

За базовую предлагается использовать зависимость для расчета открытых гидроциклонов, предложенную и разработанную ВНИИ ВОДГЕО [8]:

$$q = 3,6 \cdot k \cdot U_0, \quad (7)$$

где q – удельная гидравлическая нагрузка, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

U_0 – гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с ;

k – коэффициент пропорциональности.

Данная формула предлагается для расчета конструкций открытых гидроциклонов, разработанных ВНИИ ВОДГЕО: гидроциклона простейшей конструкции, гидроциклона с конической диафрагмой, с внутренним цилиндром и конической диафрагмой и многоярусный гидроциклон.

Данная расчетная зависимость удачно выведена по отношению к гидравлической нагрузке, задаваемой величиной является гидравлическая крупность частиц. В зависимости от конструкции применяемого аппарата гидравлическая крупность задерживаемых в них частиц может изменяться от 0,2 – 0,3 мм/с до 5 и более мм/с . Коэффициент пропорциональности в данной формуле принимается в зависимости от конструкции аппарата. Численные значения коэффициентов были получены путем математической обработки результатов экспериментальных исследований и промышленных испытаний гидроциклонов вышеназванных конструкций.

Таким образом, из всего многообразия факторов, влияющих на процесс разделения суспензий в гидроциклоне, в данной расчетной зависимости учитываются только некоторые из них: свойства частиц примесей, конструкция аппарата и его основные размеры. При этом, как уже упоминалось выше, действительна она только для четырех конструкций гидроциклонов. В связи с этим предлагается в данную формулу ввести ряд коэффициентов, которые позволят учитывать больше факторов, влияющих на процесс разделения суспензий. Так, в данной расчетной зависимости никак не отражено влияние вращательного движения на эффективность разделения суспензий, то есть необходимо ввести коэффициент (k_1), учитывающий скорость вращения потока и ее снижение в результате потерь на трение и продвижения потока снизу вверх. Также в данной расчетной зависимости следует учитывать происхождение частиц взвеси и делать поправку (k_2) на

взвесь с низкой гидравлической крупностью. Таким образом, расчетная зависимость будет иметь следующий вид:

$$q = 3,6 \cdot k \cdot U_0 \cdot k_1 \cdot k_2. \quad (8)$$

Численные значения коэффициентов k_1 и k_2 предлагается получить при проведении лабораторных и полупроизводственных испытаний работы открытого гидроциклона диаметром 500 мм при очистке сточных вод молочных производств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пантелют Г. С. Исследование и разработка компактных установок оборотного водоснабжения газоочисток сталеплавильных производств. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. – Харьков, 1971 (Харьковский инженерно-строительный ин-т).
2. Субботкин Л. Д. Осветление сточных вод плавильных цехов заводов цветной металлургии в вихревых декантаторах. Автореф. дис. на соиск. учен. степени. – Свердловск, 1972 (УПИ им. С. М. Кирова).
3. Скирдов И. В., Пономарев В. Г. Уточненные параметры взвеси для проектирования сооружений по очистке сточных вод прокатных цехов. – В кн.: Информационный выпуск по обмену опытом в строительном проектировании. Серия 2. – М.: Госстрой СССР, 1956, № 34.
4. И. В. Скирдов, В. Г. Пономарев. Очистка сточных вод в гидроциклонах. – М.: Стройиздат, 1975. – 176 с.
5. СНиП 2.04.03 – 85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
6. С. В. Яковлев, В.И. Калищун. Механическая очистка сточных вод. – М.: Из-во лит-ры по стр-ву, 1972. – 200 с.
7. Яромский В. Н., Головач Т. И. Выбор методов и сооружений механической очистки сточных вод предприятий молочной промышленности. – “Вестник БГТУ – Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология”, № 2, 2001.
8. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Н.И.Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с. – (Справочник проектировщика).

УДК 66.069.83 (088.8)

Уласевич В.П., Новиков В.М., Костюк О.В.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ РАСКАЛЕННОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И КУПОЛООБРАЗНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ЗАВЕСОЙ

Исследования последних лет указывают на широкую возможность использования куполообразных жидкостных завес для создания искусственного микроклимата, а также для защиты людей, работающих вблизи энергетического оборудования, от инфракрасного излучения [1].

На рисунке 1 приведена расчетная схема установления закономерностей лучистого теплообмена между раскаленной кольцевой поверхностью и куполообразной жидкостной завесой с показом характерных элементов струйного комплекса.

Струйный комплекс формирует куполообразную жидкостную завесу следующим образом. Вода, из системы оборотного водоснабжения, под напором 0,3-0,4 МПа подается к стояку 1, на котором установлен струйный аппарат, состоящий из нижнего 2 и верхнего 3 отбойников. Отбойники при своем сопряжении образуют кольцевой канал 4, где формируется куполообразная жидкостная завеса 5, которая окружена раскаленной поверхностью 6. Куполообразная жидкостная завеса, при своем изливе, сопрягаясь с поверхностью воды в

Уласевич Вячеслав Прокофьевич. К.т.н., профессор каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Новиков Владимир Макарович. К.т.н., доцент каф. водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Костюк Ольга Васильевна. Инженер НИС Брестского государственного технического университета. Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

обводнительном канале 7, образует локализованный объем воздуха 8. При необходимости в локализованном объеме воздуха устраивается приточно-вытяжная вентиляция.

Следует отметить, что куполообразная жидкостная завеса представляет собой движущийся слой жидкости, состоящий из компактно расположенных капель с двух сторон которого движется большое количество мелких капель, удаленных друг от друга на заметное расстояние, образующих факел распыления.

Эффективность защиты человека от сильного теплового воздействия, применительно к решению данной задачи, в значительной степени зависит от расхода воды, сплошности куполообразной жидкостной завесы, интенсивности теплового излучения.

Экспериментально установлено, что при средней температуре кольцевой раскаленной поверхности 1200-1600°K на долю лучистого, теплообмена приходится 70-80% тепловой энергии, отдаваемой раскаленной поверхности куполообразной жидкостной завесе (20-30% составляет конвективный теплообмен).

Лучистая энергия, поглощенная куполообразной жидкостной завесой, есть функция следующих переменных

$$Q_{1-2} = f(\varphi, \varepsilon_{np}, C_0, F_2, T_1, T_{ж}), \quad (1)$$

где Q_{1-2} – тепловая энергия, поглощенная куполообразной жидкостной завесой, Вт;

φ – средний угловой коэффициент;

ε_{np} – приведенная степень черноты системы;

C_0 – коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела, Вт/м² К⁴;

F_2 – поверхность куполообразной жидкостной завесы, м²;

T_1 – температура раскаленной поверхности, °K;

$T_{ж}$ – средняя температура куполообразной жидкостной завесы, °K;

Средняя температура куполообразной жидкостной завесы может быть определена по следующей зависимости

$$T_{ж} = \frac{T_0 + T_2}{2}, \quad (2)$$

где T_0 – температура воды на выходе из струйного аппарата, °K;

T_2 – температура вода на уровне обводнительного канала, °K.

Следует отметить, что величину среднего углового коэффициента, для системы кольцевая поверхность – водяной конус, с достаточной для практики точностью (при ориентации, как показано на Рис.1) можно принять равной 0,6-0,8.

Запишем уравнение теплового баланса, характеризующего лучистый теплообмен между раскаленной, кольцевой поверхностью и куполообразной жидкостной завесой

$$Q_{1-2} = Q_{нар} + Q_{наг}, \quad (3)$$

где $Q_{нар}$ – тепловая энергия, затрачиваемая на испарение слоя мелких капель; обращенных к раскаленной поверхности, кВт;

$Q_{наг}$ – тепловая энергия, затрачиваемая на нагревание куполообразной жидкостной завесы, кВт.

Тепловая энергия, затрачиваемая на испарение слоя мелких капель, обращенных к раскаленному телу, определяется по следующей формуле

$$Q_{нар} = A \cdot G \cdot r, \quad (4)$$

где A – коэффициент, учитывающий массу испаренной влаги;

G – массовый расход жидкости, кг/с;

r – удельная теплота парообразования, кДж/кг.

В таблице 1 приведена зависимость коэффициента A от температуры раскаленной кольцевой поверхности (при $G = 47$ кг/с, $b_0 = 0,0025$ м, $F_1 = 220$ м², $F_2 = 89$ м², $H = 3.5$ м, $l = 5$ м, $D = 10$ м).

Из таблицы 1 видно, что значение A изменяется в зависимости от температуры раскаленной поверхности от 0,01 до 0,03.

Тепловая энергия, затрачиваемая на нагревание куполообразной жидкостной завесы, определяется по формуле:

$$Q_{наг} = C \cdot (1 - A) \cdot G \cdot (T_2 - T_0), \quad (5)$$

где C – удельная теплоемкость воды, кДж/кг · °K;

Массовый расход жидкости может быть рассчитан по следующей зависимости

$$G = \Pi \cdot D_{но} \cdot \delta_0 \cdot V_1 \cdot \rho, \quad (6)$$

где: $D_{но}$ – диаметр нижнего отбойника струйного аппарата, м;

δ_0 – толщина куполообразной жидкостной завесы на выходе из струйного аппарата, м;

V_1 – средняя скорость излива воды, м/с;

ρ – плотность воды, кг/м³.

Таблица 1

Расчётные параметры			
$T_1, ^\circ\text{K}$	$Q_{1-2}, \text{кВт}$	$\frac{Q_{1-2}}{F_2}, \text{кВт/м}^2$	A
1673	9833	110	0,030
1573	7677	86	0,025
1473	5894	66	0,020
1373	4440	50	0,015
1273	3271	37	0,010

После подстановки в уравнение (3) значений (4), (5), (6), а также постоянных и имеющих оптимальное значение величин ($C = 4.96$, $r = 2256$, $G = 47$ кг/с, $T_0 = 293^\circ\text{K}$) получаем следующую формулу для определения температуры нагрева куполообразной жидкостной завесы на уровне обводнительного канала:

$$T_2 = \frac{290 \cdot (0,5 \cdot A - 1) - 4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{1-2}}{A - 1}. \quad (7)$$

Формула (7) позволяет с достаточной для практики точностью определить температуру нагрева воды куполообразной жидкостной завесы при различных значениях теплового потока.

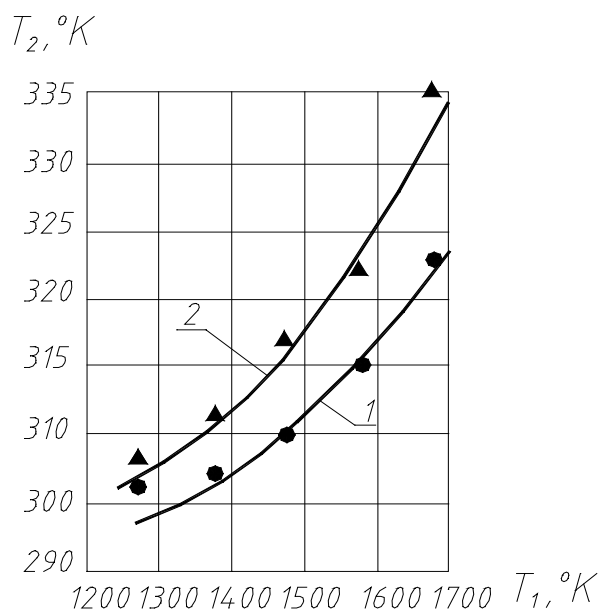


Рисунок 2 – Зависимость температуры нагрева куполообразной жидкостной завесы на уровне обводнительного канала от температуры раскалённой кольцевой поверхности (1 – экспериментально, 2 – теоретически).

На рисунке 2 представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению темпера-

туры нагрева куполообразной жидкостной завесы в зависимости от температуры кольцевой раскалённой поверхности.

Из рисунка 2 видно, что температура нагрева куполообразной жидкостной завесы (кривая 1 - экспериментальные исследования) изменяется от 302 до 323°K при изменении температуры раскалённой кольцевой поверхности от 1273 до 1673°K.

При этом следует отметить, что температура нагрева куполообразной жидкостной завесы (кривая 2 - теоретические исследования) изменяется от 304 до 335°K при изменении температуры раскалённой кольцевой поверхности от 1273 до 1673°K.

Сопоставление теоретических и экспериментальных данных по установлению зависимости $T_2 = f(T_1)$ дает отклонение 1-5%.

ВЫВОДЫ

1. Куполообразные жидкостные завесы могут быть использованы для защиты людей от инфракрасного излучения при плотности теплового потока до 110 кВт/м²,
2. Получена зависимость для определения температуры нагрева куполообразной жидкостной завесы от плотности теплового потока в процессе лучистого теплообмена между раскалённой кольцевой поверхностью и куполообразной жидкостной завесой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков В.М. Закономерности образования протяжённой куполообразной жидкостной завесы //Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. №9. – Новосибирск, 1989. С 118-122.