



UDC 66.096.5

MECHANISM FOR REMOVING MOISTURE FROM DEFORMABLE OBJECTS DURING INSTANT PRESSURE RELEASE FROM A CLOSED SYSTEM

Abdullaeva Sadokat Shonazarovna¹, Nishanova Sadokat Habibullaevna², Nurmukhamedov Habibulla Sagdullaevich³, Sultanov Javokhir Valievich⁴

¹Docent, head of the department of processes and apparatus of chemical technology, Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail:sadshon1975@yandex.ru, Phone:+99877280243;

²Assisstant of the department of processes and apparatus of chemical technology, , Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail:Sadoshka90@mail.ru, Phone:+998935345500;

³Doctor of technical scienses, professor, , Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail:haas-bek@mail.ru, Phone:+998974009701;

⁴Assisstant of the department of processes and apparatus of chemical technology, , Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan

E-mail:javohir.sultonov.94@mail.ru, Phone:+998974298904.

Abstract. The article discusses the mechanism of moisture removal during the processing of a deformable material by the method of instant pressure relief. It was revealed that this method allows two processes to be carried out in one device at the same time: cleaning and dehumidification. A strong influence of the pressure relief time t on the intensification of the process was established, the smaller the value of t , the higher the efficiency of both cleaning and moisture removal. The vectors of pressure, temperature, humidity gradients and their directions in each of the periods of processing and their influence on the efficiency of the processes are determined.

Key words: deforming object, instant pressure relief, gradient, humidity, moisture removal, vector, pressure, humidity, temperature.

Аннотация: Мақолада деформацияланадиган материалда бир зумда босимнинг тушиши усули билан намликни йўқотиши механизми кўриб чиқилган. Ушбу усул ёрдамида битта қурилмада икта жараённи: тозалаш ва намликни йўқотишни амалга ошириши имконини бериши аниқланган. Босимнинг тушиши вақти $\tau_{сб}$ жараён интенсификациясига катта таъсир қилиши аниқланган. $\tau_{сб}$ қиймати қанча кичик бўлса ҳам тозалаш, ҳам намлик йўқотиши самарадорлиги шунчалар юқори бўлади. Ишлов беришдаги ҳар бир периодларида босим, ҳарорат, намликларнинг векторлари градиентлари ва уларнинг йўналишлари ҳамда уларнинг жараёнинг самарадорлигига таъсири аниқланган.

Таянч сўзлар: деформацияланадиган объект, бир зумда босимнинг тушиши, градиент, намлик, намликни йўқотиши, вектор, босим, ҳарорат.

Аннотация. Рассмотрен механизм удаления влаги при обработке деформирующегося материала методом мгновенного сброса давления. Выявлено, что данный метод позволяет осуществлять два процесса в одном аппарате одновременно: очистку и влагоудаление. Установлено сильное влияние времени продолжительности сброса давления $\tau_{сб}$ на интенсификацию процесса. Чем меньше значение $\tau_{сб}$, тем выше эффективность и очистки, и влагоудаления. Определены векторы градиентов давления, температуры, влажности и их направления в каждом из периодов обработки и их влияние на эффективность процессов.

Ключевые слова: деформирующийся объект, мгновенный сброс давления, градиент, влажность, удаление влаги, вектор, давление, температура.

В различных отраслях экономики страны широко начали применять процессы для получения готового продукта или полуфабриката путем резкого изменения давления среды, в

которую помещен перерабатываемый материал. Подобной переработке зачастую подвергаются как твердые, так и жидкие материалы. Технологии с аналогичными процессами как правило, сопровождаются испарением влаги, измельчением и охлаждением перерабатываемого объекта [1].

Теоретическим и экспериментальным исследованиям процессов измельчения и сушки с применением быстрого сброса давления посвящено множество работ [2], а также основные положения теории тепло- и массопереноса [3,4], позволившие представить в первом приближении физическую картину протекания процессов в коллоидно – капиллярно-пористых материалах с рядом допущений.

При гидротермической обработке в твердом коллоидно – капиллярно-пористом материале происходит формирование двух, различно заполненных влагой зон. Во влажной зоне, согласно модели Шумана [5], перенос тепла осуществляется, в основном, за счет конвекции, а в условно сухой – за счет механизмов тепло- и влагопроводности. После того как весь объем материала в результате пропарки приобретает единую температуру и влажность, производится сброс давления.

В зависимости от назначения, эффект сброса давления обеспечивает либо сушку [6], либо измельчение, либо упрочнение [7] материала, с помощью максимального использования эффекта от интенсивного молярного переноса пара. Материал прогревается под давлением, которое затем снижается. За счет аккумулированного тепла во всей массе тела происходит бурное вскипание влаги – парообразование. Регулируя процесс вскипания, можно добиться разрушения или видоизменения структуры и свойств материала [3].

Многочисленные опыты, позволившие определить ряд закономерностей протекания процесса измельчения материалов со сбросом давления, предопределили его внедрение и использование в таких отраслях промышленности, как химическая, пищевая, горнодобывающая, деревообрабатывающая и т.д. [2]. Физической основой этого метода является эффект интенсивного молярного переноса пара, наблюдающегося после предварительного прогрева влажного материала под давлением и быстрого его снижения [2]. Нарушение прочностных энергетических связей влаги с материалом, разрушение структуры тела и ряд химических изменений обуславливают освобождение части связанной влаги и ослабляют ее контакт со стенками капилляров [8]. Исследования показывают, что в качестве одного из факторов, определяющих размер, получаемых в результате измельчения сбросом давления частиц, выступает начальная температура материала. Процесс парообразования наиболее интенсивен при температуре 100°C, и существенное избыточное давление внутри влажного тела образуется при интенсивных, высокотемпературных режимах [7]. Максимальное давление возникает в центре влажного тела. Повышение температуры тела облегчает переход влаги в свободное состояние, и при сбросе давления достигается более низкое влагосодержание [9].

Увеличение начального влагосодержания материала также приводит к возрастанию содержания в образце свободной влаги, что ведет к повышению образующегося при сбросе давления градиента избыточного давления [10].

Эффект обезвоживания при одинаковых давлениях определяется видом материала, то есть, в конечном счете, его коллоидной и капиллярно-пористой структурой [2]. Согласно исследованиям, проведенным рядом авторов [7], сброс давления позволяет снизить содержание влаги в несколько раз по сравнению с начальным в зависимости от структуры и свойств материала. Интенсивность обезвоживания материала существенно зависит от темпа сброса давления [2].

Анализ литературных данных показал, что применение сброса давления для измельчения позволяет получать конечный продукт различной дисперсности при изменении величины перепада давления.

Шангареев Г.Ю. доказал, что использование метода сброса давления эффективен для измельчения коллоидных капиллярно-пористых материалов, легко насыщаемых влагой и претерпевающих структурные изменения под ее воздействием, что облегчает процесс их измельчения [7].

Измельчение материалов сбросом давления относится к нестационарным процессам тепло- и массообмена, сопровождаемым фазовыми превращениями и описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений, часто не имеющих точных аналитических решений для конкретных случаев. Поэтому в последнее время все больше прибегают к экспериментальным исследованиям.

На рис.1 представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию относительного избыточного давления p/p_0 , исходной относительной влажности φ красной свеклы и времени сброса τ давления на и конечную влажность готового продукта при очистке красной свеклы [11,12,13,14]. Как видно из графика, функция $\varphi=f(P/P_0)$ для столовой свеклы имеет ниспадающий характер, независимо от исходной влажности клубней [15,16].

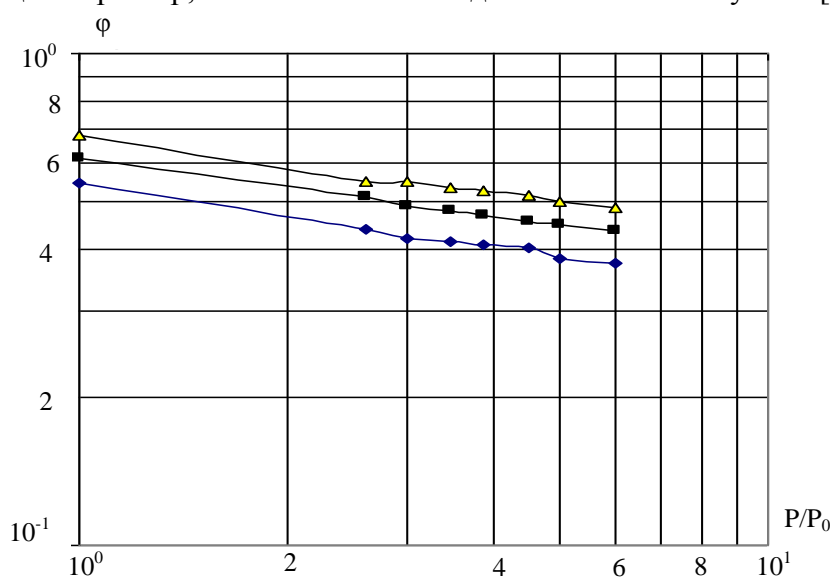


Рис.1. Влияние избыточного давления острого пара на относительную влажность очищенной красной свеклы при очистке методом мгновенного сброса давления.
● - $U=54,5\%$; ■ - $U=61\%$; ▲ - $U=68\%$.

Так, при исходной влажности столовой свеклы $U=68\%$ и при очистке острым паром с относительным давлением $P/P_0=2,6$ исходная относительная влажность клубня $\varphi=0,55$, при $P/P_0=3,85$ величина $\varphi=0,525$, при $P/P_0=4,5$ значение $\varphi=0,515$, и соответственно, при $P/P_0=6,0$ численный показатель относительной влажности равен $\varphi=0,485$. Анализ полученных результатов показывает, что с ростом величины относительного давления острого пара от $P/P_0=1$ до $6,0$ частичная подсушка значительна и составляет более 25-28%.

Объяснение столь высоких численных значений влагоудаления заключается в следующем: с увеличением избыточного давления греющего пара возрастает темп нагрева dt/dt , идет быстрое проникновение фронта высоких температур вглубь мякоти и интенсивное увлажнение кожицы. При этом из-за высокой температуры греющего пара и относительно низкой температуры мякоти корне- или клубнеплода возникает градиент температуры, который направлен во внутрь объекта переработки (рис.2а).

Объект переработки, окруженный насыщенным водяным паром с давлением $P/P_{атм}>0$, имеет температурный фронт, а внутри объекта давление соответствует $P/P_{атм}=0,1$. Иными словами, градиент давления $gradP$ направлен вовнутрь объекта (рис.2б). Аналогичную направленность имеет вектор влажности, т.к. рабочим агентом является насыщенный водяной

пар $U_{пар} > U_{мат}$. В подобных условиях в зависимости от продолжительности обработка приводит к провариванию пристенной области на небольшую глубину, что ведет к снижению сил сцепления кожицы с мякотью.

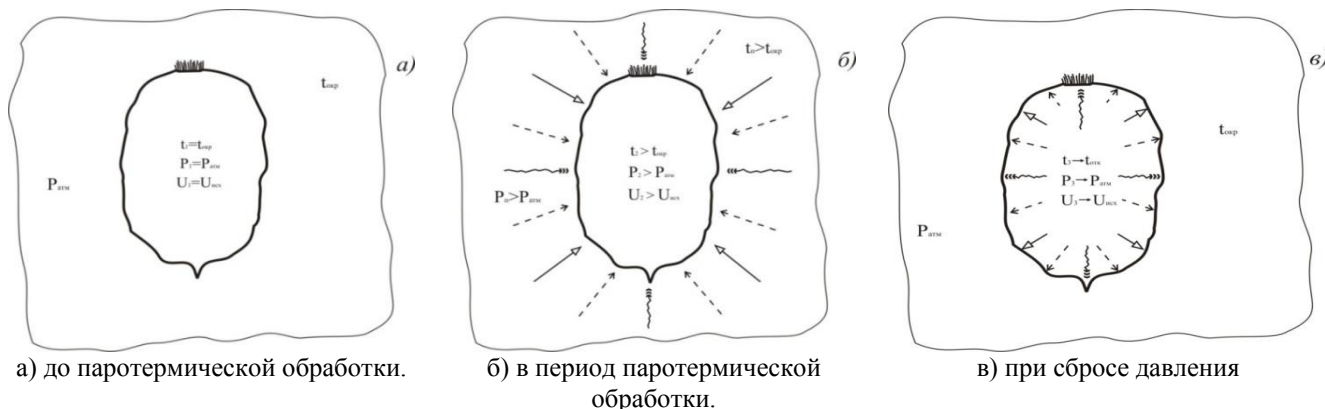


Рис.2. К изменению градиентов температуры, давления и влажности при очистке корнеплодов методом мгновенного сброса давления.

Таблица 1.

| Стадия | $gradt$ | $gradP$ | $gradU$ |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Обозначение | | | |
| До паротермической обработки | 0 | 0 | 0 |
| При паротермической обработке | >0 | >0 | >0 |
| После сброса давления | $t_3 - t_{атм}$ | $P_3 - P_{атм}$ | $U_3 - U_{атм}$ |

После термической обработки объекта наступает момент сброса давления пара в окружающую среду. Следует отметить, что в момент сброса давления из замкнутого пространства внутри объекта из-за образовавшегося градиента давления $gradP = P_2 - P_{атм}$ начинается бурное превращение жидкости в пар. Это, в свою очередь создает градиент давления между поверхностью и центром мякоти. Подобное явление формирует частицы потока в виде капелек жидкости и пара, которые устремлены от центра к поверхности. Одновременно это явление формирует парожидкостной поток в виде мельчайших капелек воды и пара, которые устремлены изнутри наружу. Количество образующегося водяного пара при ММСД находится в прямой зависимости от температуры греющего пара, которая намного больше температуры кипения воды и температуры мякоти корне- или клубнеплодов. В момент сброса давления вышеназванные градиенты температуры $gradt$, давления $gradP$ и влажности $gradU$ будут направлены наружу, т.е. от центра объекта переработки к ее поверхности (рис.2в).

Анализ теоретических и экспериментальных данных по очистке деформирующихся объектов ММСД, а также критическая оценка опытных данных и визуальных наблюдений показывает значительную зависимость процесса от скорости переноса парожидкостного потока, которая, в свою очередь, является функцией времени сброса давления $\tau_{сб}$. Очистка, измельчение или получение пюре мякоти деформирующихся материалов ММСД протекает очень быстро и состоит из следующих этапов: нагрева влажных объектов под избыточным давлением водяного пара, одновременно протекающего измельчения и влагоудаления под действием градиента давления, возникающего в момент сброса между ядром объекта переработки и окружающей средой. Особо следует отметить, что быстрый нагрев исходного влажного сырья под давлением острого пара и мгновенный сброс давления обеспечивают высокую эффективность процесса влагоудаления или обезвоживания.

Благоприятные условия для перемещения свободно связанной влаги создаются при гидротермической обработке перерабатываемого материала, которая сопровождается

структурными изменениями влажной мякоти корне- или клубнеплода. В частности, существенно понижается прочность твердого, деформирующегося материала.

Нарушение прочности энергетических связей влаги с материалом, разрушение структуры тела и ряд химических изменений обуславливает освобождение части связанной влаги и ослабляет ее контакт со стенками капилляров [17].

Интенсивность процесса парообразования при переработке влажного материала методом мгновенного сброса давления прямо пропорционально температуре тела и ее влагосодержанию, которая возрастает с ее увеличением.

Таким образом, очистка деформирующихся материалов при помощи ММСД позволяет получить сырую, очищенную массу со значительным удалением влаги материала.

Таким образом, анализ литературных данных в области техники измельчения твердых материалов с применением сброса давления показал, что можно получить конечный продукт требуемой степени дисперсности.

References:

1. Shakirov.A.F. Razrabotka apparaturnogo oformleniya i metoda rascheta proseessa sushki visokovlajnix materialov ot organicheskix rastvoriteley s primineniem sbrosa davleniy. dis.tehn.nauk, Kazan, 1993. -143 s.
2. Mixaylov.Yu.A. Sushka peregretem parom. – М.:Energiya, 1967.-200 s.
3. Ginzburg A.C. Osnovi teorii i tekhniki sushki pishevix produktov. –М.: Pishhevaya promishlennost, 1973. -350 s.
4. Kutateladze C.C. Osnovi teorii teploobmena. –М.: Atomizdat, 1979. -416 s.
5. Levashko YE.I. Sushka visokovlajnix materialov sbrosom davleniya. Dis...kand.tehn.nauk, Kazan, 2002. – 111 s.
6. Planovskiy A.N., Mushtayev V.I., Ulyanov V.M. Sushka dispersnix materialov v ximicheskoy promishlennosti. – М.: Ximiya, 1979. – 288 s.
7. Shangareyeva YE.Y. Razrusheniye vlajnix poristix materialov vsledstviye bistrogo vnutrennego ispareniya pri teplovom udare // IFJ. – 1994.- №1.- S. 28-44.
8. Gamayunov N.I., Gamayunov S.N. Izmeneniye strukturi kolloidnix kapillyarno-poristix tel v protsesse teplomassoperenosa // IFJ. – 1996. – t.69. - №6. – S. 593-597.
9. Rijkov S. Osnovi teploobmena. – М.: MGTU im. N.E.Baumana, 2007. – 81 s.
10. Dvoretzkiy S.I., Korolev V.N., Nagornov S.A., Taran V.P. Tekhnika i tekhnologiya psevdoojijeniya: Gidrodinamika i teploobmen s pogrujennimi telami. – Tambov: izd-vo TGTU, 2005.-168 s.
11. Abdullayeva S.SH., Nurmuxamedov X.S., Bekbayeva A.U., Abdullayev A.SH., Xodjibayev A.SH. Vliyaniye davleniya ostrogo para na podsushku korneplodov pri ochistke metodom mgnovennogo sbrosa davleniya [The effect of acute steam pressure on the drying of root crops during cleaning by the method of instant pressure relief]. *Xraneniye i pererabotka selxozsiryaya*, 2016, no. 4, – pp.9-12.
12. Abdullayeva S.SH., Nurmuxamedov X.S. Razzokov R.I. Xodjibayev A.SH. K voprosu izmeneniya vlajnosti deformiruyushixsya materialov / Mejd. nauch.-prakt.konf.“Aktualniye problemi otrasley ximicheskoy tekhnologii”, Buxara, 2015, 10-12 noyabrya, –S.12-14.
13. Abdullayeva A.SH., Nurmuxamedov X.S., Abdullayeva S.SH., Nigmadjanov S.K. Raschet diametra pnevmotsilindra apparatov mgnovennogo sbrosa davleniya // Ximicheskaya tekhnologiya. Kontrol i upravleniye, 2015, №1, –S.21-24.
14. Abdullayeva S.SH., Abdullayev A.SH., Bekbayeva A.U. Vliyaniye davleniya vodyanogo para na stepen izmelcheniya deformiruyushixsya materialov // Ximiya i ximicheskaya tekhnologiya, 2013, №1, –S.60-62.
15. Abdullayeva S.SH., Nurmuxamedov X.S., Abdullayev A.SH., Sagdullayev U.X. Chastichnaya podsushka pri ochistke korneplodov metodom mgnovennogo sbrosa davleniya // Moskva, Xraneniye i pererabotka selxozsiryaya, 2011. - №6. - S.17-18.
16. Abdullayeva S.SH., Nurmuxamedov X.S., Razzokov R.I., Xodjibayev A.SH. K voprosu izmeneniya vlajnosti deformiruyushixsya materialov // Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferensiya “Aktualniye problemi otrasley ximicheskoy tekhnologii”, Buxara, 2015.- s.12-14.
17. Gamayunov N.I., Gamayunov S.N. Izmeneniye strukturi kolloidno kapillyarno-poristix tel v protsesse teplomassoperenosa // IFJ, 1996.-t.2.-№6.-s.593-597.