

УДК 66.047.69:622.331-662(045)(476)

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПИРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПАРОТРУБЧАТЫХ СУШИЛОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

Березовский Н.И., Борисейко В.В. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

*В статье отражена специфика работы существующих систем аспирации паровых трубчатых сушилок торфобрикетного производства и ее недостатки. На основании практического использования сухих рукавных фильтров в торфяной промышленности изложено предложение по совершенствованию аспирационной системы, направленное на снижение себестоимости торфяных брикетов через экономию водных ресурсов и тепловой энергии.*

### Введение

В настоящее время в торфобрикетной промышленности Республики Беларусь применяются несколько типов сушилок, использующих в качестве теплоносителя как пар, так и дымовые газы. На большей части торфобрикетных заводов используются паровые трубчатые сушилки типа «Цемаг». И это не случайно, так как эта сушилка сравнительно проста в эксплуатации. В ней для сушки торфа используется сухой насыщенный пар с избыточным давлением на входе 0,25 МПа, позволяющий получать конечную влажность торфа 15 %. При этом температура пара на входе составляет 120÷140 °С, а на выходе 81÷100 °С. Составление материального баланса этой сушилки основывается на законе сохранения вещества, согласно которому вес материала, входящего в сушилку, равен сумме весов высушенного материала и испаренной влаги. За один час работы сушилки на фрезерном торфе влажностью до 50 % количество испаренной влаги составляет от 2,7 до 6,8 тонн при производительности по высушенному торфу от 8,3 до 14,8 тонн. При этом общий унос материала из сушилки может составлять от 12 до 39 % [1].

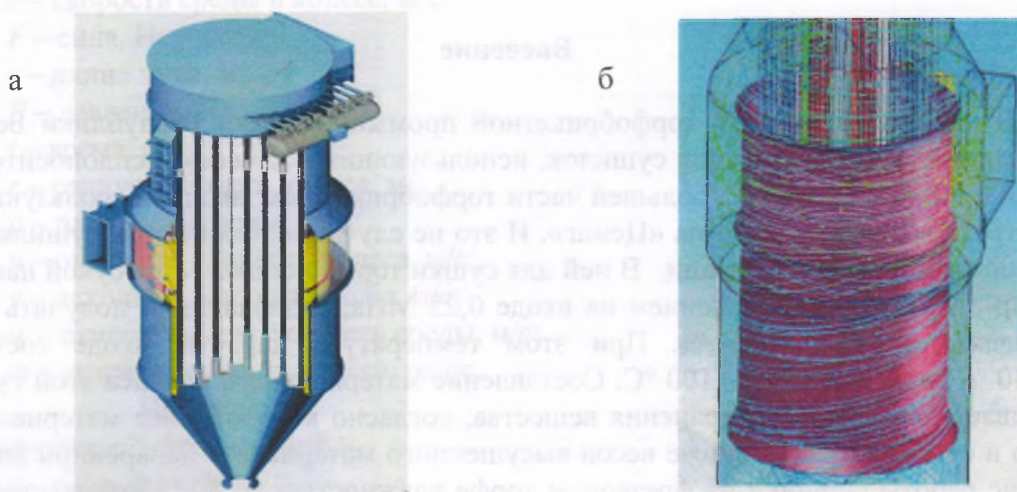
В связи с этим используемые на брикетных заводах Республики Беларусь паровые трубчатые сушилки оборудованы системами аспирации, состоящими из циклона первой ступени очистки и группы циклонов НИИОГаз типа ЦН-15, расположенными на крыше здания, и второй ступени мокрой очистки – центробежного скруббера ВТИ, расходующего воду в количестве 0,1 л/м<sup>3</sup>.

### Выбор технологии утилизации тепла и влаги в аспирационной системе паровой трубчатой сушилки

Результаты испытаний рукавных фильтров Simatek в системе обеспыливания штемпелей в загрузочных камерах брикетных прессов и в системе отсоса пыли от зева прессов в ОАО «ТБЗ «Усяж» подтвердили возможность использования сухих аспирационных систем и в торфяной промышленности [2].

Поэтому вместо существующих громоздких систем аспирации паровых трубчатых сушилок предлагается установить один высокопроизводительный компактный очиститель воздуха датской фирмы Simatek. Фильтр представляет собой цилиндрическую форму, оборудованную тангенциальным фильтровальным входом со встроенным динамическим предварительным очистителем несколько большего диаметра, защища-

ющего от истирания рукава, расположенные внутри цилиндрического корпуса. Принцип работы данного фильтра основан на двухэтапной очистке: первый этап обеспечивается встроенным динамическим предварительным очистителем, второй – рукавными фильтрами с регенерацией рукавов пульсирующей струей. Встроенный распределитель воздуха и вращающийся демпфер обеспечивают прохождение стабильного потока воздуха вокруг фильтровальных рукавов, качественное отделение абразивной пыли, каковой является торфяная пыль из-за наличия в ней золы до 23 %. Важной частью является фильтрование нисходящим потоком, что обеспечивает минимальные потери давления и высокую производительность фильтрации. Фильтр SimPact 4T-R изготавливается в соответствии с требованиями директивы АТЕХ, согласно европейскому стандарту 14491 и подходит для взрывоопасных типов пыли, что свойственно торфяной пыли, а также его можно устанавливать в помещении. Общий вид фильтра и моделирование потока встроенного динамического очистителя с защитой рукавов от истирания изображены на рисунке 1 (запатентовано) [3].



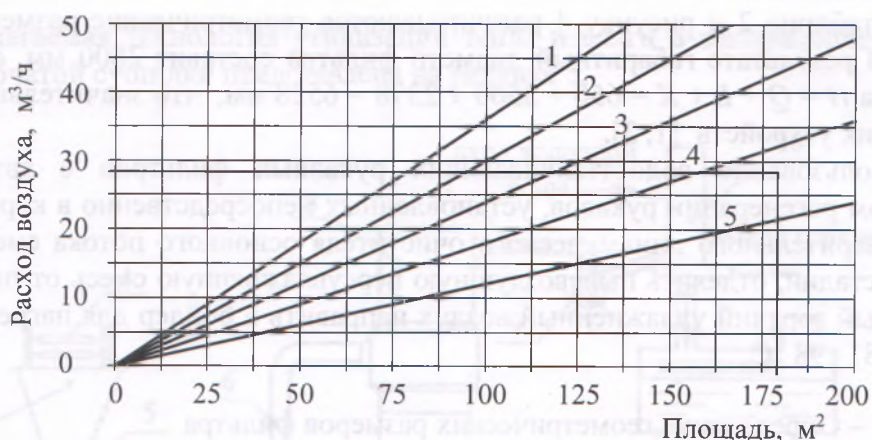
а – общий вид; б – моделирование потока со встроенной защитой от истирания рукавов  
Рисунок 1. – Фильтр рукавный SimPact с защитой рукавов от истирания

В соответствии с официальными данными датской компании, полученными по запросу кафедры «Горные машины» факультета горного дела и инженерной экологии, рукавные фильтры SimPact могут использоваться для торфяной промышленности с удельной нагрузкой пылевоздушной смеси на ткань фильтровальных рукавов не более  $2,5 \div 3,0 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{мин}$ . Подбор марки фильтра основывается на расходе воздуха на один килограмм испаренной влаги, который составляет в среднем  $28000 \text{ м}^3/\text{ч}$  [1]. По данным, приведенным на рисунке 2, определяется общая площадь фильтрующей поверхности [3]. При удельной нагрузке для торфяной пыли соотношение воздух/ткань (Air/Cloth-Ratio)  $A/C = 2,5 \div 3,0 \text{ м}^3/\text{м}^2/\text{мин}$  ориентировочно получается диапазон площади от 160 до  $180 \text{ м}^2$ .

Подбор конструкционной формы (рисунок 3, форма 12) [3] производится по запыленности воздушной смеси (максимальный унос материала из сушилки 39 % от максимальной производительности по высушенному торфу, т.е.  $14756 \times 0,39 = 5755 \text{ кг}$ ;  $5755000/28000 = 206 \text{ г}/\text{м}^3$ ) и с учетом того, что вся улавливаемая пыль направляется на прессование брикетов [1].

По таблице 1 определяется марка фильтра формы исполнения 12, исходя из площади фильтрующей поверхности (оптимальное значение  $178,1 \text{ м}^2$ ): SimPact 4T-R JM-90/45 [3].





1 – A/C = 6,0; 2 – A/C = 5,0; 3 – A/C = 4,0; 4 – A/C = 3,0; 5 – A/C = 2,0

Рисунок 2. – Подбор площади фильтрующей поверхности

№ формы	03 и 03WB	04	05	12	14	17 и 17WB
Вид фильтра						
Пылевая нагрузка	< 50 г/м³	< 50 г/м³	< 50 г/м³	< 1000 г/м³	< 100 г/м³	неограниченна

Рисунок 3. – Выбор формы исполнения фильтра (SimPact 4T-R)

Таблица 1. – Выбор марки фильтра (SimPact 4T-R. Форма исполнения 12) по площади фильтрации

Марка фильтра	Длина рукавов, дм							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Площадь фильтрующей поверхности, м²								
JM 7/-	4,6	6,2	7,7	-	-	-	-	-
JM 10/-	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	-	-	-
JM 14/-	9,2	12,3	15,4	18,5	21,7	-	-	-
JM 21/-	13,9	18,5	23,1	27,7	32,3	-	-	-
JM 32/-	21,1	28,1	35,2	42,2	49,3	-	-	-
JM 41/-	27,0	36,1	45,1	54,1	63,1	72,1	81,1	90,2
JM 52/-	34,3	45,7	57,2	68,86	80,0	91,5	102,9	114,4
JM 70/-	46,2	61,6	77,0	92,4	107,8	123,2	138,5	153,9
JM 90/-	59,4	79,2	99,0	118,8	138,5	158,3	178,1	197,9

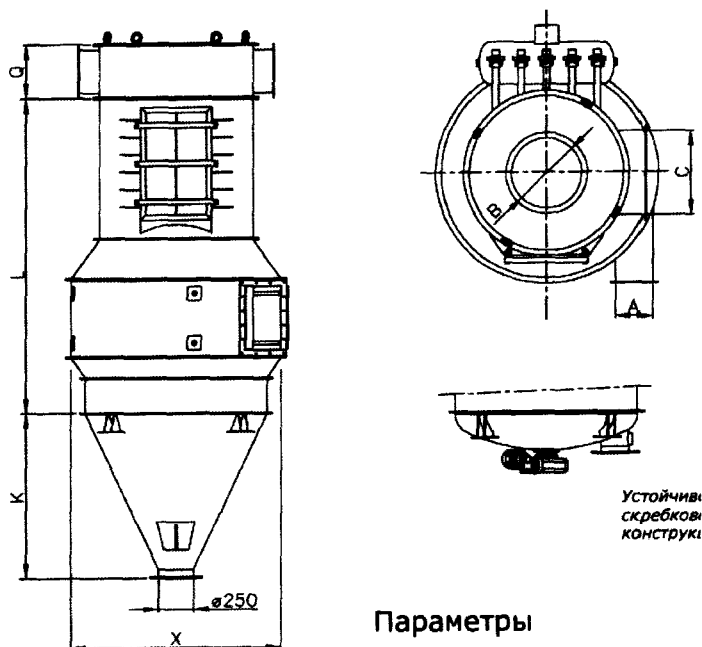
По таблице 2 и рисунку 4 рассчитываются геометрические размеры рукавного фильтра. В результате габаритный диаметр фильтра составит 2800 мм, общая высота его корпуса  $H = Q + L + K = 650 + 3500 + 2378 = 6528$  мм, что значительно меньше существующих устройств [1, 3].

Использование водоотталкивающих рукавных фильтров с автоматическим устройством регенерации рукавов, установленных непосредственно в корпусе встроенного предварительного динамического очистителя основного потока смеси, позволит, на первой стадии, отделить пылевоздушную переувлажненную смесь от пыли, а на второй – чистый горячий увлажненный воздух направить в бойлер для нагрева воды в его трубах до  $81 \div 98$  °С.

Таблица 2. – Определение геометрических размеров фильтра (SimPact 4T-R. Форма исполнения 12)

Марка фильтра	Размеры, мм							
	$X$	$A$	$B$	$C$	$Q$	$L^*$	$L_{min}$	$K$
JM 7/-	Ø900	600×550	Ø300	Ø250	380	длина рукава×100	1500	652
JM 10/-	Ø1100	175×300	Ø400	Ø275	380	длина рукава×100	2000	824
JM 14/-	Ø1300	200×400	Ø400	400×300	380	длина рукава×100	2000	1080
JM 21/-	Ø1500	250×450	Ø500	550×300	380	длина рукава×100	2000	1188
JM 32/-	Ø1800	300×550	Ø600	Ø250	650	длина рукава×100	2500	1403
JM 41/-	Ø2000	300×700	Ø600	600×550	650	длина рукава×100	3000	1725
JM 52/-	Ø2200	300×800	Ø960	1050×550	650	длина рукава×100	3000	1938
JM 70/-	Ø2400	400×900	Ø1100	1400×550	650	длина рукава×100	3000	2163
JM 90/-	Ø2800	500×1050	Ø1300	1800×550	650	длина рукава×100	3500	2378

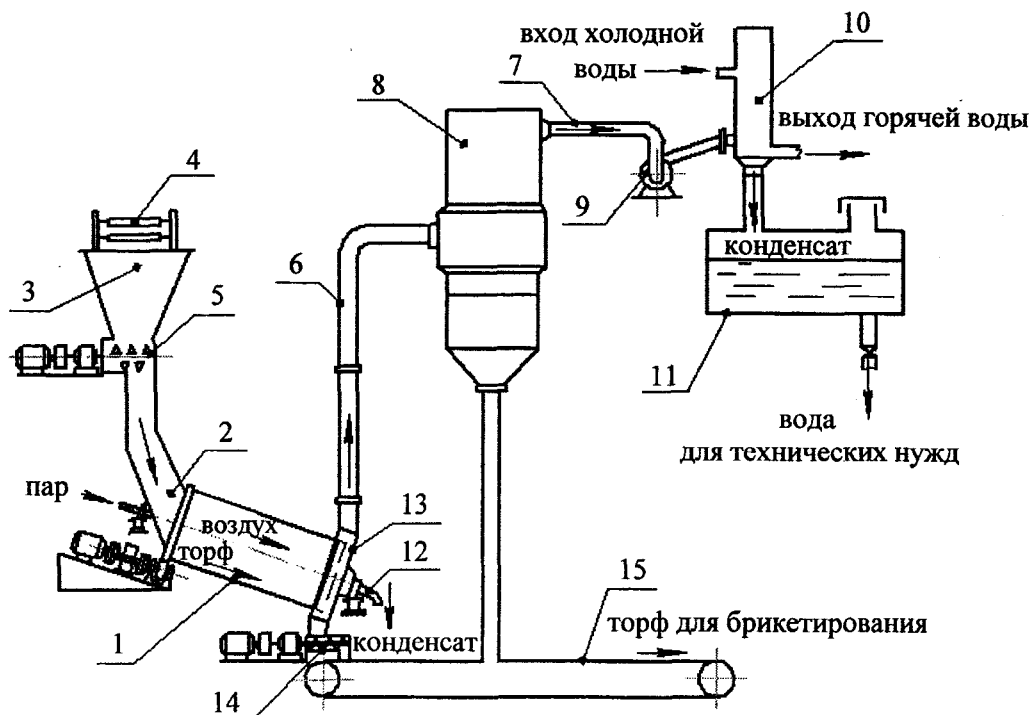
\* $L$  не менее  $L_{min}$



1 – устойчивое к перепаду давления скребковое днище, форма конструкции 12

Рисунок 4. – Присоединительные размеры фильтра. Параметры: площадь фильтрации до 432 м<sup>2</sup> (SimPact 4T); площадь фильтрации до 3360 м<sup>2</sup> (SimPulse 3C); съемная верхняя секция, 4T1-R, 4T3-R; сброс давления на взрыве согласно директиве АТЕХ; изготовление из нержавеющей стали

Предлагаемая технология утилизации тепла и влаги в аспирационной системе паровой трубчатой сушилки представлена на рисунке 5.



1 – паротрубчатая сушилка; 2 – загрузочное полочное устройство; 3 – бункер сырья; 4 – ленточный конвейер; 5 – шнековый питатель; 6, 7 – воздухопроводы; 8 – рукавный фильтр; 9 – осевой вентилятор; 10 – бойлер; 11 – накопительная емкость; 12 – конденсатосборник; 13 – накопитель высушенного торфа; 14, 15 – система конвейеров  
Рисунок 5. – Схема аспирации паровой трубчатой сушилки

Утилизация тепла и влаги осуществляется следующим образом. Фрезерный торф, влажностью до 50 % загружается ленточным конвейером 4 в бункер сырья 3, откуда шнековым питателем 5 подается в загрузочное устройство 2, из которого торф поступает в трубки сушилки, нагреваемые снаружи паром до  $120\div 140$  °С. Высушенный торф отводится на сборный скребковый конвейер 15 из сушильного барабана через задний кожух и шнековый питатель 14. Сушка торфа производится при передвижении его под действием силы тяжести по трубкам вращающегося под наклоном к горизонту девять градусов барабана. Сушильным агентом является воздух, забираемый в трубки с торфом из помещения вентилятором, установленным перед бойлером, имеющий на выходе из сушилки температуру  $81\div 100$  °С [1]. Далее этот запыленный воздух повышенной влажности по изолированному воздухопроводу 6, исключая образованию точки росы, поступает в рукавный фильтр 8, где осаждается практически весь уносимый из трубок сушилки торф. Очищенный горячий сильно увлажненный воздух из рукавного фильтра по изолированному воздухопроводу 7 осевым вентилятором 9 нагнетается в бойлер 10, где производится нагрев воды, циркулирующей в трубках бойлера, снаружи трубок. При этом пар от контакта с трубками холодной воды конденсируется и направляется в накопительную емкость 11, расположенную под бойлером, которая сообщается с атмосферным воздухом выхлопной трубой для выброса очищенного воздуха. Нагретая вода из бойлера поступает в систему отопления и горячего водоснабжения про-

мышленной зоны и рабочего поселка. Вода из накопительной емкости используется для технических нужд.

Одним из главных условий работоспособности фильтровальной установки SimPact 4T-R JM-90/45, на первой стадии, при высокой влажности является поддержание рабочей температуры в фильтре выше точки росы, для чего необходима термоизоляция воздухопроводов и самого фильтра. А на второй стадии, наоборот – резкое снижение рабочей температуры воздушного потока от контакта с трубами бойлера, наполненными водой с температурой  $9\div 12$  °С, позволит практически всему пару воздушной смеси конденсироваться в запасы воды.

### Выводы

Применение только сухой системы аспирации позволит сэкономить 19440 тонн воды в год, ранее расходуемой на скруббер. Более того, по результатам испытаний [1] в среднем за один час работы сушилки из торфа испаряется около 4,334 тонны влаги. При работе завода 7200 ч/год дополнительно можно только от одной сушилки получить 31205 тонн воды в год, уловить практически всю уносимую пыль. При этом обеспечивается высокий показатель экологической составляющей, а вся собранная в фильтре пыль направляется на производство брикетов, масса которой составит около 14500 т/год с одной сушилки (в среднем унос материала из сушилки составляет 26,5 % [1]). Высокая температура пара на входе в бойлер позволит непрерывно обеспечивать отоплением и горячим водоснабжением промышленные и жилые помещения рабочего поселка.

### Список использованных источников

1. Наумович, В.М. Сушка торфа и сушильные установки брикетных заводов / В.М. Наумович. – М.: Недра, 1971. – 279 с.
2. Березовский, Н.И. Повышение конкурентоспособности торфяных брикетов через усовершенствованные аспирационные системы в их технологии производства / Н.И. Березовский, В.В. Борисейко // Горная механика и машиностроение. – 2015. – № 3. – С. 18-27.
3. Высокопроизводительный очиститель воздуха SimPact 4T-R [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.simatek.com/00002>. – Дата доступа: 30.09.2016.

---

Berezovsky N.I., Boriseyko V.V.

### Energy-saving dust-exhaust systems of steam-tube driers for the production of fuel briquettes

*Work-specific of existing dust-exhaust systems of peat briquette production steam-tube driers and its disadvantages has been presented in the article. Suggestion for improving of dust-exhaust system aimed at reducing of the cost of peat briquettes through saving of water resources and thermal energy on the basis of practical use of dry bag filters in peat industry has been described.*

Поступила в редакцию 06.12.2016 г.