

Демидов Сергей Федорович

канд. техн. наук, преподаватель, старший научный сотрудник

Колледж бизнеса и технологий

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

Пелевина Лидия Федоровна

директор

Колледж бизнеса и технологий

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

Нестеренко Екатерина Александровна

магистр, заместитель директора

Колледж бизнеса и технологий

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

Котова Дарья Олеговна

студентка

Колледж бизнеса и технологий

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОСУШИВАНИЯ МОЛОЧНОГО САХАРА ВОЗДУХОМ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ЧИСЛА ОБОРОТОВ БАРАБАННОГО АГРЕГАТА

Аннотация: проведены экспериментальные исследования процесса досушивания воздухом комнатной температуры молочного сахара в барабанном

агрегате за счет аккумулированного тепла от влажности 14–15% до 10% и температуры от 70° до 25°C.

Ключевые слова: *сушка, молочный сахар, барабанный агрегат, производительность.*

Процесс сушки является нестационарным термодиффузионным процессом, в котором влажность материала и его температура непрерывно меняются во времени. Процесс, протекающий в барабанном агрегате, особенно при падении материала с лопаток, может полагаться эквивалентным процессу сушки во взвешенном слое. Тогда необходимо рассматривать совместно весь сложный комплекс явлений (гидродинамику процесса, тепло- и массообменные и перемешивание материала в продольном и поперечном направлениях). Досушивание молочного сахара в барабанном агрегате воздухом комнатной температуры за счет аккумулированного тепла является частным случаем конвективной сушки, когда отдельные частицы материала отдают тепло фильтрующему через материал агенту сушки. Данный процесс происходит во втором комбинированном агрегате. Малая доля влаги удаляется за счет аккумулированной материалом теплоты в поток омывающего материала холодного воздуха. При этом осуществляется и охлаждение материала.

Целью данной работы является исследование процесса досушивания молочного сахара воздухом комнатной температуры в барабанном агрегате от начальной влажности 14–15% до конечной влажности 10% и температуры молочного сахара от 70° до 25°C, за счет аккумулированного тепла молочным сахаром в первой ступени комбинированного агрегата.

Молочный сахар с влажностью 14–15% и температурой 65–70°C подаются из первого комбинированного агрегата в барабанный агрегат с габаритными размерами длиной 3,0м и диаметром 0,53м шлюзовым затвором, обеспечивающим заданную производительность и заданные технологические параметры. Выгрузка готового продукта осуществляется из загрузочной камеры. Рабочий агент с температурой 18–20°C подается в барабанный агрегат с помощью вен-

тилятора радиального ВР 280–46№5. По всей длине барабана расположены Г-образные лопатки. Контроль температуры молочного сахара на входе и выходе барабана осуществляли с помощью хромель-алюмелевых ТХА 9419–23 термопар в комплекте с измерителем температуры ИТ-2. Барабанный агрегат приводится во вращение электродвигателем мощностью 1.1 кВт через редуктор Р4–80А. Число оборотов двигателя регулируется частотным преобразователем FR-D700. Влажность молочного сахара на входе и выходе барабанного агрегата определяли анализатором влажности ЭЛВИЗ-2. На барабанном агрегате установлены специальные механические домкраты, позволяющие легко изменять углы наклона барабана в необходимых пределах от +1 до -3°. Угол наклона барабана в сторону выгрузки сухого молочного сахара вниз от линии горизонта будем называть положительным, угол наклона барабана вверх от линии горизонта – отрицательным. Установленная в подводящем воздухопроводе диафрагма позволяла по величине перепада давлений судить о скорости и количестве подаваемого в барабанный агрегат агента сушки [1].

На рис. 1 представлен графики зависимостей производительности барабанного агрегата в процессе досушивания молочного сахара воздухом комнатной температуры по сухому продукту при угле наклона агрегата $\alpha = -3^\circ$; $\alpha = -2^\circ$; $\alpha = 0^\circ$; $\alpha = +1^\circ$, от числа его оборотов, построенный на основании экспериментальных данных.

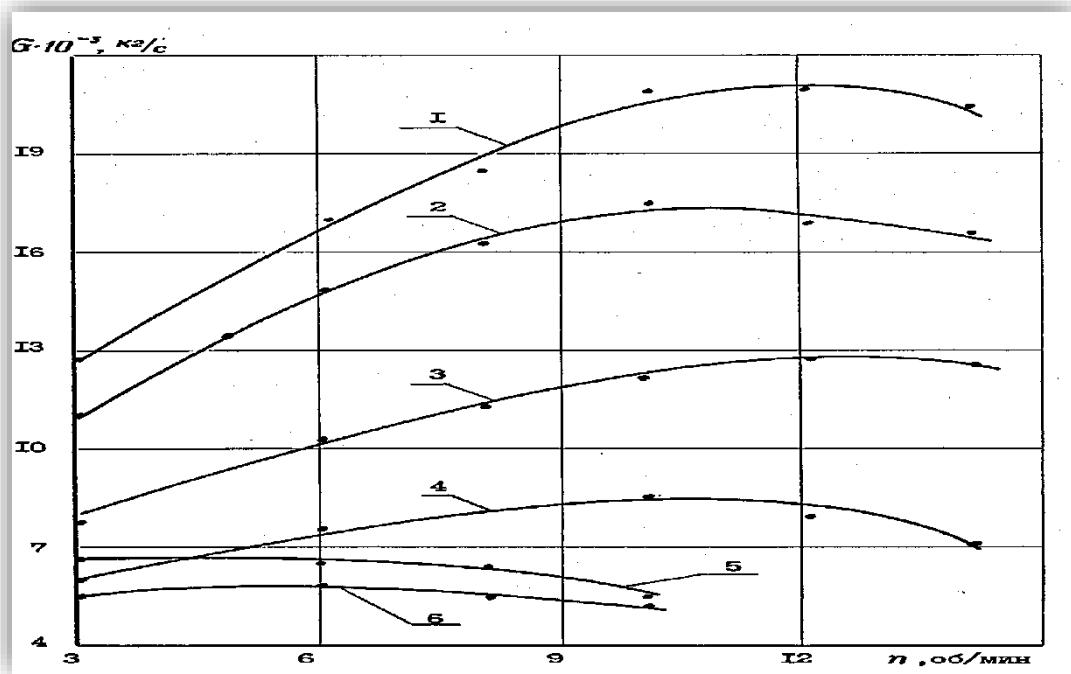


Рис. 1. Графики экспериментальных зависимостей процесса досушивания молочного сахара в барабанном агрегате воздухом комнатной температуры в зависимости от технологических параметров для $\alpha = -3^\circ$; $\gamma_v = 2,2 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$ (кривая 1); $\alpha = -2^\circ$; $\gamma_v = 2,2 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$ (2); $\alpha = -1^\circ$; $\gamma_v = 1,9 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$ (3); $\alpha = -2^\circ$; $\gamma_v = 1,4 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$ (4); $\alpha = +1^\circ$; $\gamma_v = 1,5 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$ (5); $\alpha = +2^\circ$; $\gamma_v = 1,35 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$ (6); при $t_{\text{вх}} = 20^\circ\text{C}$; $U_0 = 14-15\%$ (абс); $U = 10\%$ (абс); $d_{\text{эк}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\Theta_{\text{вх}} = 70^\circ\text{C}$; и $\Theta_{\text{вых}} = 20^\circ\text{C}$.

Суммарное время пребывания молочного сахара в барабанном агрегате равно сумме времени пребывания продукта в воздушной струе при падении с лопатки, то есть в активной зоне и времени пребывания материала на лопатках, то есть в завале. В течение времени пребывания в активной зоне осуществляется интенсивный обдув молочного сахара воздухом комнатной температуры, следовательно, усиленная теплоотдача от молочного сахара с температурой 67–70°С к потоку рабочего агента. Время, в течение которого молочный сахар находится в завале, характеризуется отсутствием интенсивного его обдувом потоком рабочего агента, а потому и малым потоком теплоты от молочного сахара, что определяет и малую интенсивность испарения влаги в обрабатываемом материале.

Естественно, что чем больше число оборотов барабанного агрегата, тем больше время пребывания молочного сахара в активной зоне. Одновременно при повышении числа оборотов увеличивается число падений частиц, что приводит к уменьшению времени в завале. Из этого следует, что производительность агрегата с увеличением числа оборотов растет. Однако такое положение оказалось справедливым только при работе агрегата с отрицательными углами наклона до числа оборотов 10–12 об/мин и с угла наклона $\alpha = 0^\circ$ до числа оборотов 10 об/мин. При положительных углах наклона наблюдается обратная картина – с увеличением числа оборотов производительность агрегата уменьшается. В процессе обдува воздухом в молочном сахаре возникает перепад температур между внутренними слоями и поверхностными слоями продукта, в результате чего образуется градиент температуры, вектор которого направлен из глубинных слоев молочного сахара к поверхностным слоям. Чем больше разность температур между глубинными слоями и поверхностными слоями, тем выше температурный напор, тем сильнее напор влаги из глубины молочного сахара на его поверхность. Градиенты влагосодержания и температуры совпадают по направлению при досушивании молочного сахара воздухом комнатной температуры. Данные исследования будут применены для разработки технологической инструкции процесса досушивания молочного сахара в барабанном агрегате воздухом комнатной температуры за счет аккумулированного тепла.

Список литературы

1. Демидов С.Ф. Исследование процесса обработки фотосинтезом и инфракрасным излучением выделенной длины волны зерен гречихи и ячменя перед процессом замачивания в производстве солода / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко // Образование и наука в современных реалиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 20 окт. 2021 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2021.