

LV 14069

19



LATVIJAS REPUBLIKAS  
PATENTU VALDE

11 LV 14069 B

51 Int.Cl. A23B4/044  
A23L1/226

Latvijas patents uz izgudrojumu  
2007.g. 15.februāra Latvijas Republikas likums

12

Īsziņas

21 Pieteikuma numurs: P-08-116  
22 Pieteikuma datums: 26.06.2008  
41 Pieteikuma publikācijas datums: 20.01.2010  
45 Patenta publikācijas datums: 20.03.2010

73 Īpašnieks(i):  
LATVIJAS VALSTS KOKSNES ĶĪMIJAS  
INSTITŪTS; Dzērbenes iela 27, Rīga LV-1006, LV  
72 Izgudrotājs(i):  
Gaļina DOBELE (LV),  
Vilhelmīne JURKJĀNE (LV),  
Jānis RIŽIKOVS (LV),  
Baiba SPINCE (LV),  
Ausma TARDENAKA (LV),  
Jānis ZANDERSONS (LV),  
Aivars ŽŪRIŅŠ (LV)

54 Virsraksts: **PAŅĒMIENS TIEŠAI KŪPINĀŠANAS ŠĶIDRUMU IEGŪŠANAI**

57 Kopsavilkums: Piedāvāts paņēmiens tiešai benzopirēnu nesaturošu kūpināšanas šķidrumu iegūšanai, veicot oksidatīvo koksnē vai citās lignocelulozi saturošas biomasas pirolīzi nepārtrauktas darbības ārējās apsildes reaktorā pārkarsēta ūdens tvaika vidē ierobežota gaisa daudzuma klātbūtnē. Ierobežotas degšanas un karsēšanas rezultātā radušies koksnē termiskās sadalīšanās tvaiki un gāzes oksidējas un veidojas kūpināšanas dūmu komponenti (fenoli, skābes, karbonilsavienojumi), kas kūpināšanas procesā un kūpināšanas šķidrumos apstrādātajiem produktiem piedod raksturīgo aromātu, garšu un noturību pret lipīdu oksidēšanos. Lai novērstu kancerogēno policiklisko aromātisko vielu veidošanos, ieteikts oksidatīvo pirolīzi izdarīt pārkarsētu ūdens tvaiku vidē, kas uzlabo siltuma pārnešanu no gāzes vides uz cieto fāzi un novērš koksnē pārogļotā atlikuma uzkaršanu virs 350-400°C un karbonizētā izveidoto policiklisko aromātisko ogļūdeņražu iztvaicēšanu un kancerogēno vielu, piemēram, benzopirēna, nonākšanu kondensātos. Papildus ūdens tvaiku klātbūtnē dūmu kondensāti labāk kondensējas un iegūst kūpināšanas šķidrumus tieši, bez dūmu primārā kondensāta apstrādes un atšķaidīšanas. Iegūtie kūpināšanas šķidrumi nesatur benzopirēnu.

## IZGUDROJUMA APRAKSTS

Šis izgudrojums attiecas uz kūpināšanas šķidrumu ieguvu no koksnes vai citas lignocelulozes saturošas biomasas oksidatīvās pirolīzes dūmu kondensāta, kuri pagatavoti apejot kondensācijas primāro produktu izdalīšanas un apstrādes pakāpi, un nesatur benzopirēnu, kas tiek panākts ar ūdens tvaika ievadišanu oksidatīvās pirolīzes zonā.

### Zināmā tehnikas līmeņa analīze

Lai gan pārtikas produktu kūpināšana ir jau simtiem gadu zināms process, tomēr pēdējās desmitgadēs kūpināšanas tehnoloģijās un dūmu iegūšanas paņēmienos ir notikušas daudzas izmaiņas. Galvenie izmaiņu iemesli ir četri: 1) vēlēšanās panākt iespēju efektīvāk regulēt kūpinājumu garšu un iekrāsojumu, 2) nepieciešamība samazināt dūmu kancerogēno komponentu koncentrāciju, 3) prasības samazināt izmešu daudzumu no kūpinātavām un 4) nepārtrauktā vēlēšanās intensificēt kūpinājumu ražošanas procesus un palielināt ražošanas apjomus.

Panākt būtiskus uzlabojumus kūpinājumu ražošanā, strādājot ar veco metodi un kontaktējot zivis vai gaļas produktus ar dūmiem, neizdodas. Piemēram, neizdodas vai ir grūti panākt viendabīgas produktu īpašības un kvalitāti. Apstrādājamais pārtikas produkts ar dūmiem kontaktē tieši un uz tā virsmas un masā difūzijas ceļā nonāk ne tikai garšas un aromātu nosakošie fenolsavienojumi (galvenokārt siringola atvasinājumi), antioksidanti (karbonilsavienojumi un fenoli), vielas, kas kūpinājumiem piešķir iekrāsojumu (karbonilsavienojumi, galvenokārt 2-hidroksiacetaldehīds) un organiskās skābes, bet arī darvas produkti, kuru sastāvā ir augsta policiklisko aromātisko oglekļa ogļūdeņražu koncentrācija. Starp policikliskajiem aromātiskajiem oglekļa ogļūdeņražiem (PAO) ir kancerogēnas vielas, piemēram, benzopirēns (BaP), benzoantracēns (BaA) un vairākas citas vielas. BaP koncentrācija dūmu kondensātu darvās sasniedz līdz 10 000 µg/kg un vairāk. Ja ņem vērā, ka BaP ir tikai kā maksimums 10% no potenciālo kancerogēno vielu daudzuma PAO, bīstamais piesārņojums darvās ir augsts. Pētījumi ir pierādījuši, ka dūmu ģenerēšanas procesā to pilnīgi novērst nevar [В.И. Курко, Химия копчения, изд. Пищевая промышленность, Москва, 1969, 343 с.; О.Ю. Меженова, Технология и методы копчения пищевых продуктов, изд. Проспект науки, Москва, 2006, 292 с.] ne izmainot termiskās apstrādes apstākļus, ne izveidojot tehniskas palīgierīces un kondensācijas sistēmas darvu uztveršanai.

Pēdējos 30-40 gados arvien plašāk gaļas produktu, zivju un citu pārtikas produktu (piemēram, sieru) apstrādē ieviešas šķidrie kūpināšanas un aromatizēšanas preparāti – šķidrie dūmi (liquid smoke, копильные жидкости). Jau 1892.g. Endrju J. Čeizs (Andrew J. Chase) iesniedz patenta pieteikumu aparātam šķidro dūmu produktu iegūšanai (patents US 511288). 1949. gadā ASV patentā US 2670295 ierosināts kūpināšanas šķidrumu ievadīt tieši zivju konservos. Pagājušā gadsimta 50 – 90os gados notiek intensīva visdažādāko šķidro dūmu iegūšanas paņēmieni izstrādāšana un patentēšana, kuru galvenais mērķis ir samazināt PAO koncentrāciju šķidro dūmu sastāvā un uzlabot aromatizējošo komponentu sastāvu.

Šķidro dūmu izmantošanas galvenās priekšrocības, salīdzinot ar tradicionālo kūpināšanu, ir vienkāršs pielietojšanas paņēmiens, būtiski samazināts apstrādes ilgums, gatavā produkta viendabīgās īpašības, kuras viegli atkārtot no produkta partijas uz partiju, kā arī ražošanas procesa sanitārā un ekoloģiskā tīrība. Bez šīm, jau uzskaitītajām, pati nozīmīgākā priekšrocība ir: pirms lietošanas, atšķirībā no dūmiem, ir iespējams noteikt toksisko piemaisījumu koncentrāciju un tos novērst šķidrumu gatavošanas laikā. Bez tam ir pierādīts, ka kūpināšanas šķidrumiem piemīt antimikrobiāla iedarbība [E. Sumeu, C. Aristimuno, B. Fernandez-Galian, Food Research International **2003**, 36, 111-116.]. Jāņem vērā, ka kūpināšanas šķidrumus gatavo no dūmu kondensātu ūdens šķīduma frakcijas, no kuras galvenokārt sedimentācijas un filtrācijas ceļā tiek nodalīta ūdenī nešķīstošā darva, bet izmanto arī citus paņēmienus.

No PAO kancerogēnajām vielām var atbrīvoties tās izekstraģējot. Patents US 4431033 un US 4594251 ir ieteikts izmantot dihlormetānu šķidruma PAO ekstrakcijai no kondensāta ekstrakcijas kolonnā vai arī jau kondensācijas procesā skruberī. Diemžēl zūd vairums aromatizātoru – fenolu. Tā kā šķidrumā saglabājas karbonilsavienojumi, šādi attīrītus šķidrumus var izmantot galvenokārt desu ādu un produktu iekrāsošanai. Patents US 5637339 iesaka kancerogēnās vielas no dūmu kondensāta nodalīt, izmantojot aktivētās ogles. Tā kā šķidrumā samazinās fenolu koncentrācija, šķidrums pēc tīrīšanas jāietvaicē, t.i. līdz ar kaitīgajiem piemaisījumiem sorbējas un zūd arī metoksifenoli un dimetoksifenoli. Oriģinālu metodi, lai izvairītos no PAO kancerogēnajiem piemaisījumiem, iesaka patenta pieteikums WO 02/00040A1, kurā piedāvāts izmantot daļēji pirolizētas koksnes ekstrakciju ar CO<sub>2</sub>, propānu, amonjaku u.c. superkritiskos apstākļos. Iegūst ūdenī šķīstošos kūpināšanas šķidruma komponentus.

Patents US 4359481 darvas un kaitīgo piemaisījumu nonākšanu dūmu kondensāta ūdens frakcijā, kas ir tā saucamais kūpināšanas šķidrumu primārais produkts (primary product), iesaka panākt ar trīspakāpju (1.pak. - 170°C; 2.pak. - 95°C; 3.pak. - 20°C) kondensācijas sistēmu, jo pēc ekstrakcijas un adsorbcijas kūpināšanas šķidrumos (primārajos produktos) paliek pārāk maz fenolu, kuri pēc K. Pottharta [Fleischwirtschaft, **1974**, 54, 183-187] vērtējuma dod 66%

kūpinājumu garšas īpašību. Patents US 3106473 iesaka atbrīvoties no darvām, dūmu kondensāciju izdarot skruberī ar siltu (līdz 49°C) recirkulātu līdz skābes koncentrācijai kondensātā 3%, un iegūto kondensātu filtrēt caur celulozes šķiedru pulpas slāni, atbrīvojoties no sapolimerizētajiem darvas produktiem.

Patents US 4883676, lai samazinātu kancerogēno vielu piemaisījumu dūmos un palielinātu kondensāta iznākumu, iesaka karsēt plānu (1-2 cm) zāgskaidu slāni no apakšas pie 250-350°C (nepārtraukts process) vai 600°C (periodisks process) ar gaisa plūsmu pār skaidu slāni un padevi, kas tuva pilnai sadeģšanai nepieciešamajam gaisa daudzumam ( $\alpha \approx 1$ ). Tomēr sasniegtais BaP līmenis kondensātā nav uzrādīts.

Plānu zāgskaidu, kapaiņu vai šķeldu slāni pakļaut oksidatīvai termolīzei nepārtraukti virzītā slānī rekomendē patenti US 3462282 un US 3634108, izmantojot kā siltumnesēju līdz 250-390°C pārkarsētu ūdens tvaiku maisījumā ar gaisu, kuram piejaukts papildus skābeklis līdz tā saturam gaisā 25-30% tilp., vai ar skābekli 3,5% tilp. no pārkarsēta tvaika tilpuma. Procesa gaitā oksidatīvā koksnes pirolīze, pēc autora ieceres, noris tikai slāņa apakšdaļā, bet slāņa augšdaļa aiztur izveidojušās darvas un tātad arī PAO. Diemžēl, izņemot uzrādītās pārkarsētā tvaika temperatūras, citu parametru nav (gaisa padeve, tvaika patēriņš, produktu iznākums). Grūti iedomāties, ka pie uzrādītās temperatūras ar skābekli bagātināta gaisa klātbūtnē koksnes daļiņu slānī nesākas eksotermiskā reakcija ar visa slāņa iesaistīšanos gruzdēšanas procesā un darvu veidošanos. Tā kā pat lapukoku gabalkoksnei uzliesmošanas temperatūra gaisa skābekļa klātbūtnē ir tikai 300-310°C [V. Babrauskas, Ignition of wood, Interflam, London, 2001, 71-88], nav izslēgta sīkdispersās koksnes aizdegšanās ar liesmu uzrādītajā 250-390°C temperatūras diapazonā.

Iepriekšminētajos dūmu un dūmu kondensātu iegūšanas paņēmienos autori ir centušies panākt dūmu sastāvu, kas nodrošinātu kūpinājumu vēlamās garšas, smaržas un noturības pret lipīdu oksidēšanos īpašības, vienlaikus līdz minimumam samazinot apstrādājamā produkta iespējamo kontaktu ar darvas frakciju un PAO. Vislabāk to panāk, izmantojot kūpināšanas šķidrums, kuri pagatavoti no dūmu kondensāta ūdens frakcijas (primārā produkta).

Dūmu veidošanos veicina nepilnīga degšana, kas notiek koksnes gruzdēšanas laikā. Dūmu veidošanās sākumprocess ir koksnes makromolekulu un polimēru ķīmisko saišu trūkšana termiskās iedarbības rezultātā. Gāzes un tvaiki, kuri veidojas šajās pirolīzes reakcijās, kas notiek koksnē, nonāk kontaktā ar atmosfēras skābekli oksidatīvā zonā, kas ir ap koksnes daļiņām. Pirolīzes reakcijas, kurās veidojas gāzveida ogļūdeņraži no koksnes komponentiem, galvenokārt ir endotermiskas reakcijas un kā tādas neizdala siltuma enerģiju, ar kuru uzturēt pirolīzes procesu. Ja nav ārēja siltuma enerģijas avota, ir nepieciešamas eksotermiskas oksidācijas reakcijas, lai uzturētu koksnes termisko noārdīšanos un gaistošo produktu izdalīšanos.

Gruzdēšanas procesā pārpalikušo ogļu oksidēšanās arī dod savu ieguldījumu, kas virza endotermiskās pirolīzes reakcijas. Gruzdēšana vislabāk notiek, ja koksnes daļiņām ir liela virsma (liela virsmas un tilpums attiecībā), jo tas veicina oksidēšanās reakciju norisi uz koksnes daļiņu virsmas un slāpē oksidēšanās reakcijas gāzes fāzē, jo viegli notiek siltuma izkliede un gāzu difūzija. Tāds gruzdēšanai piemērots kurināmais arī ir zāģskaidas un cita sīkdispersa lignocelulozi saturoša biomasa.

Vecākās kūpināšanas iekārtās, bet ne reti arī tagad, zāģskaidas gruzd biežā slānī dabīgās vilkmes apstākļos. Temperatūra gruzdēšanas zonā sasniedz 860-940°C, un process pats sevi arī uztur. Tomēr šādos apstākļos, līdz ar vēlamajiem kūpināšanas dūmu komponentiem, veidojas daudz PAO un darvas produktu. Bez tam šādos apstākļos grūti regulēt gaisa padevi termiskās noārdīšanās zonā, no kā lielā mērā atkarīgas dūmu, dūmu kondensātu un kūpināšanas šķidrums īpašības un arī kancerogēno vielu sastāvs tajos. Vairums pētnieku norāda, ka šis gaisa daudzums ir 15-20% no koksnes vai citas lignocelulozi saturošas biomasas pilnīgai sadegšanai nepieciešamā gaisa daudzuma.

Pēdējā laikā pētījumi ir parādījuši, ka celulozes termiskās apstrādes rezultātā, jau cietajā fāzē veidojas aromātiski savienojumi, kuri, temperatūrai ceļoties, veido PAO savienojumus karbonizācijas cietajā atlikumā, no kurienes, ja temperatūra pārsniedz 350-400°C, tie izdalās tvaiku veidā [ M. Hajaligol, B. Waymack, D. Kellog, Fuel, 2001, 80, 1799-1807].

Kā tika norādīts jau iepriekš, modernās iekārtās izmanto ārējās apsildes iekārtas gruzdēšanas procesa uzturēšanai un plānu sīkdispersas koksnes slāni, lai novērstu augstas temperatūras ietekmi uz pārroglotās biomasas daļiņām. Taču augstu temperatūru novērst neizdodas, ja vien dūmu ģenerēšanā nav izmantotas sarežģītas intensīvās maisīšanas iekārtas vai virstošais slānis, kuru dūmu ģenerēšanas iekārtās realizēt nav viegli.

**Izgudrojuma mērķis** ir izstrādāt paņēmienu kūpināšanas šķidrums, kas nesatur B(a)P, tiešai iegūšanai koksnes vai citas lignocelulozi saturošas biomasas oksidatīvās termolīzes procesā pārkarsēta ūdens tvaika vidē ierobežota gaisa skābekļa daudzuma klātbūtnē karsējot sīkdisperso koksni vai citu lignocelulozi saturošu biomasu plānā slānī ar siltuma pievadīšanu caur sienu nepārtrauktas darbības aparātā.

### **Izgudrojuma būtības izklāsts**

Šai izgudrojumā koksnes vai citas piemērotas lignocelulozi saturošas biomasas gruzdēšanas procesu piedāvāts realizēt vispārzināmā ārējās apsildes rotējošā hermētiskā termoreaktorā, kas nodrošina sīkdispersā kurināmā intensīvu maisīšanu plānā slānī, līdz

minimumam samazinot katras daļiņas tiešu kontaktu ar reaktora tērauda sienu. Šādā aparātā ir viegli precīzi dozēt nepieciešamo gaisa daudzumu. Bez tam izgudrojumā oriģināls ir priekšlikums termisko sadalīšanos un gaistošo termolīzes produktu daļēju oksidāciju izdarīt pārkarsēta ūdens tvaika vidē ierobežota gaisa skābekļa daudzuma klātbūtnē. Pārkarsētais tvaiks kalpo kā vide ar uzlabotām siltuma pārneses īpašībām (tvaika-gāzes fāze un cietās biomasas daļiņas) un sekmē ātrāku tvaiku-gāzu maisījuma izvadīšanu no augstās temperatūras zonas termoreaktorā, jo pārkarsētais 350-400°C temperatūrā tvaiks ieņem lielu tilpumu. Bez tam tvaika klātbūtnē sekmē pilnīgu koksnes vai citas biomasas termolīzes ūdenī šķīstošo produktu efektīvu kondensāciju un tādu iegūto šķīdumu koncentrāciju, kas atbilst lietošanai gatavam kūpināšanas šķīdumam nepieciešamajai. Eksperimenti un pieredze rāda, ka pēc šāda paņēmiena iegūtie kūpināšanas šķīdumi nesatur benzopirēnu, kas ir PAO paraugviela produktu kancerogenitātes novērtēšanai.

Rekomendējamā temperatūra reaktorā ir 300-400°C robežās, bet reaktora sienas temperatūrai nevajadzētu pārsniegt 350-450°C temperatūras robežas. Gaisa padeve reaktorā atkarīga no izejvielas, bet tā būtu jāuztur 10-25% robežās (labāk 15-20% robežās) no koksnes vai biomasas pilnīgai sadegšanai nepieciešamā gaisa daudzuma. Tvaiku reakcijas vides radīšanai termoreaktorā ievada nedaudz pārkarsētā veidā (105-125°C), bet tam nekādā gadījumā nav siltumnesēja loma. Tā daudzums, vēlams, ir no 0,5 līdz 2,0 kg/kg no absolūti sausas koksnes, labāk - no 0,7 līdz 1,4 kg/kg no a.s. koksnes.

Kondensācijas sistēma sastāv no 2 pakāpēm: 1) darvas ķērāja, kurā tvaiku-gāzu maisījums atdziest līdz 105-115°C un kurā uztverto darvu ar ūdens piemaisījumu var izmantot kā kurināmo procesa uzturēšanai; 2) kondensatora-dzesētāja, kurā uztver ūdeni ar tajā izšķīdušajiem dūmu komponentiem un kas ir lietošanai gatavs kūpināšanas šķīdums ar nelielu daudzumu nešķīstošas nosēddarvas, kura izgulsnējas un pēc nodalīšanas tiek izmantota kā kurināmais. Cietais atlikums, kura iznākums, atkarībā no izvēlētās procesa temperatūras, ir 25-35% no absolūti sausas lignocelulozi saturošas biomasas, ir augstvērtīgs kurināmais ar vidējo sadegšanas siltumu no 27 līdz 30 MJ/kg un ir ērti izmantojams modernajās kurtuvēs, arī paša dūmu generatora apsildei un tvaika ģenerēšanai.

Atkarībā no izvēlētā tvaika daudzuma, kuru padod reaktorā, destilāta ūdens frakcijas iznākums ir 1-2 l/kg a.s. biomasas. Atkarībā no izmantotā kurināmā, izvēlētās procesa temperatūras un gaisa padeves, kā arī atkarībā no šķīdumu galveno komponentu koncentrācijas var mainīties diezgan plašā diapazonā. Kvalitāti kontrolē nosakot skābju (kā etiķskābe), fenolu (kā 2,6-dimetoksifenols), karbonilsavienojumu (kā 2-butanons) un benzopirēna koncentrāciju.

## Izgdrojuma realizācijas piemēri

**1. piemērs** Laboratorijas cauruļveida ārējās apsildes rotējošo reaktoru ar diametru 90 mm un apsildāmās daļas garumu 1000 mm, kas ievietots termokamerā, uzkaršē līdz temperatūrai reaktorā 350°C un kameras elektroapsildi noregulē šīs temperatūras uzturēšanai procesa laikā. Ieslēdz elektromotoru un reaktora rotāciju noregulē uz 5 apgriezieniem minūtē. Ieslēdz retortes gliemežbarotāju, kura apgriezienu skaits noregulēts uz 0,4 apgriezieniem minūtē, kas atbilst alkšņa koksnes zāģskaidu ar daļiņu izmēru 0,63-2,00 mm padevei 240-250 g/h. Reaktora barošanas bunkurā iepilda 1000 g alkšņa zāģskaidu ar relatīvo mitrumu 7,5%, bunkuru hermētiski noslēdz un zāģskaidas ar gliemežtransportieri padod uzkaršētajā retortē. Vienlaicīgi ar zāģskaidu padošanu reaktorā tajā caur gliemežtransportiera asi, kas ir caurule, padod gaisa plūsmu, kuru ar plūsmas regulatora palīdzību uztur konstantu sadegšanai nepieciešamā gaisa daudzuma padevi – 5,6 l/min. jeb 20% no skaidu pilnīgai sadegšanai nepieciešamā gaisa daudzuma. Tajā pašā laikā no tvaika ģeneratora, kura ražība noregulēta uz padevi 6,0-6,2 g/min., reaktorā padod piesātinātu tvaiku ar temperatūru 100°C.

Zāģskaidas rotējošajā retortē, kura novietota slīpi (3° attiecībā pret horizontu), saskaroties ar retortes nerūsošā tērauda sienu, kuras temperatūra ir 400-450°C, 30 minūšu laikā gruzdēšanas režīmā termiski sadalās gaistošajos produktos – dūmos un cietajā atlikumā – kokoglēs. Dūmu komponenti retortē pārkarsētu ūdens tvaiku vidē daļēji oksidējas ar ievadītā gaisa skābekli un, izplūstot no retortes, kondensējas.

Kondensācijas sistēma sastāv no metāliska darvas ķērāja, kurā kondensējas lielākā daļa darvas, un stikla kondensatora–dzesētāja dūmu kondensāta ūdens frakcijas uztveršanai. Nekondensējamās gāzes un daļa darvas aerosola ar ventilatora vilkmes palīdzību tiek izvadīti no sistēmas. Vilkmi regulē, vadoties no diferenciālmanometra rādījumiem, un retortē uztur spiedienu, kas tuvs apkārtējās vides spiedienam ( $\Delta P \cong -0,01$  mbar), lai novērstu neregulētu lieka gaisa pieplūdi retortē un dūmu zudumus apkārtējā telpā.

Pārstrādājot 1000 g alkšņa koksnes zāģskaidu ar relatīvo mitrumu 7,5%, iegūst: darvas kondensātu – 212 g; ūdens kondensātu – 1435 g; kokogles (karbonizācijas atlikumu) – 400 g ar mitrumu 24% jeb 304 g, pārrēķinot uz absolūti sausu masu, bet ūdens kondensātā pēc izfiltrēšanas caur filtrpapīra filtru tika atrasts: benzopirēns – 0 µg/kg; skābes (kā etiķskābe) – 3,1%; fenoli (kā siringols – 2,6-dimetoksifenols) – 3 mg/g; karbonilsavienojumi (kā 2-butanons) – 42,1 mg/g. Iegūtais produkts pēc komponentu sastāva un koncentrācijām atbilst kūpināšanas šķidruma prasībām un nesatur benzopirēnu. Darvas kondensāts, karbonizācijas cietais atlikums

un nekondensējamās gāzes ar darvu aerosolu izmantojamas kā kurināmais procesa uzturēšanai ražošanas apstākļos.

**2. piemērs** Laboratorijas cauruļveida ārējās apsildes rotējošo reaktoru ar diametru 90 mm un apsildāmās daļas garumu 1000 mm, kas ievietots termokamerā, uzkarsē līdz temperatūrai reaktorā 370°C un kameras elektroapsildi noregulē šīs temperatūras uzturēšanai procesa laikā. Ieslēdz elektromotoru un reaktora rotāciju noregulē uz 5 apgriezieniem minūtē. Ieslēdz retortes gliemežbarotāju, kura apgriezienu skaits noregulēts uz 0,6 apgriezieniem minūtē, kas atbilst alkšņa koksnes zāģskaidu ar daļiņu izmēru 0,63-2,00 mm padevei 320-350 g/h. Reaktora barošanas bunkurā iepilda 1024 g alkšņa zāģskaidu ar relatīvo mitrumu 7,5%, bunkuru hermētiski noslēdz un zāģskaidas ar gliemeža transportieri padod uzkarsētajā retortē. Vienlaicīgi ar zāģskaidu padošanu reaktorā caur gliemeža transportiera asi, kas ir caurule, padod gaisa plūsmu, kuru ar plūsmas regulatora palīdzību uztur konstantu – 5,6 l/min. jeb 20% no skaidu pilnīgai sadegšanai nepieciešamā gaisa daudzuma. Tajā pašā laikā no tvaika ģeneratora, kura ražība noregulēta uz padevi 6,0-6,2 g/min., reaktorā padod piesātinātu tvaiku ar temperatūru 100°C.

Zāģskaidas rotējošajā retortē, kura novietota slīpi (3° attiecībā pret horizontu), saskaroties ar retortes nerūsošā tērauda sienu, kuras temperatūra ir 400-450°C, 30 minūšu laikā gruzdēšanas režīmā termiski sadalās gaistošajos produktos – dūmos un cietajā atlikumā – kokoglēs. Dūmu komponenti retortē pārkarsētu ūdens tvaiku vidē daļēji oksidējas ar ievadītā gaisa skābekli un, izplūstot no retortes, kondensējas.

Kondensācijas sistēma sastāv no metāliska darvas ķērāja, kurā kondensējas lielākā daļa darvas, un stikla kondensatora–dzesētāja dūmu kondensāta ūdens frakcijas uztveršanai. Nekondensējamās gāzes un daļa darvas aerosola ar ventilatora vilkmes palīdzību tiek izvadīti no sistēmas. Vilkmi regulē, vadoties no diferenciālmanometra rādījumiem, un retortē uztur spiedienu, kas tuvs apkārtējās vides spiedienam ( $\Delta P \approx -0,01$  mbāri), lai novērstu neregulētu lieka gaisa pieplūdi retortē un dūmu zudumus apkārtējā telpā.

Pārstrādājot 1000 g alkšņa koksnes skaidu ar relatīvo mitrumu 7,5%, iegūst: darvas kondensātu – 162 g; ūdens kondensātu – 1092 g; kokogles (karbonizācijas atlikumu) – 420 g ar mitrumu 28% jeb 303 g, pārrēķinot uz absolūti sausu masu. Ūdens kondensātā pēc izfiltrēšanas caur filtrpapīra filtru tika atrasts: benzopirēns – 0 µg/kg; skābes (kā etiķskābe) – 3,5%; fenoli (kā siringols – 2,6-dimetoksifenols) – 3,8 mg/g; karbonilsavienojumi (kā 2-butanons) – 55,9 mg/g. Iegūtais produkts pēc komponentu sastāva un koncentrācijām atbilst kūpināšanas šķidrums prasībām un nesatur benzopirēnu. Darvas kondensāts, karbonizācijas cietais atlikums un nekondensējamās gāzes ar darvu aerosolu izmantojamas kā kurināmais procesa uzturēšanai (ražošanas apstākļos).

**3. piemērs (salīdzināšanai)** 1. un 2. piemērā minēto laboratorijas cauruļveida ārējās apsildes rotējošo reaktoru sagatavo darbam kā aprakstīts minētajos piemēros: uzkaršē reaktoru līdz 370°C, iestāda alkšņa koksnes skaidu padevi uz 380 g/h, gaisa padevi noregulē uz 5,6 l/min. jeb  $d = 0,2$ . Reaktora barošanas bunkurā iepilda 2000 g alkšņa zāģskaidu ar relatīvo mitrumu 7,8% un daļiņu izmēru 0,63-2,00 mm un realizē oksidatīvo pirolīzi kā 1. un 2. piemēros, bet ar to starpību, ka reaktorā nepadod ūdens tvaiku, un koksnes termiskā sadalīšanās gaistošo produktu un cietā atlikuma daļēja oksidācija nenotiek pārkarsēta ūdens tvaika vidē.

Pārstrādājot 2000 g alkšņa koksnes skaidu ar relatīvo mitrumu 7,8%, iegūst: darvas kondensātu – 167,2 g; ūdens kondensātu – 472,1 g; kokogles (karbonizācijas atlikumu) – 680 g ar mitrumu 13,2% jeb 591 g, pārrēķinot uz absolūti sausu masu. Ūdens kondensātā pēc izfiltrēšanas caur filtrpapīra filtru tika atrasts: benzopirēns – 0,72 µg/kg; skābes (kā etiķskābe) – 10,0%; fenoli (kā siringols – 2,6-dimetoksifenols) – 8,7 mg/g; karbonilsavienojumi (kā 2-butanons) – 119,7 mg/g. Iegūtais produkts pēc komponentu sastāva un koncentrācijām atbilst primārā ūdens kondensāta prasībām. Taču tas, atšķirībā no 1. un 2. piemēros iegūtajiem šķidrumiem, satur benzopirēnu.

## PRETENZIJAS

1. Paņēmiens tiešai benzopirēnu nesaturošu kūpināšanas šķidrumu iegūšanai no koksnes vai citas lignocelulozi saturošas biomasas oksidatīvā pirolīzes procesā ierobežota daudzuma gaisa skābekļa klātbūtnē, izmantojot sīkdispersa izejmateriāla kustīga slāņa karsēšanu ar ārēju siltuma pārvadīšanu caur starpsienu un divpakāpju kondensācijas - dzesēšanas sistēmu, kas atšķiras ar to, ka oksidatīvās pirolīzes procesu realizē pārkarsēta ūdens tvaika atmosfērā.

2. Paņēmiens saskaņā ar 1. pretenziju, kas atšķiras ar to, ka oksidatīvās pirolīzes procesu realizē nepārtrauktas darbības ārējās apsildes termoreaktorā.

3. Paņēmiens saskaņā ar 1. vai 2. pretenziju, kas atšķiras ar to, ka ievadītā tvaika un sīkdispersās lignocelulozi saturošās biomasas attiecība pēc masas ir no 0,5 līdz 2,0, labāk - no 0,7 līdz 1,4.

4. Paņēmiens saskaņā ar 1. vai 2. pretenziju, kas atšķiras ar to, ka temperatūru termoreaktorā uztur robežās no 300 līdz 400 °C, labāk - no 350 līdz 400 °C.

5. Paņēmiens saskaņā ar 1. vai 2. pretenziju, kas atšķiras ar to, ka reaktora sienas temperatūra ir robežās no 350 līdz 450 °C, labāk - no 400 līdz 450 °C.