

ставил порядка 12...13,3 кг/га, с новыми корпусами при тех же скоростях расход топлива составил порядка 11,0...12,5 кг/га, что меньше на 6,4...9 %. При этом кривая расхода топлива агрегата МТЗ-80+ПЛН-3-35* при скорости более 1,6 км/ч возрастает более интенсивно, это можно объяснить возросшем коэффициентом буксования, который находился в диапазоне 10,3...18 %, при 9,1...11,7% агрегата с серийными рабочими органами.

Исследования по определению тягового сопротивления данных машин показал снижение тягового сопротивления у агрегата с новыми корпусами в среднем на 13,6...17,1%.

Эксперименты, проведенные с агрегатом ДТ-75М со стандартными рабочими органами и новыми рабочими органами (рисунок 2) выявили снижение расхода топлива последнего на 9,7...13,8 %, а снижение тягового усилия на 7,9...10,8 %.

Кривая расхода топлива агрегата ДТ-75М + ПЛН-4-35* более пологая, чем агрегата со стандартными рабочими органами, это можно объяснить более устойчивой работой данного агрегата, который меньше испытывает скачков нагрузки от уплотняющего воздействия нижнепахотного слоя почвы.

Литература:

1. А.с. SU № 2297745. Комбинированный почвообрабатывающий рабочий орган / В.А. Богатов, А.В. Павлушин, В.И. Курдюмов. – Опубл. 27.04.2007; Бюл. № 12.

2. Исаев Ю.М., Богатов В.А., Павлушин А.В. Влияние формы рыхлителя подпахотного горизонта на тяговое сопротивление. //Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2008. – №5. С. 16-17.

3. ОСТ 10.2.2 – 2002. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. М.: Минсельхоз России, 2002. – 34 с.

4. ОСТ 70.2.16 – 73. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационной технологической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 26 с.

УДК 631:362.7

ОСОБЕННОСТИ КОНВЕКТИВНОЙ И КОНДУКТИВНОЙ СУШКИ ЗЕРНА FEATURES OF CONVECTIVE AND CONDUCTIVE DRYING OF GRAIN

В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, И.Н. Зозуля, С.А. Сутягин

V.I. Kurdyumov, A.A. Pavlushin, I.N. Zozulya, S.A. Sutyagin

Ульяновская ГСХА

Ulyanovsk state academy of agriculture

The main methods of supply the heat to the drying material have been considered. A schematic diagram and analysis of the distribution of moisture content

and temperature of the material at convective and contact methods of supply of heat have been presented. The dependences of the temperature distribution in the second period of the drying process have been brought.

По способу подвода энергии к высушиваемому материалу различают конвективную и кондуктивную (контактную) сушку, а также сушку с применением энергетических полей: терморadiационную сушку, сушку с применением высокочастотных токов, сушку в акустическом поле. Конвективная сушка наблюдается при омывании тела нагретым газом, воздухом, топочными газами, перегретым паром и другими теплоносителями, имеющими температуру, отличную от температуры тела. Унос паров влаги осуществляется сушильным агентом.

Одним из наиболее широко применимых методов является кондуктивная, или контактная сушка. Кондуктивной называется сушка материала на нагретой поверхности, когда теплота, необходимая для испарения влаги и нагревания влажного материала, передается теплопроводностью от нагретой поверхности, а влага поглощается и уносится окружающей средой.

В период подогрева материала происходит существенное перераспределение влаги во всем объеме, возникает градиент влагосодержания от центра к периферии и максимум влагосодержания в центре образца. При контактном методе подвода теплоты (рисунок 1 а) распределение влагосодержания неравномерно и несимметрично: контактном слое у греющей поверхности влагосодержание на протяжении всего процесса минимально, в центральных слоях - максимально. У открытой поверхности влагосодержание ниже, чем в центральных слоях, но выше, чем в контактном слое. Кривые распределения влагосодержания имеют вид смещенной параболы. Максимум влагосодержания с течением времени сдвигается к внешней (открытой) поверхности материала. Температура в направлении от контактного слоя к открытой поверхности непрерывно убывает. В центре материала температура выше, чем на поверхности. Перемещение влаги к поверхности материала обусловлено градиентом температуры, градиент влагосодержания оказывает тормозящее действие.

В отличие от контактного метода при конвективном методе (рисунок 1 б) подвода теплоты кривые распределения влагосодержания расположены симметрично. Температура материала, в центре ниже, чем на поверхности, а влажность выше. В этом случае перемещение влаги к поверхности материала обусловлено градиентом влажности, градиент температуры оказывает тормозящее действие.

При конвективной сушке скорость подвода теплоты к телу зависит от гидродинамической обстановки в аппарате и параметров теплоносителя. Это накладывает на практическую реализацию интенсивной конвективной сушки ограничения гидродинамического порядка (невозможность увеличения скорости теплоносителя из-за увеличения уноса материала, его истирания и т. п.).

При кондуктивной сушке скорость подвода теплоты зависит от нагревателя, его температуры и теплопроводности материала. При кондуктивном подводе теплоты на процесс сушки большое влияние оказывает градиент давления. Релаксация возникающего избыточного давления возможна лишь через всю толщу влажного материала, значительная часть капилляров которого в начале процесса сушки еще заполнена, жидкостью. Это приводит к возникновению значи-

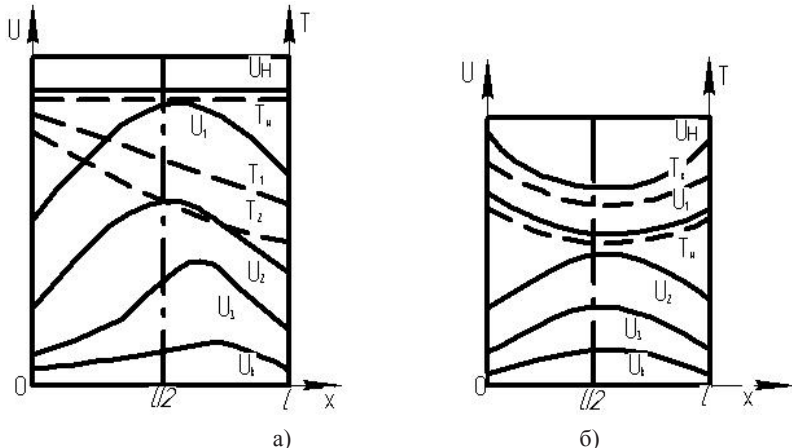


Рис. 1. - Распределение влагосодержания и температуры в материа-

ле

а) при кондуктивном (контактном) подводе тепла,

б) при конвективном подводе теплоты:

U - текущее влагосодержание материала, кг/(кг сух. вещества); T - текущая температура материала, °C; l - толщина пластины, м; x - поперечная координата; $x = 0$ - греющая поверхность; $x = l$ - свободная (открытая) поверхность

тельного избыточного давления, которое не только способствует отводу влаги из материала в виде пара, но и обуславливает также проталкивание жидкой фазы по направлению к открытой поверхности. При кондуктивной сушке распределение поля избыточного давления имеет характер, аналогичный характеру изменения поля температур. Так распределения температуры во втором периоде можно представить в виде зависимостей [1]:

для сухой области материала (увеличение температуры)

$$T = A_1 - (A_2 - B_2 \tau_{II}^2)x + B_1 \tau_{II}^2$$

$$T = A_1 - (A_2 - B_2 \tau_{II}^2)x + B_1 \tau_{II}^2,$$

для влажной области материала (снижение температуры)

$$T = (T_{cm} - C_x) \exp(-A \tau_{II})$$

$$T = (T_{cm} - C_x) \exp(-A \tau_{II}),$$

где τ_{II} - время второго периода сушки, с; T_{cm} - температура материала в плоскости $x = 0$, соприкасающейся с греющей поверхностью, в первый период сушки, °C; $A, A_1, A_2, B_1, B_2, C_x$ - параметры, зависящие от режима сушки, удельной массы и физико-химических свойств материала.

На длительность сушки при кондуктивном подводе теплоты решающее влияние оказывает температура греющей поверхности. Она влияет на температуру материала, механизм переноса тепла и влаги в высушиваемом материале, а

также на качество готового продукта. Наиболее сильное воздействие оказывает температура греющей поверхности на материал в первый период сушки. Продолжительность сушки с ростом температуры греющей поверхности $t_{гр}$ убывает по степенной зависимости вида [2]

$$\tau = at_{гр}^{-b} \quad \tau = at_{гр}^{-b},$$

где a - коэффициент, зависящий от начального влагосодержания и удельной массы материала; b - показатель степени, зависящий от удельной массы материала.

Значительное влияние на длительность сушки оказывает толщина высушиваемого слоя материала. С ее увеличением растет продолжительность, как первого, так и второго периодов. Экспериментальные данные показывают, что на скорость сушки также большое влияние оказывает степень прижатия материала к греющей поверхности. Уменьшение степени прижатия материала к греющей поверхности приводит к уменьшению скорости сушки и наоборот. Весьма малое влияние на процесс кондуктивной сушки оказывают влажность и температура окружающего высушиваемый материал воздуха [3].

На практике часто комбинируют конвективную и кондуктивную сушку, добываясь высокой интенсивности процесса и необходимого качества готового продукта.

Таким образом, при выборе того или иного способа подвода теплоты в сушильных устройствах важно знать характер распределения влагосодержания в материале, подвергаемом сушке. Также необходимо при выборе способа подвода теплоты учитывать такие факторы, как градиент температуры, градиент влажности, а также физические свойства высушиваемого материала. Всё это позволит обеспечить требуемое качество высушенного материала при минимальных затратах энергии на данный процесс.

Литература:

1. Кришер О.В. Научные основы техники сушки. - М.: ИЛ, 1961. - 213 с.
2. Полонская Ф.М. Тепло- и массообмен в периоде постоянной скорости сушки // Журнал технической физики, 1953. - Т. 23. - Вып. 5. С. 26-29.
3. Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: 1984. - 317 с.