

УДК 628.11:628.334

***РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБОГРЕВУ РЕШЕТОК  
ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ***

***Сафронов М. А.***

*к.т.н., доцент,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Пенза, Россия*

***Мишин М. В.***

*студент магистратуры,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Пенза, Россия*

***Аннотация***

В статье рассматриваются мероприятия, используемые на водозаборных сооружениях для обогрева решеток в период льдообразования. Описана технология и методика расчета парообогрева, обогрева водой и электрического обогрева решеток.

**Ключевые слова:** решетки, льдообразование, парообогрев, обогрев водой, электрический обогрев.

***DEVELOPMENT OF ACTIONS FOR HEATING OF LATTICES OF WATER  
INTAKING CONSTRUCTIONS***

***Safronov M. A.***

*candidate of sciences, associate professor*

*Penza state University of architecture and construction*

*Penza, Russia*

***Mishin M.V.***

*student of a magistracy,*

*Penza state University of architecture and construction*  
*Penza, Russia*

### **Annotation**

The article deals with the measures used in water intake facilities for heating grids during ice formation. Describes the technology and methodology for the calculation of steam heating, heating water and electrical heating grids.

**Key words:** grids, ice formation, steam heating, water heating, electric heating.

Достаточно распространённой проблемой, возникающей при работе водозаборных сооружений, является подводное образование льда (льдообразование) на решетках. Данное явление наблюдается в те периоды, когда на водоемах появляются донный лед и шуга. Такая ситуация возникает в случае, когда температура воды становится отрицательной. Прилипание льда к стержням решетки можно предотвратить путем повышения температуры в непосредственной близости от решёток как минимум до 0,01°C.

К числу наиболее распространенных и вместе с тем эффективных методов борьбы с льдообразованием на решетках можно отнести их механическую очистку, а также обогрев. Для осуществления механической очистки решёток можно применять обратную промывку самотечных линий с использованием скребков и багров. Промывку следует производить до образования льда на поверхности водоема. По времени она должна занимать ориентировочно 10-20 мин с рекомендуемой периодичностью 2-4 часа. В ситуации, когда образование льда происходит весьма интенсивно, следует использовать обогрев решетки паром, горячей водой, а также электрическим током.

Расход тепла на обогрев, кДж/ч, можно определить по формуле:

$$\theta = \theta_1 + \theta_2, \quad (1)$$

где  $\theta_1$  - потери тепла, которые возникают в подводящих трубопроводах, кДж/ч;

$\theta_2$  - расход тепла, который используется для нагрева воды, кДж/ч.

При нахождении расхода тепла для подводной и надводной частей трубопровода может быть использована следующая формула, кДж/ч:

$$\theta_1 = k \cdot (t_1 - t_2) \cdot L, \quad (2)$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи на 1м трубопровода, кДж/(м·ч·°С);

$t_1$  - температура пара (или воды), °С;

$t_2$  - расчетная температура наружного воздуха, °С;

$L$  - длина трубопровода, м.

Для нахождения коэффициента  $k$  в случае использования изолированных труб, укладка которых осуществлялась на поверхности земли, может быть использована следующая формула:

$$k = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot D_{из} \cdot \lambda_{из}}{1,15 \cdot \alpha \cdot D_{из} \cdot \lg \left( \frac{D_{из}}{D} \right) + \lambda_{из}}, \quad (3)$$

где  $\lambda_{из}$  - коэффициент теплопроводности материала изоляции трубопровода, кДж/(м·ч·°С);

В случае использования асбеста данный коэффициент можно принять  $\lambda_{из} = 0,75$  кДж/(м·ч·°С).

$D_{из}$  - наружный диаметр трубопровода с изоляцией, м;

$D$  - наружный диаметр паропровода, м;

$\alpha$  - коэффициент отдачи тепла от решетки к воде, кДж/(м<sup>2</sup>·ч·°С).

Коэффициент  $\alpha$  можно определить по формуле:

$$\alpha = 13978 \cdot V_{\text{вт}} \cdot (0,05 + 1,5 \cdot V_{\text{вт}}), \quad (4)$$

где  $V_{\text{вт}}$  - скорость движения воды через решетку, м/с.

Для ориентировочных расчетов можно принять  $\alpha = 147$  кДж/(м<sup>2</sup>·ч·°С)

Если принять соотношение  $\frac{D_{\text{из}}}{D} = 2$ , то  $k = 4,19 \div 5,0$  кДж/(м·ч·°С).

В случае использования неизолированных труб, уложенных на поверхности земли, коэффициент  $k = 460$  кДж/(м·ч·°С), а под водой коэффициент  $k = 12570$  кДж/(м·ч·°С).

Расход тепла, необходимый для нагрева воды, кДж/ч, определяется по формуле:

$$\theta_2 = C_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot Q_{\text{в}} \cdot \Delta t = 4190 \cdot Q_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_2), \quad (5)$$

где  $C_{\text{в}}$  - удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°С);

$\rho_{\text{в}}$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta t$  - перепад температур, °С, который можно определить по формуле

$$\Delta t = t_1 - t_2, \quad (6)$$

где  $t_1 \geq 0,01$  °С – температура, до которой должна быть нагрета поступающая вода;

$t_2 = -0,03$  °С – расчетная температура охлажденной воды;

$Q_{\text{в}}$  - производительность водозабора, (часовой расход), м<sup>3</sup>/ч.

Расход пара, кг/ч, можно определить по формуле:

$$Q_{\text{п}} = \frac{\theta_2}{i}, \quad (7)$$

где  $i$  - полное теплосодержание пара, кДж/кг.

$$i = 2720 \text{ кДж/кг}$$

Для ориентировочных расчетов расход пара на 1 м<sup>3</sup> подогреваемой воды следует принимать 0,15÷0,20 кг.

При выполнении расчетов, связанных с электрическим обогревом решёток следует определять количество тепла, напряжение, величину тока, мощность и размер сечения кабеля, при этом часовой расход тепла  $\theta_2$  можно определить по формуле (5).

Мощность тока, кВт, подводимого к решеткам, определяется по формуле:

$$N = \frac{k_3 \cdot \theta_2}{3600}, \quad (8)$$

где  $k_3$  - коэффициент запаса, рекомендуется принимать  $k_3 = 1,5$

также величину мощности  $N$  можно определить по формуле:

$$N = \frac{k_3 \cdot \alpha \cdot \left( t_p - t_v \right) \cdot \Omega_p}{3600}, \quad (9)$$

где  $t_p = 0,04 \div 0,05$  °С – температура на поверхности стержней решетки,

которая требуется для свободного прохождения через них шуги;

$t_v$  - температура речной воды во время шугохода, °С;

$\Omega_p$  - площадь поверхности стержней используемой решетки, м<sup>2</sup>

Мощность  $N$  как правило должна находиться в пределах от 1 до 8 кВт на 1м<sup>2</sup> поверхности решетки.

Сопротивление материала стержней решетки, в Ом, определяется по формуле:

$$R = r \cdot C \cdot \frac{N}{n \cdot \omega_{СТ}}, \quad (10)$$

где  $r$  - коэффициент увеличения омического сопротивления решетки при переменном токе, рекомендуется принимать  $r = 8$  (по Альберту);

$C$  - удельное сопротивление материала стержней решетки, Ом · м, для

стальных стержней принимается  $C = 0,098 \cdot 10^{-6}$  Ом · м.

$N_p$  - высота или длина стержней решетки, м;  $n$  - число стержней решетки;

$\omega_{\text{СТ}}$  - площадь поперечного сечения стержня, м<sup>2</sup>.

Ток,  $A$ , и напряжение,  $B$ , для электрообогрева решеток находят по формулам:

$$I = \sqrt{\frac{N}{R}} \quad (11)$$

$$U = R \cdot J \quad (12)$$

Необходимый ток  $I$ ,  $A$ , с учетом падения напряжения, возникающего в питающем кабеле, определяется по формуле:

$$I = \frac{U + 0,1 \cdot U}{R}, \quad (13)$$

где  $U$  - напряжение,  $B$ ;

Напряжение в данном случае следует принимать равным  $50 \div 150 B$ .

Сечение подводющего кабеля определяется по формуле:

$$\omega_k = \frac{2 \cdot l \cdot N \cdot 100}{U^2 \cdot p \cdot \gamma}, \quad (14)$$

где  $l$  - длина кабеля, м;  $N$  - мощность, Вт;  $U$  - напряжение,  $B$ ;  $p$  - падение напряжения, %;  $\gamma$  - удельная проводимость меди, см/с,  $\gamma = 57$  см/с.

Часовой расход электроэнергии определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = Q_B \cdot \bar{\mathcal{E}}, \quad (15)$$

где  $\bar{\mathcal{E}}$  - удельные затраты энергии на подогрев воды, (кВт·ч)/м<sup>3</sup>

$$\bar{\mathcal{E}} = 3,5 \div 8 \text{ (кВт·ч)/м}^3$$

Общий расход электроэнергии при условии учета конкретных условий работы определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_0 = N \cdot T \cdot 24, \quad (16)$$

где  $\Xi_0$  - общий расход электроэнергии на электрообогрев стержней решеток за весь период шугохода, кВт · ч;

$T$  - период шугохода, сут.

Электрообогрев стержней на решетках может быть использован при заборе воды из рек, там, где возможна закупорка и обледенение из-за появившегося донного льда и шуги. Температура стержней должна превышать температуру воды на 0,07-0,13 °С, иначе может возникнуть прилипание шуги к стержням.

Электрообогрев решеток водозаборных сооружений может также производиться индукционным методом. При использовании которого стержень решетки должен представлять собой полый каплевидный, выпаленный из листовой стали элемент (см. рис. 1).

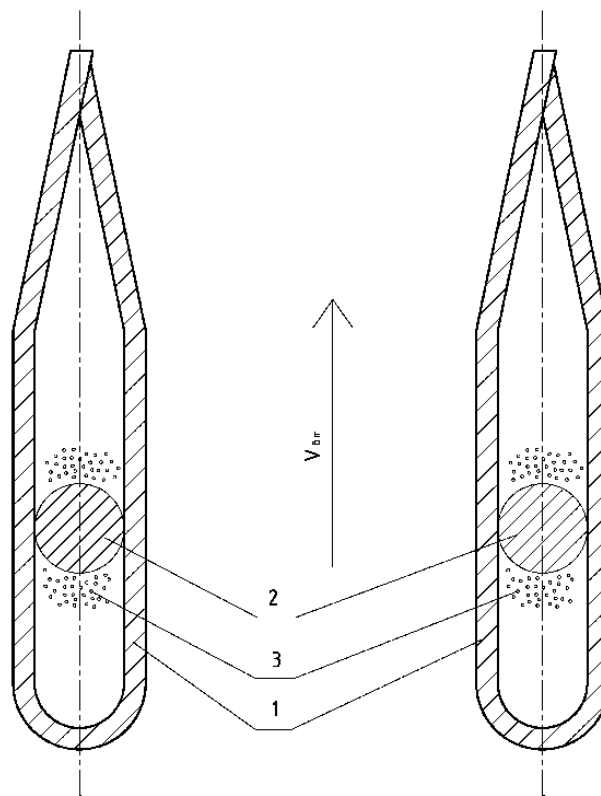


Рис. 1. Схема стержней решетки с электрообогревом.

1 – полые стержни, вытянутые из листовой стали; 2 – круглый стальной стержень; 3 – токонесущий изолированный кабель.

При электрообогреве решеток таким способом токопровод изолируется и наматывается вокруг стержня круглого сечения, находящегося внутри полового стержня. Нагревание стержней происходит за счет образовавшихся вихревых токов, а также возникновения потерь на гистерезис в металле при пересечении его переменным электромагнитным полем.

### **Библиографический список**

1. Гришин Б.М. Водозаборные сооружения из поверхностных источников: учебное пособие [Текст] / Б.М. Гришин, С.А. Кусакина, М.А. Сафронов, М.В. Бикунова, Е.А. Титов. — Пенза: ПГУАС, 2013.

*Оригинальность 84%*