

УДК 66. 047.75.4/5

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПУХА РОГОЗА НА КИНЕТИКУ СУШКИ**Протасов С.К., Боровик А.А., Браикова А.М.***Белорусский государственный экономический университет*

Приведены исследования кинетики сушки пуха рогоза весовым способом. Даны условия и последовательность проведения опытов. Получены кривые сушки и кривые скорости сушки для различной начальной кажущейся плотности пуха. Опытные данные математически обработаны в виде эмпирических зависимостей для расчета времени сушки и максимальной скорости сушки.

Ключевые слова: пух рогоза, адсорбент, скорость сушки, кажущаяся плотность, время сушки, формулы расчета.

INFLUENCE OF THE DENSITY OF CAT DOWN ON THE KINETICS OF DRYING**Protasov S.K., Borovik A.A., Braikova A.M.***Belarusian State Economic University*

Studies of the kinetics of drying cattail fluff by weight are given. The conditions and sequence of experiments are given. Drying curves and drying rate curves are obtained for various initial apparent fluff density. Experimental data are mathematically processed in the form of empirical dependencies to calculate the drying time and the maximum drying rate.

Key words: cattail fluff, adsorbent, drying rate, apparent density, drying time, calculation formulas.

Пух рогоза применяют при проведении работ по ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водной поверхности. Сорбционная емкость пуха рогоза обеспечивается свободным пространством между самими пушинками. После насыщения пуха нефтепродуктами его регенерируют методом отжима, что позволяет проводить около 50 циклов его использования [1].

При сборе рогоза пух имеет повышенную влажность. Влага способствует развитию в пухе микроорганизмов, плесени, грибов и других живых организмов. Удаление влаги позволяет исключить возможность протекания микробиологических и биохимических процессов, что обеспечивает сохранность пуха в течение длительного времени. Установлено, что для длительного хранения пух необходимо сушить до равновесного состояния в условиях его дальнейшего хранения [2].

На интенсивность и время сушки пуха влияют следующие параметры: температура теплоносителя, скорость его движения через слой пуха, влагосодержание пуха, высота слоя и плотность пуха. Авторами статьи в работе [3] изучено влияние на процесс сушки температуры теплоносителя и скорость его прохождения через слой пуха и установлено, что с увеличением температуры и скорости теплоносителя процесс сушки ускоряется. Исследования кинетики сушки в зависимости от влагосодержания пуха проведены в работе [4]. В работе получены формулы для расчета скорости и времени сушки в зависимости от влагосодержания пуха. Результаты исследования влияния высоты слоя пуха на кинетику сушки приведены в работе [5].

Целью данной работы является определение влияния кажущейся плотности пуха рогоза на его кинетику сушки.

Объекты и методы исследования

Исследования кинетики сушки проводили весовым методом по новой методике замеров [5,6]. Сущность методики заключается в том, что первоначально определяли влагосодержание пуха перед началом опытов (начальное влагосодержание) U_n . [5]. Затем навеску влажного пуха помещали в пластмассовую сушилку. Закрепляли перфорированную крышку на необходимой высоте сушилки, чтобы обеспечить заданную начальную кажущуюся плотность пуха. Сушилку перед заполнением пухом вместе с крышкой взвешивали на весах с точностью 0,01 г. и определяли массу сушилки. $M_{суш.}$. Взвешивали сушилку вместе с пухом и определяли общую массу $M_{общ.}$. Масса самой навески влажного пуха определяли по формуле:

$$M_{пух} = M_{общ.} - M_{суш.} \quad (1)$$

В результате рассчитывали массу сухого пуха во влажной навеске:

$$M_{сух} = M_{пух} / (U_n + 1). \quad (2)$$

Устанавливали сушилку в разъемное устройство установки и засекали время начала сушки [5]. Через 3 минуты сушилку отсоединяли от трубопровода, взвешивали и снова устанавливали на рабочее место. Время отсоединения, взвешивания и соединения сушилки с трубопроводом составляло 8-10 секунд. Последующие два взвешивания производили также через 3 минуты. Остальные временные интервалы между измерениями массы сушилки увеличивали в зависимости от начальных параметров сушки.

Влагосодержание влажного пуха в n – й промежуток времени процесса сушки рассчитывали по формуле:

$$U_n = \frac{M_{пухn} - M_{сух}}{M_{сух}}, \quad (3)$$

где U_n – влагосодержание пуха в n -й промежуток времени, кг/кг; $M_{пух.n}$ – масса пуха в n -й промежуток времени, кг; $M_{сух}$ – масса сухого пуха в навеске, кг.

В результате получали серию данных по изменению влагосодержания пуха во времени сушки. По ним строили графическую зависимость влагосодержания материала от времени сушки, то есть кривую сушки. Точка пересечения кривой с значением равновесного влагосодержания пуха в условиях его хранения позволяет определить время сушки. Графически интегрируя кривую сушки, получали зависимость скорости сушки от влагосодержания пуха (кривую скорости сушки).

Результаты и их обсуждение

Влияние кажущейся плотности слоя пуха проводили при постоянных параметрах: температура воздуха на входе в сушилку 80 °С; скорость воздуха в сушилке 0,44 м/с; начальное влагосодержание пуха 0,58 кг влаги / кг сух.м.; высота слоя 180мм. Кажущаяся плотность пуха в начале сушки (начальная кажущаяся плотность) изменялась от 80 до 127 кг/м³;

На рис.1 представлены кривые сушки для различной начальной кажущейся плотности. Из рисунка следует, что с увеличением кажущейся плотности пуха, время сушки пуха увеличивается.

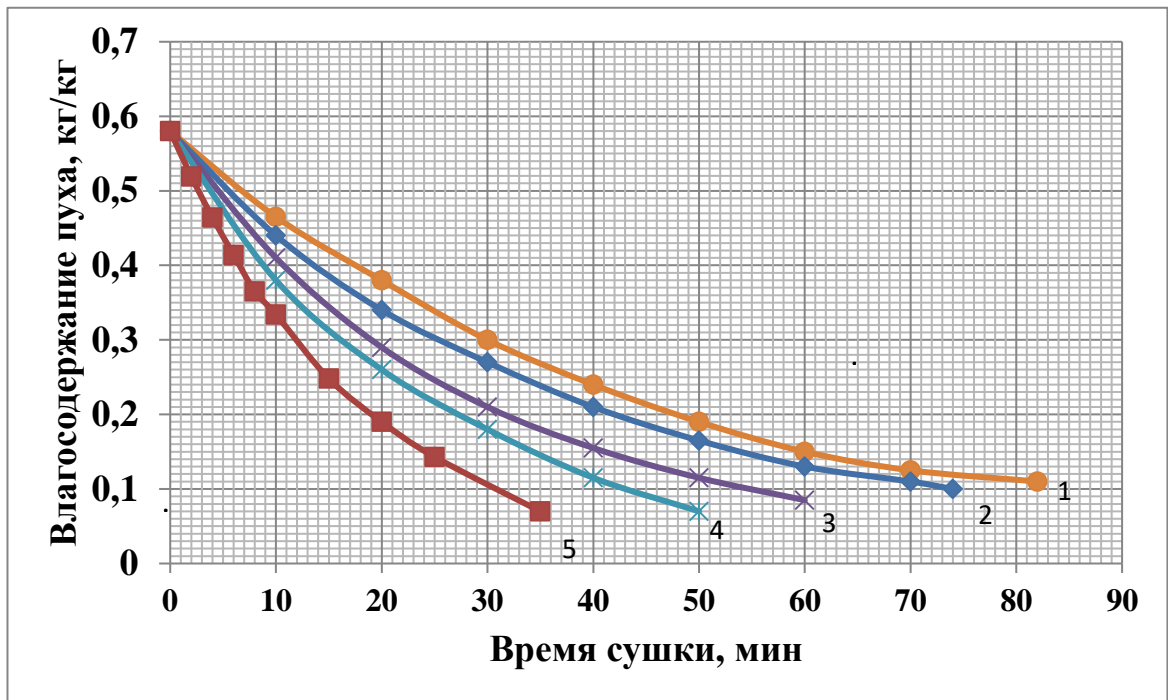


Рис.1. Кривые сушки пуха при начальной кажущейся плотности пуха: 1 – 127; 2 – 120; 3 – 110; 4 – 100; 5 - 80 кг/м³.

Используя кривые сушки, было определено время сушки пуха от начального влагосодержания 0,58 кг/кг до равновесного 0,11 кг/кг при различной кажущейся плотности. По этим данным построена графическая зависимость времени сушки от кажущейся плотности пуха (рис. 2). Анализ зависимости показывает, что увеличение кажущейся плотности в 1,59 раза, время сушки пуха увеличивается в 2,86 раза. Математическая обработка данных времени сушки позволила получить формулу для расчета времени сушки до равновесного влагосодержания 0,11 кг/кг в зависимости от кажущейся плотности пуха:

$$\tau = 0,0214 \rho^2 - 3,27 \rho + 153,48, \quad (4)$$

где τ - время сушки, мин; ρ – кажущаяся плотность пуха, кг/м³. Коэффициент детерминации зависимости (4) $R^2=1$.

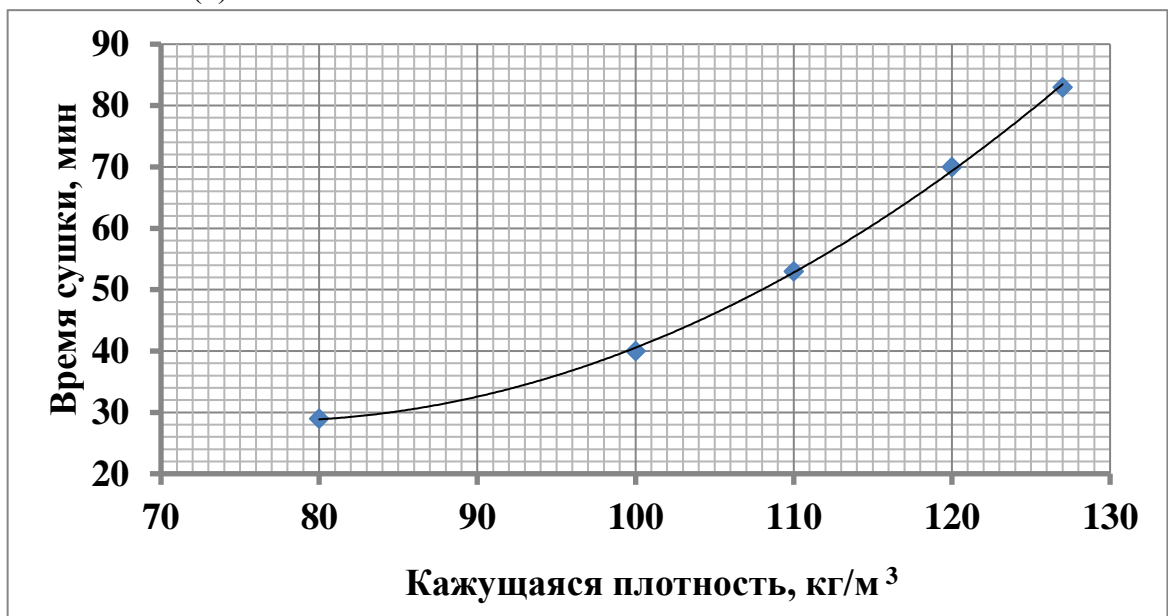


Рис. 2. Зависимость времени сушки от начальной кажущейся плотности пуха.

Графически интегрируя кривые сушки (рис.1) получили кривые скорости сушки для различной плотности пуха (рис.3).

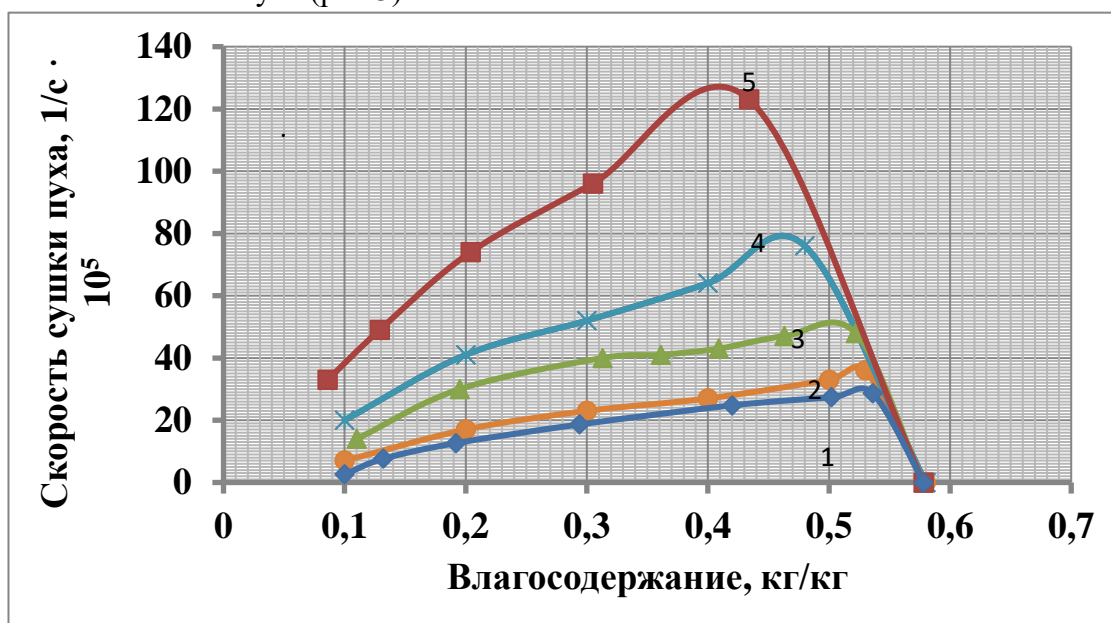


Рис.3. Кривые скорости сушки для различной начальной кажущейся плотности пуха: 1 – 127; 2 – 120; 3 – 110; 4 – 100; 5 - 80 кг/м³.

Все кривые скорости сушки в течение трех – шести минут достигают своего максимального значения, а затем скорость сушки снижается от максимального значения до минимального почти прямолинейно. С увеличением плотности пуха скорость сушки уменьшается, поэтому время сушки растет. На рисунке 4 показана графическая зависимость максимальной скорости сушки от плотности пуха. Из рисунка следует, что с уменьшением плотности пуха в 1,59 раза, максимальная скорость сушки увеличивается в 2.3 раза. Получена формула для расчета максимальной скорости сушки в зависимости от плотности пуха:

$$N_{\text{макс.}} = (1,985 \rho - 0,0125 \rho^2 - 29,814) \cdot 10^{-5}, \quad (5)$$

где $N_{\text{макс.}}$ – максимальная скорость сушки, 1/с; ρ – плотность пуха в начале сушки, кг/м³. Коэффициент детерминации зависимости (5) $R^2=1$.

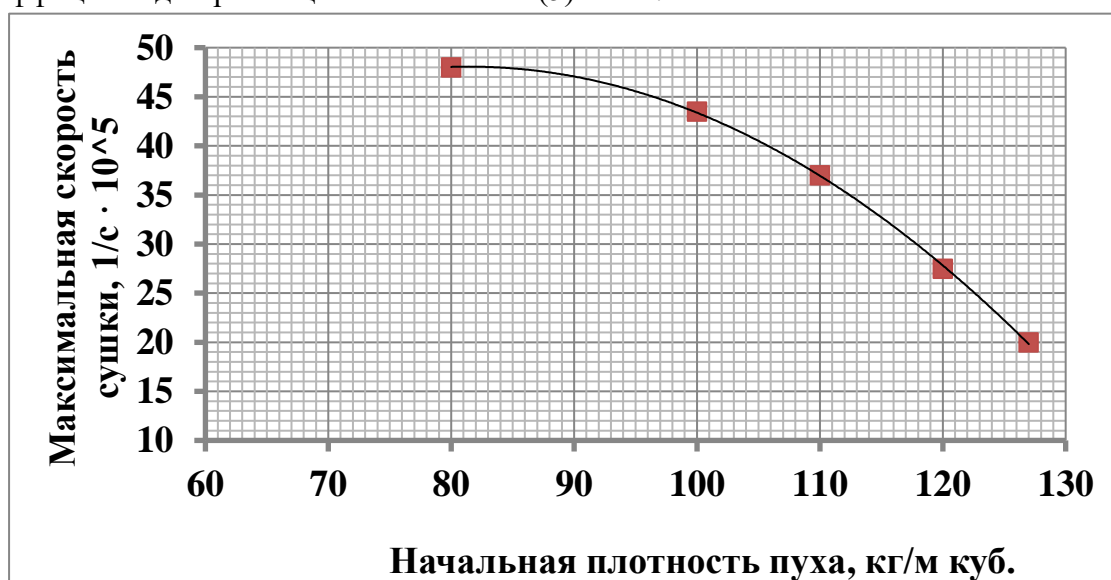


Рис. 4. Зависимости максимальной скорости сушки от начальной кажущейся плотности пуха.

Выводы

1. Увеличение плотности пуха в 1,79 раза, время сушки пуха увеличивается в 2,86 раза.
 2. Уменьшение плотности пуха в 1,79 раза максимальная скорость сушки увеличивается в 2.3 раза.
-

Список литературы

1. Горовых, О. Г., Альжанов, Б. А. Волоски окологветника початков рогоза как природный сорбент нефти и нефтепродуктов. /О. Г. Горовых, Б. А. Альжанов // Международный научный журнал «Наука и Мир». № 4 (68), апрель. – Volgograd: 2019. – С. 51–57.
 2. Протасов С.К., Боровик А.А., Брайкова А.М. Исследование процесса сушки пуха рогоза. // Мичуринский агрономический вестник. 2021. №1. С. 87-96.
 3. Протасов С.К., Боровик А.А., Брайкова А.М. Конвективная сушки пуха рогоза. // Мичуринский агрономический вестник. 2022. №1. С. 63- 69.
 4. Протасов С.К., Боровик А.А., Горовых О.Г., Брайкова А.М.. Исследование кинетики сушки пуха рогоза. // Norwegian journal of development of the International Science. 2021. №70. С.36-41.
 5. Протасов, С.К. Кинетика сушки природного нефтесорбента – пуха рогоза / С.К. Протасов, А.А. Боровик, О.Г. Горовых, А.М. Брайкова // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. - Том 12, - №2 - 2022 – С. 46 -54
 6. Боровик А.А., Протасов С.К., Брайкова А.М. Новая весовая методика исследования кинетики конвективной сушки. // Химическая промышленность. 2021. Т. 98. № 3. С. 148-152.
-

Протасов Семен Корнеевич, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный экономический университет
220070, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Партизанский 26
Телефон: +375172097989
E-mail: semenprotas@mail.ru

Боровик Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный экономический университет
220070, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Партизанский 26
Телефон: +375172097989
E-mail: semenprotas@mail.ru

Брайкова Алла Мечиславовна, кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой физико-химии материалов и производственных технологий, Белорусский государственный экономический университет.
220070, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Партизанский 26
Телефон: +37517209-79-27
E-mail: semenprotas@mail.ru