

Особенность холодоснабжения открытых катков сезонной эксплуатации

инженер Киссер К.В.
filatov_alex037@mail.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики
Институт холода и биотехнологий*

В данной статье предлагается альтернативная методика калорических расчетов для искусственного катка сезонной эксплуатации.

Ключевые слова: калорические расчеты, суммарный теплоприток, относительная температура θ .

Расчет закрытых искусственных катков производят по следующим литературам [1],[2],[3]. В данной литературе имеется подробное описание расчета закрытых искусственных катков.

Для того чтобы произвести расчет открытого искусственного катка сезонной эксплуатации, предварительно производят калорические расчеты, учитывая тип катка, его площадь и климатические данные при наименее благоприятных условиях работы.

В настоящее время открытые искусственные катки рассчитывают по энциклопедическому справочнику «Холодильная техника» [3], но определенной методики расчета открытых катков нет.

Рассмотрим расчет тепловой нагрузки на холодильное оборудование катка детской спортивной школы в Алматы (данные взяты из [4], [5]).

Расчет теплового потока из окружающего воздуха (без учета конденсации влаги), произведен по двум методам.

Теплоприток из окружающего воздуха (без учета конденсации влаги) для сентября (ЭС ХТ) и октября (ЭС ХТ) рассчитан по формуле [3]:

$$q_1 = \alpha \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{л}}) \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}, \quad (1)$$

Где: $\alpha = 6\text{—}8 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{°C}$ — коэффициент теплоотдачи ко льду от воздуха при скорости его не выше 2 м/сек ;

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха над поверхностью льда, °C;

$t_{\text{л}}$ — температура льда на поверхности катка;

По предлагаемой нами методике теплоприток из окружающего воздуха (без учета конденсации влаги) для октября и ноября рассчитан по формуле:

$$q_1 = \alpha \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{л}}) \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}, \quad (2)$$

Где: $\alpha = 1,13 * \sqrt[4]{(t_{\text{в}} - t_{\text{л}})}$ — коэффициент теплоотдачи ко льду от воздуха при скорости воздуха 0 м/с;

$t_{\text{в}} = t_{\text{абс.макс}} - 5^{\circ}\text{C}$ — температура воздуха над поверхностью льда, $^{\circ}\text{C}$; [5]

$t_{\text{л}}$ — температура льда на поверхности катка;

Таблица 1

Параметры	Сентябрь (ЭС ХТ)	Октябрь (ЭС ХТ)	Октябрь	Ноябрь
Температура льда $t_{\text{л}}, ^{\circ}\text{C}$	-3			
Температура наружного воздуха $t_{\text{н}}, ^{\circ}\text{C}$	27	18	26	20
Скорость ветра ω , м/с	2	2	0	0
Коэффициент теплопередачи ко льду α , Вт/м ² * $^{\circ}\text{C}$	6,98	8,13	2,62	2,49
Удельный теплоприток из окружающего воздуха q_1 , Вт/м ²	210	168	76	58

Теплоприток от солнечной радиации с учетом 50% тепла, отражаемого от поверхности льда, рассчитан по формуле [3]:

$$q_3 = 0,5 * q_R, \text{ ккал/м}^2 * \text{час}, \quad (3)$$

Где: $q_R = 550$ ккал/м²час — расчетное напряжение солнечной радиации для летнего периода при падении лучей на горизонтальную поверхность. Для климата Алматы q_R имеет разное значение для каждого месяца:

Таблица 2

Параметры	Сентябрь (ЭС ХТ)	Октябрь (ЭС ХТ)	Октябрь	Ноябрь
Максимальная солнечная радиация q_R , Вт/м ²	472,2	216,3	216,3	128
Удельный теплоприток от солнечной радиации (сентябрь) q_3 , Вт/м ²	236,1	108,2	108,2	64

Теплоприток от конденсации и замерзания влаги из воздуха рассчитан по формуле [3]:

$$q_4 = \delta(x - x'') * r, \text{ ккал/м}^2 * \text{час}, \quad (4)$$

Где: $\delta = 25—30$ кг/м²час — коэффициент, обратный величине коэффициента испарения;

x — влагосодержание воздуха с учетом влажности его над поверхностью льда, кг/кг;

x'' — влагосодержание воздуха в пограничном слое при средней температуре поверхности льда, кг/кг;

$r = 680$ ккал/кг — теплота конденсации водяных паров с учетом замерзания влаги на поверхности льда.

При определении относительной влажности наружного воздуха принято допущение, что при высоких значениях наружной температуры и скорости

воздуха 0 м/с, значения влажности воздуха принимается меньше значения средней относительной влажности воздуха для рассчитываемого месяца на 15%.

Таблица 3

<i>Параметры</i>	<i>Сентябрь (ЭС ХТ)</i>	<i>Октябрь (ЭС ХТ)</i>	<i>Октябрь</i>	<i>Ноябрь</i>
Относительная влажность наружного воздуха, %	0,49	0,64	0,49	0,59
Относительная влажность льда, %	1			
Влагосодержание воздуха в пограничном слое при средней температуре поверхности льда x'' , кг/кг	3			
Влагосодержание воздуха с учетом влажности его над поверхностью льда x , кг/кг	11	10	11	9
Температура льда $t_{л}$, °С	-3			
Теплота конденсации водяных паров с учетом замерзания влаги на поверхности льда q , ккал/кг	680			
Коэффициент обратный величине испарения δ , кг/м ² *час	20	25	15	30
Удельный теплоприток от конденсации и замерзания влаги из воздуха q_4 , Вт/м ²	131,65	138,37	89,64	130,76

Суммарный коэффициент теплопритоков на 1 м² площадки катка:

Таблица 4

<i>Параметры</i>	<i>Сентябрь (ЭС ХТ)</i>	<i>Октябрь (ЭС ХТ)</i>	<i>Октябрь</i>	<i>Ноябрь</i>
Удельный теплоприток из окружающего воздуха q_1 , Вт/м ²	210	168	76	58
Удельный теплоприток от солнечной радиации (сентябрь) q_3 , Вт/м ²	236	108	108	64
Удельный теплоприток от конденсации и замерзания влаги из воздуха q_4 , Вт/м ²	132	138	90	131
Σq, (Вт/м²)	578	415	274	253

С учетом прочих эксплуатационных потерь в размере 10—20%, общий удельный приток тепла для указанных конструкций при закрытом типе катка

составляет 350— 400 ккал/м²*час, при открытом типе в условиях мягкой зимы без морозов 200— 300 ккал/м²*час и работающих летом в вечерние часы — около 500 ккал/м²*час. [1]

Как видно из результатов расчетов (табл.4) суммарный теплоприток для сентября (ЭС ХТ) и октября (ЭС ХТ) превышает допустимый суммарный теплоприток при открытом типе в условиях мягкой зимы без морозов 200— 300 ккал/м²*час практически в 2 раза. Из этого следует, что запуск открытого катка в сентябре не целесообразен, в связи с высокими энергозатратами. Если рассматривать рассчитанный суммарный теплоприток по предложенной нами методике для октября и ноября, то начало работы открытого катка желательно производить в октябре.

Для подбора холодильного оборудования необходимо определить требуемую температуру хладоносителя на входе в трубную решетку ледяного поля. В «Рекомендациях по проектированию инженерного оборудования искусственных катков» [1] относительная температура θ рассчитана для коэффициента теплоотдачи $\alpha_{эфф} = 14$ ккал/м²*час*°С, аналогично в автореферате Э.Л.Лихтенштейна [2] относительная температура θ рассчитана для коэффициента теплоотдачи $\alpha_{эфф} = 14$ ккал/м²*час*°С.

В связи с этим был проведен комплекс расчетов относительной температуры θ по формуле О.Е. Власова: [1]

$$\theta = \frac{t_s - t_{лсп}}{t_s - t_p} = \frac{2 * \pi * \lambda_1}{a * \alpha_{эфф} * \ln \left[\frac{2 * a}{\pi * d} * \operatorname{sh} \left(2 * \pi * \frac{h_{экс} + \frac{\lambda_1}{\alpha_{эфф}}}{a} \right) \right]}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

Где:

λ_1 – коэффициент теплопроводности, ккал/м*час*°С;

a – расстояние между осями труб, м;

d – наружный диаметр труб, м;

$\alpha_{эфф}$ – коэффициент теплоотдачи, ккал/м²*час*°С;

$h_{экс}$ – глубина, м.

Были получены следующие значения относительная температура θ для труб равной температуры наружным диаметром 32 мм

Таблица 5

a, м	$\delta_{л},$ м	$\alpha_{эфф}, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$								
		4	6	8	10	12	14	16	18	20
0,1	0,02	0,9001	0,8573	0,8183	0,7828	0,7502	0,7202	0,6925	0,6669	0,6431
	0,03	0,8986	0,8553	0,8159	0,7800	0,7471	0,7169	0,6891	0,6633	0,6394
	0,04	0,8972	0,8533	0,8135	0,7773	0,7441	0,7137	0,6856	0,6597	0,6357
	0,05	0,8957	0,8513	0,8111	0,7745	0,7411	0,7105	0,6822	0,6562	0,6320

	0,06	0,8943	0,8494	0,8087	0,7718	0,7381	0,7073	0,6789	0,6527	0,6284
0,11	0,02	0,8867	0,8392	0,7965	0,7579	0,7229	0,6910	0,6618	0,6349	0,6102
	0,03	0,8851	0,8371	0,7940	0,7551	0,7198	0,6877	0,6583	0,6313	0,6065
	0,04	0,8836	0,8350	0,7915	0,7522	0,7167	0,6844	0,6549	0,6278	0,6029
	0,05	0,8820	0,8329	0,7890	0,7494	0,7137	0,6812	0,6515	0,6243	0,5993
	0,06	0,8805	0,8308	0,7865	0,7466	0,7106	0,6779	0,6481	0,6208	0,5957

Вывод: Результаты исследования предлагаются для использования проектными организациями.

Список литературы:

1. Рекомендации по проектированию инженерного оборудования искусственных катков (хладотехническая часть). ЛенЗНИИЭП Госгражданстроя СССР. Л., 1972.
2. Лихтенштейн Э. Л. Исследование температурного поля искусственного катка. Автореферат диссертации на соискание степени канд. техн. наук. Новосибирск, 1970.
3. Холодильная техника: Энциклопедический справочник. Госторгиздат, 1961. С. 378–380.
4. СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология», Изд.: Агентство по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства, Алматы 2011г.
5. Погода и климат. Погода в Алматы за 2011г.– <http://pogoda.ru.net/climate/36870.htm>

Cooling systems feature outdoor rink seasonal operation

engineer Kisser K. V.
 filatov_alex037@mail.ru

National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics Institute of Refrigeration and biotechnology

In this paper we propose an alternative technique for the calculation of caloric artificial rink seasonal operation.

Keywords: caloric estimates, the total heat gain, relative temperature θ .