

Корисна модель належить до галузі переробки твердих органічних речовин, зокрема, до техніки переробки деревини, продуктів рослинництва, органомісного викопного палива, а також промислових і побутових відходів, що містять органічні складові, зокрема до способів і установок швидкого піролізу, і може знайти застосування в енергетиці, комунальному господарстві, хімічній, лісо- і нафтопереробній та інших галузях промисловості.

Відомо пристрій переробки твердих органомісних речовин і відходів в газоподібне і рідке паливо, що включає блок подрібнення, блок подачі органомісних речовин і відходів у реактор, блок нагріву валів камери реактора за допомогою вузла нагріву, виконаного у вигляді електричного індуктора, блок підпресування обертових валів, блок очищення, приймальник-конденсатор рідкої фракції сконденсованого газоподібного палива, блок використання газоподібного палива, пристрій конденсації рідкої фракції, поєднаний з пристроєм очищення. Швидкість обертання валів регулюється оборотами електродвигунами № 2281312 С2, С10В 49/00, С10В 53/00, С08J 11/12, F23G 5/027, 2006].

У зазначеному пристрої недостатня активна площа реакцій швидкого піролізу, що призводить до зменшення обсягів виходу піролізного газу, а також маси високовуглецевої твердої речовини.

Відсутність окремого блока сушіння вихідної сировини підвищує витрати теплової енергії на сушіння речовини (ендотермічний процес), а також не може перешкодити небажаному процесу Фішера-Тропша.

Відсутність ректифікаційної колони з вихровими тарілками не дозволяє отримувати рідкі фракції різної щільності, а також осушувати й очищати газову фракцію, що утворилася в процесі піролізу в реакторі.

За відсутності теплообмінників і вентиляторів неможливе утворення агенту сушіння і отримання додаткової теплової енергії на сушіння вихідної речовини.

В основу корисної моделі поставлено задачу збільшення обсягу виходу піролізного газу, мінімізації витрат теплової енергії і зниження собівартості вихідних продуктів швидкого піролізу, а також отримання рідких фракцій різної щільності шляхом створення установки швидкого піролізу.

Поставлену задачу вирішують тим, що в установку швидкого піролізу, яка включає блок подання вихідної сировини, реактор, блок нагрівання, конденсатор, збірник рідкої фракції, згідно з корисною моделлю, введено вібраційну сушарку киплячого шару, два теплообмінники, радіальні вентилятори, ректифікаційну колону, а також відцентрові циклони, бункери, гвинтові живильники, збірник твердої фракції, збірник газової фракції, як блок подання вихідної сировини використано приймальний бункер з перегрібачем і рухомим днищем з дробаркою та сепаратором, що з'єднано з пристроєм пневмо-імпульсного подавання сировини, який сполучено з вібраційною сушаркою киплячого шару, з'єднаною з двома відцентровими циклонами, сполученими з бункерами відцентрових циклонів, сушарку киплячого шару з'єднано з реакторним відцентровим циклоном, сполученим з бункером реакторного відцентрового циклону, сполученим з гвинтовими живильниками зі шлюзовим герметичним затвором, що з'єднано з реактором швидкого піролізу, який сполучено з газовими пальниками, збірником твердої фракції, двома теплообмінниками, що з'єднані з ректифікаційною колоною, яка, в свою чергу, з'єднана з гвинтовою тарілкою, із збірником рідкої фракції, з водяним трубчастим конденсатором, сполученим із збірником газової фракції, а теплообмінники також сполучені з двома радіальними вентиляторами, з'єднаними з вібраційною сушаркою киплячого шару.

Всередину реактора швидкого піролізу введено обертальний "конус-парасольку", керований зовнішнім рушієм з частотною модуляцією.

Теплообмінники виконано трубчастими.

Радіальний вентилятор покрито теплоізоляційним матеріалом.

Виконання радіального вентилятора - вибухозахищене, вибухобезпечне.

Збірник твердої фракції складається з керованого затвора, виготовленого з жароміцної сталі, герметичного секторного шлюзу - дозатора, виготовленого з жароміцної сталі і знімної технологічної ємності на 170 л, оснащеної аварійним клапаном скидання тиску.

Збірник рідкої фракції являє собою скляний посуд на 20 л.

Збірник являє собою систему газового компресора і газгольдера ємністю на 6-10 м³.

Корисна модель, що заявляється, має наступні переваги у порівнянні з прототипом.

Корисна активна площа реакцій швидкого піролізу в 10 разів перевищує площу у прототипу, що приводить до кратного збільшення обсягів виходу піролізного газу, а також маси високовуглецевої твердої речовини. Вся внутрішня поверхня реактора швидкого піролізу є активною для процесу абляції від стінок реактора до вихідної сухої речовини, що, в свою чергу, дозволяє різко збільшити (кратно) кількість реакцій в режимі "вибухового скипання" в одиницю часу. "Розбризування" сухої вихідної речовини по стінках реактора швидкого піролізу здійснюють за допомогою обертального "конуса-парасольки", введеного всередину реактора і керованого зовнішнім рушієм з частотною модуляцією.

Введення в установку швидкого піролізу вібраційної сушарки киплячого шару, яка призначена для сушіння вихідної речовини до відносної вологості, що менше 2 %, дозволяє мінімізувати витрати теплової енергії на сушіння речовини (ендотермічний процес), а також блокує процес Фішера-Тропша,

який є небажаним при процесі швидкого піролізу. Радіальні вентилятори, що забезпечують киплячий шар, засмоктують гарячу газоповітряну суміш і змішують з холодним повітрям, тим самим утворюючи агент сушіння, який подають у сушарку під вібраційні ґрати. Температурний режим сушіння вихідних речовин становить 120-150 °С. Таким чином, сушіння здійснюють за рахунок "безкоштовної" теплової енергії, що дозволяє (в кінцевому підсумку) знизити собівартість вихідних продуктів швидкого піролізу в 2 рази. Окрема стадія сушіння при вищенаведених температурах виключає утворення процесу бертинування. Перевагою вібраційної сушарки киплячого шару (з псевдозрідженим шаром) є можливість регулювання в широких межах тривалості перебування в ній сировини, інтенсивність тепло- і масообміну, можливість організувати безперервний процес при простому апаратному оформленні. Продуктивність вібраційної сушарки киплячого шару, по сухій речовині, становить не менше 250 кг за годину.

В установці швидкого піролізу застосовують комбіновані газові пальники, які на початковому етапі працюють, використовуючи природний газ (або пропан-бутанову суміш), а при сталому процесі швидкого піролізу використовують частину газу, що утворився в процесі швидкого піролізу.

Введення в установку швидкого піролізу ректифікаційної колони з вихровими тарілками дозволяє отримувати рідкі фракції різної щільності, а також осушувати й очищати газову фракцію, що утворилася в процесі швидкого піролізу в реакторі швидкого піролізу. Використання вихрового способу ректифікації дозволяє отримувати рідкі фракції в інтервалі 0,65-0,85 кг/м³.

Введення в установку швидкого піролізу для забезпечення теплових процесів сушіння теплообмінників (трубчастих) і радіальних вентиляторів сприяє утворенню агенту сушіння. Крім того, по внутрішніх трубках теплообмінників протікає піролізний газ з реактора швидкого піролізу з температурою до 600 °С, і система вентилятор-теплообмінник отримує додаткову теплову енергію на сушіння вихідної речовини.

Установка швидкого піролізу може масштабуватися, виготовлятися як у стаціонарному виконанні, так і в мобільному (контейнерному) потужністю від 100 кВт до 20 мВт.

Корисна модель пояснюється ілюстраціями.

На Фіг. 1 зображено схему установки швидкого піролізу;

на Фіг. 2 - графік перепаду тиску в шарі зернистого матеріалу в вібраційній сушарці киплячого шару в залежності від швидкості газового (рідинного) потоку, що проходить крізь шар.

Установка швидкого піролізу містить приймальний бункер 1 з перегрівачем і рухомим днищем з дробаркою та сепаратором. Приймальний бункер 1 з'єднано з пристроєм 2 пневмо-імпульсного подавання сировини, який сполучено з вібраційною сушаркою 3 киплячого шару, що з'єднано з двома відцентровими циклонами 4, сполученими з бункерами 5 відцентрових циклонів. Сушарку 3 киплячого шару з'єднано з реакторним відцентровим циклоном 6, сполученим з бункером 7 реакторного відцентрового циклону, сполученим з гвинтовим живильником 8 зі шлюзовим герметичним затвором, що з'єднано з реактором 9 швидкого піролізу. Всередину реактора 9 швидкого піролізу введено обертальний "конус-парасольку", керований зовнішнім рушієм з частотною модуляцією. Реактор 9 швидкого піролізу сполучено з газовими пальниками 10, збірником 11 твердої фракції, двома теплообмінниками (трубчастими) 12, що з'єднані з ректифікаційною колоною 13, яка, в свою чергу, з'єднана з гвинтовою тарілкою 14, із збірником 15 рідкої фракції, з водяним трубчастим конденсатором 16, сполученим із збірником 17 газової фракції. Теплообмінники 12 також сполучені з двома радіальними вентиляторами 18, які з'єднані з вібраційною сушаркою 3 киплячого шару.

Радіальні вентилятори 18 призначені для забезпечення сушарки 3 киплячого шару сушильним агентом, що має температуру до 200 °С. Робочий діапазон продуктивної потужності радіального вентилятора 18 повинен починатися з 4000 м³ за годину. Радіальний вентилятор покрито теплоізоляційним матеріалом. Температура на поверхні зовнішнього покриття не повинна перевищувати 45 °С. Регулювання продуктивною потужністю радіального вентилятора проводять частотною модуляцією. Живлення - електромережа 380/220 В, 50 Гц. Електрична потужність радіального вентилятора становить 4,0 кВт. Виконання - вибухозахищене, вибухобезпечне.

Відцентровий циклон 4 призначений для поділу сухої речовини і сушильного агенту з метою усунення попадання сушильного агенту в реактор 13 швидкого піролізу. Відцентровий циклон 4 покрито теплоізоляційним матеріалом, температура на поверхні зовнішнього покриття не повинна перевищувати 45 °С.

Збірник 11 твердої фракції призначений для збору і тимчасового накопичення високовуглецевого матеріалу, що надходить з реактора 9 швидкого піролізу з температурою 500-650 °С, внаслідок чого будь-яке зіткнення повітря (навіть в невеликих кількостях) з високовуглецевим матеріалом призводить до вибухового займання останнього. Для виключення подібного явища необхідно ізолювати високовуглецевий матеріал від зовнішнього повітря до моменту, коли його температури досягне 100 °С. Збірник 11 твердої фракції складається з:

- керованого затвора, виготовленого з жароміцної сталі і регульованого за допомогою частотної модуляції (варіатор швидкості);
- герметичного секторного шлюзу - дозатора, виготовленого з жароміцної сталі і регульованого

частотною модуляцією;

- знімної технологічної ємності на 170 л, оснащеної аварійним клапаном скидання тиску.

Газорозподільна система призначена для підведення теплової енергії до реактора 9 швидкого піролізу з метою забезпечення процесу швидкого піролізу і складається з:

- автоматичних газових пальників 10 з регульованою потужністю 40-110 кВт;
- пристрою узгодження промислового газопроводу з газовими пальниками.

Збірник 15 рідкої фракції призначений для збору та тимчасового зберігання фракцій синтетичної нафти, що надходять з ректифікаційної колони 13 і являє собою скляний посуд на 20 л.

Збірник 17 газової фракції призначений для збору, накопичення і зберігання синтез-газу і являє собою систему газового компресора і газгольдера ємністю на 6-10 м³.

Пристрій подачі матеріалу в реактор 9 складається з:

- 2-х гвинтових живильників 8 з керуванням частотною модуляцією;
- 2-х керованих затворів (виготовлених з жароміцної сталі), що регулюють за допомогою частотної модуляції (варіатор швидкості);
- 2-х герметичних секторних шлюзів-дозаторів (виготовлених з жароміцної сталі), що регулюють частотною модуляцією.

Спосіб швидкого піролізу здійснюють наступним чином.

Спочатку установку швидкого піролізу (УШП) за допомогою газорозподільної системи на базі автоматичних газових пальників 10 (паливо - природний газ), системи теплообмінників 12 і радіальних вентиляторів 18 виводять на робочий режим: температура внутрішніх стінок реактора 9 швидкого піролізу становить 730 °С; температура у вібраційній сушарці 3 киплячого шару - 130 °С. При цьому вібратори вібраційної сушарки 3 киплячого шару і система подачі сировини знаходяться в режимі вимкнено (весь час виведення УШП на робочий режим). Високотемпературна повітряна суміш, що утворилася в результаті згорання природного газу в газових пальниках 10, всмоктується радіальними вентилятором 18 через теплообмінники 12 і направляється у вібраційну сушарку 3 киплячого шару, будучи тепловим агентом сушарки. Контроль температур в реакторі 9 і вібраційній сушарці 3 киплячого шару здійснюють за допомогою багатоканального цифрового вимірювача, за допомогою термодатчиків типу ТХА (не показано). Після встановлення стабільного робочого режиму в реакторі 13 і у вібраційній сушарці 3 киплячого шару включають пристрій 2 пневмо-імпульсного подавання сировини у вібраційну сушарку 3 киплячого шару, яку виводять на вібраційний режим. Висушений продукт за допомогою системи - реакторного відцентрового циклону 6, бункера 7 реакторного відцентрового циклона і гвинтового живильника 8 направляють до реактора 13 швидкого піролізу, де піддають термічній деструкції. Агент сушіння за допомогою системи циклонів 4 виводять з УШП і можуть в подальшому використовуватися в різних цілях. Виносні частки з циклонів 4 надходять у бункери 5 і в подальшому можуть бути спрямовані в систему подачі.

Передачу теплової енергії всередину реактора 13 абляційного типу (на початковому етапі) проводять за допомогою конвективних теплообмінників.

Процес швидкого піролізу засновано на теорії фазових переходів. Фізико-хімічно являє собою розрив міжмолекулярних і всередині молекулярних зв'язків по ланцюжках вуглець-вуглець, вуглець-водень і т.п. При цьому реакції носять переважно екзотермічний характер, тому процес швидкого піролізу супроводжується виділенням теплової енергії, за рахунок чого забезпечується підтримання необхідного робочого температурного режиму всього процесу, що істотно відрізняє його від повільного традиційного піролізу.

При швидкому піролізі (ШП) швидкість нагріву речовини велика. ШП характеризується безперервним виробництвом і невисокою енергоємністю. Теоретично основи ШП описуються теорією фазових переходів, а саме:

- усі речовини можуть перебувати в твердому, рідкому і газоподібному стані;
- між цими станами існують межі;
- перехід речовини з одного стану в інший супроводжується або поглинанням теплової енергії, або виділенням її;
- існує межа існування самої речовини (спінодаль), при наближенні до якої речовина знаходиться в метастабільному (невизначеному) стані, зі структурними змінами як на молекулярному, так і на атомарному рівні;
- якщо впливати на речовину з високою швидкістю, високою температурою (достатньою для наближення речовини до межі існування), то відбувається вибухове "закипання" (фазовий вибух), яке супроводжується виділенням великої кількості теплової енергії і зміною структури речовини.

За час контакту (абляції) частки отримують достатню кількість енергії для запуску радикально-ланцюгової реакції термічної деструкції по всьому об'єму частки з утворенням продуктів, поступальна енергія яких забезпечує вибуховий характер розпаду всієї частки. Первинний фізико-хімічний акт являє собою гетерогенний процес передачі теплової енергії від нагрітого металу на прилеглий до нього поверхневий шар клітковини. Передача енергії може відбуватися за трьома механізмами:

- в місцях прямого контакту через фонон-фононні взаємодії;

- диполь-дипольні взаємодії;
- по всій площі контакту шляхом ІЧ-випромінювання.

Перший і третій механізми будуть приводити до підвищення температури в об'ємі і в при поверхневому шарі частки.

На тлі досить ізотропного коливального збудження молекулярної структури частки фононами і ІЧ-фотонами резонансний характер другого механізму забезпечить високу константу швидкості гомолітичних реакцій розриву зв'язків з утворенням радикальних продуктів.

Знаючи температуру металу, можна оцінити енергію інфрачервоних фотонів:

$$h\nu = kT = 1,38 \cdot 10^{-16} \cdot 900 \sim 1,3 \cdot 10^{-13} \text{ ерг} = 0,08 \text{ еВ.}$$

А використовуючи закон Стефана-Больцмана, можна оцінити інтенсивність стаціонарного потоку ІЧ-енергії:

$$J = \sigma T^4 = 5,7 \cdot 10^{-8} \cdot 107^4 \cdot 6 \cdot 10^{11} = 3,4 \cdot 10^7 \text{ ерг/см}^2\text{с.}$$

Відповідно потік ІЧ-фотонів з енергією 0,08 еВ становить:

$$N = J/h\nu = 3 \cdot 10^{20} \text{ квантів/см}^2 \cdot \text{с} \sim 5 \cdot 10^{-4} \text{ 1 / (моль см}^2\text{с)}$$

Глибину поверхневого шару частки, в якому поглине 90 % ІЧ-фотонів можна оцінити за формулою:

$I/I_0 = \exp(-\epsilon d [c]) \sim 0,1$, в якій ϵ - коефіцієнт екстинкції ($\sim 10^4$ моль/л см [5]), $[c]$ - концентрація молекулярних зв'язків ($\sim 10^{-1}$ моль/л). Оцінка дає $d \sim 10^{-2}$ см.

Звідси випливає, що в приповерхневому шарі частки товщиною d за час контакту близько 0,1 с концентрація ІЧ-фотонів може досягти величини ~ 5 моль/л, тобто на кожний зв'язок припадає до 60 ІЧ-квантів. Звичайно по мірі деструкції поглинута ІЧ-енергія буде швидко релаксувати в поступальну енергію рухомих продуктів піролізу. При цьому приповерхневий шар буде просвітлюватися в ІЧ-діапазоні і фронт радикальних реакцій деструкції швидко пошириться по всьому об'єму частки, що і приведе до підвищення її температури. Підсумком процесів релаксації коливальної енергії в поступальну буде вибуховий розпад частки на фрагменти різного хімічного складу. При такому "ентропійному вибуху" виділяється теплова енергія, яка спричиняє підвищення температури в реакторі 9 швидкого піролізу. Через те, що температура всередині реактора 9 швидкого піролізу повинна бути постійною, необхідно передбачати механізм відведення надлишку теплової енергії, що забезпечується відключенням роботи газових пальників 10, автоматика яких пов'язана з термopарами реактора 9 швидкого піролізу. У процесі швидкого піролізу речовини в реакторі 9 швидкого піролізу утворюються: піролізний газ і тверда речовина - високовуглецевий матеріал, що виводять з реактора 9 швидкого піролізу в збірник 11 твердої фракції для подальшого використання в різних цілях.

Піролізний газ через теплообмінники 12 надходить в ректифікаційну колону 13 з вихровими тарілками і конденсатором з водяним охолодженням. Керування температурним режимом конденсатора проводять холодною водою (водопровідною), при цьому гарячу воду, яка утворилася, утилізують або використовують для виробничих потреб. Піролізний газ, проходячи ректифікаційну колону 13, піддається процесу конденсації, і на виході конденсатора утворюється синтез-газ, який виводять з УШП у збірник 17 газової фракції для збору і зберігання з метою подальшого використання в різних енергетичних системах як джерело генерації теплової та електричної енергії.

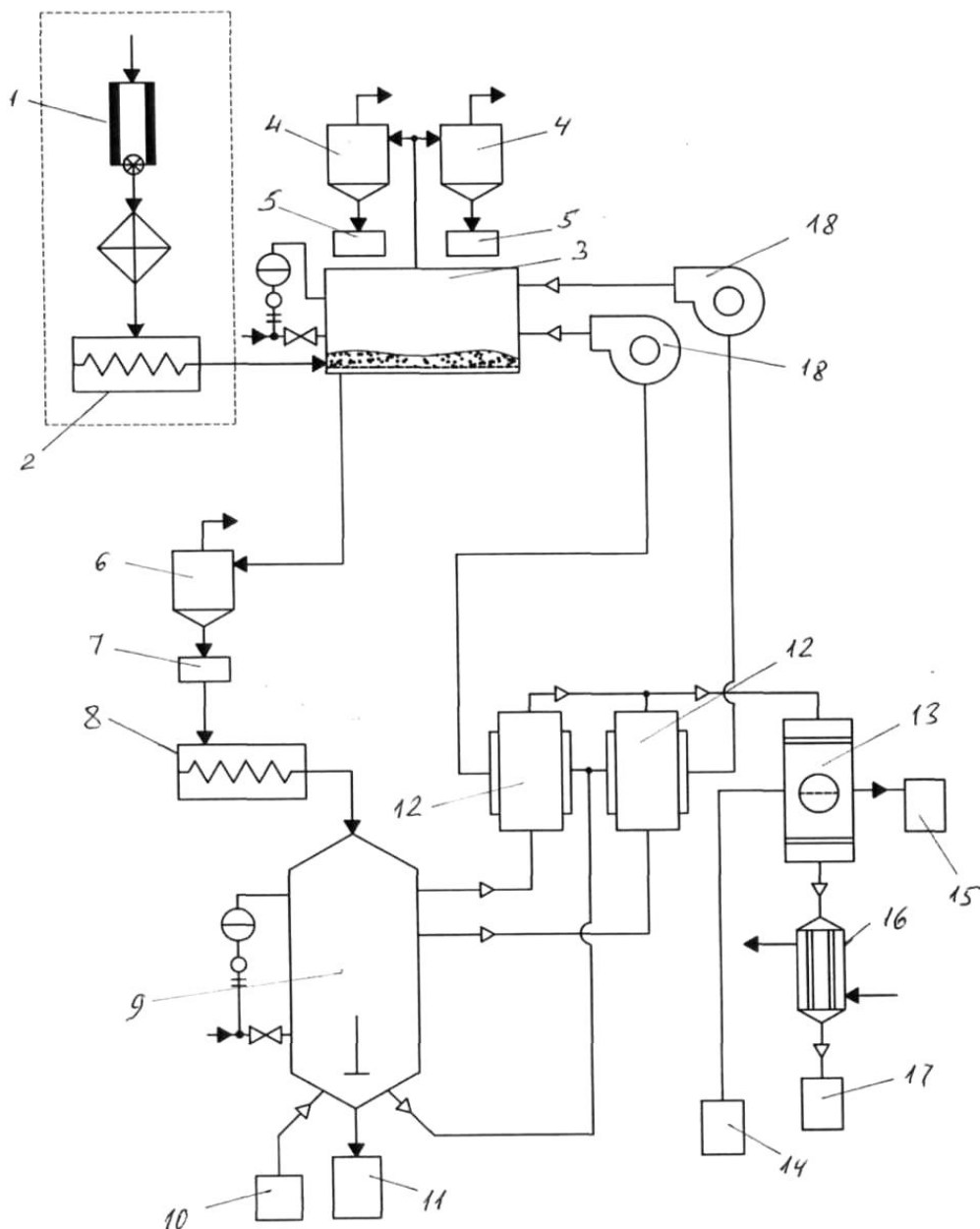
Новоутворену в ректифікаційній колоні 13 рідку фракцію - синтетичну нафту виводять з УШП у збірник 15 рідкої фракції для збору і зберігання з метою подальшого використання її в хімічних процесах.

Гідродинамічна суть процесу псевдозрідження полягає в наступному. Якщо через шар зернистого матеріалу, розташованого на підтримуючій перфорованій решітці вібраційної сушарки киплячого шару, проходить потік агенту, що псевдозріджує, то стан шару виявляється різним у залежності від швидкості цього потоку. При плавному збільшенні швидкості потоку від 0 до деякого першого критичного значення відбувається звичайний процес фільтрування, при якому тверді частки нерухомі. На графіку (Фіг. 2) процесу псевдозрідження, який названо кривою псевдозрідження і який виражає залежність перепаду статичного тиску в шарі зернистого матеріалу від швидкості агенту, що псевдозріджує, процесу фільтрації відповідає висхідна гілка ОА. У разі малого розміру часток і невисоких швидкостей фільтрації агенту, що псевдозріджує, режим його руху в шарі ламінарний і гілка ОА прямолінійна. В шарі великих часток при досить високих швидкостях агенту, що псевдозріджує, перепад тиску може рости нелінійно зі збільшенням швидкості (перехідний і турбулентний режим). Перехід від режиму фільтрації до режиму псевдозрідження відповідає на кривій псевдозрідження критичній швидкості псевдооживаючого $W_{пс}$, що псевдозріджує (точка А), названою швидкістю початку псевдозрідження. У момент початку псевдооживлення вага зернистого матеріалу, що припадає на одиницю площі поперечного перерізу апарату, врівноважується силою гідравлічного опору шару - $\Delta P_{сл}$.

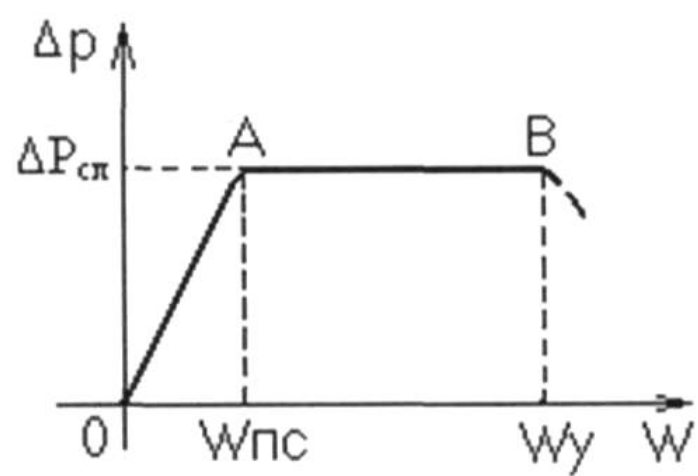
Починаючи зі швидкості початку псевдооживлення і вище, перепад тиску на шарі зберігає практично постійне значення і залежність $= f(W)$ виражається прямою АВ, паралельною осі абсцис. Це пояснюється тим, що з ростом швидкості агенту, що псевдозріджує, контакт між частками зменшується і вони отримують велику можливість хаотичного перемішування в усіх напрямках. При цьому зростає середня відстань (просвіти) між частками, тобто збільшується порозність шару і, отже,

його висота. Так як перепад тиску в псевдозрідженому шарі залишається практично постійним, висоту такого розширеного шару можна визначити за стандартними формулами.

З метою ефективнішого процесу сушіння вихідного матеріалу в сушарці з киплячого шару необхідно застосувати вібратори. Амплітуда примусової вібрації решіток (по вертикалі) становить від 0,5-3,0 мм.



Фиг. 1



Фиг. 2