

Особенности проектирования инженерных систем футбольных стадионов

Л. В. Иванихина, к. т. н., начальник отдела инженерных систем

А. С. Стронгин, к. т. н., главный специалист

Е. С. Суханова, инженер, главный специалист

АО «ЦНИИПромзданий»

В институте АО «ЦНИИПромзданий» накоплен опыт проектирования спортивных комплексов, обеспечивающих комфортную среду для проведения спортивных соревнований, в том числе международных, а также тренировок, спортивно-оздоровительных и культурно-зрелищных мероприятий [1].

В 2015–2017 гг. АО «ЦНИИПромзданий» разработал проекты ряда стадионов, строящихся и реконструируемых для чемпионата мира по футболу (ЧМ 2018), который пройдет в России:

- стадион в Калининграде, Солнечный бульвар, 35 000 зрительских мест (в том числе временные трибуны на 10 000 мест), новое строительство;
- стадион в Ростове-на-Дону, Левобережная зона, 45 000 зрительских мест, новое строительство;
- стадион в Казани, ул. Чистопольская, 45 000 зрительских мест, реконструкция.

При проектировании футбольных стадионов необходимо учитывать требования, предъявляемые руководящими документами ФИФА [2], а также национальных и межгосударственных стандартов.

Требования [2] предписывают: «Приложить все необходимые усилия, чтобы стадион был оснащен ультрасовременной системой вентиляции, отопления и кондиционирования ... на основе новейших «зеленых» экологических стандартов, постоянно поддерживающей климат-контроль во внутренних помещениях стадиона».

Современный стадион — это многофункциональный спортивный комплекс (МСК), обеспечивающий:

- проведение спортивных соревнований, в том числе международных мирового уровня (режим «ЧМ»);
- проведение спортивно-оздоровительных и культурно-зрелищных мероприятий (режим «Наследие»).

Технологические требования к инженерным системам МСК включают:

- спортивную технологию;
- вспомогательную технологию;
- медицинскую технологию;
- технологию общепита;
- технологию безопасности;
- технологию связи и коммуникаций;
- санитарно-гигиенические условия;
- многофункциональность и многорежимность инженерных систем.

Требования технологии определяют следующие условия проектирования инженерных систем:

1. Инженерные системы должны отвечать критериям энергоэффективного здания, функционально сочетающего архитектурно-планировочные приемы энергосбережения, высокий уровень теплозащиты наружных ограждений с современными инженерно-технологическими решениями.
2. Инженерные системы должны быть многозональными, малоинерционными с большой глубиной регулирования.
3. Для специальных зон должны предусматриваться системы полного кондиционирования микроклимата с контролем и регулированием температуры, влажности, чистоты и подвижности воздуха, радиационной температуры.
4. Инженерные коммуникации и оборудование (трубопроводы, воздуховоды, воздухораспределители и т. п.), особенно в изменяемых пространствах, должны быть конструктивными элементами интерьеров, не препятствующими объемно-планировочным трансформациям.
5. Энергетический центр МСК должен формироваться по алгоритму многорежимного функционирования всего комплекса энергопотребляющих систем с учетом взаимного влияния (одновременная выработка тепловой энергии и холода), возможностей аккумулирования энергии для покрытия пиковых нагрузок.
6. В ряде случаев при дефиците централизованного энергоснабжения целесообразно использование автономных автоматизированных источников теплоснабжения или когенерационных установок.
7. МСК как наиболее сложные инженерно-технологические объекты должны обеспечиваться автоматическим управлением и соответствовать современным критериям интеллектуального здания.
8. Требования к повышенной надежности применительно к инженерному обеспечению реализуются резервированием наиболее ответственных элементов

систем и оборудования (теплообменники, насосы, вентиляторы, ВРУ, дизель-генераторы и т. п.), а также применением высококачественных, долговечных инженерных элементов с высокой степенью ремонтпригодности.

9. Реализация требований высокой безопасности МСК в части инженерных систем связана не только с устройством специальных систем пожаротушения и дымоудаления, но и защитными антитеррористическими мероприятиями, системами охраны и доступа различного зонального уровня ответственности.

Стадионы должны быть сертифицированы по рейтингам «зеленого строительства» (LEED или BREEAM).

Для успешной сертификации следует придерживаться следующих принципов:

- использовать возобновляемые источники энергии (фотоэлектрические преобразователи, тепловые насосы и пр.);
- применять автоматические системы экономии воды (разделение технического и питьевого водоснабжения, сантехнические приборы «двойного смыва», поддержание оптимального гидравлического режима повысительных насосов, водооборотные системы, сбор, подготовка и использование дождевой и талой воды);
- оптимизация электроснабжения (высокоэффективные трансформаторы с принудительным охлаждением, энергосберегающие лампы нового поколения и пр.);
- энергоэффективные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (использование оборудования высокого класса энергоэффективности — А, утилизация вторичного низкопотенциального тепла, погодозависимая автоматика, количественно-качественное регулирование и пр.);
- шумозащитные мероприятия (шумоизоляционные экраны, снижение шума от инженерных систем и технологического оборудования и пр.);
- утилизация отходов с максимальным вторичным использованием;
- экологические требования к применяемым строительным материалам и оборудованию (обеспечение ПДК выбросов и пр.).

Минимальный уровень баллов в рейтинге LEED должен составлять 40÷49.

Стадионы необходимо оснащать системами безопасности, в том числе обеспечиваемыми средствами вентиляции:

1. Удаление продуктов горения из конференц-залов, ложи VVIP и коридоров, с компенсацией приточным воздухом (не менее 70%).
2. Подача воздуха приточной противодымной вентиляцией:
 - в лифтовые шахты и отдельно лифты для перевозки пожарных;
 - в незадымляемые лестничные клетки;
 - в безопасные зоны для маломобильных групп населения.

3. Проверка систем кондиционирования на отсутствие в обслуживаемом помещении превышения допустимой аварийной концентрации хладона при разгерметизации системы.

Повышенные требования предъявляются к надежности следующего электроснабжающего оборудования:

- оборудование противопожарной защиты;
- лифты;
- аварийное эвакуационное освещение;
- освещение поля;
- видеотабло;
- оборудование для теле-радиотрансляций;
- оборудование слаботочных систем (звукоусиление, система передачи данных и т. д.).

По надежности электроснабжения перечисленное оборудование относится к особой группе 1 категории надежности, с учетом дополнительного требования бесперебойности питания. Мощность оборудования, отнесенного к особой группе, составляет до 50% от общей электрической нагрузки.

Особая группа надежности обеспечивается дизельными электростанциями (ДГУ) и источниками бесперебойного питания (ИБП), что соответствует уровню качества 3 по классификации [2] (зарезервированная и бесперебойная система).

Инженерные системы МСК отличаются большим диапазоном изменения нагрузок, который может достигать 80%. Переменные нагрузки вызваны следующими факторами:

- изменение назначения зала (спортивные соревнования, тренировки, концерт, дискотека, «простой» и т. д.);
- изменение зала за счет трансформации;
- изменение сезонных и суточных климатических условий.

Системы автоматизации МСК должны соответствовать следующим критериям «интеллектуального» здания:

- построение общего алгоритма и программного обеспечения управления, автоматизации, контроля и диспетчеризации инженерных систем в зависимости от режимов эксплуатации, функциональной трансформации помещений, заданных параметров микроклимата по зонам;
- формирование многоуровневой функционально совместимой системы микропроцессоров и контроллеров и соответствующей элементной базы всех слаботочных систем (СКС, радио, телевидение, системы охраны, доступа, видеонаблюдения,

автоматизации и диспетчеризации и т. д.) с возможностью развития и адаптации к изменяющимся условиям;

- обеспечение функций архивирования, систематизации, анализа и приоритетной выборки массива управляющей и контрольной информации.

Учитывая значительное потребление энергоресурсов (тепловой и электрической энергии), при проектировании стадионов следует уделять особое внимание энергоэффективности.

Целесообразно применение следующих энергосберегающих решений инженерных систем:

1. Применение систем с качественно-количественным регулированием, с переменным расходом воздуха (адаптивная вентиляция).

Переменный расход может обеспечиваться как за счет применения нескольких систем одного назначения, обслуживающих одно помещение, так и с использованием вентагрегатов с регулируемым приводом.

Системы воздухораспределения должны поддерживать комфортные условия во всем диапазоне изменения нагрузок; температурная стратификация должна быть минимальной; температура притока регулируется соотношением количества наружного и рециркуляционного воздуха.

2. Учет инерционных свойств помещения при изменении режимов эксплуатации: использование «запасов» тепла (холода) и свежего воздуха, «запаздывание» перехода на новые расчетные режимы.
3. Использование вторичных энергоресурсов:
 - утилизация тепла (холода) вытяжного воздуха;
 - использование сбросного тепла хладоцентров (на нужды ГВС).
4. Применение в системе ГВС баков-аккумуляторов:
 - снижение пиковых электрических нагрузок и электропотребления;
 - возможность использования солнечных коллекторов.
5. Использование свободного охлаждения (фрикулинг) для выработки холода в переходный и холодный периоды года.
6. Применение интеллектуальной автоматизации и диспетчеризации инженерных систем на базе алгоритма функционального управления и регулирования.

Футбольный стадион обычно разделяется на 4 трибуны или сектора, оснащаемые автономными инженерными системами (ТП, ГРЩ, ИТП, вентиляция и пр.).

Выделяется главная трибуна со следующими зонами:

- зоны, связанные с соревнованиями;
- VIP-трибуны;
- трибуны СМИ.

Посетители стадиона делятся на следующие категории:

- команды / официальные лица;
- VIP / VVIP;
- гостевое обслуживание;
- СМИ;
- персонал стадиона / волонтеры;

- обычные зрители / зрители с ограниченными возможностями.

Приведем в качестве примера номенклатуру представительных помещений, а также основные показатели по инженерным системам.

Стадион в Калининграде с размером арены 175,65 x 203,65 (в осях) имеет 5 уровней и 3 яруса открытых трибун (рис. 1, 2, 3).

На отм. 0.00 расположен уровень чистого пола 1-го этажа.

Отм. +5.5 (второй уровень) — выход зрителей из фойе на трибуны. В фойе расположены буфеты, торговые киоски, туалеты и пр. (Восточная, Южная и Северная трибуны).

Отм. 0.00 (Западная трибуна) — входы VVIP-персон, прессы, представителей ФИФА и спортсменов, пресс-центр, офисы ФИФА, помещения субъекта государственной охраны и др.

Отм. +5.47 (Западная трибуна) — ложа VIP-персон.

Отм. +9.97 — SKY-боксы, ложа VVIP (до 60 человек), ложа ЛОК и ФИФА, аппаратная, пункт безопасности и пр.

Отм. +14.47 — места прессы и комментаторов, TV-камер и пр. (Западная трибуна). На других трибунах — зрительские фойе 3-го уровня трибун.

Отм. +20.12 — технический этаж, техпомещения, венткамеры, электрощитовые и др.

Наружные стены — витражные и бетонные конструкции. Фасадная система — навесные перфорированные панели.

Все здание стадиона относится к одному пожарному отсеку.

ИТП № 1 — для Западной и Южной трибуны.

ИТП № 2 — для Восточной трибуны.

ИТП № 3 — для Северной трибуны.

В табл. 1 приведены основные показатели проекта по отоплению и вентиляции.

В табл. 2 дана сводная таблица электрических нагрузок в режимах «ЧМ» и «Наследие». Отметим, что увеличение расчетной электрической мощности в режиме «Наследие» связано с возможностью проведения соревнований в холодный период года.

Стадион в Ростове-на-Дону представляет собой здание переменной этажности и состоит из 4 секторов: «А», «Б», «В», «Г» (рис. 4, 5, 6). В секторе «А» (главная трибуна) расположены следующие помещения:

На отм. 0.00 — вестибюли, зона разминки, зал совещаний, душевые, тренерские, административные помещения, медиацентр, серверные, кроссовые и др.

Отм. 3.58, 7.95 — обеденные залы, VIP-ложа, ложа ЛОК, ложа президента ФИФА, ложа SKY-бокс, службы безопасности, кроссовые, аппаратные и др.

Отм. 17.95 — санузлы и буфеты.

Отм. 22.20 — электрощитовые, кроссовые, вентоборудование.

Отм. 30.00 — дикторские, комната отдыха, помещение ФСБ, серверные ФСБ.

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП) расположены в каждом секторе на отм. 0.00 (4 штуки).

В табл. 3 приведены основные показатели проекта по отоплению и вентиляции.

Вывод

Футбольные стадионы относятся к сложным инженерно-технологическим объектам и должны обеспечивать надежное и экономичное функционирование во всех режимах работы.

Инженерные системы должны отвечать критериям энергоэффективного, интеллектуального здания, сочетающего высокий уровень теплозащиты наружных ограждений с современными инженерно-технологическими решениями.

Литература

1. Гранев В. В., Лейкина Д. К., Моторин В. В. Многофункциональные спортивные комплексы. Москва — 2011.
2. Руководство по организации чемпионатов мира FIFA. Руководство по требованиям к стадионам (Инфраструктура и организация деятельности стадионов). Версия для чемпионата мира 2018.

Таблица 1.

Основные показатели проекта по отоплению и вентиляции (Калининград)

Наименование показателя	Величина показателя
Общая площадь здания, м²	112 511,7
Строительный объем, м³	356 299,4
Отапливаемый объем здания, м³	174 583,6

Расход теплоты, кВт	4205,0
в том числе:	
на отопление:	1441,0
- Южная трибуна	302,5
- Западная трибуна	444,5
- Восточная трибуна	310,0
- Северная трибуна	384,0
на вентиляцию:	2764,0
- Южная трибуна	477,8
- Западная трибуна	1314,2
- Восточная трибуна	526,0
- Северная трибуна	446,0
Удельная тепловая характеристика для отопления, Вт/(м ³ × °С)	0,223
Расход холода, кВт	1688,5
- Южная трибуна	509,45
- Западная трибуна	637,95
- Восточная трибуна	161,45
- Северная трибуна	379,65
Установленная мощность, кВт	1850,0
в том числе:	
на вентиляцию:	496,4
- Южная трибуна	79,9
электрокалориферы	27,0
- Западная трибуна	127,4
электрокалориферы	117,6
- Восточная трибуна	76,0
электрокалориферы	38,4

- Северная трибуна	69,1
электрокалориферы	30,0
на ВТЗ:	798,0
- Южная трибуна	156,0
- Западная трибуна	328,5
- Восточная трибуна	175,5
- Северная трибуна	138,0
Наименование показателя	Величина показателя
на VRV-системы:	555,6
- Южная трибуна	178,48
- Западная трибуна	193,32
- Восточная трибуна	51,25
- Северная трибуна	132,55
Установленная мощность на противопожарные мероприятия:	523,8
- Южная трибуна	88,8
электрокалориферы систем ПД	8,9
- Западная трибуна	199,2
электрокалориферы систем ПД	6,0
- Восточная трибуна	111,5
электрокалориферы систем ПД	6,0
- Северная трибуна	91,5
электрокалориферы систем ПД	11,9
Электроотопление:	146,5
- Южная трибуна	40,0
- Западная трибуна	41,0
- Восточная трибуна	35,5

- Северная трибуна	30,0
--------------------	------

Таблица 2.

Сводная таблица электрических нагрузок (Калининград). Режим проведения ЧМ2018 / Режим «Наследие»

№ п/п	Наименование	Установленная мощность, кВт	Расчетная мощность, кВт	Единовременная мощность, кВА
1	2	3	4	5
	ТП1			
1	ГРЩ1	3673,7	1722,5/2157,2	1802,7/2261,9
	ТП2			
3	ГРЩ2	3250,9	1696,6/2058,9	1760,8/2163,0
	ТП3			
4	ГРЩ3	2010,5	1441,3/1565,6	1515,3/1646,9
	ТП4			
6	ГРЩ4	3557,9	1686,8/2333,7	1768,7/2448,8
	Итого по стадиону	124 93,0	6547,4/8116,5	6836,4/8520,5

Таблица 3.

Основные показатели проекта по отоплению и вентиляции (Ростов-На-Дону)

Наименование показателя	Величина показателя
Расход теплоты, Вт/ Гкал/час, в том числе:	8 750 000/7,525
на отопление:	3 076 000/2,6453
- сектор А	970 000/0,8341
- сектор Б	620 000/0,5331
- сектор В	808 000/0,6949

- сектор Г	678 000/0,58308
на вентиляцию:	5 674 000/4,8796
- сектор А	2 509 000/2,1577
- сектор Б	895 510/0,770
- сектор В	1 140 000/0,9804
- сектор Г	1 130 000/0,9718
Расход холода на комфортное кондиционирование (приточные установки), кВт:	717
- сектор А	433
- сектор Б	42
- сектор В	143
- сектор Г	115
Расход холода на комфортное кондиционирование (системы VRV), кВт:	2937
- сектор А	1406
- сектор Б	297
- сектор В	684
- сектор Г	476
Расход холода на технологическое кондиционирование, кВт:	637
- сектор А	230
- сектор Б	172
- сектор В	189

- сектор Г	85
------------	----