Изследване процеса на поддържане температурния режим на пясъчни силози

Пенчо Златев, Валентин Бобилов, Делян Радев, Живко Колев, Пламен Мушаков

Investigation the process of maintaining the temperature regime of sand silos: *The purpose of this work is to develop a methodology for investigation the cooling process of sand silos. Finding the adequate temperature regime of cooling air that will reduce energy consumption.*

Key Words: *Methodology, Cooling process of sand silos, Energy consumption for cooling.*

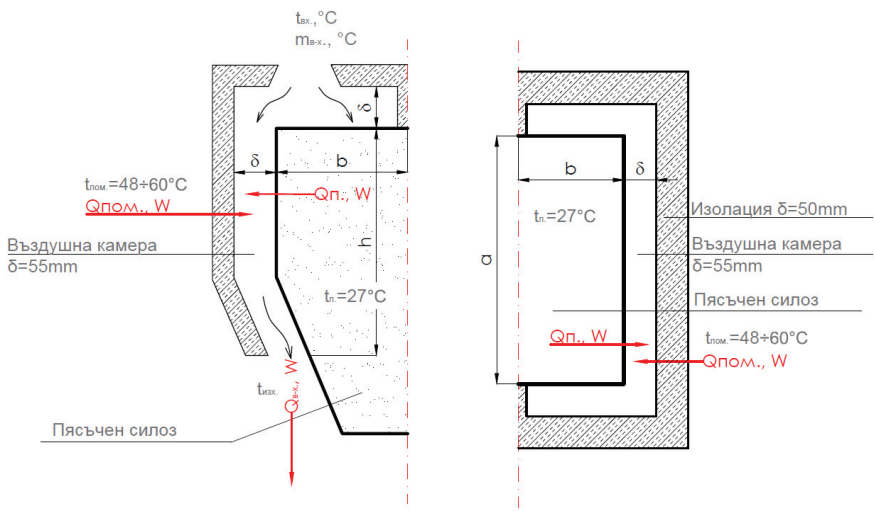
ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящия доклад се разглежда влиянието на температурата и дебита на охлаждащия въздуха върху температурния режим на пясъчни силози. За целта е направен теоретичен модел на топлообменните процеси протичащи в ново изградената система за поддържане температурния режим на силозите. Установени са границите на изменение на температурата и на дебита на охлаждащия въздух удовлетворяващи технологичните изисквания, като е определена необходимата топлинна енергия за поддържане на температурния режим.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Принципна схема на физическия модел за поддържане температурата на пясъчните силози

На фиг.1 е показана принципна схема на физическия модел за поддържане температурата на пясъчните силози.



Фиг.1. Принципна схема на физическия модел за поддържане температурата на пясъчните силози

Системата за поддържане на температурата на пясъчните силози представлява въздушна камера с дебелина 55mm, оградена от защитна черупка състояща се от слой топлинна изолация /пенополиуретан/ с дебелина 50mm защитена от външната страна с обшивка от поцинкована ламарина. Вътрешната

повърхност на изолационния слой е каширана фабрично с алуминиево фолио.

Въздухът използван за поддържане температурата на пясъка в силозите се подава симетрично в двата горни края на защитната черупка и излиза от долния край на силоза, като същевременно охлажда разположените там електродвигатели.

Във физическия модел на системата е прието да са работи с половината от силоза тъй като имаме ос на симетрия. Основните размери използвани във физическия модел на топлообменните процеси са: ширина на силоза – размер „a=2.32m“; половината от дължината на силоза – размер „b=0.985m“; височина на силоза до долния ръб на защитната черупка – размер „h=1.75m”; дебелина на въздушната камера δ=0.055m.

Максималната допустима температура на пясъка в силоза е +28°C [1]. В процеса на изследване на температурния режим на силоза е прието съгласно технологичните изисквания, че температурата на постъпващия пясък в силоза ще се променя в границите от 20 до 28 °C, в зависимост от сезона.

2. Методика за определяне на необходимата топлинна енергия за поддържане на температурния режим на пясъчни силози

За да се определи необходимата топлинна енергия за поддържане на температурния режим на пясъка в силозите е необходимо да се направи енергиен баланс на постъпващите във въздушната камера топлинни потоци от помещението и от пясъка в силоза.

В зависимост от това как се променя температурата на въздуха в помещението и температурата на постъпващия в силоза пясък ще се променя температурата и необходимото количество студен въздух доставяно във въздушната камера, така че да се запази температурата на пясъка в силоза или да не се допусне да превиши максималното допустима температура от +28°C.

2.1. Определяне на топлообменната повърхност на силоза и на защитната черупка

Съгласно принципната схема от фиг.1, търсените топлообменни повърхности ще се определят по следните зависимости:

$$A_{c.} = h.[2.b + a] + b.a, m^2 \quad (1)$$

$$A_{i} = h.[2.(b+\delta) + (a+2\delta)] + (b+\delta).(a+2\delta), m^2 \quad (2)$$

където: $A_{c.}$ е околната повърхност на металния силоз, m^2;

$A_{i.}$ – околната повърхност на защитната черупка ограждаща въздушната камера, m^2;

h – височината но силоза до долният ръб защитната черупка, m;

b - половината от дължината на силоза, m;

a - ширината на силоза, m.

2.2. Определяне коефициента на топлопреминаване на защитната черупка и топлопритоците от помещението

За целта е необходимо да са известни дебелините и материала на отделните слоеве изграждащи черупката. Черупката е изградена от каширан с алуминиево фолио пенополиуретан с дебелина 50mm, защитен от външната страна с поцинкована ламарина.

Термичното съпротивление на алуминиевото фолио и поцинкованата ламарина са пренебрегнати и за коефициента на топлопреминаване е записан следният израз:

$$U_i = \frac{1}{Rsi + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + Rse} = \frac{1}{0.05 + \frac{0.05}{0.035} + 0.13} = 0.7, W/m^2K \quad (3)$$

Интерес представляват термичните съпротивления на топлопредаване от страна на въздушната камера Rsi и от страна на помещението Rse.

Термичното съпротивление от страна на помещението е прието за постоянно и неговата стойност е Rse = 0,13 m^2K/W.

Термичното съпротивление от страната на въздушната камера зависи основно от нейните геометрични размери и по специално от дебелината и от скоростта и температурата на охлаждащия въздух.

В конкретния случай може да се приеме, че температурата на стените на пясъчния силоз е постоянна и е равна на температурата на съдържащия се пясък, следователно задачата може да се разглежда като намиране на коефициента на топлопредаване при принудително движение на въздух в канал с правоъгълно сечение при постоянна температура на стената на канала. Като се приложат съответните критериални уравнения [2] е оценено, че търсеният коефициент на топлопредаване се мени в границите от 20 до 32 W/m^2K в зависимост от скоростта на движение на въздуха и температурите на силоза и на въздуха. За нуждите на изследването е прието да се работи с долната граница от 20 W/m^2K или за термичното съпротивление на топлопредаване от вътрешната страна на защитната черупка се получава Rse = 0,05 m^2K/W.

Топлопритоците от помещението към въздушната камера са оценени чрез следната зависимост:

$$Q_i = U_i.A_i.\left(ta - \frac{t_1 + t_2.}{2}\right), W \qquad (4)$$

където: ta е температурата на въздуха в помещението, °C;

t_1 – температурата на постъпващия във въздушната камера въздух за охлаждане, °C;

t_2 – температурата на изходящия от въздушната камера въздух, °C.

2.3. Определяне коефициента на топлопритоците от силоза.

Основно топлопритоците към въздушната камера от страна на силоза зависят от температурата на постъпващия в него пясък, която се мени в границите от 20 до 28°C в зависимост от сезона. За пресмятане на топлопритоците е приложена следната зависимост.

$$Qs = \frac{1}{Rse}.Ac.\left(tw - \frac{t1 + t2.}{2}\right), W \qquad (5)$$

където tw е средната температура на стената на силоза, °C.

Тъй като металната стена на силоза има много малко термично съпротивление е прието, че температурата на стената ще бъда равна на средноаритметичната стойност между температурата на пясъка и средната температура на постъпващия за охлаждане във въздушната камера въздух.

$$tw = [0.5(t_1 + t_2) + ts]/2, °C \qquad (6)$$

където ts е температурата на пясъка в силоза, °C.

2.4. Определяне температурите, масовия дебит на въздуха постъпващ във въздушната камера и необходимата енергия за охлаждане на въздуха

За да се поддържа температурния режим на пясъка в силозите са направени следните допускания:

- температурата на въздуха напускащ въздушната камера трябва де се мени в границите от 18 до 27°C;
- температурата на постъпващия във въздушната камера въздух ще е само с един градус по-ниска от тази на изходящия от въздушната камера.

Тогава за търсения масов разход на въздух постъпващ във въздушната камера се получава следният израз:

$$\dot{m} = \frac{Qi + Qs}{(t_2 - t_1).c_p.1000}, kg/s \quad (7)$$

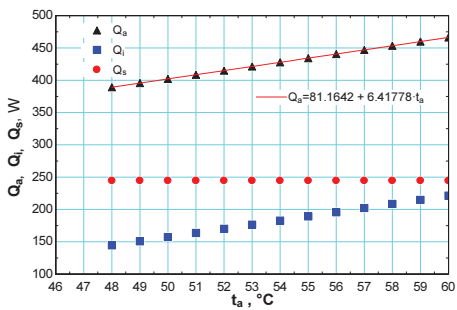
Необходимата енергия за охлаждане на постъпващия във въздушната камера въздух е пресметната по следният израз:

$$Qa = \dot{m}.c_p.1000.(t_2 - t_1), W \quad (8)$$

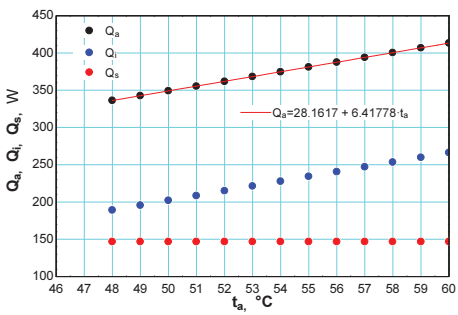
3. Резултати от изследването

Изследвано е влиянието на температурата на околната среда върху топлопритоците във въздушната камера при граничните температури на пясъка 20 и 28°C. Резултатите са представени на фиг.2 и фиг.3.

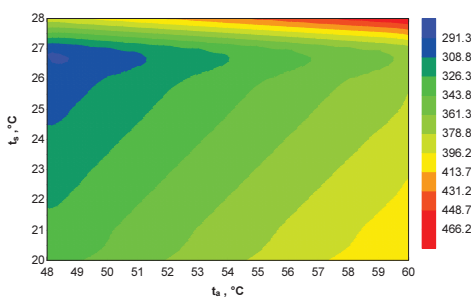
Влиянието на температурата на околната среда и на температурата на пясъка върху разхода на енергия за охлаждане на въздуха е представена на фиг.4. Сравнението на разхода на енергия за охлаждане при температура на постъпващия въздух 17°C и 25°C при температура на пясъка от 28°C е представено на фиг.5.



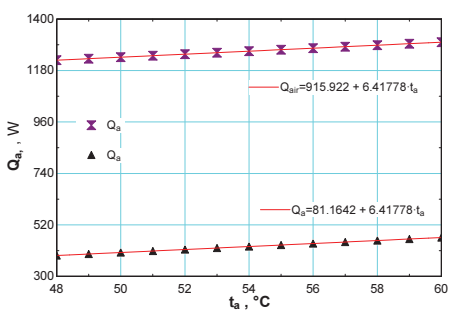
Фиг.2. Топлопритоци при ts = 28 °C



Фиг.3. Топлопритоци при ts = 20 °C



Фиг.4. Енергия за охлаждане на въздуха



Фиг.5. Енергия за охлаждане при промяна температурата на постъпващия във въздушната камера въздух

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От изследването на процеса на поддържане температурата на пясъчните силози може да се заключи, че от гледна точка на намаляване разхода на енергия е препоръчително да се работи с по-висока температура на охлаждащия въздух от +25 °C в сравнение с използваната към настоящия момент температура на въздуха от +18 °C.

ЛИТЕРАТУРА

[2]. Бобилов, В., Д. Радев, П. Златев, Ж. Колев, Пл. Мушаков. Система за поддържане температурния режим на пясъчни силози. Сборник доклади „Топлотехника", Национално научно техническо дружество (Национален комитет по ТММ), издателство на Технически Университет – Варна, 2015 (под печат).

[3]. Nikolov Ch. I., D. I. Kandarov, D. P. Damyanov. Improvement of Process Heater Performance Using a Combined Water Soluble Additive. Journal of Environmental Protection and Ecology, 2007.

За контакти:

Гл. ас. д-р Пенчо Златев, катедра "Топлотехника, хидравлика и екология", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 303, e-mail: pzlatev@uni-ruse.bg

Доц. д-р Валентин Бобилов, катедра "Топлотехника, хидравлика и екология", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 844, e-mail: bobilov@uni-ruse.bg

Гл. ас. д-р Живко Колев, катедра "Топлотехника, хидравлика и екология", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 304, e-mail: zkolev@uni-ruse.bg

Гл. ас. д-р Пламен Мушаков, катедра "Топлотехника, хидравлика и екология", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 304, e-mail: pgm@uni-ruse.bg

Благодарности: *докладът отразява резултати от работата по проект No 2015 – АИФ – 03, финансиран от фонд „Научни изследвания" на Русенския университет."*

Докладът е рецензиран.