile ja paisatakse primaar-õhu surve „keemisprotsessi”. Koonuse pinnal, mida lendu ei paisata, toimub kütuse orgaanilise osa järelopõletamine. Tuhaeraldamise teo käik reguleeritakse selliselt, et eraldatav tuhk ei sisaldaks põlevainet. Restil tekkiv „surnud koonus” ja tuhaeraldamise tigu on kujutatud joonisel 6.

Teise astmesse kantavad kütuse peenemad fraktsioonid kuumenevad teel ja alluvad termilisele muundamisele juba enne tsükloni sisenemist. Tsüklonis toimub gaasi ja lendkoksi põletamine ning osaline lendtuha eraldamine põlemisproduktidest keerismenetlusel, milline põhineb gaasi-õhuvoolu keerisliikumise kasutamisel.

*

Uurimistöö tulemusi

Laboratoorsel katsetamisel nii esimese kui ka teise variandiga kütuse orgaaniline osa põletati seadmes praktiliselt jäägitult. Generaatorist, tsüklonist ning jahutist eraldatud tuhk ja heitegaasid põlevainet ei sisaldanud.

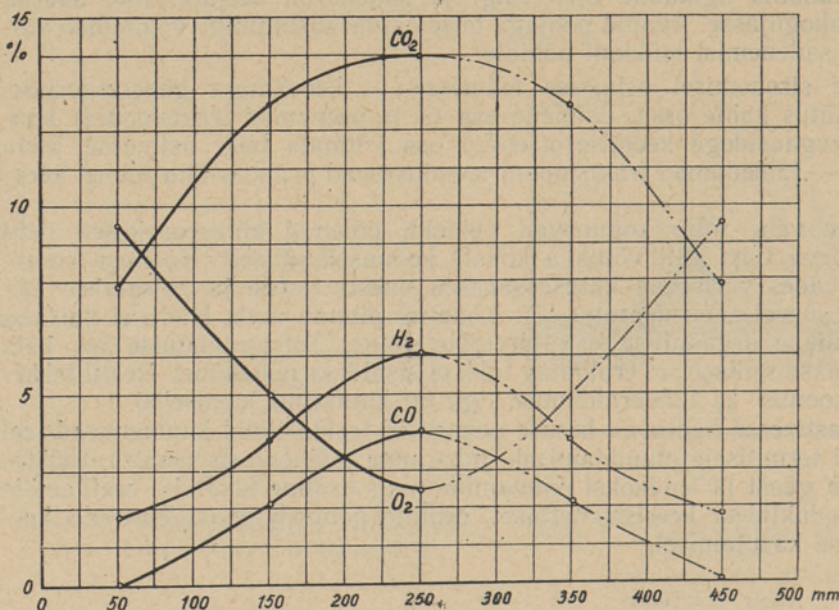


Joon. 7. Tsükloni põiklõike temperatuuri karakteristikud.

Kolde teises astmes toimunud põlemisprotsessi termilise taseme kulgemist iseloomustavad kujukalt põiklõike ulatuses teostatud temperatuuri mõõtmise graafikud (joon. 7).

Joonisel näeme, et temperatuur on maksimaalne tsükloni pikitelje ja külgseina vahelises osas. Järelikult selles osas on õhu ja gaasi segunemine ning põlevsegu kontsentratsioon kõige soodsam. Tsükloni piirdel (külgsena lähedastes kihtides), kuhu suubub sekundaar-õhu düüsidest külm õhk, on temperatuur madalam ning liigõhu sisaldus suurem.

Tsükloni keskosas — pikitelje piirkonnas, vastupidiselt eelmisele, on hapnikku vähe. Sellest tingituna toimub tsükloni keskosas põlemisprotsess puudulikult ning selles piirkonnas ringleb rammus gaas, mis tsüklonist väljumise avas segatakse liigõhuga perifeersetest kihtidest ja põletatakse täielikult tsüklonist väljumise avas või vahenditult väljumisava läheduses. Gaaside koostis tsükloni põiklõikes on toodud joonisel 8.

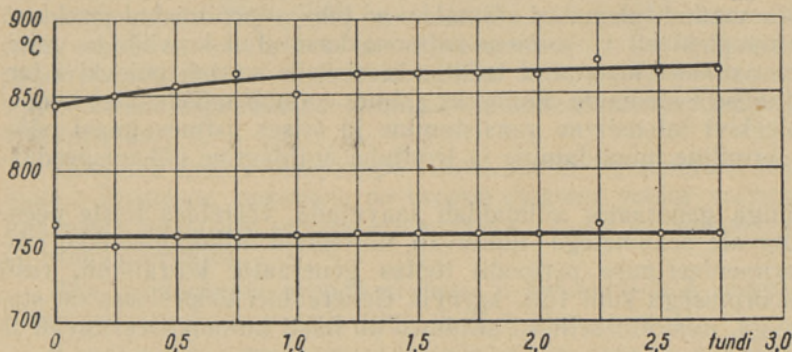


Joon. 8. Tsükloni põiklõike gaaside karakteristikud.

Temperatuur, mõõdetuna tsükloni pikiteljel, on ühtlane kogu tsükloni ulatuses ja tõuseb 50—75° võrra tsükloni väljumisava läheduses, mis on tingitud gaaside järelpõlemisest. Seadme suurematel koormustel põhjustas temperatuuri tõus (kuni 1250°—1350° ja enam) väljumisava kattumise vedelšlakiga.

Tsükloni ruumiline soojuslik erikoormus ulatus katsetamisel kolde esimese variandiga $1,1\text{--}1,8 \cdot 10^6$ kcal/m³h ja teise variandiga $1,6\text{--}2,0 \cdot 10^6$ kcal/m³h.

Küllaldaselt suur kütusevaru generaatoris andis keevkihiga koldeprotsessile püsiva ilme. Hoides generaatorisse antava kütuse ja õhukoguse proportsiooni konstantsena, püsis temperatuur generaatoris praktiliselt muutmatusena (joon. 9). Siinjuures on siiski vaja silmas pidada, et keevkihiga generaatorprotsess vajab pidevat toitmist, on tundlik toitja häirete puhul ning kaldub pulseerima ebaühtlasele kütuse etteandmisel.

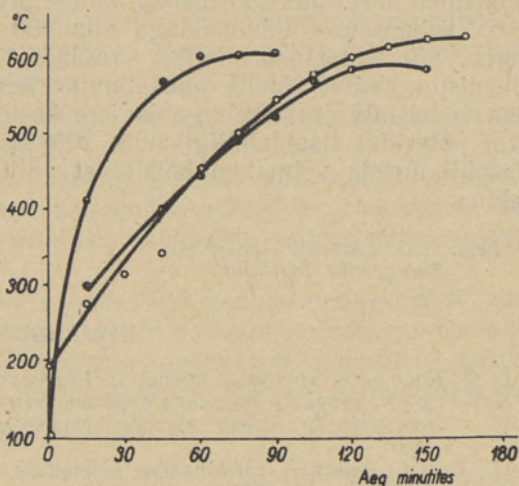


Joon. 9.
Generaatori
temperatuuri
graafik.

Kaltsiumkarbonaatide lagunemine toimus väga intensiivselt temperatuuri vahemikus 750—850°. Generaatori töötamisel temperatuurirežiimil 750—950° oli generaatorist väljuva tuha kaltsiumkarbonaatide lagunemine 52—95%. Gaasivoolusega teise astmesse kantavatel koksiosakestel ulatus kaltsiumkarbonaatide lagunemisaste generaatorist väljumisel 40—88%-ni.

Tuhka eraldati generaatorist sõltuvalt seadme töörežiimist 15—40% (arvestatud kütuse tuhasisaldusest).

Katsetamisel teise astme esimese variandiga esines lendtuha paatumist tsükloni seinale, mistõttu tsüklonist eraldatud tuha kogused ei näita objektiivselt tsükloni püüdeefekti. Tsükloni seina temperatuuri tõusmisel üle 500° algas lendtuha paatumine tsükloni seinale. Paatunud tuhakiht halvendas soojuse läbikannet, mistõttu sadestunud tuhakihi pealispinna temperatuur tõusis veelgi ja edasi toimus juba pidev tuhakihi paksenemine kleepumise teel. Tsükloni seinale paatunud tuhakihi pealispinna temperatuuri kõverad on toodud joonisel 10.



Joon. 10. Tsükloni seinale paatunud tuhakihi pealispinna temperatuuri kõverad.

Katsetamisel tsükloni teise variandiga tuha salvestumist tsüklonis ei esinenud.

Tsüklonist eraldatud lendtuha kogus ulatus kuni 40%-ni (arvestatud kütuse tuhasisaldusest).

Tuha sideaineliste omaduste kindlaksmääramine teostati vastavas laboratooriumis. Laboratoorseks uurimiseks jahvatati tuhk kuulveskis. Pärast jahvatamist oli tuha eripind $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Tugevusproovikehad valmistati seguvahekorras 1 : 3 (sideaine — Volski liiv). Segu konsistents oli plastiline, kusjuures tüvikoonuste laialivalgumine ulatus 13—14 cm-ni. Proovikehade, milliseid hoiti niiskes õhus 28 päeva, maksimaalseks survetugevuseks oli 148 kg/cm^2 . Tampmõrdi kasutamisel tuleks saadud tulemust korrutada koefitsiendiga 2,5.

Järeldusi

Uurimistöös saadud tulemused võimaldavad teha allpooltoodud järeldusi.

1. Seade komplekselt — esimese astmena kasutatud keevkihiiga generaator ja teise astmena kasutatud tsüklon-keeriskolle vastab põlevkivi termilise muundumise iseloomule. Esimeses astmes toimub mõõdukatel temperatuuridel põlevkivi intensiivne gaasistamine ja teises astmes gaasi põletamine, tuha termiline muundamine ja lendtuha eraldamine põlemisproduktidest.

2. Keevkihiiga generaator võimaldab saavutada võrreldes teiste peenpõlevkivil töötavate seadmetega tunduvalt suuremaid erikoormuslikke näitajaid. Eksperimenteerimise perioodil töötas generaator korralikult, resti kütusliku erikoormusega kuni $1500 \text{ kg/m}^2\text{h}$. Generaatori tööprotsess on stabiilse iseloomuga, mistõttu sellised seadmed on hästi automatiseeritavad ja mehhaniseeritavad.

3. Seadmest eraldatav lendtuhk on kasutatav ehitus-sideaine valmistamiseks.

4. Teise astmena on sobiv kasutada keerd- ja sadestuskambri vahepealset varianti. Teise astme seina jahutamine sekundaar-õhuga pole soovitav. Otstarbekam on kasutada vesijahutust.

5. Tangentsiaalset sekundaar-õhu puhumine ei kindlusta õhu ja põlevgaasi ühtlast segunemist ja läbipõlemist kogu tsükloni ulatuses, mistõttu leek venib pikemaks ja lõplik põlemine toimub põlemiskambri väljumisel, mida tuleb arvestada tööstuslike kollete projekteerimisel.

6. Tuhaosakesi läbimõõduga alla 100 mikroni on praktiliselt võimatu keeris- või sadestusprintsibiil eraldada 100%-liselt põlemisproduktidest. Põlemisproduktide täielik puhastamine lendtuhaosakestest osutub võimalikuks vedelšlaki eraldamisega kollete kasutamisel. Arvestades seda, et III sordi põlevkivi sisaldab ligikaudu 20% osakesi alla 100 mikroni, on vaja edaspidi uurida võimalusi tsüklonist väljuva lendtuha püüdmiseks vedelšlakina.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Energeetika Instituut*

Saabus toimetusse
31. XII 1955

KIRJANDUS

1. Г. Ф. Кнорре, Топочные процессы, Госэнергоиздат, Москва—Ленинград, 1951.
2. Х. К. Труу, Теория и практика сжигания горючего сланца, Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, ЭНИН АН СССР, 1951.
3. Н. Труу, Пõlevkivi ratsionaalse põletamise põhimõtetest, ENSV TA Toimetised, IV kd., nr. 3, 1955.
4. I. Öpik, Lendtuhasadestiste paatumine põlevkivikurersiidi küttega agregaatide küttepindadel, väitekirj, Tallinna Polütehniline Instituut, 1953.

О СЖИГАНИИ МЕЛКОГО ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА В ЛАБОРАТОРНОЙ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ТОПКЕ С КИПАЩИМ СЛОЕМ

Э. Я. ЮРИСМА

Резюме

Создание рационального и комплексного метода сжигания горючего сланца имеет большое народнохозяйственное значение. В связи с этим в топочной лаборатории Института энергетики Академии наук ЭССР проводилось исследование метода двухступенчатого сжигания горючего сланца в лабораторной генераторно-циклонной топке с кипящим слоем.

Первую ступень описываемой установки составляет генератор с кипящим слоем, где происходит газификация топлива при умеренных температурах (порядка 750—950°) и сжигание остаточного кокса. Вторую ступень ее составляет циклонно-вихревая топка, в которой происходит сжигание выработанного в первой ступени газа, термическая переработка летучей золы в строительное вяжущее и выделение летучей золы из продуктов горения.

Кипящий слой в генераторе основывается на действии первичного воздуха. Вихревое движение во второй ступени топки достигается тангенциальным подводом вторичного воздуха и газов из первой ступени топки в ее вторую ступень.

Для охлаждения второй ступени в лабораторной опытной установке были использованы воздух (рис. 2, 3) и вода (рис. 4).

В результате проведенных опытов можно сделать следующие основные выводы:

1. В двухступенчатой генераторно-циклонной топке практически возможно сжигание органической части горючих сланцев без остатка, причем отделяющуюся летучую золу можно использовать в качестве строительного вяжущего.

Удельное тепловое напряжение циклона доходило до $1,0—2,0 \cdot 10^6$ ккал/м³ час.

2. Опытная установка работала вполне удовлетворительно при удельной нагрузке зеркала горения 1500 кг/м² час. Генераторный процесс в этих условиях носит устойчивый характер, в связи с чем такие установки могут быть успешно механизированы и автоматизированы.

3. Разложение карбонатов кальция происходило весьма интенсивно при температуре порядка 750—850°.

4. В качестве второй ступени топки можно использовать промежуточный вариант между вихревой камерой и камерой осаждения. Для охлаждения стенок второй ступени целесообразно использовать водяное охлаждение.

5. Частицы золы диаметром меньше 100 микрон практически невозможно полностью выделить из продуктов горения вихревым методом или методом осаждения. Для полной очистки продуктов горения от летучей золы необходимо выделить ее из продуктов горения в виде жидкого шлака.

*Институт энергетики
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
31 XII 1955

ON THE COMBUSTION OF OIL SHALE FINES IN A LABORATORY TWO-STAGE FURNACE WITH A BOILING BATCH

E. JURISMA

Summary

The creating of a rational and complex method of oil shale combustion has a great national-economic importance. In connection with this an investigation has been carried out in the furnace laboratory of the Institute of Energetics of the Academy of Sciences of the Estonian SSR regarding the method of two-stage combustion of oil shale in a generator-cyclonic furnace with a boiling batch.

The first stage of the described plant constitutes a generator with a boiling batch, where gazification of fuel at moderate temperatures (of the 750°—950° order) and the combustion of residue coke are taking place. Its second stage is a cyclone-whirling furnace, in which the burning of the gas produced in the first stage, the thermal treatment of volatile ash into binding material for building purposes and the separation of volatile ash from the products of combustion are effected.

The boiling batch in the generator is based on the action of primary air. The whirling movement in the second furnace stage is achieved by a tangential admission of secondary air and gases from the first stage of the furnace into the second.

For the cooling of the second stage water (Drawing 4) and air (Drawings 2, 3) were used in the laboratory pilot plant.

As a result of the carried out tests it is possible to make the following fundamental conclusions:

1. In the two-stage generator-cyclonic furnace it is possible to burn down without residue the organic part of oil shales, while the separated volatile ash can be utilized as binding material for building purposes.

The specific thermal stress of the cyclone reached $1.0-2.0 \cdot 10^6$ kcal/m³h.

2. The pilot plant worked quite satisfactorily at a combustion mirror unit load of 1500 kg/m²h.

In these conditions the generating process owns a stable character, consequently these plants can be successfully mechanized and automatized.

3. An intensive decomposition of carbonates took place at a temperature of the 750—850° order.

4. As second furnace stage it would be also suitable to utilize the intermediate alternate between the whirling chamber and the settling chamber. For the cooling of the second stage walls it is rational to utilize cooling with water.

5. It is practically impossible neither by the whirling, nor by the settling method to separate completely from the combustion products ash particles with a diameter under 100 microns. For a complete cleansing of combustion products of volatile ash the latter should be separated from the combustion products in the form of liquid slag.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Energetics*

Received
Dec. 31, 1955