



УКРАЇНА

(19) UA (11) 58098 (13) A
(51) 7 C12P7/06, B02C19/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту(54) СПОСІБ ПІДГОТОВКИ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ДО ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ТА ОЦУКРЮ-
ВАННЯ

1

2

(21) 2002107795

(22) 01.10.2002

(24) 15.07.2003

(46) 15.07.2003, Бюл. № 7, 2003 р.

(72) Килимник Микола Геннадійович, Єгоров Віталій Віталійович, Жихарєв Юрій Валентинович, Жолнер Іван Дмитрович, Сосницький Віталій Володимирович, Олійнічук Сергій Тимофійович, Шиян Петро Леонідович, Левандовський Леонід Вікторович, Сікач Людмила Пилипівна, Шевченко Василь Іванович, Добрянський Володимир Дмитрович, Зайченко Леонід Миколайович

(73) Килимник Микола Геннадійович, Єгоров Віталій Віталійович

(57) 1. Спосіб підготовки крохмалевмісної сировини до теплової обробки та оцукрювання, що включає механічне подрібнювання сировини, змішування з водою і приготування водяної суспензії, попереднє нагрівання суспензії, який відрізняється тим, що водяну суспензію механічно подрібненої крохмалевмісної сировини

піддають диспергуванню при 35-70°C у кавітаційному пристрої при відносній довжині каверни 0,5...12 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,02...0,5МПа.

2. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що диспергування суспензії здійснюють при одночасному гідродинамічному розігріві в тому ж кавітаційному пристрої.

3. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що суспензію піддають попередньому диспергуванню при 35...50°C з одночасним її гідродинамічним розігрівом у кавітаційному пристрої при відносній довжині каверни 0,5...4 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,2...0,5МПа, а подальше диспергування здійснюють у кавітаційному пристрої при 40...70°C, відносній довжині каверни 0,5...12 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,02...0,2МПа.

4. Спосіб за п.3, який відрізняється тим, що в суспензію при подальшому диспергуванні при 40...70°C додають розріджувальний ферментний препарат.

Винахід відноситься до спиртової промисловості, а саме до способів підготовки крохмалевмісної сировини до теплової обробки та оцукрювання.

Відомий спосіб підготовки крохмалевмісної сировини, що передбачає очищення сировини, механічне подрібнення сировини, змішування з водою і приготування її водяної суспензії при температурі 40-45°C, високотемпературне розварювання при 135-150°C і тиску 0,6МПа, охолодження й оцукрювання отриманої маси ферментними препаратами.

Крім того, цей спосіб передбачає додаткове сухе доподрібнення сировини для одержання вискодисперсних помелів [1].

Для реалізації механічного подрібнення сировини відповідно способу використовують молоткові дробарки і вальцові верстати, а для одержання вискодисперсного помелу-дезінтегратори.

Відомо [2, С.245], що для того, щоб крохмаль крохмалевмісної сировини став доступним дії ферментів, необхідно його звільнити з клітин, що досягається руйнуванням їх шляхом подрібнювання і

разварювання під тиском.

Процес механічного подрібнювання характеризується багатьма параметрами, основними з яких є:

розмір часток вихідного і кінцевого матеріалу, тобто ступінь подрібнювання і фракційний склад помелу;

питома поверхня подрібненого матеріалу; конфігурація зерен подрібненого матеріалу; питомі енерговитрати на проведення процесу для одержання максимального технологічного ефекту.

Частки матеріалу, які одержують у процесі подрібнювання, мають широкий діапазон розмірів, а сам процес у значній мірі є нестационарним, носить випадковий характер і вимагає великих енерговитрат. Оцінкою якості проведення процесу подрібнювання є просів подрібненого матеріалу через сита різних розмірів.

У технології виробництва етилового спирту прийнята оцінка ступеня подрібнювання зерна по проходу помелу через сито з діаметром отворів рівним 1мм, що досягає 70-80% при використанні

(13) A

(11) 58098

(19) UA

молоткових дробарок і вальцових верстатів (при одно- і двоступінчастому подрібнюванні) і 80-95% при використанні дезінтегратора.

Основними методами подрібнювання є: роздавлювання, розколювання, удар, злам і стирання [3]. При подрібнюванні завжди одночасно сполучаються кілька методів, бо вони неминуче супроводжують один одного.

Так, у вальцових верстатах матеріал роздавлюється між валками, що обертаються назустріч один одному. При різних швидкостях валків має місце і стирання матеріалу. У молоткових дробарках матеріал подрібнюється ударом молотків, а також стиранням. Дезінтегратори відносяться до апаратів ударної дії, у яких матеріал подрібнюється ударами обертових робочих органів по частинках матеріалу, повторним зіткненням частинок з відбивними елементами, а також між собою.

Технологія використання зазначених подрібнюючих апаратів [1] припускає як одноступінчасте, так і двоступінчасте подрібнювання з повітряним сепаруванням (розсівом) подрібненого матеріалу.

Недоліками таких пристроїв сухого механічного подрібнювання є:

великий розкид по розмірах подрібнених часток, тобто високий ступінь гетерогенності помелу; непродуктивні енерговитрати внаслідок переподрібнювання матеріалу й збільшення при цьому "сухого" тертя обертових робочих елементів пристроїв; високодисперсний помел має схильність до злипання, що негативно проявляється при його змішуванні з водою і приготуванні водяної суспензії.

Далі механічно подрібнену крохмалевмісну сировину змішують з теплою водою (з температурою не вище 40-45°C) і готують водяну суспензію-заміс, який при постійному перемішуванні витримують у збірнику замісу.

Відповідно існуючій технології [1, с.45] підвищення температури замісу в межах 45-60°C не допускається через інтенсивний гідроліз крохмалю, утворенням редуруючих речовин, що губляться при наступному високотемпературному розварюванні у варильних апаратах.

Метою теплової обробки водяної суспензії крохмалевмісної сировини, а саме розварювання, є повне руйнування клітинної структури сировини і розчинення крохмалю. Теплова обробка і розварювання сировини необхідні, бо механічне подрібнювання дозволяє розкрити тільки частину клітин сировини.

Варто відзначити, що при "сухому" подрібнюванні сировини відбувається насичення помелу повітрям. При змішуванні помелу з водою - через його погану змочуваність, низьку інтенсивність перемішування (навіть при використанні дисмембраторів чи циркуляційних контурів, що включають перекачувальні відцентрові насоси), низьку теплопровідність часток помелу і повітря, відсутні ефективні умови для витиснення повітря і заміщення його водою, швидкого прогріву помелу в суспензії. Це приводить до низької швидкості розчинення крохмалю і клейстеризації замісу. Таким чином, процеси готування суспензії і її теплової обробки проходять у дифузійній області при

низьких швидкостях масо- і теплообміну.

Зазначені вище стримуючі фактори не можуть бути усунені підвищенням температури теплової обробки, дією як нативних (природних) ферментів, що входять до складу сировини, так і доданих ферментних препаратів, наприклад, мікробіологічного походження.

Тому, при високотемпературній схемі розварювання з механічним подрібнюванням крохмалевмісної сировини необхідні величезні витрати як механічної, так і теплової енергії, а низька інтенсивність гідродинамічних процесів, що відбуваються в суспензії знижують ефективність усього технологічного ланцюга виробництва спирту й обумовлюють недостатню якість кінцевого продукту.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб виробництва етилового спирту (Патент РФ №2138555, МКИС12Р7/0Є, публ. 27.09.99, Бюл. №27), що включає подрібнювання крохмалевмісної сировини, приготування її водяної суспензії, теплову обробку суспензії перед оцукрюванням отриманої маси ферментними препаратами, диспергування суспензії при 60-65°C у роторно-пульсаційному апараті в щілині між статорм і обертовим ротором при значеннях градієнтів швидкості від $3,5 \cdot 10^5 \text{ м/(с·м)}$ до $4,5 \cdot 10^5 \text{ м/(с·м)}$, після чого водно-теплову обробку маси, що утворюється, проводять при 80-90°C протягом 20-30хв.

Крім того, за прототипом, диспергування водяної суспензії здійснюють в умовах впливу на неї резонансних коливань ротора і статора, а наявність зазначеного режиму визначають по максимальній амплітуді звукових коливань.

Недоліками відомого способу є низький ступінь гомогенності водяної суспензії подрібненої сировини і його низька дисперсність та, як наслідок, низька якість підготовки сировини для наступного оцукрювання і зброджування.

Зазначені недоліки можна пояснити наступним.

У техніці перемішування термін "гомогенність" використовують для характеристики ступеня однорідності розподілу суміші речовин по об'єму апарату (для ємнісних апаратів) або по перерізу (для проточних апаратів). Термін "дисперсність" характеризує розподіл часток за їхніми розмірами у межах кожного обраного інтервалу розмірів, тобто, кількість фракцій і питомий обсяг (%) кожної фракції в суміші. Наприклад, високодисперсними помелами крохмалевмісної сировини вважають такі, у яких часток з розмірами менше 0,12мм – 60-84%, часток з розмірами в діапазоні 0,12-0,18мм – 1-16%, з розмірами 0,18-0,25мм – 7-18% [1, с.42].

Звичайний помел - прохід через сито 1мм становить 70-80%, при цьому існує великий розкид по фракціях.

Термін "диспергування водяної суспензії" означає процес подрібнювання твердої фази у воді при одночасному розподілі отриманих часток по перерізу потоку суспензії або по об'єму апарата.

Відомо, що стійкість і ефективність технологічної схеми (у розумінні її апаратурного оформлення і процесів, що протікають на кожній стадії технологічного ланцюга) без урахування недетермінованих, випадкових впливів залежить у значній мірі

від якості підготовки вихідної сировини, тобто від однорідності і рівномірності розподілу (гомогенності) компонентів у потоці, від можливості досягнення оптимальних за розмірами і обсягом фракцій окремих компонентів, від енергетичної підготовленості компонентів сировини для подолання дифузійних і інших утруднень в наступних стадіях технологічної схеми.

У винаході за прототипом в якості пристрою для реалізації способу використаний роторно-пульсацийний апарат (РПА). Його призначення - диспергування при 60-65°C водяної суспензії подрібненої крохмалевмісної сировини в зазорі між статором і ротором (відповідно опису - величиною 0,02мм) в умовах резонансних коливань ротора і статора, що визначають по максимальній амплітуді звукових коливань (по опису 96-101дБА).

Коротко зупинимось на суті явищ, викладених в описі. По-перше, у зазорі між статором і обертовим ротором величиною 0,02мм не можуть протікати процеси ні подрібнювання, ні рівномірного розподілу часток, розміри яких після сухого механічного подрібнювання перевищують 0,02мм. При температурі 60-65°C частки з розмірами, порівнянними з величиною зазору і меншими, мають можливість налипати на зовнішню поверхню статора і внутрішню поверхню ротора. Частки більших розмірів будуть забивати зазор без подрібнювання.

По-друге, представлений в описі епюр розподілу швидкостей по висоті зазору між ротором і статором і заявлений діапазон градієнтів швидкості не можуть бути використані ні в інженерній практиці, ні в теорії. Це має місце тому, що лінійний вид епюра швидкостей можливий при зазорах більш 0,02мм для ідеальної нестисливої невязкої рідини. Для реальних рідин епюр швидкостей має зовсім інший вид. Крім того, ні у формулі винаходу, ні в описі немає вказівок на те, що градієнт швидкості в зазорі між статором і ротором відноситься до рідини чи суспензії, він ні до чого не віднесений.

Далі, заявлений діапазон градієнтів швидкостей враховує тільки радіальну складову швидкості рідкого середовища, що рухається, без урахування осьової і циркуляційної. Тому відсутні причини для осьового переміщення суспензії і рівномірного розподілу часток суспензії по об'єму.

Виходячи з вище викладеного, недоліками способу-прототипу є низька якість підготовки сировини, недостатня гомогенність і дисперсність сировини для наступного оцукрювання та зброджування.

Задачею винаходу є поліпшення якості підготовки крохмалевмісної сировини, підвищення її гомогенності і дисперсності.

Поставлена задача досягається тим, що в способі підготовки крохмалевмісної сировини до теплової обробки та оцукрювання, що включає механічне подрібнення сировини, змішування з водою і приготування водяної суспензії, попереднє нагрівання суспензії, водяну суспензію механічно подрібненої крохмалевмісної сировини піддають диспергуванню при 35-70°C у кавітаційному пристрої при відносній довжині каверни 0,5-12 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,02-0,5МПа.

Крім того, диспергування суспензії здійснюють при одночасному гідродинамічному розігріві в тому ж кавітаційному пристрої.

Крім того, суспензію піддають попередньому диспергуванню при 35-50°C з одночасним її гідродинамічним розігрівом у кавітаційному пристрої при відносній довжині каверни 0,5-4 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,2-0,5МПа, а подальше диспергування здійснюють в кавітаційному пристрої при 40-70°C, відносній довжині каверни 0,5-12 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,02-0,2МПа.

Крім того, у суспензію при подальшому диспергуванні при 40-70°C додають розріджуючий ферментний препарат.

Як відомо [4], "...кавітація (від латинського *cavitas* - порожнеча) - утворення в краплинній рідині порожнин (кавітаційних пухирців чи каверн), заповнених газом, паром чи їхньою сумішшю. Кавітаційні пухирці утворюються в тих місцях, де тиск у рідині стає нижче деякого критичного значення $P_{кр}$ (у реальній рідині $P_{кр}$ приблизно рівно тиску насиченої пари цієї рідини при даній температурі). Якщо зниження тиску відбувається в потоці краплинної рідини, що рухається, то кавітацію називають гідродинамічною, а якщо унаслідок проходження акустичних хвиль - акустичною.

Гідродинамічна кавітація може виникати як при переміщенні рідини відносно деякої перешкоди, так і при русі перешкоди відносно рідини. Відповідно розрізняють кавітаційні пристрої статичні і динамічні.

Суть явищ, що відбуваються в кавітаційних пристроях розглянемо на прикладі статичного гідродинамічного кавітаційного пристрою. Він в найпростішому варіанті містить проточну камеру з патрубками підведення і відводу рідини, що з'єднані з проточною камерою відповідно конфузоровані і дифузоровані. У проточній камері розміщено кавітуючий елемент, виконаний, наприклад, у вигляді конуса з вершиною, спрямованою назустріч потоку, причому кавітуючий елемент установлено нерухомо або з можливістю подовжнього переміщення.

Кавітаційний пристрій працює наступним чином. Рідина надходить у патрубок підведення зі швидкістю 1-2м/с. У конфузорованій частині швидкість потоку збільшується до 10-15м/с. При русі рідини в проточній камері за кавітуючим елементом швидкість потоку (за рахунок звуження прохідного перерізу і закручування потоку) зростає, а тиск знижується. При досягненні величини тиску насиченої пари - рідина скипає з утворенням мікропухирців, при схлопуванні (колапсі) яких утворюються поля мікроструменів зі швидкістю порядку 10^5 м/с і ударними тисками в сотні атмосфер. Ці мікрострумені роблять високоінтенсивний розмелюючий і диспергуючий вплив на рідину, а також на компоненти рідини у випадку гетерогенного середовища.

При практичному використанні кавітаційних пристроїв найбільший інтерес представляють пристрої, у яких реалізовано режим розвинутої кавітації. Цей режим характерний тим, що в залежності від фізико-хімічних властивостей рідкого середовища, швидкості потоку, ступеня його стиску при обтіканні кавітуючого елемента і власне від його форми і розташування в проточній камері,

за кавітуючим елементом формується велика кавітаційна каверна, заповнена паро-газовою фазою і має при подовжньому перерізі вид параболи, спрямованої уздовж потоку.

У спрощеному вигляді кавітаційні пухирці, утворені в місці найбільшого стиску потоку, під дією інерційних і в'язкісних сил рухаються уздовж потоку по параболі, точніше по зовнішній утворюючій параболоїда. Однак, деяка частина пухирців під дією вихрового руху, викликаного наявністю зони зниженого тиску за кавітуючим елементом, переміщуються до осі потоку безпосередньо за кавітуючим елементом. Вони і формують велику кавітаційну каверну, зовнішня частина якої служить паро-газовою оболонкою, по якій "ковзає" потік рідини з щойно утвореними кавітаційними пухирцями.

Варто відзначити, що кавітаційна каверна має постійний масообмін з потоком, що обтікає її, тобто частина рідини, скипаючи, переходить у каверну і навпаки, частина паро-газової фази конденсується і переходить у рідину. Кавітаційна каверна нестационарна як по своїй формі, так і по своєму паро-газовому складу.

По мірі руху кавітаційних пухирців у рідині, що обтікає кавітаційну каверну, вони набувають зміни своєї форми і зменшуються в розмірах. Сферичні в місці свого утворення пухирці перетворюються (при зменшенні зовнішнього діаметра) у приплюснений по подовжній осі диск, а потім його зовнішні шари по осі стискуються, поєднуються і розриваються - диск перетворюється в тор. У момент розриву стінок (колапсу) пухирця прилеглі шари рідини спрямовуються усередину тора і являють собою мікрострумені, що мають величезну кінетичну енергію. Процес колапсу пухирців відбувається в хвостовій частині кавітаційної каверни, вона і є зоною зосередження високоенергетичного кавітаційного впливу. Крім струменів утворюються поля хвильових коливань, що, по суті, і визначають нестационарність як хвостової частини каверни, так і каверни в цілому.

Особливістю зазначених пристроїв є те, що утворювані кавітаційні струмені і поля тисків, що здійснюють мікрокінетичний вплив на рідину і тверді, рідкі чи газові компоненти, що в ній містяться, не виявляють свого негативного руйнівного впливу на корпус кавітаційного пристрою. Цим досягається надійність і довговічність кавітаційного апарату.

В якості параметрів, що характеризують інтенсивність кавітаційного впливу, здійснення процесів диспергування й одночасного гідродинамічного розігріву водяної суспензії крохмалевмісної сировини, обрані наступні - відносна довжина кавітаційної каверни і діапазон величин тиску потоку за кавітаційним пристроєм.

Відносна довжина каверни визначається за формулою

$$L = \frac{l}{d} = 0,25 \cdot \frac{d}{D} \cdot x^{-2} \cdot Re^{0,75} \cdot Fr^{0,25} \quad (1),$$

де l - довжина каверни, мм;

d, D - діаметр кавітуючого елемента і корпусу, мм;

x, Re, Fr - числа кавітації, Рейнольдса, Фруда.

Для випадків, коли кавітуючий елемент не є по формі тілом обертання, то у формулі замість " d "

підставляють $d_{\text{екв}}$ - діаметр еквівалентної площі елемента. Аналогічно поступають, якщо і корпус кавітаційного пристрою, в який встановлено кавітуючий елемент, має нециліндричну форму.

Енергія кавітаційної обробки визначається за формулою:

$$E = k \cdot P \cdot (R_0^3 - R_k^3) \quad (2),$$

де k - постійний коефіцієнт;

P - величина тиску рідини за кавітаційним пристроєм (точніше за зоною колапсу кавітаційних пухирців у хвостовій частині каверни), МПа;

R_0, R_k - радіус кавітаційного пухирця максимальний і в момент його колапсу, мм.

Швидкість потоку в проточній камері в основному визначає розміри кавітаційної каверни (відносну довжину і ширину), а від цього залежить ступінь кавітаційної обробки.

При невеликій величині відносної довжини каверни і невеликому тиску рідини за кавітаційним пристроєм при температурі 35-50 °С відбувається інтенсивне видалення пухирців повітря з поверхні подрібненої крохмалевмісної сировини і заміщення їх водою, що під дією кавітаційних мікроструменів є клином, що розсовує стінки часток сировини і розламає їх, чим досягається подрібнювання її.

При підвищенні тиску і невеликих величинах відносної довжини каверни інтенсифікується розігрів рідини при одночасному здрібнюванні часток сировини.

При великих величинах відносної довжини каверни і низьких тисків швидкість розігріву рідини знижується, але підвищується макроперемішування і рівномірність розподілу часток по об'єму пристрою або по перерізу потоку в пристрої.

При середніх із заявлених діапазонів значень відносної довжини каверни і тиску за кавітаційним пристроєм при інтенсивному розігріві рідкої фази відбувається подрібнювання великих часток сировини й утворення ювенільних (знову утворених) поверхонь, що активно взаємодіють під дією кавітаційної обробки з водою. У цьому випадку фактор температури рідини вже починає відігравати визначальне значення, бо вже при температурі 40-50 °С інтенсифікується розчинення крохмалю й активуються нативні ферменти. Тому температура приготування суспензії, інтенсивність і тривалість кавітаційної обробки вибираються в залежності від схемного рішення і режимних параметрів наступних стадій процесу, вимог до якості кінцевих продуктів. Крім того, оптимальні значення температури й інтенсивності обробки визначаються видом вихідної сировини і якістю механічного подрібнювання.

Іншим варіантом розвитку запропонованого способу є двостадійна обробка. На першій стадії при температурах 35-50 °С відбувається інтенсивне подрібнення часток суспензії і її розігрів при відносних довжинах каверни 0,5-4 і тиску за пристроєм 0,2-0,5 МПа. На другій стадії ведуть до подрібнювання суспензії і її макроперемішування, інтенсивне розчинення крохмалю і клейстеризацію замісу при кавітаційній обробці при 40-70 °С, відносній довжині каверни 0,5-12 і тиску за кавітаційним пристроєм 0,01-0,2 МПа. У цьому випадку в замісі спостерігається інтенсивне погли-

нання води і деяке підвищення в'язкості. Варто відзначити, що під дією кавітаційної обробки відбувається інше структуроутворення замісу, чим у способі за прототипом. Він є на дотик гладеньким, легко рухливим при невеликих зсувних деформаціях, має високу седиментаційну стійкість, тобто не розшаровується.

Подальшим розвитком способу є введення на другій стадії диспергування ферментних препаратів, що під дією кавітаційної обробки в зазначеному діапазоні температур інтенсифікують гідроліз щільно упакованих молекул амілози і сильно розгалужених молекул амілопектину. Кавітаційна обробка веде до розтягування і мікрокінетичного руйнування структури молекул і, активуючи молекули, полегшує ферментативне руйнування третинної структури молекул крохмалю, що супроводжується інтенсивною його гідратацією і розчиненням у воді.

З врахуванням вище викладеного, кавітаційна обробка знімає дифузійні утруднення і приводить до зниження енерговитрат при тепловій обробці як по величині температури, так і по тривалості обробки.

Далі викладені результати випробувань, що підтверджують ефективність запропонованого способу.

Порівняльні випробування проводилися в умовах реального виробництва етилового спирту із зернової сировини. Зерно (жито, зерноsumіш "жито-пшениця", кукурудза), очищене від механічних неорганічних домішок, пройшовши магнітний сепаратор, надходило на молоткову дробарку, де піддавалося механічному сухому подрібнюванню. Далі зерновий помел змішували з водою в співвідношенні 1:3,5 і подавали в збірник замісу, оснащений лопатевим перемішувачем.

Зовні збірник замісу мав сорочку нагрівання-охолодження. Крім того, у збірнику замісу був змонтований зовнішній циркуляційний контур, що дозволяв здійснити прокачування суспензії по схемі: низ збірника замісу - відцентровий насосний агрегат - досліджуваний пристрій (кавітаційний-статичний і динамічний, роторно-пульсаційний апарат) - верх збірника замісу. Температуру замісу контролювали термopapopoю, робочою частиною зануреною в заміс, і вторинним показуючим приладом. Вимір енергосилових параметрів - сили

струму в обмотках двигуна насосного агрегату, двигунів динамічного кавітаційного пристрою і роторно-пульсаційного апарату, двигуна лопатевого перемішувача, здійснювали електровимірними клещами. Температуру замісу змінювали температурою води при її змішуванні з помелом, а також подачею в сорочку збірника замісу теплої води або конденсату.

Дослідження проводили наступним чином. Заміс, що подали в збірник замісу, піддавали усередненню за допомогою циркуляційного відцентрового насосного агрегату протягом 5 хвилин через обвідну лінію. Через пробовідбірний кран, встановлений на виході з насосного агрегату, відбирали пробу замісу. Далі включали кавітаційний пристрій або РПА, і через рівні проміжки часу відбирали проби замісу. Проби замісу аналізували за наступними показниками:

залишок на ситі (діаметр отвору 1мм). Цей аналіз проводили наступним чином. З ретельно перемішаної проби відбирали 100мл замісу і без втрат переводили його на сито. Струменем води заміс на ситі промивали протягом 5хв для звільнення від слизів. Далі залишок на ситі віджимали вручну від надлишкової вологості і зважували на вагах у вологому стані. Після цього визначали вологість крупки, а перерахування робили на вологість зерна, яка для даної партії зерна становила 14%. Варто відзначити, що в даній ситуації описаний метод аналізу найбільш об'єктивно відбиває ступінь мокрого доподрібнення суспензії; вуглеводний склад у пробах замісу - колориметрично, антроновим методом.

Приклад 1 (по відомому способу). У збірник замісу подавали водяну суспензію помелу зерна жита. Перемішували заміс, фіксували температуру, відбирали контрольну пробу. Включали РПА при прокачуванні замісу через циркуляційний контур. Через 15хв відбирали робочу пробу для аналізу. При виключеному РПА і включеному перемішувачу лопатевому пристрої підвищували температуру замісу, подаючи в сорочку збірника замісу теплу воду. Знову перемішували заміс, відбирали контрольну пробу, включали РПА і через 15хв відбирали робочу пробу. Таким чином діяли при наступних температурах: 35°C (дослід №1), 45°C (дослід №2), 60°C (дослід №3). Результати аналізів представлені в табл.1.

Таблиця 1

№ дослід	Температура замісу, °C	Показники якості					
		Залишок на ситі, г		Вміст водорозчинних речовин в фільтраті, %		Вміст нерозчиненого крохмалю, %	
		контр. проба	робоча проба	контр. проба	робоча проба	контр. проба	робоча проба
1	35	6,3	6,2	10,3	10,3	2,9	2,8
2	45	6,2	6,1	10,6	11,1	2,8	2,54
3	60	6,1	5,9	11,3	12,2	2,5	2,3

Приклад 2. Випробування здійснювали за методикою як і в прикладі 1, але з використанням кавітаційного пристрою. При цьому тиск за кавітаційним пристроєм становив 0,2МПа, залишок на ситі в контрольній пробі - 6,4г. В табл.2 представлені результати впливу відносної довжини каверни на ступінь подрібнення суспензії.