

Практическое занятие № 7

Расчёт размораживающего устройства

1. Вместимость тепляка (количество вагонов):

$$n = \frac{G(\tau_p + \tau_m)k}{P},$$

G – расход топлива на ТЭС, $G = 755,136$ т/ч.

τ_p – время разогрева одной ставки вагонов, $\tau_p = 1,5$ ч.

τ_m – время маневренных работ, $\tau_m = 0,5$ ч.

$k = 1,1$ – коэффициент неравномерности подачи вагонов.

P – усреднённая грузоподъёмность вагона, тип вагона – Хоппер ($P = 60$ т), объём кузова 65 м^3 , внешняя поверхность вагона $F_1 = 118 \text{ м}^2$.

$$n = \frac{755,136 * (1,5 + 0,5) * 1,1}{60} = 28 \text{ вагонов.}$$

2. Количество теплоты на разогрев стенки вагона:

$$q_{\text{ст}} = \frac{c_{\text{ст}} \rho_{\text{ст}} L_{\text{ст}} * \left[(t_{\text{ст}}'' - t_0) + \frac{t_{\text{ст}}' - t_{\text{ст}}''}{1 + n_{\text{ст}}} \right]}{\tau_p},$$

$c_{\text{ст}}, \rho_{\text{ст}}$ – удельная теплоёмкость и плотность материала стенки:

• сталь $c_{\text{ст}} = 0,5$ кДж/(кг*К); $\rho_{\text{ст}} = 7,8$ т/м³.

температура стенки на наружной и внутренней сторонах стенки:

• сталь $t_{\text{ст}}' \approx t_{\text{ст}}'' = 100$ °С.

$n_{\text{ст}}$ – коэффициент, учитывающий кривизну температурной зависимости в стенке вагона, $n_{\text{ст}} = 1,0$.

t_0 – начальная температура стенки, $t_0 = -8$ °С.

$L_{\text{ст}}$ – толщина стенки, $L_{\text{ст}} = 0,004$ м.

$$q_{\text{ст}} = \frac{0,5 * 7,8 * 0,004 * \left[(100 - (-8)) + \frac{100 - 100}{1 + 1} \right]}{1,5} = 1,1232 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

3. При нагреве и размораживании слоя топлива толщиной L_0 на нагрев топлива от t_0 до 0 °С расходуется теплота q_H , на таяние льда – q_L , на разогрев влажного топлива от 0 °С до температуры $t_{\text{ст}}'' - q_p$:

$$q_H = c_{\text{см}} \rho_H L_0 * (0 - t_0),$$

$$q_l = 355 * \rho_H L_0 * \frac{(W^b - W^p)}{100 - W^b},$$

$$q_p = c_p \rho_H L_0 * \frac{t_{ст} - t_0}{1 + n_0},$$

355 кДж/кг – удельная теплота плавления льда,

ρ_H – насыпная плотность топлива, т/м³,

$c_{см}$ – теплоёмкость смерзшегося топлива при температуре ниже 0 °С.

$$c_{см} = c_{сух} \frac{100 - W^p}{100} + c_B \frac{W^b * (100 - W^p)}{100 * (100 - W^b)} + c_L \frac{W^p - W^b}{100 - W^b},$$

$c_{сух}$ – удельная теплоёмкость сухого топлива:

$$c_{сух} = 0,494 + 0,00943 * V^\Gamma,$$

V^Γ – выход летучих, $V^\Gamma = 13 \%$

$$c_{сух} = 0,494 + 0,00943 * 13 = 0,617 \text{ кДж}/(\text{кг} * \text{К})$$

c_B, c_L – удельные теплоёмкости воды и льда, $c_B = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} * \text{К})$;

$c_L = 2,1 \text{ кДж}/(\text{кг} * \text{К})$

$$c_{см} = 0,617 \frac{100 - 6,5}{100} + 4,2 \frac{5,2 * (100 - 6,5)}{100 * (100 - 5,2)} + 2,1 \frac{6,5 - 5,2}{100 - 5,2}$$

$$= 0,83 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * \text{К}}$$

$c_{раз}$ – теплоёмкость разогретого топлива при температуре выше 0 °С.

$$c_{раз} = \frac{100 - W^p}{100} + \frac{c_B W^p}{100} = \frac{100 - 6,5}{100} + \frac{4,2 * 6,5}{100} = 1,21 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * \text{К}}$$

$$q_H = 0,83 * 0,9 * 0,03 * (0 - (-8)) = 0,18 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2},$$

$$q_L = 355 * 0,9 * 0,03 * \frac{(6,5 - 5,2)}{100 - 5,2} = 0,131 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$$

$$q_p = 1,21 * 0,9 * 0,03 * \frac{100 - 0}{1 + 1,25} = 1,45 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$$

4. Расход теплоты на разогрев более удаленных слоев топлива с условной толщиной L_x :

$$L_x = 2,9 * L_0 = 0,087 \text{ м}$$

$$q_x = c_{cm} \rho_H L_x * \frac{0 - t_0}{1 + n_x},$$

n_x – коэффициент, учитывающий кривизну температурной зависимости в слое смерзшегося топлива толщиной L_x :

$$q_x = 0,83 * 0,9 * 0,087 * \frac{n_x = 1,2}{1 + 1,2} * \frac{0 - (-8)}{1 + 1,2} = 0,24 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$