

Гидротермическая обработка зерна гречихи для крупопроизводящих предприятий малой (средней) мощности

*М.М. Константинов, ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ;
А.А. Румянцев, к.т.н., Костанайский ИнЭУ*

В настоящее время гидротермическая обработка стационарной объёмной зерновой массы гречихи, связанная с её пропариванием насыщенным паром в аппаратах периодического действия, наиболее распространена в том числе и на крупопроизводящих предприятиях малой (средней) мощности [1]. Гидротермическая обработка гречихи включает операции пропаривания, сушку и охлаждение. Пропаривание производят при давлении насыщенного пара 0,25–0,30 МПа и продолжительности 5 мин. Сушку зерна ведут в вертикальных паровых сушилках или барабанных сушилках горячим воздухом до влажности не более 13,5%, а охлаждение — в охладительных аспирационных колонках до температуры не более чем на 6–8°C выше температуры окружающего воздуха производственного помещения [2].

Такой способ гидротермической обработки предполагает использование магистрального пара, не отвечающего требованиям пищевых производств, или пара, вырабатываемого автономным парогенератором из питьевой воды. В первом случае, кроме дополнительных расходов, связанных с потреблением пара и возможной отдалённостью от его источника, проявляется зависимость крупопроизводящего предприятия от сезонности и бесперебойности подачи пара, а также невозможность влиять на его параметры, которые могут быть занижены относительно требуемых норм. Приобретение же автономного парогенератора или строительство собственной котельной требует значительных капитальных вложений, которые для многих малых производств могут быть неподъёмными, при этом стоимость генератора пара соизмерима со стоимостью пропаривателя или сушилки.

Производительность электрической барабанной сушилки обеспечивается при съёме влаги зерна за один проход не более 4%, при этом предъявляются требования к конечной влажности зерна после пропаривания, которая не должна превышать 18%, а также к конечной влажности после сушки, которая считается производителями сушилок нормальной при величине 14–15%. При превышении такой допускаемой конечной влажности после пропаривания рекомендуется изменять режимы этой операции, считая нормой давление насыщенного пара 0,2 МПа, а длительность операции 5–10 мин. [3]. Эти значения конечной влажности зерна после сушки, а также режимов пропаривания не соответствуют требованиям [1] и указываются, очевидно, чтобы «вписать» технические возможности сушилки в технологическую схему гидротермической обработки. Нужно также отметить, что сушка увлажнённого при пропаривании зерна гречихи за два прохода в сушилке этого типа значительно снижает её производительность.

В связи с этим актуально оснащение крупнопроизводящих предприятий малой (средней) мощности доступными по цене и физически эффективными способами и установками для гидротермической обработки зерна гречихи.

Материалы, методы и результаты исследования. Нами разработан способ гидротермической обработки зерна гречихи, позволяющий реализовать в одной установке процессы генерации пара, пропаривания и сушки зерна. При этом греющая поверхность рабочей камеры поочередно выполняет функции парообразователя, задавая установке режим работы пропаривателя и источника кондуктивного нагрева зерна при отсутствии подачи на неё воды, задавая вместе с потоком воздуха режим работы установки в качестве сушилки [4].

Установлено, что образование пара и время набора давления пара в рабочей камере установки зависит от плотности потока подаваемой на греющую поверхность воды. Результаты экспериментальных исследований влияния плотности потока j в подаваемой на греющую поверхность воды на время t набора давления пара до состояния его насыщения, приведённые на рисунке 1, показывают, что увеличение плотности потока подачи воды сопровождается гиперболическим снижением времени набора давления в рабочей камере, при этом можно отметить, что наиболее интенсивно оно происходит примерно до $j_g=0,05$ кг/(с×м²), а при $j_g>0,06$ кг/(с×м²) это снижение практически приостанавливается.

Величина $j_g=0,06$ кг/(с×м²) соответствует расчётному значению паропроизводящей способности греющей поверхности при заданной плотности теплового потока, подводимого к ней.

Очевидно, что при дальнейшем увеличении плотности потока подаваемой воды на греющей поверхности создаются условия для образования

некоторого количества кипящей воды, которое может ухудшить равномерность увлажнения зерновой массы. В связи с этим, а также исходя из условий минимизации времени набора давления пара в рабочей камере, когда зерно находится под воздействием насыщенного пара наиболее продолжительно, рациональной можно считать плотность потока подаваемой воды $j_g=0,04–0,06$ кг/(с×м²), т.е. значения, близкие к значениям паропроизводящей способности греющей поверхности.

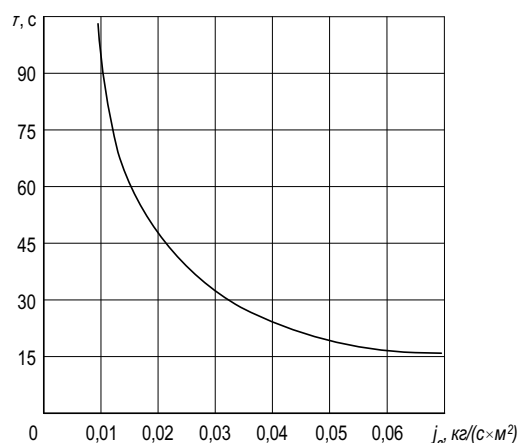


Рис.1 – Влияние плотности потока j_g подаваемой воды на время t набора давления пара до состояния насыщения (давление насыщения пара 0,3 МПа) при пропаривании зерна гречихи на греющей поверхности с температурой 143°C, плотности теплового потока 120×10^3 Вт/м² и загрузке рабочей камеры 80 кг

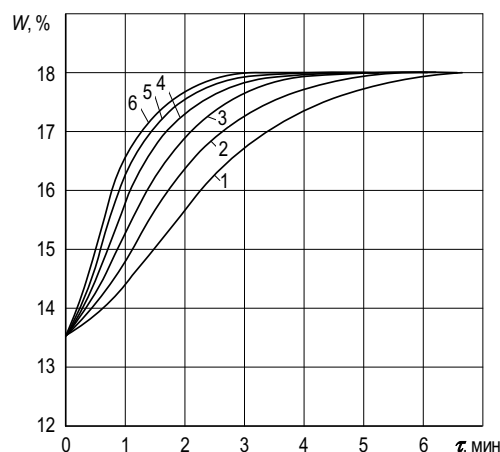


Рис. 2 – Кривые кинетики увлажнения зерна гречихи при его пропаривании на греющей поверхности с температурой 143 °C при наборе давления пара до его насыщения (0,3 МПа), плотности теплового потока 120×10^3 Вт/м², загрузке рабочей камеры 80 кг и различной плотности потока подаваемой воды кг/(с×м²): 1–0,01; 2–0,02; 3–0,03; 4–0,04; 5–0,05; 6–0,06

На рисунке 2 представлены экспериментальные кривые увлажнения зерна гречихи при его пропаривании на греющей поверхности генерируемым ею паром с достигаемым давлением насыщения

0,3 МПа при различной плотности потока подаваемой воды.

Из приведённых результатов видно, что в начальный период пропаривания наблюдается менее интенсивное увеличение влажности зерна, что можно объяснить наибольшей перегретостью и, как следствие, наименьшим влагосодержанием и нулевым или близким к нему избыточным давлением пара в этот период.

С дальнейшим течением времени пропаривания в результате нарастающего набора давления происходит приближение пара к состоянию насыщения, что способствует более интенсивному образованию конденсата в зерновой массе и поглощению влаги зерном. Однако со временем выравнивание температур зерна и пара снижает интенсивность образования конденсатной плёнки на поверхности зерновок, а вместе с этим и их увлажнения. В дальнейшем степень увлажнения зерна приближается к предельному состоянию, когда происходит практически полное заполнение влагой микро- и макрокапилляров и пор. Особенность начального периода увлажнения проявляется наличием перегиба кривых кинетики (рис. 2), выраженность которого снижается по мере увеличения плотности потока подаваемой воды.

Можно отметить, что при $j_6=0,04-0,06$ кг/(с×м²) время стабилизации влагосодержания зерна на уровне $W=18\%$ достигается в течение примерно 3–4 минут, это достаточно близко к результатам других исследований [5], связанных с традиционным пропариванием зерна гречихи. Однако, как этими, так и представленными исследованиями рекомендуется период пропаривания увеличивать до 5 минут с целью полного завершения процесса клейстеризации крахмала и обеспечения высоких технологических свойств зерна.

Опыты показали также, что рациональным можно считать включение времени сброса давления пара до нулевого значения в баланс времени периода пропаривания, т.е. 5 мин.

На рисунке 3 представлена кинетика сушки зерна гречихи после его пропаривания на греющей поверхности с температурой 143°C паром с установившимся давлением 0,3 МПа в течение 5 минут.

Было установлено, что снижение влагосодержания зерна в рассматриваемом интервале её изменения происходит с одинаковой скоростью. Линейный характер кинетики сушки зерна на греющей поверхности объясняется тем, что зерно гречихи после пропаривания достаточно сильно прогревается и в начальный период сушки практически нет необходимости его нагрева, что свойственно процессам сушки исходного или охлаждённого зерна. Приведённая на рисунке 3 аппроксимирующая опытные данные прямая сушки позволяет оценить время сушки зерна до влажности 13,5%, которое составляет 14,5 мин., а скорость сушки 0,31%/мин.

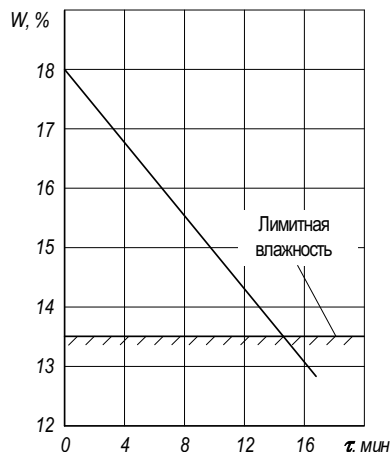


Рис. 3 – Кинетика сушки зерна гречихи после его пропаривания на греющей поверхности с температурой 143°C при плотности теплового потока 120×10^3 Вт/м² и загрузке рабочей камеры 80 кг

По результатам исследований была разработана технологическая схема гидротермической обработки зерна гречихи:

1. Пропаривание зерна на греющей поверхности
Температура греющей поверхности $t_{2n}=143-147^\circ\text{C}$
Давление пара $p = 0,30-0,35$ МПа
Время обработки $\tau = 5$ мин.
Начальное влагосодержание зерна $W_n = 13,5 \pm 0,2\%$
Конечное влагосодержание зерна $W_k = 17,8-18,0\%$.
2. Сушка зерна на той же поверхности
Начальное влагосодержание зерна $W_n = 17,8-18,0\%$
Конечное влагосодержание зерна $W_k = 13,5\%$.
3. Охлаждение зерна до температуры, не превышающей 6–8°C температуру окружающего воздуха производственного помещения.

Разработанный способ был испытан в производственных условиях, при этом за счёт исключения внешнего источника пара энергозатраты на гидротермическую обработку зерна снизились в 1,5 раза, затраты на приобретение и монтаж оборудования сократились на 30–50%, обеспечились более дешёвые и доступные условия эксплуатации и высокое качество готового продукта.

Выводы.

1. Предложен способ гидротермической обработки зерна для крупнопроизводящих предприятий малой (средней) мощности, совмещающий в одной установке генерацию пара, пропаривание и сушку гречихи, снижающий энергозатраты в 1,5 раза, затраты на приобретение и монтаж оборудования на 30–50%.

2. Установлена рациональная плотность потока $0,04-0,06 \text{ кг}/(\text{с} \times \text{м}^2)$ подаваемой на греющую поверхность воды, при этом время стабилизации влагосодержания зерна на уровне 18% достигается в течение 3–4 мин.

3. Выявлено, что снижение влагосодержания зерна с 18,0% до 13,5% при сушке на греющей поверхности происходит с одинаковой скоростью 0,31%/мин.

Литература

1. Константинов М.М., Румянцев А.А. Комплексный сравнительный анализ различных способов гидротермической обработки зерна гречихи // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 79–83.
2. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. М., 1990. Ч. 1. 81 с.
3. Регламент технологического процесса мини-производства быстрорастворимой гречневой крупы ООО «Титанис и К» Россия [Электронный ресурс]. URL: <http://titanis.ru/tech.htm#> (Дата обращения 15.05.2015).
4. Борзов Н.А., Румянцев А.А., Беспалько Л.Ф. Инновационный патент 26228. Республика Казахстан. Способ гидротермической обработки зерна гречихи / Оpubл. 15.10.2012, бюл. № 10.
5. Мельников Е.М. Интенсификация технологических процессов крупяного производства: дисс ... докт. техн. наук. 05.18.02. М., 1980. 505 с.