ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»

ОТЧЕТ
по теме «Энергоэффективность и планирование энергосбережения. Оценка энергоэффективности представительных объектов Олимпиада Сочи-2014»
(промежуточный)

Этап I. Сбор исходных данных. Анализ исходной ситуации.

Москва – 2012

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ОАО ЦНИИПромзданий

_____ В.В. Гранев

« 13 » ноября 2012 г.

ОТЧЕТ
по теме «Энергоэффективность и планирование энергосбережения. Оценка энергоэффективности представительных объектов Олимпиада Сочи-2014»
(промежуточный)

Этап I. Сбор исходных данных. Анализ исходной ситуации.

Руководитель темы Л.В. Иванихина

Москва – 2012

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Должность	ФИО, главы отчета
Заведующий сектором, к.т.н, руководитель темы	Иванихина Л.В., гл. 1, введение, заключение
Руководитель группы	Наумов А.А., гл. 2
Заведующий сектором, к.т.н.	Серов С.Ф., гл. 3
Главный специалист	Суханова Е.С., гл. 1-3
Ведущий инженер	Евремов В.В., гл. 1-3
Ведущий инженер	Мельникова Е.А., гл. 1-3
Инженер	Судьина О.С., гл. 1-3

РЕФЕРАТ

Отчет 62 стр., 15 рис., 36 таблиц, 16 источников.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, МАРКИРОВКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ЭНЕРГИИ, ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ОСВЕЩЕНИЕ, ЛЕДОВЫЕ АРЕНЫ, ГОСТИНИЦЫ, ОФИСНЫЕ ЗДАНИЯ.

Выполнен анализ энергопотребления систем инженерного обеспечения ледовых арен, гостиниц, офисных зданий с целью установления базовых показателей удельных расходов тепловой и электрической энергии, включая отопление и вентиляцию, холодоснабжение систем кондиционирования воздуха, горячее водоснабжение, привод насосов и вентиляторов, электрическое освещение.

Базовые показатели удельного расхода энергии являются основой для сравнительной оценки степени энергоэффективности представительных объектов Олимпиады Сочи-2014.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ …… 6

1. Анализ энергопотребления по проектам аналогам ледовых арен, выполненных в стране в 2002-2011 гг. …….. 8
2. Разработка базовых удельных показателей энергопотребления по отдельным группам теплопотребления и электропотребления проектов аналогов ледовых арен ……36
3. Уточненные базовые удельные показатели по отдельным группам теплопотребления и электропотребления для гостиниц и офисных зданий …… 53

ЗАКЛЮЧЕНИЕ …… 62

Список использованных источников ……. 63

ВВЕДЕНИЕ

Международный Олимпийский Комитет (МОК) предъявляет высокие требования к здания – объектам Олимпиад в части экологической и энергетической эффективности. В данной работе речь идет о зимней Олимпиаде СОЧИ-2014.

В разных странах, в том числе и принимавших предыдущие Олимпиады, практикуются различные подходы к регулированию энергоэффективности зданий и сооружений. Эти подходы оформлены как на нормативно-законодательном уровне, так и на уровне стандартов добровольного применения.

Примером нормативного регулирования энергоемкости зданий и сооружений может служить Европейская Директива энергоэффективности EPBD-2010 с более чем 40 стандартами , ее поддерживающими.

Наиболее известные добровольные рейтинговые «зеленые» стандарты, регулирующие энергоемкость зданий и сооружений:

- LEED (США);
- BREEAM (Великобритания);
- DNBG (Германия).

Перечисленные стандарты действуют не только в странах их происхождения, но и адаптированы в ряде других стран.

К сожалению, в РФ не адаптированы ни EPBD-2010, ни рейтинговые известные зарубежные «зеленые» стандарты.

С большим запаздыванием по отношению к технически развитым странам проблема энергоэффективности зданий в нашей стране получило нормативно-законодательное оформление в Федеральном законе № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности….» (ноябрь 2009 г.).

Опять же к сожалению, поручения Правительства РФ Министерствам регионального развития и энергетики в течение 2010 г. разработать подзаконные акты с конкретными требованиями и показателями энергоэффективности зданий и сооружений должным образом не реализованы до настоящего времени. Попытка разработать такие требования была предпринята в стандерте Национального Объединения Строителей СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания» (НП «АВОК», ОАО «ЦНИИПромзданий», ООО «НПО ТЕРМЭК»).

В настоящей работе выполнен анализ инженерных систем, их технических характеристик и показателей энергоемкости, соответствующих действующей строительной нормативной базе для ледовых арен, офисных зданий и гостиниц.

На основе этого анализа разработаны базовые удельные показатели удельных расходов тепловой и электрической энергии на системы инженерного обеспечения зданий.

На последующих этапах будет выполнен сравнительный анализ энергоемкости 3-х представительных объектов Олимпиады СОЧИ-2014 (ледовая арена, гостиница, офисное здание) по отношению к базовым показателям энергоемкости и дано заключение об энергоэффективности проектов этих объектов.

1. АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО ПРОЕКТАМ АНАЛОГАМ ЛЕДОВЫХ АРЕН, ВЫПОЛНЕННЫХ В СТРАНЕ В 2002-2011 ГГ.

1.1. Структура крытых ледовых арен в стране и их общие характеристики

Краткий анализ действующих крытых ледовых арен в РФ по состоянию на сентябрь 2012 г. показал:

- Общее количество ледовых крытых площадок в эксплуатации составляет 281 (табл. 1.1). Большинство из них используется как физкультурно-оздоровительные комплексы с занятиями по хоккею и фигурному катанию.

Число площадок с численностью до 1000 зрителей составляет - 54% , от 1000 до 4000 мест – 30%, от 4000 до 8000 мест – 13% и свыше 8000 мест – 3%;

- География размещения спортивных комплексов включает практически все регионы страны. Региональными лидерами по количеству крытых ледовых арен выступают Москва и Московская область, Татарстан, Санкт-Петербург, Новосибирск, Челябинская область, Омск, Магнитогорск;
- Спортивные сооружения в значительной массе современной постройки. За последние 10 лет было введено в эксплуатацию 115 объектов, 86 из них - за последние 5 лет;
- По своей структуре, архитектурно-планировочным и конструктивным решениям арены можно разделить на:

- физкультурно-оздоровительные и тренировочные (~50%);
- ледовые дворцы среднего размера (~40%);
- многофункциональные ледовые дворцы спорта (~10%).

Последние, как правило, используются и как культурно-развлекательные комплексы;

- К Олимпиаде в Сочи планируется ввести в эксплуатацию 6 крытых ледовых арен.

Таблица 1.1 – Список эксплуатируемых крытых ледовых арен России

№№ п/п	Местоположение	Название	Дата открытия	Вместимость (сидячие места)
1	2	3	4	5
1	Агрыз, Татарстан ДС	"Спутник"	07.02.2008	800
2	Азнакаево, Татарстан	ДС "Алтын алка"	10.12.2004	1182
3	Актаныш, Татарстан	ДС "Лачын"	25.12.2005	1050
4	Алексин, Тульск,обл	ЛД республиканской учебно-тренировоч-ной базы "Ока"	22.12.2007	0
5	Альметьевск, Татарстан	ДС «Юбилейный»	17.02.1983	2200
6	Альметьевск, Татарстан	ДС «Нефтяник»	08.2007	500
7	Анадырь	Окружной спортив-но-досуговый компл.	15.12.2002	200
8	Ангарск, Иркут.обл.	ЛДС «Ермак»	26.09.2010	7000
9	Ангарск, Иркут.обл.	Малая арена ЛДС «Ермак»		1000
10	Архангельск	ДС Профсоюзов	1980	2300
11	Асекеево, Оренб.обл.	Крытый каток		200
12	Ачинск, Краснояр.край		25.12.2008	540
13	Бавлы, Татарстан	ЛДС «Девон»	12.10.2007	1000
14	Балаково, Саратов.обл.	ЛДС "Кристалл"		1500
15	Балашиха, Моск.обл.	ЛД «Балашиха-Арена»	09.09.2007	6000
16	Барнаул	Дворец зрелищ и спорта имени Г. С. Титова	1966	3800
17	Белгород	Ледовая арена «Оранжевый лед»	05.01.2002	1193
18	Белоярский, ХМАО	крытый корт	2003	450
19	Бердск, Новосиб.обл.	ЛДС «Бердск»	02.02.2007	1200
20	Бобров, Воронеж.обл.	ЛД «им В.Фетисова»	07.03.2010	200
21	Богатые Сабы, Татарстан	СК "Нарат"	01.12.2004	300
22	Большой Камень, При-мор.край	СК "Ледовая арена"	28.07.2009	500
23	Бор, Нижегород.обл.	ФОК "Единая Рос-сия"		180
24	Брянск	ЛД «Пересвет»	15.09.2007	1000
25	Брянск	ЛД, 2-я ул.Мичурина, 34	17.02.2010	1000
26	Бугульма, Татарстан	ЛДС "Юбилейный"	05.09.2003	1200
27	Бугуруслан, Оренб.обл.	ДС "Бугурслан"	25.12.2008	400
28	Буинск, Татарстан	МУ ЛДС "Арктика"	30.03.2007	855
29	Владивосток	ЛА «Владлёд»	14.02.2008	200
30	Владимир	ЛД «Полярис»	26.02.2009	1290
31	Волгоград	ЛД «Новое поколе-ние»	09.08.2007	

32	Волжск, Марий-Эл	ЛК «Ариада»	29.08.2003	2250
33	Вольск, Саратов.обл.	ЛД	27.12.2009	1200
34	Воронеж	ЛДС «Юбилейный»	01.01.1986	3040
35	Воскресенск, Моск.обл.	ЛД «Подмосковье»	22.09.1966	4500
36	Глазов, Удмуртия	СКК «Прогресс»	14.12.1969	4500
37	Губкин, Белгор.обл.	ДС «Кристалл»		1000
38	Дальнегорск, Примор.край			
39	Джалиль, Татарстан	ЛДС	11.11.2001	1116
40	Дмитров, Моск.обл.	СК «Дмитров - Ледовый дворец»	29.11.2003	2000
41	Егорьевск, Моск.обл.	МО ДС Егорьевск	30.05.2007	1200
42	Екатеринбург	КРК «Уралец»	1970	5570
43	Екатеринбург	ДС «Снежинка»		600
44	Екатеринославка, Омск.обл.	ДС		250
45	Елабуга, Татарстан	ДС	22.12.2005	1400
46	Заволжье, Нижегород.обл.	ЛДС им. Г.Воронина		2300
47	Заинск, Татарстан	ЛД «Яшьлек»	27.08.2009	1000
48	Зеленодольск, Татарстан	ДС "Ледокол"	29.01.2008	840
49	Ижевск	ЛД «Ижсталь»	27.09.1971	3800
50	Иркутск	ЛДС		3000
51	Исилькуль, Омск.обл.	ДС «Энергия»	30.11.2007	600
52	Йошкар-Ола	ЛДС «Марий Эл»	22.04.2006	2500
53	Йошкар-Ола	ЛК «Дружба»	28.12.2006	500
54	Казань	Казанский Дворец спорта	30.10.1966	3845
55	Казань	Тренировочный каток Дворца спорта	06.06.2001	1100
56	Казань	ЛДС «Ак Буре»	27.08.2005	300
57	Казань	ЛДС «Татнефть-Арена»	29.08.2005	10000
58	Казань	Тренировочный каток «ТНА»	29.08.2005	300
59	Казань	УСК ООО «СКП Татнефть-Ак Барс»	01.05.2007	200
60	Казань	ЛДС «Баско»	30.08.2008	300
61	Казань	УСК «Зилант»	19.10.2009	1000
62	Казань	УСК «Тулпар»	21.12.2009	1000
63	Казань	УСК «Ватан»	21.12.2009	300
64	Казань	УСК «Триумф»	21.12.2009	300
65	Казань	УСК «Форвард»	21.12.2009	300
66	Кайеркан, Краснояр.край	Ледовая арена	23.11.2007	500
67	Калининград	ДС "Янтарный"		7000
68	Калуга	ЛД «Космос»	28.08.2009	750
69	Камские Поляны, Татарстан	КЦ "Чулмансу"	01.07.2008	350
70	Каневская, Краснодар.край	ЛД	22.12.2001	600
71	Кемерово	СКК "Октябрьский"	7.11.1987	5500
72	Кемерово	Лапландия	15.09.2007	1200
73	Киров	ЛД "Союз"		1000

74	Кирово-Чепецк, Киров.обл.	Дворец спорта "Олимп-Арена"	20.11.2010	1800
75	Клин, Моск.обл.	ЛД им. Валерия Харламова	21.05.2003	1200
76	Клин, Моск.обл.	Тренировочный каток ЛД	21.05.2007	
77	Когалым, ХМАО	ДС «Айсберг»	2000	1000
78	Коломна, Моск.обл.	Конькобежный центр «Коломна»	31.05.2006	6150
79	Кондопога, Карелия	ЛДС		1850
80	Красноярск	СЗК «Арена Север»	20.12.2011	2500
81	Кукмор, Татарстан	ЛД «Олимп»	17.01.2009	300
82	Курган	ЛДС «Мостовик»	06.09.2001	2500
83	Курган	ЛА «Юность»	25.12.2010	204
83	Курганово, Свердл.обл.	Олимпийская арена СК «Курганово»	06.03.2010	1500
84	Курганово, Свердл.обл.	Канадская арена СК «Курганово»	06.03.2010	500
85	Курск	ДС «Арена»		520
86	Кызыл	ДС "Субедей"		230
87	Кызыл	ФОК "Единая Россия"	23.11.2007	170
88	Лениногорск, Татарстан	МУ ЛДС	08.1997	1500
89	Липецк	ФОК "Единая Россия"		250
90	Липецк	ДС "Звездный"		2000
91	Лучегорск, Примор.край			1000
92	Магнитогорск, Челяб.обл.	Тренировочный зал		1000
93	Магнитогорск, Челяб.обл.	ФОК «Умка»		200
94	Магнитогорск, Челяб.обл.	УСК «Арена Металлург»	12.01.2007	7500
95	Магнитогорск, Челяб.обл.	ЛДС имени И.Х.Ромазана	1990	3500
96	Мамадыш, Татарстан	ДС "Олимп"	00.12.2005	650
97	Медногорск, Оренбург.обл.	ЛД "Айсберг"	03.08.2007	320
98	Междуреченск, Кемеров.обл.	ДС "Кристалл"	2000	1600
99	Мелехово, Владимир.обл.	Дворец спорта	15.12.2009	200
100	Мензелинск, Татарстан	ДС Юность	28.12.2007	400
101	Можайск, Моск.обл.	ДС "Багратион"		500
102	Москва	ЛДС "Медведково"		500
103	Москва	ЛД "Стадион Юных пионеров"		450
104	Москва	ЛД "Умка"		
105	Москва	УДС «Крылья Советов»	26.06.1980	5500
106	Москва	"Серебряный"		
107	Москва	ЛДС "Радужный"		
108	Москва	"Орбита" (крытый каток)		

109	Москва	Созвездие		
110	Москва	ЛДС ЦСКА	1991	5600
111	Москва	ЛДС "Новокосинский"		
112	Москва	Кристалл		
113	Москва	ЛД "Южный"		
114	Москва	Таганский		
115	Москва	"Беговая"		
116	Москва	"Вымпел"		
117	Москва	Малая спортивная арена «Лужники»	31.07.1956	8512
118	Москва	ДС «Лужники»	31.07.1956	11500
119	Москва	ДС "Ступино"		1200
120	Москва	ЛДС "Орбита"		5000
121	Москва	"АЗЛК"		1000
122	Москва	Домодедово		
123	Москва	ДС "Мегаспорт"	11.12.2006	14000
124	Москва	Таганка		
125	Москва	ЛДС "Марьино"		
126	Москва	Измайлово		
127	Москва	"Дубнинская"		
128	Москва	ДС «Сокольники»	1973	5530
129	Москва	"Локомотив"		1000
130	Москва	Торговый центр "Мега", каток		
131	Москва	ЛДС "Русь"		
132	Москва	ДС Строгино		3000
133	Мурманск	ЛДС		2200
134	Мценск, Орловск.обл.	ЛД	20.07.2010	420
135	Мытищи, Моск.обл.	ЛДС «Арена Мытищи»	15.10.2005	6434
136	Мытищи, Моск.обл.	Тренировочная арена		800
137	Набережные Челны, Татарстан	ЛДС	01.09.2005	1500
138	Набережные Челны, Татарстан	ФОК «Единая Россия»	31.10.2007	232
139	Небуг, Краснодар.край	ЛД	26.05.2007	400
140	Невинномысск, Ставр.край		2012	
141	Нефтекамск, Башкортостан	ЛД	23.12.2006	2000
142	Нефтекамск, Башкортостан	Тренировочный каток	5.2013	300
142	Нижневартовск, ХМАО	КК "Юбилейный"		400
143	Нижневартовск, ХМАО	крытый каток		400
144	Нижнекамск, Татарстан	ДС «Нефтехимик»	1996	1737
145	Нижнекамск, Татарстан	СКК «Ледовый дворец»	23.11.2005	5500
146	Нижний Новгород	Нагорный дворец спорта профсоюзов	1965	5600
147	Нижний Новгород	ЛДС имени		4200

		В.С.Коноваленко		
148	Нижний Тагил, Свердл.обл.	ЛДС УВЗ им. В.К.Сотникова		4160
149	Новгород Великий	ЛД	25.03.2010	1080
150	Новокузнецк, Кемеров.обл.	Тренировочный зал		800
151	Новокузнецк, Кемеров.обл.	ДС Кузнецких металлургов	01.10.1984	7533
152	Новоникольское, Оренб.обл.	крытый корт		
153	Новосергиевка, Оренб.обл.	ФОК "Единая Россия"		248
154	Новосибирск	КСК «Сибирь»	04.09.1964	7384
155	Новосибирск	СК «Энергия»	25.02.2009	0
156	Новосибирск	ЛДС «Звёздный»	27.02.2009	200
157	Новосибирск	ЛДС «Локомотив»	28.07.2009	300
158	Новосибирск	Ледовая Арена НЦВСМ	13.03.2010	200
159	Новоуральск, Свердл.обл.	Крытый каток "Снежинка"	?	250
160	Новоуральск, Свердл.обл.	Концерто-спортивный комплекс	1998	1200
161	Новочебоксарск, Чувашия	ЛДС "Сокол"		3000
162	Новочеркасск, Ростов.обл.	ФОК "Единая Россия"		250
163	Норильск, Краснояр.край	ДС "Заполярник"		5000
164	Ноябрьск, Ямало-Ненец.АО	ЛД, не действ., на ремонте с 2004	30.03.1994	1100
165	Нурлат, Татарстан	ЛДС «Ледок»	25.08.2006	1067
166	Одинцово, Моск.обл.	МДЦ хоккея и фигурного катания	03.09.2000	1150
167	Одинцово, Моск.обл.	Тренировочный каток МДЦ ХФК	03.09.2000	0
168	Оленегорск, Мурман.обл.	ЛДС		
169	Омск	СКК им. В. Блинова	01.11.1986	5800
170	Омск	МСК «Арена Омск»	31.08.2007	10318
171	Омск	Хоккейный Центр «Авангард»		700
172	Омск	ЛДС им. А. Кожевникова		540
173	Омск	ЛДС им. В. Фетисова		500
174	Омск	СК «Тополиный»		100
175	Орёл	СОЦ «Ледовая Арена»	29.08.2007	0
176	Оренбург	ЛДС «Звёздный»	25.11.2007	2500
177	Оренбург	ФОК "Единая Россия"		248
178	Орск, Оренб.обл.	ЛДС "Юбилейный"		4500
179	Пенза	ДС "Темп"	04.12.1965	5200

180	Пенза	ФОК "Единая Россия"		250
181	Пенза	ФОК "Единая Россия"		
182	Пенза	СЗК "Дизель-Арена"	02.12.2011	5500 [1]
183	Пенза	Тренировочный каток СЗК "Дизель-Арена"	02.12.2011	200
184	Пермь	"Орленок" фигурное катание		1100
185	Пермь	УДС «Молот»	12.1989	6000
186	Пермь	ЛДС "Нефтяник"	2007	
187	Подгорный, Краснояр.край	ЛДС «Факел»	06.11.1979	821
188	Подольск, Моск.обл.	КСК «Ледовый дворец Витязь»	17.03.2000	5500
189	Полярные Зори, Мурман.обл.	ЛД		600
190	Пригородный, Оренб.обл.	ФОК "Единая Россия"		248
191	Прокопьевск, Кемеров.обл.	ЛДС "Снежинка"		3500
192	Протасы, Перм.край	НДС «Викинг»		1200
193	Радужный, ХМАО		12.04.2003	1500
194	Райчихинск, Амур.обл.	ДС		
195	Рославль, Смолен.обл.	ЛД «Снегирь»	27.12.2009	240
196	Россошь, Воронеж.обл.	ЛДС	26.09.2008	700
197	Россошь, Воронеж.обл.	ЛДС	26.09.2008	700
198	Ростов-на-Дону	Ростовский Дворец спорта	20.10.1967	4000
199	Ростоши, Оренбург.обл	ЛД	31.08.2002	300
200	Рузаевка, Мордовия	ЛД	31.03.2009	
201	Рыбинск, Яросл.обл.	ДС "Мотор"		
202	Рыбинск, Яросл.обл.	СК "Полет" [2]	28.12.77	1050
203	Рязань	Дворец спорта "Олимпийский"	05.11.2005	2844
204	Салават, Башкортостан	СКК «Салават»	20.06.2007	1500
205	Салехард	ДС	27.10.2001	950
206	Самара	ЛДС ЦСК ВВС	05.11.1966	3500
207	Санкт-Петербург Павловск			
208	Санкт-Петербург	ДС СКА		2000
209	Санкт-Петербург	СК «Юбилейный»	1967	7012
210	Санкт-Петербург	Малая арена СК «Юбилейный»	1967	1700
211	Санкт-Петербург	Тренировочный каток СК «Юбилейный»	1967	0
212	Санкт-Петербург	ДС "Спартак"		1200
213	Санкт-Петербург	СКК «Ледовый Дворец»	29.04.2000	12300
214	Саранск	ЛД	19.10.2007	3300
215	Саратов	ЛДС «Кристалл»	1969	5200

216	Саров, Нижегород.обл.	ЛДС	07.07.2001	1800
217	Сафоново, Смолен.обл.	ЛД	26.11.2010	270
218	Северодвинск, Арханг.обл.	ДС		5000
219	Североморск, Мурман.обл.			
220	Северск, Томск.обл.	СеверСК	28.09.2006	
221	Серов, Свердл.обл.	ЛДС "Металлург" (34315) 5-48-69		3500
222	Сибай, Башкортостан	ЛД "Ирендык"	31.12.2010	540
223	Смоленск	ЛД	26.02.2008	1000 [3]
224	Снежинск, Челяб.обл.	УЗСЗ		800
225	Снежинск, Челяб.обл.	ФОК "Айсберг"	10.11.2008	240
226	Сосновый Бор, Лен.обл.			
227	Старица, Твер.обл.			
228	Старый Оскол, Белгор.обл.	ЛД "Лидер"		
229	Стерлитамак, Башкортостан	ФСК "Арена-Стерлитамак"	12.2012	2500
230	Ступино, Моск.обл.	ЛДС имени В.М.Боброва	10.2004	4000
231	Тамбов	ДС "Кристалл"		
232	Тара, Омск.обл.	ДС «Олимп»		400
233	Тверь	ДС		4000
234	Тверь	ЛДС "Юбилейный"		2000
235	Тверь	ФОК "Единая Россия"		250
236	Тольятти, Самар.обл.	ДС «Волгарь»	08.05.1975	2900
237	Тольятти, Самар.обл.	Тренировочный зал		600
238	Тольятти, Самар.обл.	КК "Кристалл"		
239	Томск	Дворец зрелищ и спорта[4]	1970	3000
240	Туймазы, Башкортостан	Универсальный Спортивный Ледовый Комплекс	01. 2013	800
240	Тюкалинск, Омск.обл.	ЛДС	04.12.2009	400
241	Тюльган, Оренб.обл.	ФОК "Единая Россия"		248
242	Тюлячи, Татарстан	Крытый каток		300
243	Тюмень	ОАО "ДС"		3500
244	Тюмень	Крытый корт		
245	Уссурийск, Примор.край	МУП СОК "Ледовая Арена"		750
246	Уфа	Уфимский Дворец спорта	28.10.1967	3949
247	Уфа	Тренировочный каток Дворца спорта	09.12.1993	1500
248	Уфа	УСА «Уфа-Арена»	27.08.2007	8250
249	Уфа	Спортивный комплекс "Юлаевец"	21.12.2009	200
250	Ухта, Коми	ДС "Ухта-Тиман" строится		3000

251	Учалы, Башкортостан	ДС "Горняк"	24.12.2010	1500
252	Хабаровск	ДС СКА		2300
253	Хабаровск	СЗК «Платинум Арена»	30.08.2003	7100
254	Хабаровск	Тренировочный каток «Платинум Арены»	30.08.2003	401
255	Ханты-Мансийск	ЛДС	31.01.2006	2000
256	Ханты-Мансийск	КРК «Арена Югра»	30.10.2008	5500
257	Чебоксары	Ледовый каток «Новое поколение»	25.01.2010	100
258	Челябинск	ДС «Юность»	03.11.1967	3500
259	Челябинск	ЛДС «Сигнал»		300
260	Челябинск	ЛДС «Мечел»		2800
261	Челябинск	ЛД «Трактор»	1990	1500
262	Челябинск	ЛД «Уральская молния»	28.12.2004	1600
263	Челябинск	Ледовая Арена «Трактор»	17.01.2009	7500
264	Черемшан, Татарстан	ЛДС "Юбилейный"	26.08.2008	935
265	Череповец, Вологод.обл.	СКК «Алмаз»	1971	3500
266	Череповец, Вологод.обл.	Ледовый дворец	04.11.2006	6064
267	Чехов, Моск.обл.	ДС «Витязь»	27.05.2004	3300
268	Чик, Новосиб.обл.	ЛДС	23.01.2009	600
269	Чистополь, Татарстан	ЛДС	24.11.2007	1004
270	Чита	СЗК «Ледовый дворец»	03.09.2003	600
271	Чугуевка, Примор.край.	ЛД «Олимп»	29.01.2010	1500
272	Шексна, Вологод.обл.	Ледовая арена	21.06.2008	228
273	Щёкино, Тул.обл.	ЛД стадиона "Корд" (заморожен с 2007)	1982	3000
274	Электросталь, Моск.обл.	ЛДС «Кристалл»	1971	3500
275	Югорск, ХМАО	Крытый каток		
276	Якутск	ЛДС "Эллей Боотур"		500
277	Ярославль	УКСК «Арена-2000 Локомотив»	12.10.2001	9070
278	Ярославль	ЛД "Торпедо"	14.09.2009	750
279	Ярославль	ЛДС "Локомотив"		200
280	Ярославль	ФОК "Единая Россия" (Заволжский район)		0
281	Ярославль	ФОК "Единая Россия" (Дзержинский район)		

Список аббревиатур:
ЛД - Ледовый дворец
ЛДС - Ледовый дворец спорта
ДС - Дворец спорта

ФОК - Физкультурно-оздоровительный комплекс
ФСК - Физкультурно-спортивный комплекс
СЗК - Спортивно-зрелищный комплекс
МДЦ - Муниципальный детский центр

1.2. Объемно-планировочные решения ледовых арен

В зависимости от назначения размеры ледовых арен и их пропускная способность варьируются в широких пределах (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Размеры и пропускная способность ледовых арен

Виды спортивных занятий	Размеры арены, м (длина х ширина х высота)	Пропускная способность, чел.-смена
Скоростной бег на коньках	191 х 78 х 6	50
Хоккей с шайбой	65 х 37 х 10	100
Фигурное катание	65 х 37 х 6	50
Шорт-трек	65 х 37 х 6	50
Керлинг	65 х 37 х 6	16 : 48
Хоккей с мячом	124 х 87	

Демонстрационно-спортивные сооружения по числу зрителей делятся на 3 категории:
- малые ледовые арены, до 2000 зрителей;
- средние ледовые арены (2000-6000 зрителей);
- многофункциональные ледовые арены, более 6000 зрителей.

Ледовые арены могут быть как специализированные (для одного вида спорта), так и универсальные (для нескольких видов спорта).

В составе ледовых арен предусматриваются вспомогательные помещения (рис. 1.1):
- вестибюли;
- раздевалки;
- гардеробные;
- уборные;
- душевые;
- медпункты;
- кладовые;
- буфеты, кафе, столовые, кухни;
- офисы;
- технические помещения;
- конференц-залы;
- серверные, аппаратные.

1.3. Энергоемкость холодильных центров ледовых арен

Выработка холода для ледовых арен – одно из самых энергоемких направлений инженерного обеспечения этих спортивных сооружений.

Примерная структура годового энергопотребления ледовых арен представлена на рис. 1.2.

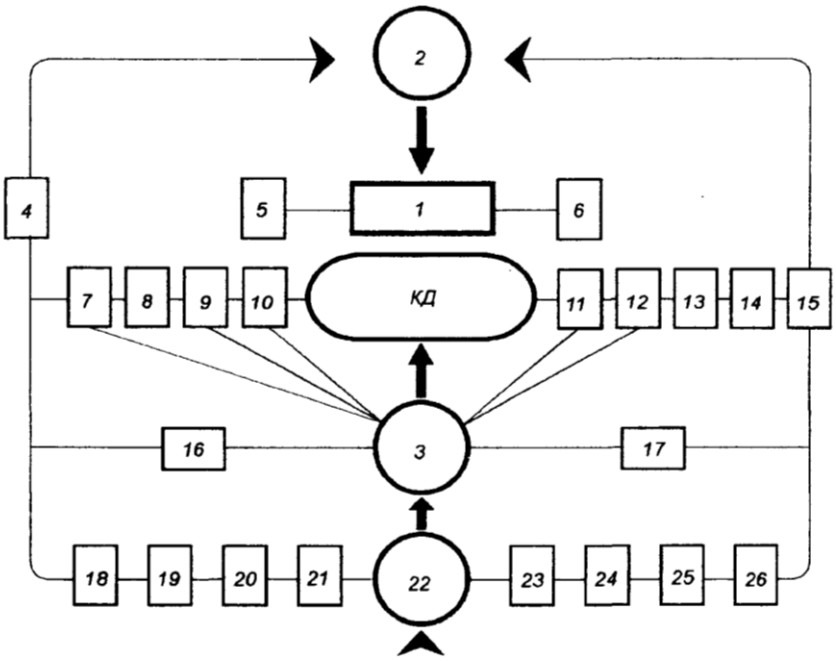


Рис. 1.1 Функционально – планировочная схема сооружения с конькобежной дорожкой

КД – конькобежная дорожка; 1 – трибуна для зрителей; 2 – входная группа, вестибюль, фойе для зрителей, буфеты для зрителей; 3 – раздевальные для спортсменов; 4 – помещение для пресс – центра; 5,6 ложи прессы и почетных гостей; 7 – помещение для судей; 8 – помещение для обслуживания занимающихся массовым катанием; 9 – помещения для инструктора и тренеров; 10 – помещение для сушки одежды и обуви; 11 – медицинские помещения; 12 – массажная и баня сухого пара; 13 – стоянка машин по уходу за льдом; 14 – бытовые помещения для рабочих; 15 – хладоцентр; 16 – зал 36х18м для учебно-тренировочной работы; 17 – зал с тренажерами; 18 – администрация; 19 – буфет для спортсменов; 20 – помещение для отдыха спортсменов; 21 – методический кабинет; 22 – вестибюль для спортсменов; 23 – гардероб для спортсменов; 24 – буфет для спортсменов и сотрудников; 25 – технические помещения; 26 – пожарный пост.

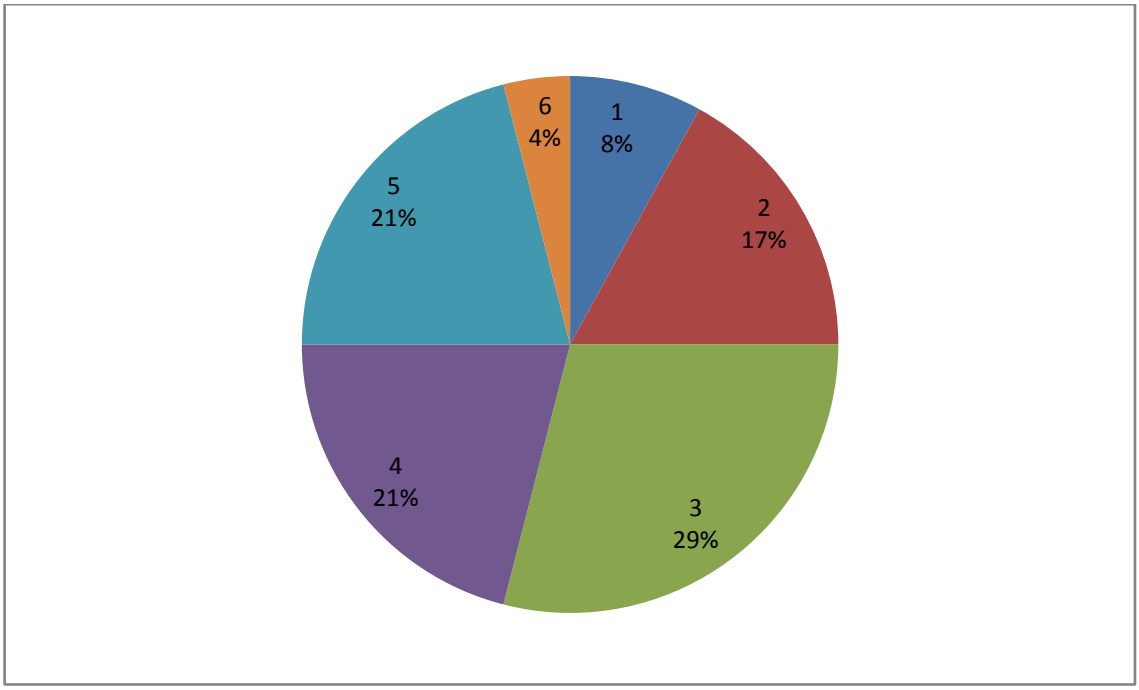


Рис 1. 2. Примерная структура годовой энергоемкости инженерного обеспечения ледовой арены.

1 – Электропривод насосов и вентиляторов;

2 – Тепловая энергия: отопление, вентиляция, ГВС;

3 – Технологический холод;

4 – Холод для кондиционирования;

5 – Освещение;

6 – Другое.

На долю холодоснабжения приходится около 50 % всей потребляемой энергии. Отметим, что в энергетические затраты на обеспечение холода включаются не только энергопотребление холодильных машин, но и энергия, потребляемая вентиляторами градирен при воздухоохлаждаемых чиллерах и насосов как для водяного охлаждения конденсаторов (водоохлаждаемые машины), так и для транспортировки холодоносителя от холодильного центра к потребителям: технологическим теплообменникам, фан-койлам, приточным установкам.

В общем случае для ледовых арен можно выделить три основных направления потребления холода:

- системы кондиционирования воздуха подтрибунных и вспомогательных помещений (офисы, раздевалки, гардеробы, холлы, рестораны и т.п.);
- зона льдогенерации чаши ледовой арены;
- системы кондиционирования воздуха трибун и ледовой площадки.

Первая группа, по существу, ничем не отличается от традиционных решений холодоснабжения общественных зданий.

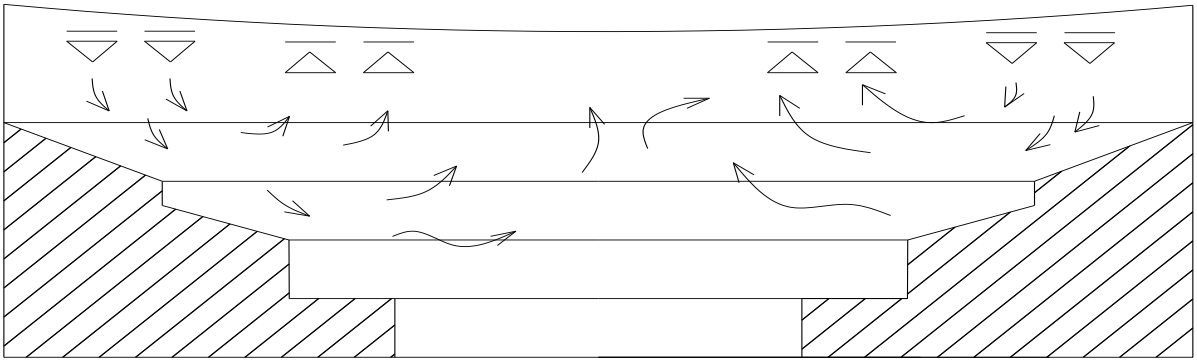
Третья группа, хотя и является направлением комфортного кондиционирования, но имеет свою специфику:

- необходимо создание в одном объеме двух локальных зон с разными параметрами микроклимата: зона зрительных трибун со стандартными параметрами комфортности и зона над поверхностью ледового зеркала с пониженной температурой воздуха (до 12-15° С) и низкой относительной влажностью воздуха (не более 30-40%).

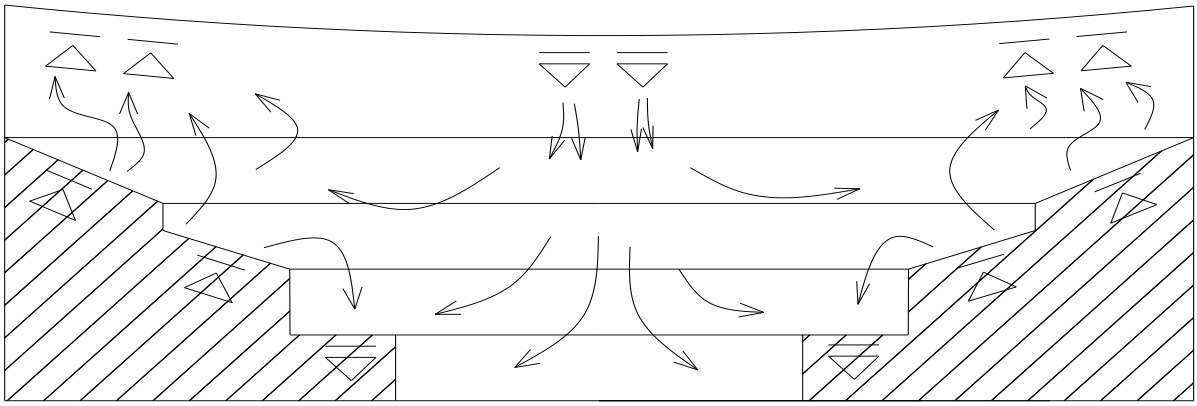
До недавнего времени преимущественно использовалась традиционная схема организации воздухообмена (рис. 1.3 А). Архитекторы выделяли для размещения воздуховодов и воздухораспределителей верхнюю зону ледовой арены и, по существу, реализовалась перемешивающая модель организации воздухообмена. Приточный воздух поступал из периметральной зоны на трибуны, ассимилировал тепло и влагу от зрителей и удалялся из верхней зоны, омывая при этом и зону ледового покрытия.

При высокой плотности размещения зрителей влаговыделения были настолько значительны, что водяные пары воздуха конденсировались на поверхности льда, повышая его температуру и разрыхляя его. Иногда дело доходило до туманообразования над ледяной поверхностью. Для нормализации воздушно-теплового режима приходилось значительно увеличивать воздухообмен или прибегать к дополнительному осушению воздуха. И то, и другое мероприятие весьма дорогостоящие и энергоемки.

Решение было найдено путем физико-математического моделирования воздушно-теплового режима 3-х мерного поля ледовой арены.



À



Â

Рис. 1.3- . Схемы организации воздухообмена ледовых арен:

А – традиционная

В – двухзонная

Постановка задачи была сформулирована следующим образом: организовать воздушно-тепловые потоки в ледовой и зрительной зонах относительно автономными, с возможностью независимого контроля и регулирования параметров микроклимата. Среди всех многочисленных просчитанных вариантов технических решений (использовались вычислительные программы типа FLUENT и CFY) предпочтение было отдано двухзонной схеме организации воздухообмена (рис. 1.3 В).

В зрительной зоне приточный воздух с малыми скоростями (0,2-0,3 м/с) подается под сидения и, вовлекаемый конвективными потоками от людей, удаляется через верхнюю зону над трибунами. В ледовой зоне прохладный сухой воздух (+10-+15° С) подается сверху-вниз на площадку и удаляется через нижнюю зону по периметру ледового зеркала. Преимуществами такой схемы по отношению к традиционной:

- возможность сокращения воздухообмена в 1,5-2 раза за счет подачи приточного воздуха непосредственно в зону трибун;
- возможность контролировать температуру и относительную влажность воздуха в зоне ледового зеркала вне зависимости от режима эксплуатации и степени заполняемости зрителями;
- экономия энергетических затрат до 20-40%.

Следует отметить, что полностью исключить затраты энергии на осушку воздуха в зоне ледового покрытия не представляется возможным. Речь может идти лишь о сокращении затрат энергии за счет уменьшения количества наружного воздуха, подаваемого в зону покрытия. В теплый период года потенциал осушки наружного воздуха может достигать 10-12 г влаги на 1 кг наружного воздуха. Абсолютное влагосодержание наружного воздух при температуре 30-35° С и относительной влажности 50-60%, в то время как при нормируемых параметрах воздуха в зоне ледового покрытия (температура воздуха 12-16° С при относительной влажности 40-60%) влагосодержание составляет только 4-8 г/кг с.в.

Осушка воздуха может осуществляться как в приточных установках с помощью поверхностных воздухоохладителей, так и рециркуляционными агрегатами, расположенными в верхней зоне помещения над ледовым покрытием.

Организация воздухораспределения в зоне покрытия должна обеспечить минимальный воздухообмен между «сухой» зоной арены и «влажной» зрительской зоной.

Недостатком схемы является сложность трассировки воздуховодов в нижней зоне и связанная с этим необходимость выделения «полезного» объема подтрибунного пространства для вентиляционных коммуникаций и зон технического обслуживания. Тем не менее, двухзонная схема становится приоритетной не только при строительстве новых арен, но и при реконструк-

ции существующих. Надо отметить, что не только тепло-влаго-выделения людей являются предметом заботы в ледовых аренах, но и тепловыделения от источников света (преимущественно лучистые в инфракрасном спектре длин волн). Как правило, в ледовых аренах применяются энергоэффективные источники света с очень высокой светоотдачей.

Из вышесказанного следует, что холодоснабжение, вентиляция и кондиционирование так же, как и объемно-планировочные решения функционально связанные задачи, которые должны решаться комплексно. К сожалению, во многих случаях эта функциональность нарушается: технологический холод ледового покрытия делает одна фирма, вентиляцию и кондиционирование – другая, а архитектурно-планировочные решения заранее предопределены. В итоге лед не соответствует стандартам спортивных состязаний, зрителям душно, спортсменам не комфортно, но каждый исполнитель выполнил свой раздел, по его мнению, квалифицированно и профессионально.

Особое внимание следует уделить ледовым покрытиям и энергоемкости их обслуживания. Ледовое покрытие – инженерно сложный элемент спортивного сооружения.

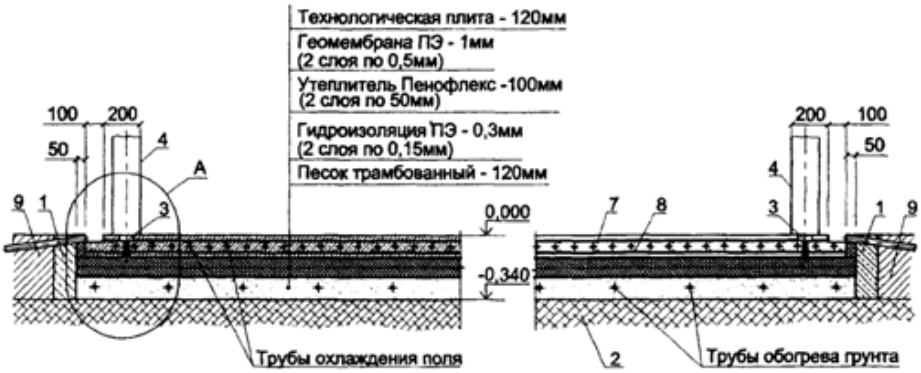
Толщина технологического слоя ледового покрытия может достигать 1,0-2,5 м. Покрытие устраивается на монолитной функциональной плите толщиной 1-1,5 м. В свою очередь, под плитой устраивается специальная подготовка, включающая песчаную и гравийную подоснову, гидроизоляционные и теплоизоляционные мембраны (рис. 1.4).

Верхний слой фундаментной плиты выполняется из особо прочного бетона, в верхнем слое которого на глубине 40-60 мм замоноличены трубчатые теплообменники, являющиеся источниками холода для приготовления льда.

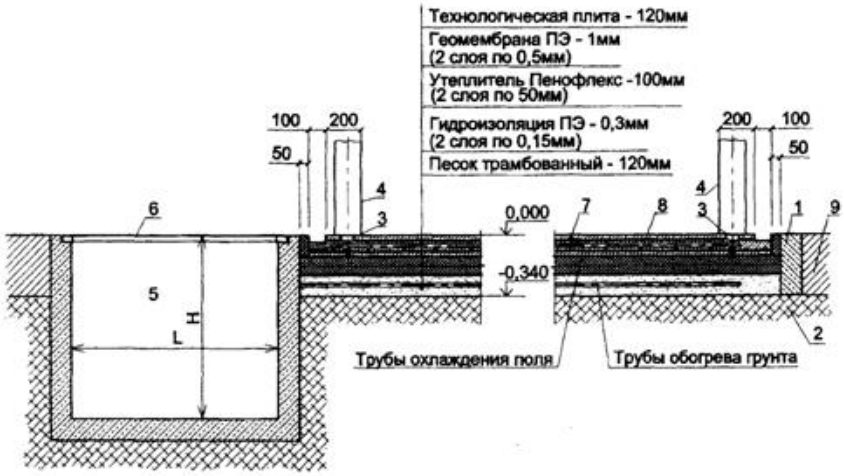
Толщина слоя намораживаемого льда зависит от назначения ледовой арены (хоккей, фигурное катание, конькобежный спорт) и может составлять от 40 до 80 мм. Для приготовления льда используется специально подготовленная обессоленная вода. Заливка происходит при температуре воды +40-50° С, что обеспечивает оптимальную ровность заливки. Для заливки используются специальные заливочные машины, контролирующие скорость и температуру заливки.

Мощность холодильного центра должна обеспечить намораживание ледового покрытия заданной толщины с заданной температурой за заданный интервал времени. Энергия расходуется на снижение температуры заливаемой воды с 40-50° С до 0° С, затем на процесс фазового перехода в твердое состояние, а после этого на придание толще льда заданной отрицательной температуры. В процессе эксплуатации залитой ледовой арены холод расходуется на теплообмен поверхности льда с окружающей средой как на лицевой поверхности арены, так и с грунтовыми слоями.

А



Б



В

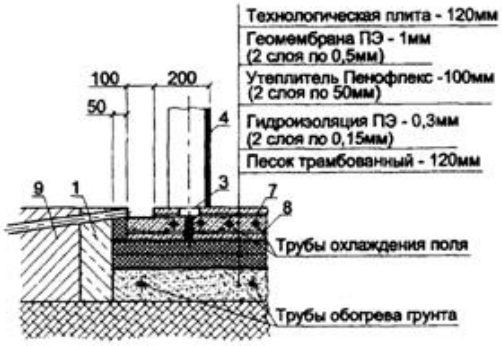


Рис. 1.4. Конструктивные схемы ледяных полей для хоккея, фигурного катания и шорт – трека.
А – Поперечный разрез поля;
Б – Продольный разрез поля;
В – Узел А;
1 – подпорная стенка; 2 – грунт; 3 – закладная деталь борта; 4 – хоккейный борт; 5 – канал для отвода в канализацию; 6 – съемный щит; 7 – арматура диаметром 8 мм; 8 – арматура 12 мм; 9 – конструкция пола зала.
Примечания: 1. Размеры L и H определяются при конкретном проектировании; 2. Размеры хоккейного борта см. на рис. 3.8.

Надо отметить, что под фундаментной плитой после слоя теплоизоляции, как правило, предусматривается отопительный змеевик, предназначенный для поддержания положительной температуры грунта (+15°С) во избежание пучения и, как следствие, разрушения плиты. Для обогрева грунта используется теплота, выделяемая хладоагентом в конденсаторах холодильных машин. Температура хладоагента, поступающего в змеевики, как правило, составляет -10- -20° С. Пиковая холодопроизводительность для намораживания льда, как правило, составляет 400-600 Вт/м^{2}.

В нашей стране общие требования к ледовым аренам устанавливаются в СП 31-112-2007. Часть .3. Крытые ледовые арены. М., 2008 (рис. 1.4-1.13).

Типология арен приведена на рис. 1.5.

Минимальные ледовые поля устанавливаются для хоккея с шайбой, фигурного катания, шорт-треков и керлинга – 1790-1800 м^{2}, максимальные для скоростного бега на коньках - длина поля 155-190 м при ширине 70 м (центральная часть поля может быть без ледового покрытия), и поле для хоккея с мячом 110- х 70 м (рис. 1.6-1.12)..

Для оздоровительного массового катания могут использоваться любые спортивные поля с нормативной нагрузкой 4 м^{2} на одного катающегося. Нормативы не регламентируют время подготовки льда с нулевого цикла. Практика показывает, что, как правило, по экономическим соображениям период подготовки льда предусматривается 4-7 суток, что определяет пиковую мощность холодильных машин.

Для малых ледовых полей это величина – 750-800 кВт холода, для больших до 3000-4000 кВт.

Учитывая, что в режиме рабочей эксплуатации, как правило, потребность в холоде в 3-4 раза меньше пиковой (100-150 Вт/м^{2}), не всегда целесообразно устанавливать стационарно холодильную станцию пиковой мощности.

Возможны два варианта решения проблемы:

- аренда (лизинг) пиковых холодильных машин на короткий период приготовления льда (в том числе для периодических или разовых мероприятий);
- применение аккумуляторов холода.

Арендованные холодильные машины, как правило, устанавливаются снаружи ледовых дворцов и подключаются к заранее предусмотренным в проекте коммуникациям.

Вариант с аккумуляторами холода позволяет осуществлять зарядку с использованием дешевого ночного тарифа электроэнергии и избежать использования пиковой электроэнергии.

Технология приготовления льда предусматривает контроль температурного режима с помощью датчиков температуры, устанавливаемых как в толще фундаментной плиты в зоне

теплообменных змеевиков, так и непосредственно в толще намораживаемого льда. Для изготовления теплообменных змеевиков используются либо стальные, либо полимерные трубопроводы (PEX-F) диаметром 16-25 мм, укладываемые с шагом 150-200 мм. Как правило, поле делится на несколько теплообменных зон, в каждой из которых укладывается петля теплообменника из цельной трубы либо с неразъемными соединениями.

В зонах необходимо поддерживать разные параметры микроклимата (табл. 1.3). При игре в хоккей температура на высоте 1,5 м ото льда должна быть +6° С при относительной влажности не более 70%, а для фигурного катания +12° С для соревнований и +6° С для тренировок на ледовом поле. Для зрителей температура воздуха в холодный период года +18° С при относительной влажности не выше 45% и 26° С в теплый период года при относительной влажности 60%.

Воздухообмен должен быть обеспечен из расчета 80 м^{3}/ч на каждого занимающегося и 20 м^{3}/ч на каждого зрителя

Таблица 1.3 – Параметры микроклимата в помещениях ледовых арен

Помещения	Расчетная температура воздуха, ^{o} С	Кратность воздухообмена, 1/час
Крытые катки со зрительными зонами	+18° С; φ = 30-45% в холодный период года; не выше +26° С; φ не более 55% в теплый период года	2; 80 м^{3}/ч на 1 спортсмена; 20 м^{3}/ч на 1 зрителя
Крытые катки без зрителей	+14° С	То же
Хореографические классы	+18° С	2
Гардеробные	+16° С	2
Раздевалки, душевые	+25° С	4-5
Кладовые, технические помещения	+16° С	2
Офисные помещения	20-22° С в холодный период года; 24-26° С в теплый период года	40-60 м^{3}/ч на 1 сотрудника; 20 м^{3}/ч на посетителей
Конференц-зал	20° С в холодный период года; 24° С в теплый период года	20 м^{3}/ч на посетителя

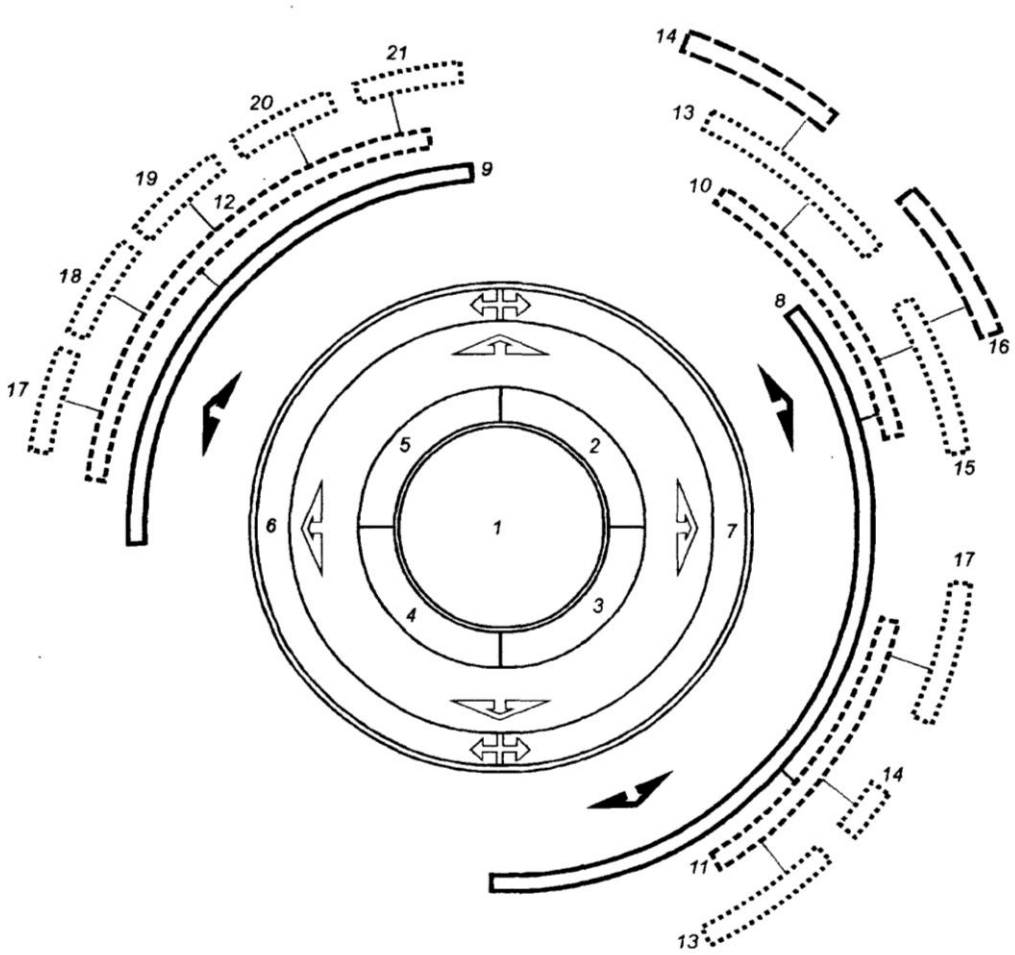


Рис. 1.5 - Типологические разновидности ледовых сооружений

1 – Сооружения с искусственным льдом; 2 – открытые; 3 – полуоткрытые; 4 – трансформируемые; 5 – крытые; 6 – тренировочные; 7 – демонстрационные; 8 – универсальные; 9 – специализированные; 10 – спортивно-зрелищные; 11 – спортивные; 12 – соревнования и тренировки с использованием льда; 13 – соревнования с использованием льда; 14 – соревнования без использования льда; 15 – культурно-массовые мероприятия с использованием льда; 16 – культурно-массовые мероприятия без использования льда; 17 – массовое катание; 18 – скоростной бег; 19 – фигурное катание; 20 – хоккей; 21 – хоккей с мячом.

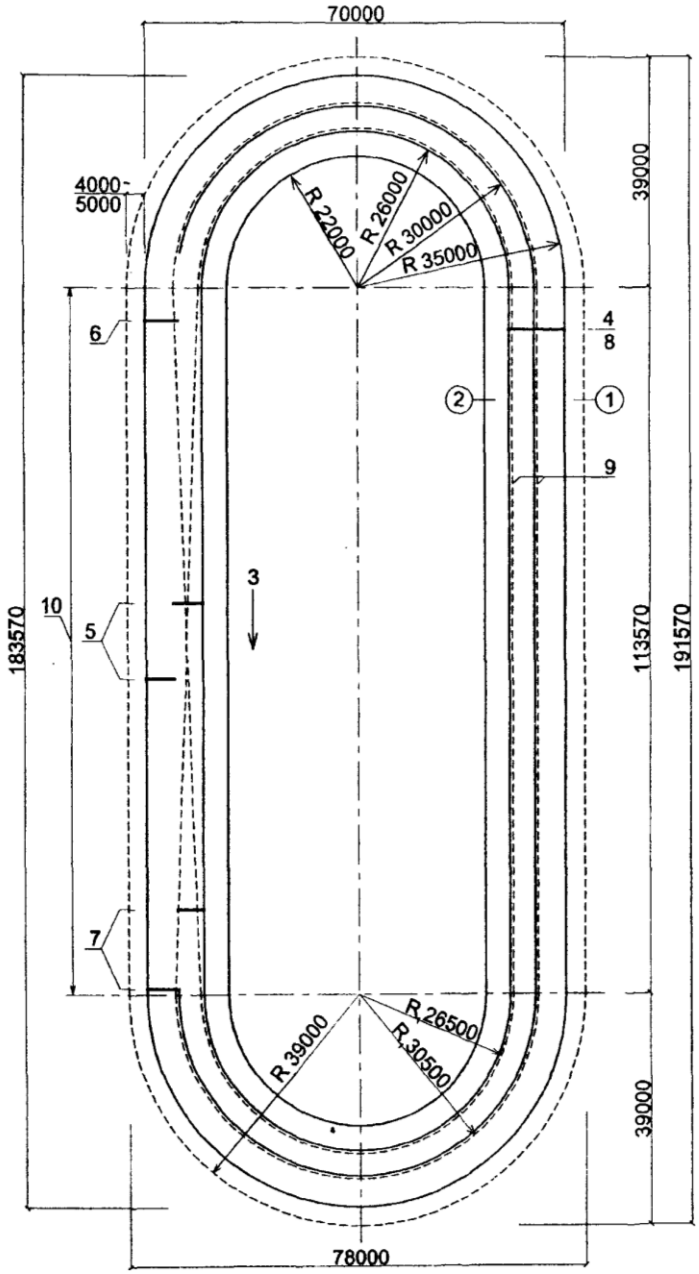


Рис. 1.6 - Арена для скоростного бега на коньках. План арены с ледяной дорожкой длиной 400м.

1 – зона безопасности; 2 – разминочная дорожка; 3 – направление гонки; 4 – старт на 500 и 1500 метров; 5 – старт на 1000 метров; 6 – финиш на 1500 метров; 7 – старт на 3000 и 5000 метров; 8 – финиш; 9 – линии измерения дистанций; 10 – переходная дорожка.

R_1 – расчетные радиусы беговых дорожек.

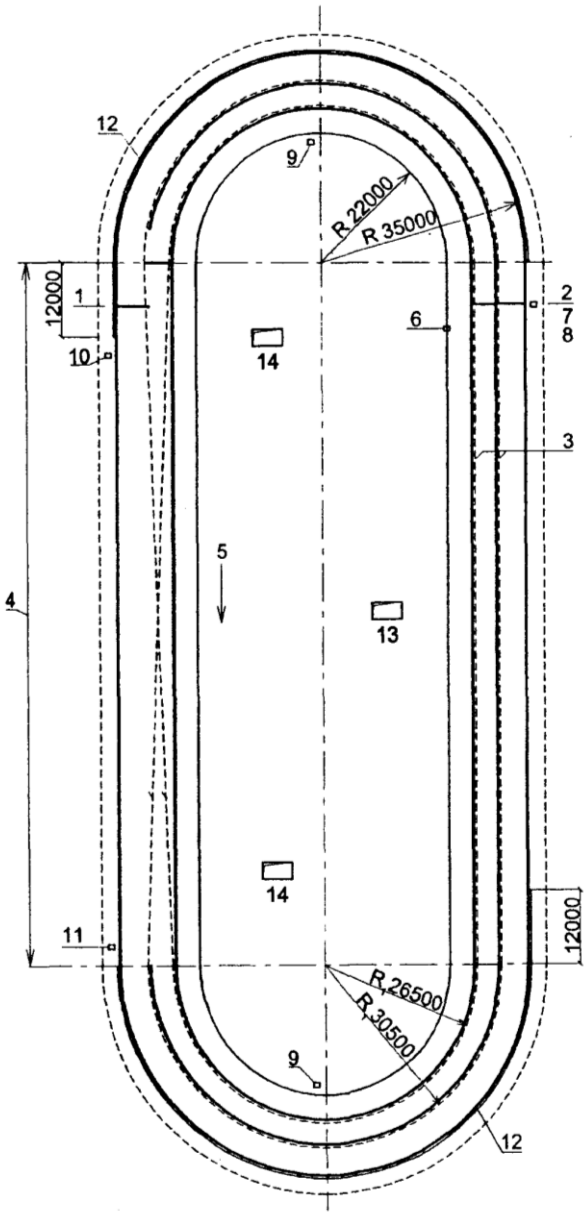
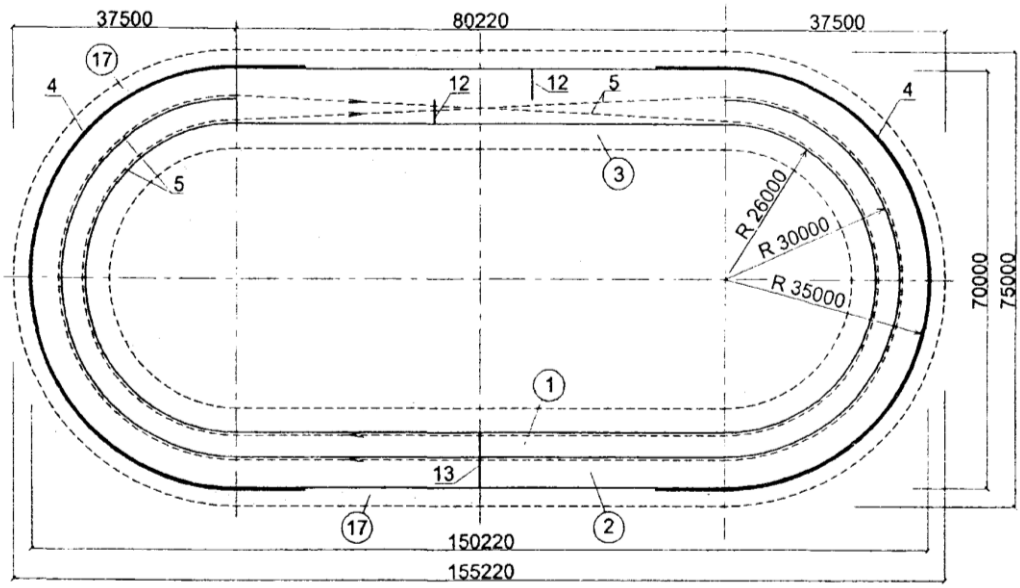


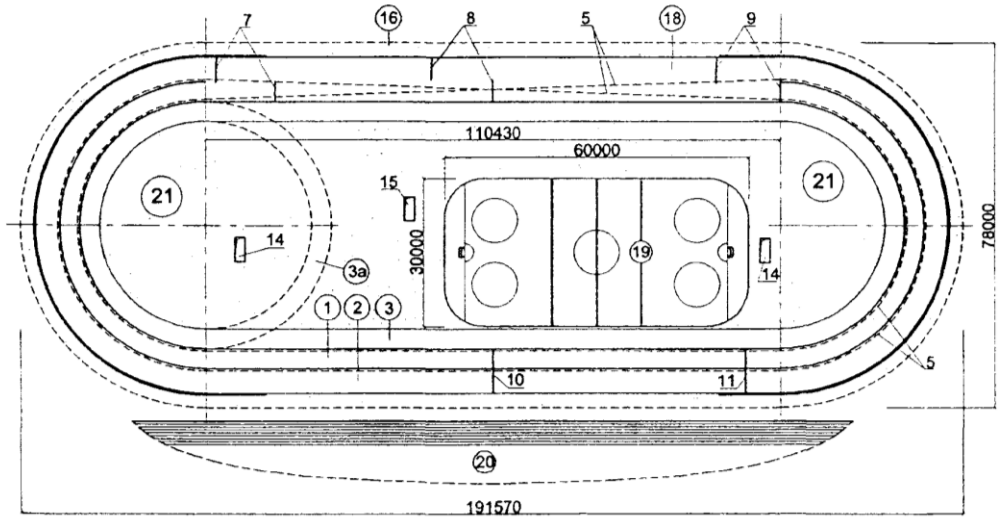
Рис. 1.7 - Обустройство дорожки длиной 400 метров для скоростного бега на коньках. План на примере соревнований на дистанции 1500 метров.

1 – старт дистанции на 1500 метров; 2 – финиш дистанции на 1500 метров; 3 – финишная прямая; 4 – переходная прямая; 5 – направление бега; 6 – табло-указатель кругов; 7 – стол судьи – хронометриста; 8 – зона жюри и судьи на финише; 9 – судья – счетчик кругов; 10 – стол судьи – стартера; 11 – контроль смены дорожек; 12 – защитные маты; 13 – выход из тоннеля; 14 – выход из тоннеля (при двух выходах).

R_1 – расчетные радиусы беговых дорожек.



А



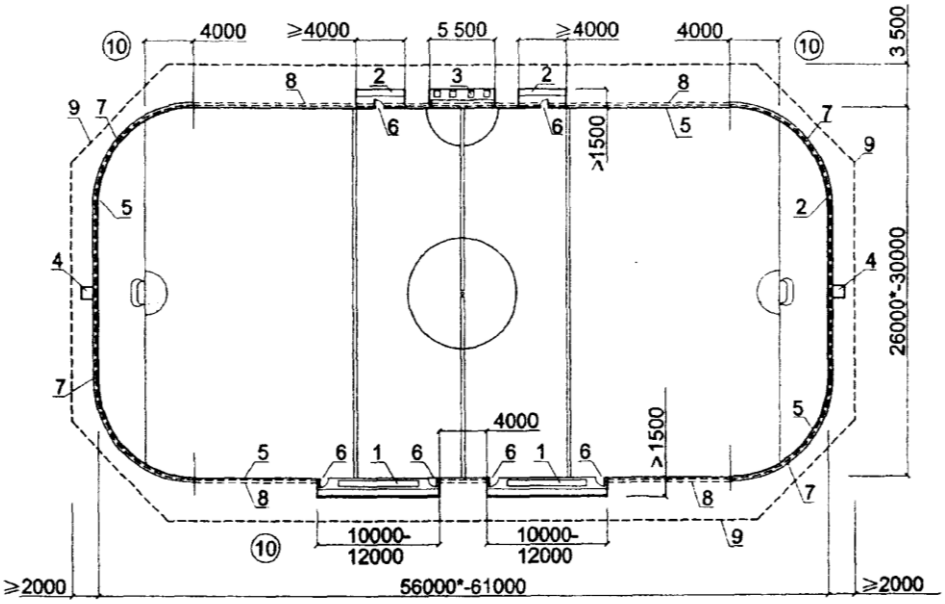
Б

Рис. 1.8 - Арены для скоростного бега на коньках.

А – Арена с ледовой дорожкой длинной 333 м;

Б – Арена с ледовой дорожкой 400 м. и ледовой площадкой 30х60 м.

1 – Внутренняя соревновательная дорожка (ширина 4 м); 2 – Внешняя соревновательная дорожка (ширина не менее 4 м); 3 – Разминочная дорожка (ширина 4 -5 м); 4 – защитные маты; 5 – путь конькобежца; 6 – старт на 500 м; 7 – старт на 3000 и 5000 м; 8 – старт на 1000 м; 9 – старт на 1500 м; 10 – финиш для дистанции 1000 м; 11 – старт на 1000 м; финиш для дистанций 500, 1500, 3000,5000,10000 м; 12 – Старт на 500 и 1500м; 13 – финиш, старт на 1000, 3000,5000,10000 м; 14 – выходы из тоннелей (при двух тоннелях); 15 – выход из тоннеля (при одном тоннеле); 16 – Полоса с твердым покрытием (бетон); 17 – зона безопасности (ширина не менее 2,5 м); 18 – участок переходной прямой; 19 – стандартное ледовое поле для хоккея с шайбой; 20 – трибуны для зрителей; 21 – неледовое покрытие (бетон).



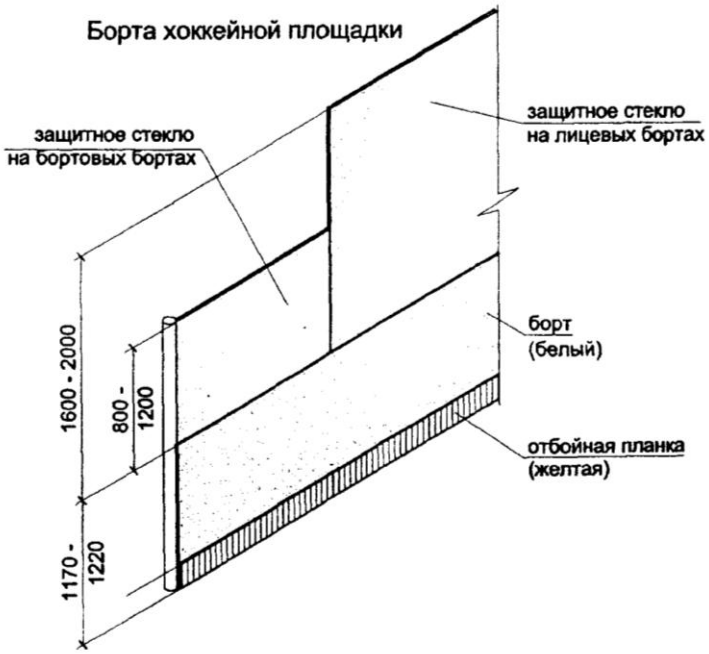
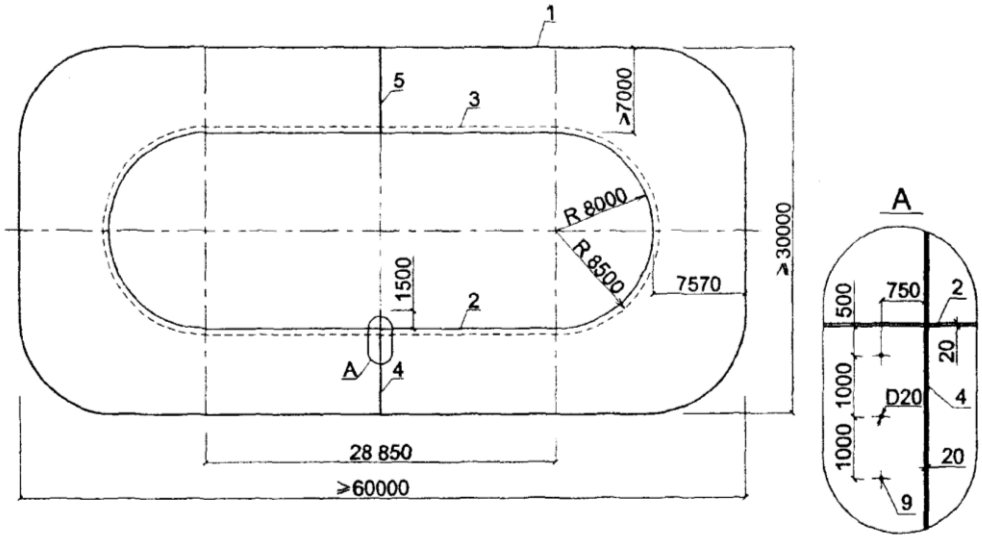
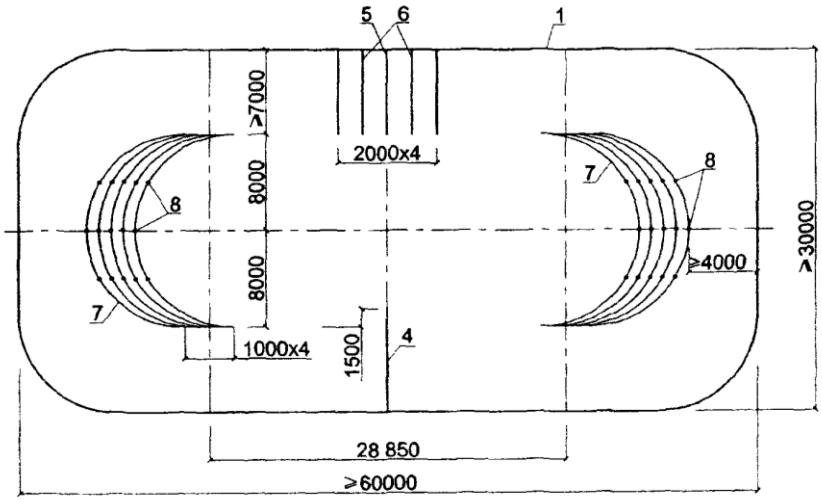


Рис. 1.9 - Арена для игры в хоккей с шайбой. Обустройство арены.

1 – скамьи для участников соревнований; 2 – скамьи для оштрафованных игроков; 3 – стол секретариата; 4 – места судей за воротами; 5 – борт высотой 1170 – 1220 мм; 6 – дверцы для прохода игроков; 7 – защитное стекло с сеткой высотой 1600 – 2000 мм на лицевых бортах; 8 – защитное стекло высотой 800 – 1200 мм на боковых бортах; 9 – граница арены; 10 – зона зрительских мест.



А



Б

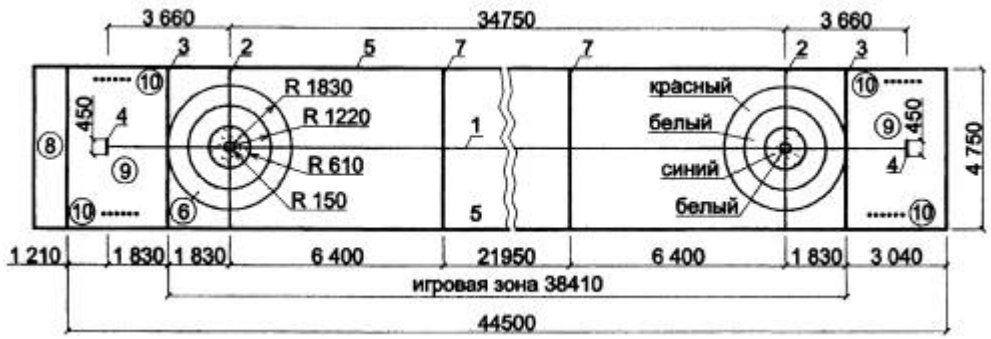
Рис. 1.10 - Площадка для соревнований по шорт – треку

А – расположение расчетных точек и линий для разметки;

Б – линии разметки (разного цвета), наносимые на ледяную поверхность;

1 - прочное ограждение площадки, покрытое с внутренней стороны эластичными матами для амортизации удара упавшего спортсмена; 2 – расчетная внутренняя ограничительная линия дорожки для бега длина (111,12 м); 3 – расчетная траектория и направление бега; 4 – линия общего финиша и старта на дистанции 1000, 3000, 5000 м; 5 – линия старта бега на дистанцию 1500 и 500 м; 6 – линии переносимого старта полуфинальных и финальных забегов на 500 м; 7 – линии поворота; 8 – точки на линиях поворота для обозначения мест установки переносных разметочных блоков («фишек»); 9 – точки на линии старта (вдоль всей линии через 1000мм).

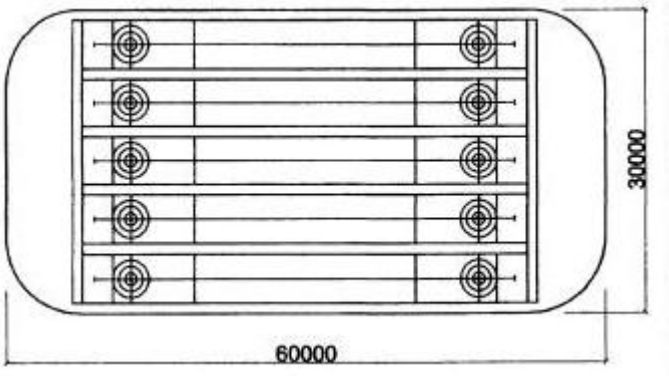
Примечание: Стартовые и финишные линии – цветные шириной не более 20 мм.



А

№№ позиций	Кол-во очков
1	1
2	1+1
3	-
4	1
5	1
6	3
7	4
8	1+5+6

Б



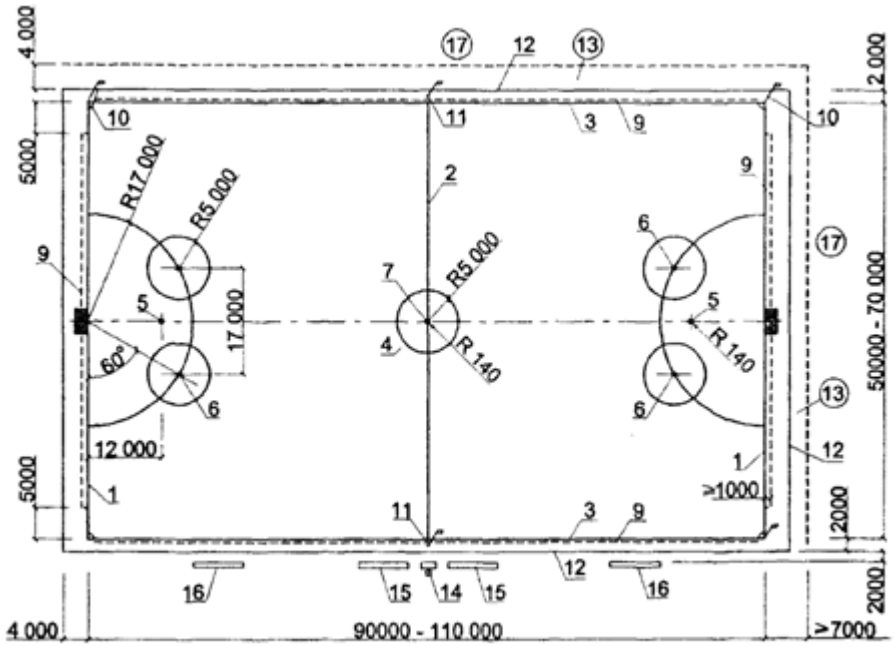
В

Рис.1.11. Площадка для игры в кёрлинг.
А – маркировка площадки для кёрлинга; Б – маркировка игровой зоны вблизи «дома»; Г – размещение площадок для кёрлинга на хоккейном поле; X – место помощника главного судьи; Y – место судей на зачетной линии;
1 – центральная осевая линия; 2 – линия центра дома; 3 – задняя линия; 4 – линия колодки; 5 – боковая линия (двойная); 6 – «дом»; 7 – зачетная линия; 8 – проход; 9 – вспомогательная зона; 10 – зона расположения кёрлинговых камней.

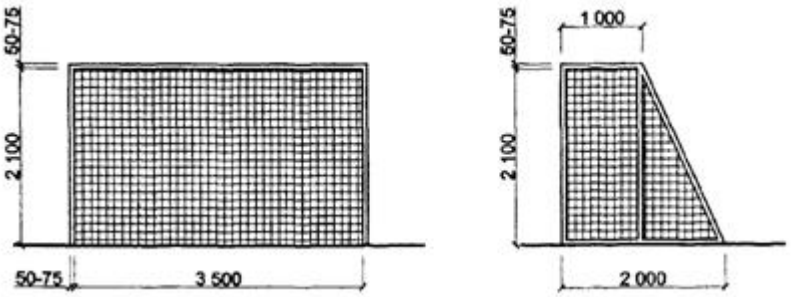
Примечания:

1. цвета кругов в «доме» допустимо изменять;
2. ширина линий, ограничивающих игровую зону, - 40-50 мм;
3. ширина боковых линий не включается в ширину игровой площадки;
4. боковые линии могут быть заменены бортиком высотой до 150 мм;
5. ширина торцевых линий площадки включается в ее длину;
6. ширина линии, ограничивающей внешние границы «дома», входит в его границы;
7. зона свободных защитников ограничивается линией, окрашенной в голубой цвет.

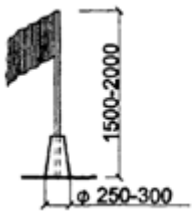
А



Б



В



Г

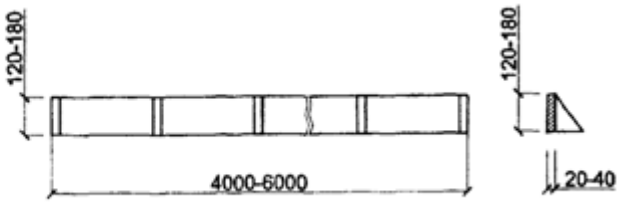


Рис. 1.12. Поле для хоккея с мячом
А – Размеры и разметка поля для хоккея с мячом;
Б – Схема ворот;
В – Флаг (на опоре);
Г – Схема бортика;
1 – линия ворот*; 2 – средняя линия*; 3 – боковая линия*; 4 – центральный круг*; 5 – отметка 12-метрового удара; 6 – точка штрафного удара; 7 – центральная отметка; 8 – ворота; 9 – съемный бортик для перехвата мячей; 10 – место углового флага; 11 – место флага средней линии; 12 – граница ледовой поверхности; 13 – зона безопасности; 14 – стол судьи – секретаря; 15 – места удаленных игроков; 16 – места запасных игроков; 17 – зона зрительских мест.
* - линии синего цвета шириной 70 мм; ширина входит в размер ограничиваемых ими расстояний.

1.4. Режимы эксплуатации ледовых арен

В значительной степени энергоемкость ледовых сооружений определяется режимами их эксплуатации: видами соревнований, тренировок, мероприятий, их продолжительностью, степенью заполнения зрительских мест.

В мировой практике энергоемкость зданий оценивается в разных показателях, например, в количество диоксида углерода от энергоисточников, единицах условного топлива, израсходованного за год на эксплуатацию 1 м^2 полезной площади зданий, но наиболее адекватным удельным показателем энергопотребления следует признать – кВт-ч/м^{2}год. Этот показатель используется в системе нормирования Европейского Союза, в стандартах и сводах правил Российской Федерации.

Для базовой модели оценки энергоемкости ледовых арен предлагается выделить ряд характерных режимов эксплуатации (табл. 1.4), (рис. 1.13).

Таблица 1.4 – Режимы эксплуатации ледовых арен

Режим эксплуатации	Продолжительность, час	Энергопотребление, кВт-ч/м^2	
		Электроэнергия	Тепловая энергия
Соревнования	$Z_с$	$E_с$	$Q_с$
Тренировка (оздоровительные занятия)	$Z_т$	$E_т$	$Q_т$
Дежурный режим	$Z_д$	$E_д$	$Q_д$

Общее энергопотребление ледовой арены за год можно выразить следующей формулой:

$$N = \sum_{t_1}^{t_n} z_c E_c K_1 + \sum_{t_1}^{t_n} z_c Q_c K_1 \beta + \sum_{t_1}^{t_n} z_T E_T K_2 + \sum_{t_1}^{t_n} z_T Q_T K_2 \beta + \sum_{t_1}^{t_n} z_\partial E_\partial + \sum_{t_1}^{t_n} z_\partial Q_\partial \beta \qquad (1.1)$$

где t_1 – t_n – интервал температуры наружного воздуха, приходящийся на режим эксплуатации;

К – коэффициент, характеризующий степень заполнения зрительских мест;

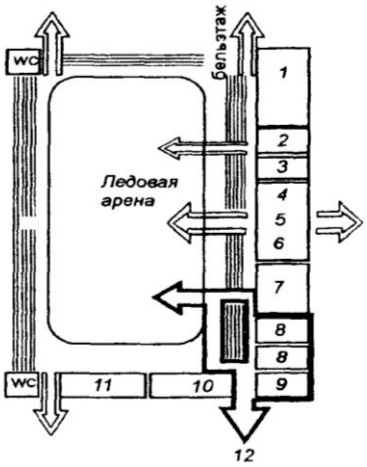
β - коэффициент приведения тепловой энергии к электрической.

Напряженность режима эксплуатации, как правило, характеризуется числом дней в году с рабочим (напряженным) режимом эксплуатации.

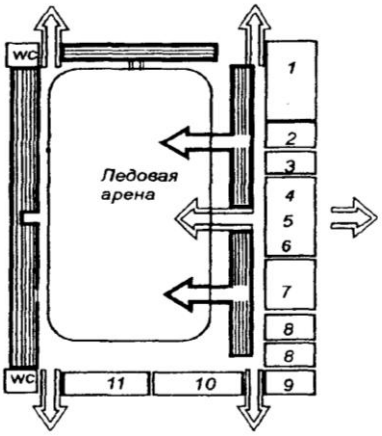
В мировой практике по отдельным ледовым аренам этот показатель варьируется от 80 до 200.

На ледовых аренах Сочи-2014 предусмотрена рабочая эксплуатация не менее 180 дней в году.

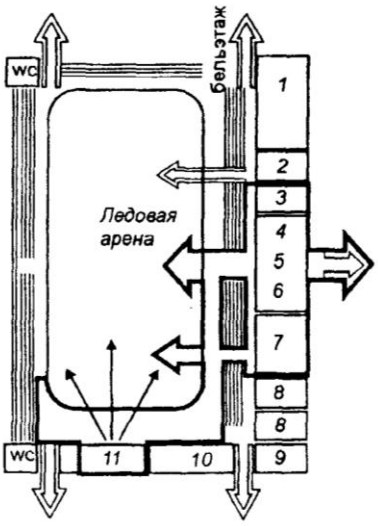
Проведение тренировок



Спортивные мероприятия



Массовое катание



Техническое обслуживание

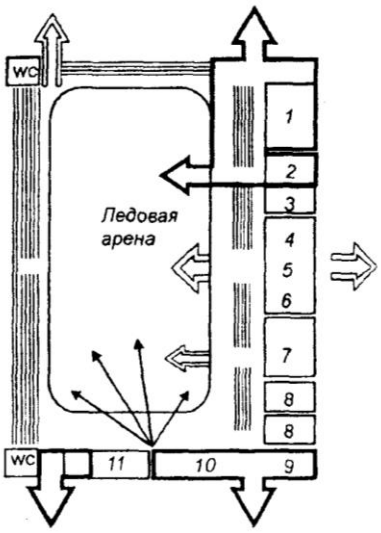


Рис. 1.13 - Варианты использования ледовой арены.

1 – техническое помещение; 2 – гараж; 3 – туалет; 4 – кассы; 5 – фойе; 6 – сервисная зона, прокат коньков; 7 – помещение для катающихся; 8 – помещения для команд; 9 – помещение обслуживания; 10 – администрация; 11 – кафе – бар; 12 – парковка автобусов.

Комментируя формулу (1.1), следует отметить:

- интегральные суммы энергопотребления определяются с учетом режимов эксплуатации по периодам года с различными температурами наружного воздуха и показателей солнечной радиации;
- коэффициент К характеризует изменение энергопотребления зданием в зависимости от степени заполняемости трибун зрителями. Его введение необходимо для корреляции фактической энергоемкости здания по результатам энергетических обследований и расчетных показателей;
- коэффициент β характеризует различие энергетических затрат на выработку и транспортировку к зданию тепловой и электрической энергии. В данной работе предлагается его принимать на электрическую и тепловую энергию.

В качестве базовой расчетной модели энергоемкости ледовых арен Сочи-2014 предлагается модель энергопотребления аналогичных ледовых объектов, запроектированных и построенных в РФ в последние годы и характеризующиеся следующими показателями:

- соответствие требований по уровню теплозащиты ограждающих конструкций и показателям тепловой энергоэффективности нормативам РФ по состоянию на 01.01.2010 г. (СНиП 23-02-2003);
- соответствие систем инженерного обеспечения требованиям нормативов по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха по состоянию на 01.01.2010 г. (СНиП 41-01-2003);
- применение энергопотребляющего инженерного и эксплуатационного оборудования (насосы, кондиционеры, чиллеры, вентустановки, источники света) среднего класса энергоэффективности (класс D по 7-балльной шкале).

Годовая энергоемкость оцениваемой ледовой арены сравнивается с базовыми показателями для осредненного режима эксплуатации (табл. 1.5).

Таблица 1.5 – Осредненный базовый режим эксплуатации ледовой арены

Режим эксплуатации	Продолжительность, час в году	Поправочные коэффициенты	
		К	β
Соревнования	1500	0,7	2,5
Тренировка (оздоровительные занятия)	4060	0,05	2,5
Дежурный режим	3000	-	2,5

Режимы эксплуатации равномерно распределены в течение года. Дежурные режимы приходятся на ночное время суток.

2. РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ УДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ГРУППАМ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ-АНАЛОГОВ ЛЕДОВЫХ АРЕН

Базовые удельные показатели энергопотребления рассчитаны на основе анализа проектной документации ледовых сооружений, соответствующих требованиям энергоэффективности по СНиП 23-02-2003 «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха».

При разработке показателей был выполнен анализ современных нормативных минимальных требований по энергоэффективности инженерных систем и существующей практики проектирования.

При установлении базовых значений показателей энергопотребления принимался во внимание уровень энергоэффективности современного инженерного оборудования: насосов, вентустановок, кондиционеров, холодильных машин, источников света.

Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций принимался в соответствии с требованиями СП 50.13330.2011 «Тепловая защита зданий».

Энергоемкость отдельных инженерных систем ледовых сооружений устанавливалась в зависимости от двух основных факторов:

- доли площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения);
- режима эксплуатации объекта (соревнование, тренировка, массовое катание, техническое обслуживание, дежурный режим).

Размерность удельных показателей принята:

- для расходов теплоты на отопление и вентиляцию - Вт-ч/(м^2 ^{o}С.сут.); для перехода к стандартным значениям размерности кВт-ч/(м^2 год) необходимо показатель перемножить на значение градусо-суток, выпадающее на соответствующий режим эксплуатации;
- для расходов теплоты на горячее водоснабжение - Вт/м^2; для перехода к стандартным значениям кВт-ч/м^2 год необходимо перемножить на величину часов эксплуатации соответствующего режима в году;
- для расходов электроэнергии на систему технологического холодоснабжения (намораживание и поддержание ледового покрытия) - Вт-ч/(м^2 год). Стандартная годовая энергоемкость объекта получается перемножением показателя на число часов эксплуатации ледового поля в году;
- для расходов электроэнергии на систему кондиционирования воздуха – Вт-ч/(м^{2o}С.сут.). Показатель градусо-сутки определяется произведением помесячного числа часов работы СКВ относительно температуры приточного воздуха +16° С (см. web-site degreedays.net).

В качестве базового варианта систем инженерного обеспечения ледовой арены приняты традиционные технические решения, применявшиеся в последнее десятилетие в нашей стране.

Перечень и краткая характеристика инженерных систем базового варианта приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика инженерных систем базового варианта ледовой арены

№№ п/п	Система	Характеристика
1.	Отопление	
1.1.	Ледовое поле и трибуны	Воздушное, совмещенное с вентиляцией
1.2.	Вспомогательные помещения	Водяная периметральная система с местными нагревательными приборами, оборудованными термостатическими регуляторами; с пофасадным регулированием
1.3.	Входная группа	Водяные воздушно-тепловые завесы, местные нагревательные приборы у наружных стен
2.	Тепловой пункт	Входные параметры 130/70, пластинчатые теплообменники на параметры 95/70, автоматическое поддержание температуры ГВС, пофасадное регулирование отопления
3.	Вентиляция	Прямоточная сбалансированная приточно-вытяжная, изотермическая
4.	Холодоснабжение технологическое (приготовление льда)	Поршневые холодильные машины с EER 1,8-2,2 (параметры -15 ÷ -18° С)
5.	Холодоснабжение для СКВ	Поршневые холодильные машины с EER 2,2-2,6 (параметры 7/12° С)
6.	Кондиционирование воздуха	Двухтрубные фанкойлы, поверхностные охладители в составе приточных установок; осушение воздуха в теплый период года. Сухие охладители для холодного периода года
7.	Горячее водоснабжение	От теплового пункта с температурой +65° С
8.	Расход электроэнергии на привод насосов (теплоснабжение, отопление, ГВС, холодоснабжение)	Насосы с частотным приводом с расчетной скоростью движения рабочей среды в трубопроводах 1-1,5 м/с. Удельный расход электроэнергии $E_н$ = 4,1 Н (Вт-ч/м^3), Где Н – напор насоса в м.в.ст.
9.	Расход электроэнергии на привод вентиляторов (приточные, вытяжные системы)	Вентиляторы с частотным приводом с расчетной скоростью движения воздуха в сетях – 5-7 м/с. Удельный расход электроэнергии $E_в$ = 0,95 Н (Вт-ч/м^3), где Н – напор вентиляторв в кПа
10.	Локальные системы кондиционирования (сплит-системы)	Инверторные кондиционеры (настенные, кассетные, канальные) EER = 2,5-2,8

№№ п/п	Система	Характеристика
11.	Освещение а) ледового поля • соревнования • тренировки •массовое катание б) трибуны в) вспомогательные помещения г) фасадное	 Галогенные светильники - 70-100 Вт/м^2 - 50-70 Вт/м^2 - 25-30 Вт/м^2 25-30 Вт/м^2 Компактные люминесцентные светильники 2-3 Вт/м^2 (в расчете на общую площадь арены)

Некоторые комментарии к табл. 2.1:

- показатели энергетической эффективности холодильных центров (EER) учитывают расход электроэнергии не только на привод самих холодильных машин, но и циркуляционных сетевых насосов холодоснабжения;

- расход электроэнергии для базовых систем с использованием насосов и вентиляторов определен наоснове статистической обработки проектных решений в зависимости от располагаемого напора нагнетателей при скорости движения рабочей среды в трубопроводах вблизи верхней границы акустических ограничений (сложившаяся проектная практика).

Энергетические характеристики насосов приведены на рис. 2.1, а для вентиляторов в табл. 2.2 и 2.3 и на рис. 2.2;

- для поддержания требуемых параметров микроклимата в помещениях серверных, кроссовых, как правило, традиционно используются дублирующие сплит-системы. Рекомендуется применять показатели энергетической эффективности сплит-систем с учетом круглогодового режима работ.

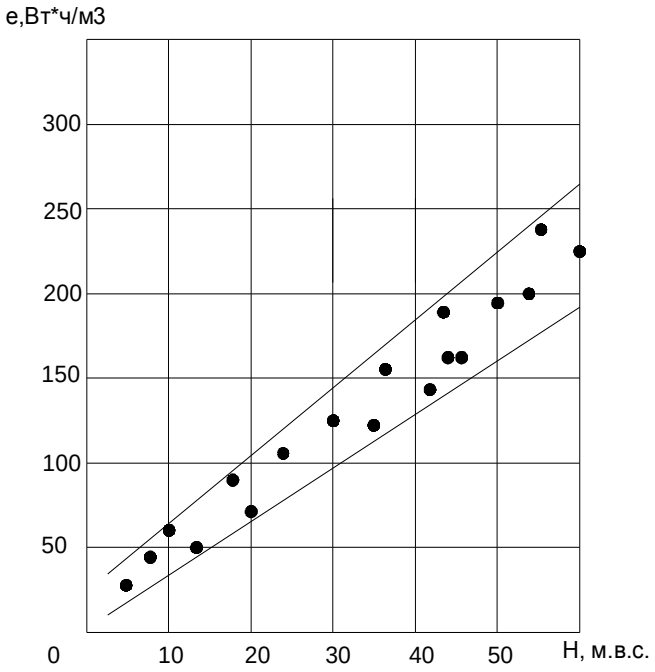


Рис. 2.1. – Энергетическая характеристика циркуляционных насосов для систем отопления, теплоснабжения, водоснабжения, холодоснабжения

Таблица 2.2 – Характеристики осевых вентиляторов

Наименование	Производительность, L, $м^3$/час	Напор, P, Па	Мощность, N, Вт	e=N/L, Вт*час/$м^3$
K/KV160M	100	250	63	0,63
	200	190	70	0,35
	300	130	75	0,25
	400	50	73	0,18
K/KV160XL	100	350	80	0,8
	200	310	95	0,48
	300	260	100	0,33
	400	200	110	0,28
	500	125	110	0,22
	600	60	105	0,18
K/KV200M	200	335	95	0,48
	400	225	110	0,28
	600	115	105	0,18
K/KV200L	200	430	160	0,8
	400	350	170	0,43
	600	250	180	0,3
	800	100	160	0,2
K/KV250M	200	325	95	0,48
	400	245	105	0,26
	600	140	100	0,17

K/KV250L	200	450	140	0,7
	400	375	170	0,43
	600	275	180	0,3
	800	150	180	0,23
K/KV315M	200	525	175	0,88
	400	440	215	0,54
	600	370	220	0,37
	800	250	215	0,27
	1000	175	200	0,2
	1200	75	175	0,15
K/KV315L	400	530	275	0,69
	800	360	315	0,39
	1200	200	300	0,25

Таблица 2.3 – Характеристики центробежных вентиляторов

Наименование	Скорость	Производительность, L, $м^3$/час	Напор, P, Па	Мощность, N, Вт	e=N/L, Вт*час/$м^3$
KVK200	2	150	50	45	0,3
		200	25	45	0,23
	5	300	275	125	0,42
		400	225	140	0,35
		500	175	150	0,3
KVK250	2	250	65	75	0,3
		300	50	75	0,25
		350	25	75	0,21
	5	600	300	250	0,42
		700	260	245	0,35
		800	200	240	0,3
KVK355	2	800	80	185	0,23
		900	30	190	0,21
		1000	20	195	0,2
	5	1700	260	450	0,26
		2000	230	500	0,25
		2300	150	550	0,24
KVK400	2	800	100	120	0,15
		900	65	150	0,17
	5	1500	290	400	0,27
		1800	260	450	0,25
		2000	220	500	0,25
KVKE200	2	200	100	60	0,3
		250	60	60	0,24
	5	400	430	160	0,4
		500	350	165	0,33
		600	250	160	0,27

KVKE250M	2	200	50	60	0,3
		300	40	60	0,2
	5	400	425	200	0,5
		500	360	200	0,4
		600	300	200	0,33
KVKF125	2	70	50	20	0,29
		100	35	20	0,2
	5	150	250	80	0,53
		200	210	85	0,43
		250	160	190	0,76
KVKF200	2	150	100	65	0,43
		200	90	65	0,33
		250	60	65	0,26
	5	400	400	170	0,43
		500	300	180	0,36
KVO100	2	90	65	20	0,22
		100	45	20	0,2
	5	180	180	70	0,39
		200	150	70	0,35
		220	115	70	0,32
KVO200	2	250	110	70	0,28
		300	70	65	0,22
	5	500	400	160	0,32
		600	320	170	0,28
		700	220	160	0,23
KDRE45	2	1000	30	125	0,13
		1250	25	125	0,1
	5	2000	140	320	0,16
		2250	125	320	0,14
		2500	110	310	0,12
KDRE55	2	1400	55	250	0,18
		1600	40	250	0,16
	5	3600	240	800	0,22
		4000	220	800	0,2
KDRD55	2	1500	75	230	0,15
		2000	50	230	0,12
	5	3000	275	700	0,23
		4000	225	750	0,19
MUB062 560DS-A2	2	3750	140	300	0,08
		4000	125	330	0,08
	5	4000	290	750	0,19
		6000	190	800	0,13
MUB062 630DV-B2	2	6000	425	2200	0,37
		8000	300	2200	0,28
	5	8000	875	3800	0,48
		12000	550	3800	0,32

KE 40-20-4	2	250	70	50	0,2
		300	30	50	0,17
	5	500	225	150	0,3
		600	210	180	0,3
KT 40-20-4	2	450	80	70	0,16
		500	55	80	0,16
	5	700	220	120	0,17
		800	180	180	0,23
		1000	140	200	0,2
RS 30-15	2	100	60	25	0,25
		140	25	25	0,18
	5	200	260	75	0,38
		300	160	80	0,27
RS 50-25	2	400	60	45	0,11
		500	30	45	0,09
	5	800	185	150	,019
		1000	150	150	0,15
RSI60-35M1	2	900	80	150	0,17
		1000	70	150	0,15
	5	1500	325	350	0,23
		2000	250	375	0,19
RSI 60-35L1	2	1200	110	200	0,17
		1400	80	200	0,14
	5	2000	350	475	0,24
		2400	280	500	0,21
		2800	240	550	0,2

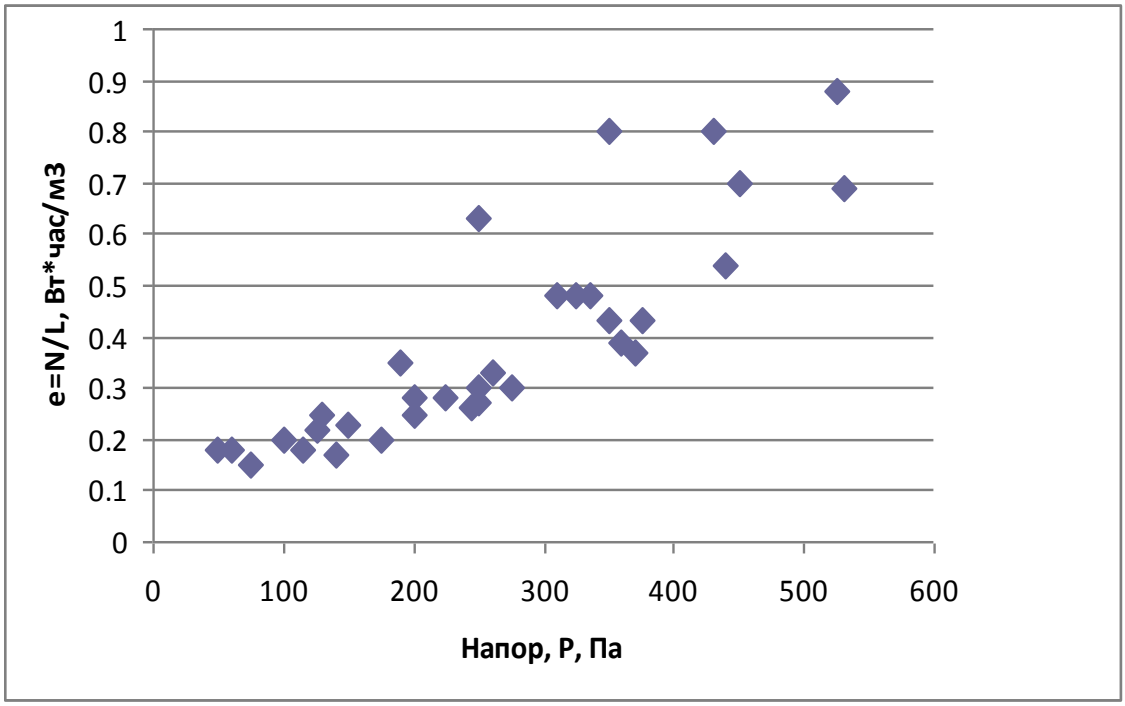
Величина воздухообмена в системах вентиляции ледовых арен определяется в соответствии с действующими нормативами и с учетом условий воздухораспределения (табл. 2.4).

С учетом анализа проектных решений ледовых арен значения базовых показателей удельного расхода на отопление и вентиляцию приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.4 – Показатели воздухообмена в помещениях и зонах ледовых сооружений

№№ п/п	Зоны, помещения	Кратность воздухообмена, л/ч	Удельный воздухообмен на 1 м^2, м^3/ч
1.	Ледовое поле	1-1,5	10-15
2.	Зрительские трибуны	1,0-2,0	15-25
3.	Тренировочные залы	1,5-2,2	15-22
4.	Входная группа, вестибюли, гардеробные, вспомогательные помещения	2-4	7-15
5.	Холодильная станция	4-5	20-25
6.	Раздевалки, душевые, массажные	3-4	10-12

Осевые вентиляторы



Центробежные вентиляторы

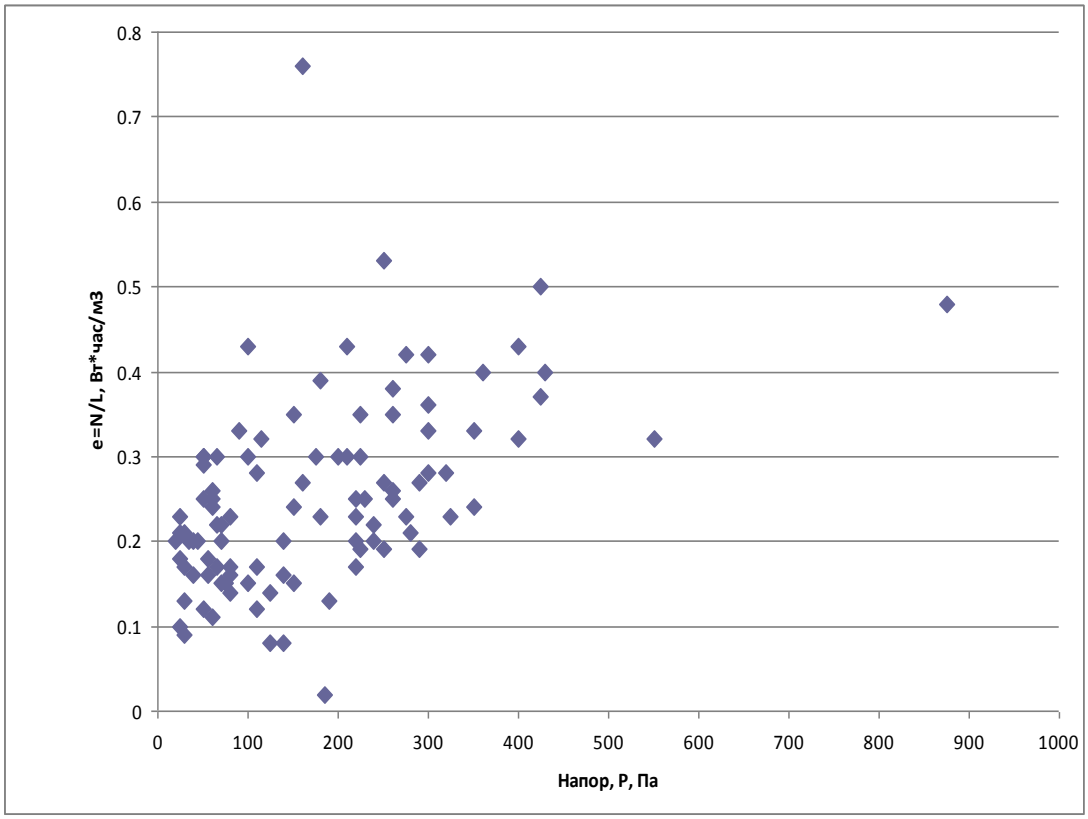


Рис. 2.2 – Энергетические характеристики осевых и центробежных вентиляторов

Таблица 2.5 – Базовый уровень удельного расхода тепла на отопление и вентиляцию ледовых сооружений при дополнительных режимах эксплуатации, Вт-ч/(м^2 ^{o}С сут.); г. Сочи

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования	78	84	90	96
Тренировочный	44	42	40	38
Массового катания	52	50	48	46
Технического обслуживания, дежурный	30	28	26	24

Расход тепловой энергии на горячее водоснабжение определяется по базовым показателям, приведенным в табл. 2.6.

Таблица 2.6 – Базовый уровень удельного расхода теплоты на горячее водоснабжение ледовых арен, Вт-ч/(м^2 ^{o}С сут.); г. Сочи

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования	2,0	2,5	3,0	3,5
Тренировочный	1,2	1,4	1,6	1,8
Массового катания	1,1	1,2	1,3	1,4
Технического обслуживания, дежурный	0,12	0,11	0,10	0,09

Наибольшее потребление энергии в ледовых аренах приходится на системы холодоснабжения.

Базовые показатели удельного расхода электроэнергии на систему технологического холодоснабжения приведены в табл. 2.7.

Для систем кондиционирования воздуха базовые удельные показатели приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.7 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему технологического холодоснабжения, Вт/м^2, г. Сочи

Режим эксплуатации, температура льда	Доля площади ледового покрытия в общей площади ледового сооружения					
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
-4	26	39	52	65	78	91
-6	28	42	56	70	84	98
-8	30	45	60	75	90	105

Таблица 2.8 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему холодоснабжения СКВ, Вт-ч/(м^2 ^{o}С сут.)*, г. Сочи

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования	54	60	66	72
Тренировочный	32	34	36	38
Массового катания	32	34	36	38
Технического обслуживания, дежурный	12	13	14	15

* Градусо-сутки определяются помесячно относительно температуры приточного воздуха +16° С

Базовые удельные показатели расхода электроэнергии на привод циркуляционных насосов теплоснабжения, отопления, водоснабжения (кроме насосов, входящих в состав холодильных центров), а также вентиляторов систем вентиляции и кондиционирования воздуха, приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на привод вентустановок и насосов (кроме насосов в составе холодильных станций) (Вт/м^2)

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования	6,2	6,4	6,8	7,0
Тренировки	4,1	4,2	4,3	4,4
Массовое катание	4,0	4,1	4,2	4,3
Техническое обслуживание, дежурный режим	1,2	1,2	1,2	1,2

Удельные нагрузки на системы внутреннего освещения приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на освещение ледовых сооружений (Вт/м^2)

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования	30,0	32,0	34,0	36,0
Тренировки	28,0	29,5	31,0	32,5
Массовое катание	26,0	27,0	28,0	29,0
Техническое обслуживание, дежурный режим	6,0	6,0	6,0	6,0

Общая энергоэффективность ледового сооружения оценивается по совокупным затратам и тепловой, и электрической энергии.

Для оценки общей энергоэффективности здания принята следующая формула приведения:

$$Э_о = Э_э + 0,4 \cdot Э_т$$

где $Э_о$, $Э_э$, $Э_т$ – энергоемкость соответственно общая приведенная, электрическая и тепловая;

0,4 – коэффициент приведения, равный соотношению тарифов тепловой и электрической энергии.

В табл. 2.11 приведены значения удельной потребляемой мощности систем инженерного обеспечения ледовых арен в расчете на 1 м^2 общей полезной площади объекта.

Таблица 2.11 – Базовый уровень потребляемой приведенной мощности системами инженерного обеспечения ледовых арен (Вт/м^2)

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования	71,5	76,7	82,3	82,3
Тренировки	65,4	67,2	68,5	68,5
Массовое катание	63,1	64,8	66,6	66,7
Техническое обслуживание, дежурный режим	36,7	37,8	38,7	38,8

Примечание: Коэффициент приведения тепловой энергии к электрической принят – 0,4.

Для перехода к стандартным показателям удельного энергопотребления значения показателей энергоемкости в табл. 2.11, соответствующие тому или иному режиму эксплуатации объекта, необходимо перемножить на число часов работы сооружения в этом режиме.

Для некоторого стандартного режима годовой эксплуатации ледовой арены показатели годовой энергоэемкости приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12 – Базовый уровень удельного приведенного расхода энергии на системы инженерного обеспечения ледовых арен для объектов СОЧИ-2014, кВт-ч/м^2 год

Режим эксплуатации	Доля площади арены (поле + трибуны) в общей площади ледового сооружения			
	0,4	0,5	0,6	0,7
Соревнования (1500 час/год)	107,2	115,1	123,4	131,6
Тренировки (2500 час/год)	163,4	168,0	171,2	175,0

Массовое катание (1765 час/год)	111,0	114,1	117,2	120,1
Техническое обслуживание, дежурный режим (3000 час/год)	110,2	113,3	116,0	118,8
ВСЕГО	491,8	510,5	527,8	545,5

Примечание: Коэффициент приведения тепловой энергии к электрической принят – 0,4.

Проиллюстрируем применение базовых показателей на примере.

Исходные данные:

- полезная площадь ледового сооружения – 10.000 м^2;
- доля ледовой арены (поле + трибуны) в общей площади – 0,5;
- температура льда - 6° С;
- продолжительность режимов эксплуатации (час/год):
  - соревнование – 1500;
  - тренировки – 2500;
  - массовое катание – 1765;
  - техническое обслуживание, дежурный режим – 3000.

Все режимы равномерно распределены по сезонам. Требуется определить при стандартном исполнении систем инженерного обеспечения отдельные составляющие и общие приведенные показатели годового энергопотребления.

1. Показатели удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию (табл. 2.5). Показатель ГСОП относительно температуры внутреннего воздуха +18° С – 1067° С·сут.

Режим эксплуатации	Единица измерения	Значение
Соревнование	кВт-ч/м^2 год	$\frac{84 \cdot 1500 \cdot 15,3}{8760000} = 15,3$
Тренировки	кВт-ч/м^2 год	$\frac{42 \cdot 2500 \cdot 1067}{8760000} = 12,8$
Массовое катание	кВт-ч/м^2 год	$\frac{50 \cdot 1765 \cdot 1067}{8760000} = 10,7$
Техническое обслуживание, дежурный режим	кВт-ч/м^2 год	$\frac{28 \cdot 3000 \cdot 1067}{8760000} = 10,2$
За год	кВт-ч/м^2 год	49,0

2. Показатели удельного расхода тепловой энергии на систему горячего водоснабжения (табл. 2.6).

Режим эксплуатации	Единица измерения	Значение
Соревнование	кВт-ч/м^2 год	$\frac{2,5 \cdot 1500}{1000} = 3,82$
Тренировки	кВт-ч/м^2 год	$\frac{1,4 \cdot 2500}{1000} = 3,5$
Массовое катание	кВт-ч/м^2 год	$\frac{1,2 \cdot 1760}{1000} = 2,1$
Техническое обслуживание, дежурный режим	кВт-ч/м^2 год	$\frac{0,11 \cdot 3000}{1000} = 0,3$
За год	кВт-ч/м^2 год	9,7

3. Показатель удельного расхода электроэнергии на систему технического холодоснабжения (табл. 2.7). Время эксплуатации ледового покрытия 4380 часов. Доля площади ледового покрытия – 0,2.

$$Э_{тх} = \frac{28 \cdot 8760}{1000} = 245,3 кВт - ч / (м^2 год)$$

4. Показатель удельного расхода электроэнергии на систему кондиционирования воздуха (табл. 2.8). ГМОП периода охлаждения – 766 (^{o} С· сут.)

Режим эксплуатации	Единица измерения	Значение
Соревнование	кВт-ч/м^2 год	$\frac{60 \cdot 766 \cdot 1500}{8760000} = 7,9$
Тренировки	кВт-ч/м^2 год	$\frac{34 \cdot 766 \cdot 2500}{8760000} = 7,4$
Массовое катание	кВт-ч/м^2 год	$\frac{34 \cdot 766 \cdot 1760}{8760000} = 5,2$
Техническое обслуживание, дежурный режим	кВт-ч/м^2 год	$\frac{13 \cdot 766 \cdot 3000}{8760000} = 3,4$
За год	кВт-ч/м^2 год	23,9

5. Показатели удельного расхода электроэнергии на привод вентустановок и насосов (табл. 2.9).

Режим эксплуатации	Единица измерения	Значение
Соревнование	кВт-ч/м^2 год	9,6
Тренировки	кВт-ч/м^2 год	10,3
Массовое катание	кВт-ч/м^2 год	7,1
Техническое обслуживание, дежурный режим	кВт-ч/м^2 год	3,6
За год	кВт-ч/м^2 год	30,6

6. Показатели удельного расхода электроэнергии на освещение ледовых сооружений (табл. 2.10).

Режим эксплуатации	Единица измерения	Значение
Соревнование	кВт-ч/м^2 год	48,0
Тренировки	кВт-ч/м^2 год	73,8
Массовое катание	кВт-ч/м^2 год	47,5
Техническое обслуживание, дежурный режим	кВт-ч/м^2 год	18,0
За год	кВт-ч/м^2 год	187,3

7. Базовый уровень удельного приведенного расхода энергии на системы инженерного обеспечения (табл. 2.11 и 2.12), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации	Отопление и вентиляция*	Горячее водоснабжение*	Технологический холод	Холод СКВ	Электропривод вентиляторов и насосов	Освещение	ВСЕГО
Соревнование	6,1	1,5	42,0	7,9	9,6	48,0	115,1
Тренировки	5,1	1,4	70,0	7,4	10,3	73,8	168,0
Массовое катание	4,3	0,8	49,2	5,2	7,1	47,5	114,1
Техническое обслуживание, дежурный режим	4,1	0,1	84,1	3,4	3,6	18,0	113,3
За год	19,6	3,9	245,3	23,9	30,6	187,3	510,6

* Тепловая энергия приведена к электрической с коэффициентом приведения 0,4.

Таблица 2.13 - Среднемесячное значение солнечной радиации для г. Сочи (широта 43,6) в условиях реальной облачности (кВт-ч/м^2)

Месяц	Горизонтальные поверхности	Вертикальные поверхности	Наклонные поверхности 35°	Вращение вокруг полярной оси
1	37,0	65,8	62,0	76,0
2	55,2	76,5	80,2	99,1
3	84,0	78,1	103,5	129,9
4	116,6	80,0	125,0	160,1
5	167,1	86,9	163,0	222,1
6	199,0	86,2	184,9	269,3
7	206,8	95,7	198,1	289,0
8	185,0	113,6	197,0	284,0
9	130,1	119,0	161,6	222,0
10	95,4	130,0	141,7	185,8
11	54,2	97,6	92,8	117,2
12	34,7	67,6	61,7	75,6
Год	1365,1	1099,9	1571,4	2129,9

3. УТОЧНЕННЫЕ БАЗОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ГРУППАМ ТЕПЛОПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ ДЛЯ ГОСТИНИЦ И ОФИСНЫХ ЗДАНИЙ

Базовые показатели удельных расходов тепловой энергии (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и электрической энергии (привод холодильных машин, вентустановок, насосов, источники света) для общественных зданий были укрупнено разработаны в рамках стандарта национального Объединения строителей СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 [16].

Учитывая, что в рамках работы конкретизировано назначение общественных зданий – гостиница и офисный комплекс, а также имеется климатическая привязка – г. Сочи, упомянутые выше показатели могут быть уточнены.

При доработке показателей были приняты во внимание предложения по внесению изменений – Постановление Правительства РФ № 18 от 25.01.2011 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

Базовые показатели удельных расходов энергии в офисных зданиях (г. Сочи) приведена в табл. 3.1-3.6.

Таблица 3.1 – Базовый уровень удельного расхода тепловой энергии на системы отопления и вентиляции офисных зданий* (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации (час/неделя)	Среднесуточные удельные внутренние тепловыделения, Вт/м^2					
	5-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35
40-60	273	228	188	166	117	78
61-80	283	238	198	176	127	88
81-100	292	247	207	185	136	97
101-120	298	253	213	191	142	103
121-140	304	259	219	197	148	109
141-168	312	267	227	215	156	117

* Коэффициент компактности базового офисного здания (отношение полезной общей площади здания к площади наружной оболочки) – 1,15.

Таблица 3.2 – Базовый уровень удельного расхода тепловой энергии на систему горячего водоснабжения офисных зданий*)г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации (час/неделя)	Площадь, приходящаяся на одного сотрудника, м^2/чел.				
	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
40-60	8,2	6,5	5,4	4,6	4,0
61-80	9,9	7,8	6,4	5,5	4,8
81-100	12,7	10,0	8,2	7,0	6,1
101-120	15,4	12,2	10,1	8,6	7,4
121-140	18,2	14,4	8,5	10,1	8,8
141-168	21,5	17,0	14,0	12,6	9,5

* Норма расхода горячей воды 5 л/смена на 1 сотрудника; температура горячей воды – 65° С.

Таблица 3.3 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему холодоснабжения для СКВ офисных зданий (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации (час/неделя)	Среднесуточные удельные внутренние тепловыделения, Вт/м^2					
	5-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35
40-60	31,9	34,9	37,9	39,4	41,3	43,1
61-80	42,5	46,5	50,0	52,5	55,0	57,5
81-100	51,0	55,8	60,0	63,0	66,0	69,0
101-120	61,4	65,1	70,0	73,5	77,0	80,5
121-140	65,9	72,1	77,5	81,4	85,3	89,1
141-168	72,3	79,1	85,0	89,3	93,5	97,8

Таблица 3.4 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на привод насосов и вентустановок офисных зданий (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации (час/неделя)	Площадь здания, приходящаяся на одного сотрудника, м^2/чел.				
	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
40-60	12,0	10,0	8,3	7,0	6,1
61-80	14,4	12,0	10,0	8,4	7,3
81-100	16,4	13,7	11,4	9,6	8,4
101-120	18,2	15,2	12,6	10,6	9,3
121-140	19,9	16,6	13,8	11,6	10,1
141-168	21,6	18,0	14,9	12,6	11,0

Таблица 3.5 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на системы освещения офисных зданий (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации (час/неделя)	Средний уровень освещенности, лк					
	100-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400
40-60	38,5	56,0	70,0	87,5	90,5	119,0
61-80	42,0	67,0	84,0	105,0	126,0	143,0
81-100	54,0	78,5	90,0	124,5	147,0	166,5
101-120	61,5	89,5	112,0	140,0	168,0	190,5
121-140	69,5	101,0	126,0	155,0	189,0	214,0
141-168	77,0	112,0	140,0	175,0	210,0	238,0

Таблица 3.6 – Базовый уровень удельного расхода приведенной энергии на инженерные системы офисных зданий* (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Режим эксплуатации (час/неделя)	Среднесуточные удельные тепловыделения, Вт/м^2					
	5-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35
40-60	242	227	214	206	188	175
61-80	276	258	245	240	222	209
81-100	310	297	285	279	258	246
101-120	340	326	315	315	294	282
121-140	363	351	341	335	320	308
141-168	397	386	376	375	356	345

* Коэффициент приведения тепловой энергии к электрической принят – 0,4.
Средний базовый уровень освещенности в здании принят 250-300 лк.
Средняя площадь на 1 сотрудника – 9,5 м^2.

Комментарии к базовым показателям энергоемкости офисных зданий:

- удельные расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию, электроэнергии для систем холодоснабжения устанавливаются в зависимости от режима эксплуатации здания (часов в неделю) от 1 смены до круглосуточной ежедневной работы и среднесуточных внутренних тепловыделений. В состав среднесуточных внутренних тепловыделений входят тепловыделения от людей, компьютеров и оргтехники, освещения и инсоляции;
- удельные расходы тепловой энергии на горячее водоснабжение определяются режимом эксплуатации и площадью здания, приходящейся на одного сотрудника; по этим же показателям устанавливаются базовые удельные показатели расхода электроэнергии на привод насосов и вентустановок;

- показатели удельных расходов электроэнергии на освещение офисных зданий устанавливаются в зависимости от режимов эксплуатации и нормативной освещенности на рабочих местах и во вспомогательных помещениях.

В расчет принимаются зоны с недостаточным естественным освещением, за исключением периметральных помещений и зон глубиной до 6 м, где соблюдаются нормы естественной освещенности в дневное время.

Приведенный базовый уровень удельного расхода энергии интегрирует и тепловую, и электрическую энергию. Учитывая различный расход топлива для выработки тепловой и электрической энергии, принят коэффициент приведения тепловой энергии к электрической, равный 0,4. Величина коэффициента приведения может уточняться в зависимости от технико-экономических показателей выработки энергии местными источниками.

Применение базовых показателей удельных расходов энергии в офисных зданиях удобно проследить на примере.

Исходные данные:

- полезная площадь офисного здания – 8400 м^2;
- режим эксплуатации – 70 час/нед.;
- площадь, приходящаяся на одного сотрудника – 9,5 м^2;
- средний уровень искусственной освещенности – 225 лк;
- среднесуточные удельные тепловыделения – 18 Вт/м2.

Определить при традиционных решениях инженерных систем удельные расходы энергии по отдельным системам и общие приведенные показатели.

1. Базовый показатель удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию принимаются по табл. 3.1:

$E_{О,В}$ = 198 кВт-ч/(м^2 год)

2. Базовый показатель удельного расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение принимается по табл. 3.2:

$E_{ГВС}$ = 7,8 кВт-ч/(м^2 год)

3. Базовый показатель удельного расхода электроэнергии на систему холодоснабжения для СКВ принимается по табл. 3.3:

$E_{Х}$ = 50 кВт-ч/(м^2 год)

4. Базовый показатель удельного расхода на привод насосов и вентиляторов принимается по табл. 3.4:

$E_{Н,В}$ = 12 кВт-ч/(м^2 год)

5. Базовый показатель удельного расхода электроэнергии на освещение принимается по табл. 3.5:

$E_{ОС}$ = 84 кВт-ч/(м^2 год)

6. Базовый показатель приведенного удельного расхода энергии на офисное здание принимается по формуле:

$E_{ПРИВ} = \Sigma E_{ЭЛ} + 0{,}4\ \Sigma E_{ТЕПЛ}$

$E_{ПРИВ} = E_X + E_{Н,В} + E_{ОС} + 0{,}4\ (E_{О,В} + E_{ГВС})$

$E_{ПРИВ}$ = 50 + 12 + 84 + 0,4 (198 + 7,8) = 228 кВт-ч/(м^2 год)

Как изменятся удельные расходы энергии при замене традиционных решений инженерных систем на энергосберегающие:

- применение адаптивной вентиляции «по потребности» с использованием роторных утилизаторов теплоты вытяжного воздуха с экономией тепловой энергии в балансе расхода на отопление и вентиляцию на 45% в годовом цикле и экономией холода в теплый период года на 35%;
- применение автоматической управляемой системы освещения с использованием датчиков освещенности и присутствия (движения) с экономией электрической энергии – 25%;

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию составит:

$E_{О,В}$ = (1 – 0,45) 198 = 129 кВт-ч/(м^2 год)

Расход электроэнергии на холодильные машины

E_X = (1 – 0,35) 50 = 33 кВт-ч/(м^2 год)

Расход электроэнергии на системы освещения:

$E_{ОС}$ = (1 – 0,25) 84 = 63 кВт-ч/(м^2 год)

Приведенный показатель составит:

$E_{ПРИВ}$ = 33 + 12 + 63 + 0,4 (129 + 7,8) = 163 кВт-ч/(м^2 год)

или 71,5% от базового показателя.

Базовые показатели удельных расходов энергии в гостиницах (г. Сочи) приведены в табл. 3.7-3.12.

Таблица 3.7 – Базовый уровень удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в гостиницах (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Число этажей	Площадь, приходящаяся на 1 постояльца			
	12-15	16-19	20-23	24-30
2	27,5	24,8	23,1	21,9
3	26,2	23,6	21,9	20,8
4	24,9	22,4	20,8	19,8
5-6	23,6	21,2	19,7	18,7
7-8	22,4	20,2	18,8	17,9
9-10	21,3	19,2	17,9	17,0
>10	20,5	18,5	17,2	16,3

Таблица 3.8 – Базовый уровень удельного расхода энергии на систему горячего водоснабжения гостиниц* (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Тип гостиницы	Площадь, приходящаяся на 1 постояльца, м^2/чел.			
	12-15	16-19	20-23	24-30
Стандартная	110	96	85	75
С бассейном, ФОК	121	106	94	83

* Норма расхода горячей воды – 70 л на постояльца в сутки;

Температура горячей воды – 65° С.

Среднегодовой уровень заполняемости гостиницы – 70%.

Таблица 3.9 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему холодоснабжения для СКВ гостиниц (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Тип гостиницы	Площадь, приходящаяся на 1 постояльца, м^2/чел.			
	12-15	16-19	20-23	24-30
Стандартная	62	60	58	56
С бассейном, ФОК	72	70	68	66

Таблица 3.10 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на привод насосов и вентустановок гостиниц (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Тип гостиницы	Площадь, приходящаяся на 1 постояльца, м^2/чел.			
	12-15	16-19	20-23	24-30
Стандартная	18,2	16,4	14,6	12,8
С бассейном, ФОК	20,0	18,0	16,0	14,0

Таблица 3.11 – Базовый уровень удельного расхода электроэнергии на систему освещения гостиниц (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Тип гостиницы	Площадь, приходящаяся на 1 постояльца, м^2/чел.			
	12-15	16-19	20-23	24-30
Стандартная	80	78	76	74
С бассейном, ФОК	82	80	78	76

Таблица 3.12 – Базовый уровень приведенного удельного расхода энергии в гостиницах* (г. Сочи), кВт-ч/(м^2 год)

Число этажей	Площадь, приходящаяся на 1 постояльца, м^2/чел.			
	12-15	16-19	20-23	24-30
2	215/233	202/220	192/209	182/198
3	216/234	201/219	191/208	181/197
4	215/233	200/209	190/207	180/196
5-6	214/232	199/207	189/206	179/195
7-8	213/231	198/206	188/205	178/194
9-10	212/230	197/205	187/204	177/193
>10	210/228	195/203	185/202	175/191

* Числитель – стандартный тип гостиниц; знаменатель – гостиница с бассейном и ФОК

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассчитан по традиционным инженерным и строительным решениям в зависимости от этажности зданий и общей полезной площади, приходящейся на одного постояльца.

Удельные расходы тепловой энергии на ГВС и электрической на холодоснабжение, привод насосов и вентиляторов, освещение определены в зависимости от общей площади, приходящейся на постояльца, и от типа гостиницы – стандартная или с бассейном и физкультурно-оздоровительным комплексом.

Проиллюстрируем расчет базовых показателей удельного энергопотребления гостиниц примером.

Исходные данные:

- площадь трехэтажной гостиницы – 3200 м^2;
- расчетное количество постояльцев – 200;

- тип гостиницы – стандартная – 3 звезды (номерной фонд, ресторан, кафе, вспомогательные помещения, уличная парковка).

1. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию - по табл. 3.7:

$E_{О,В}$ = 21,9 кВт-ч/(м^2 год)

1. Удельный расход тепловой энергии на ГВС - по табл. 3.8:

$E_{ГВС}$ = 85 кВт-ч/(м^2 год)

2. Удельный расход энергии на холодоснабжение СКВ - по табл. 3.9:

$E_{Х}$ = 58 кВт-ч/(м^2 год)

3. Удельный расход энергии на привод насосов и вентиляторов - по табл. 3.10:

$E_{Н,В}$ = 14,6 кВт-ч/(м^2 год)

4. Удельный расход энергии на освещение - по табл. 3.11:

$E_{ОС}$ = 76 кВт-ч/(м^2 год)

5. Приведенный общий удельный расход энергии:

$E_{ПРИВ} = E_{Х} + E_{Н,В} + E_{ОС} + 0,4\ (E_{О,В} + E_{ГВС})$

$E_{ПРИВ}$ = 58 + 14,6 + 76 + 0,4 (21,9 + 85) = 191 кВт-ч/(м^2 год).

Рассмотрим, как изменится энергоемкость гостиницы при переходе от стандартных инженерных и строительных решений к некоторым энергосберегающим:

- вместо прямоточной вентиляции применение гибридной (естественная при соответствующей температуре наружного воздуха, в остальное время механическая с утилизацией теплоты приточного воздуха) – экономия тепловой энергии – 55%, экономия электроэнергии для выработки холода – 25%;
- автоматическая управляющая система освещением с датчиками освещенности и движения во вспомогательных помещениях и зонах; экономия электроэнергии – 20%;
- оптимизация скорости движения рабочей среды в трубопроводных сетях (водопровод, холодоснабжение, теплоснабжение, вентиляция); экономия электроэнергии – 60%.

Снижение удельного расхода тепловой энергии составит:

$\Delta E_{О,В} = 0,55 \cdot 21,9 = 12$ кВт-ч/(м^2 год)

Снижение удельного расхода электроэнергии на холодоснабжение составит:

$\Delta E_{Х} = 0,25 \cdot 58 = 15$ кВт-ч/(м^2 год)

Снижение удельного расхода электроэнергии на освещение составит:

$\Delta E_{ОС} = 0,2 \cdot 76 = 15$ кВт-ч/(м^2 год)

Снижение удельного расхода электроэнергии на привод насосов и вентиляторов составит:

$$\Delta E_{Н,в} = 0,6 \cdot 14,6 = 9 \text{ кВт-ч/(м}^2 \text{ год)}$$

Общая приведенная экономия энергии составит:

$$E_{ПРИВ} = 15 + 15 + 9 + 0,4 \cdot 12 = 44 \text{ кВт-ч/(м}^2 \text{ год)}$$

или 23% от первоначального уровня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ энергоемкости отдельных потребителей ледовых сооружений позволил определить базовые показатели удельных расходов тепловой и электрической энергии систем инженерного обеспечения зданий.

2. К числу определяющих энергоемкость факторов относятся режим эксплуатации сооружений, расчетная вместительность зрителей и доля ледовой арены (поле + трибуны) в общей площади сооружения.

3. Энергоемкость офисных зданий определяется в зависимости от удельных внутренних тепловыделений, плотности размещения сотрудников и режимов эксплуатации.

4. Определяющими факторами энергоемкости гостиниц являются их этажность, расчетная площадь, приходящаяся на одного постояльца и тип гостиницы – стандартная или с бассейном и физкультурно-оздоровительным комплексом.

5. Для интеграции тепловой и электрической энергии в единый обобщенный показатель энергоемкости зданий и сооружений предложен коэффициент приведения для тепловой энергии, равный соотношению тарифов на эти виды энергии – 0,4.

6. Приведенный базовый показатель удельных расходов энергии может быть преобразован в показатель удельного расхода условного топлива с учетом конкретных топливных характеристик энергоисточников Олимпиады СОЧИ-2014 и в показатели эмиссии диоксидов углерода в атмосферу.

7. Разработанные базовые показатели удельной энергоемкости объектов служат основой для качественной оценки энергоемкости представительных объектов, выбранных с учетом предложений Заказчика из числа реализуемых проектов Олимпиады.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гранев В.В., Лейкина Д.К., Моторин В.В. Многофункциональные спортивные комплексы. – М., 2011.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г.
3. СП 50.13330.2011. Тепловая защита зданий.
4. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
5. Табунщиков Ю.А., Наумов А.Л. Энергоэффективность в строительстве. Гармонизация отечественной нормативной базы. Журнал АВОК № 6, 2012.
6. Пугачев С.В., Табунщиков Ю.А., Наумов А.Л., Фадеева Е.Н. Российская концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений. Журнал АВОК № 8, 2011.
7. Панкратов В.В., Шилкин Н.В. Особенности климатизации ледовых арен. Журнал АВОК № 8, 2009.
8. Наумов А.Л. Оценка и роль теплозащиты общественных зданий. Журнал АВОК № 7, 2009.
9. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М., 2003.
10. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Журнал АВОК № 1-3, 2009.
11. Табунщиков Ю.А., Наумов А.Л., Гранев В.В., Акиев Р.С.. Национальная рейтинговая система оценки качества зданий.
12. EN 15203-2005/ Энергетические характеристики зданий. Полное потребление энергии и определение номинальных энергетических параметров.
13. EN15326-1-2007. Системы отопления зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности систем.
14. EN 15603-2008.Энергетические характеристики зданий. Общее использование энергии и определение номинальных энергетических характеристик.
15. Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 № 18 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности».
16. Стандарт СТО НОСТРОЙ. «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания». СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011.