

# ВЕНТИЛЯЦИЯ КРЫТЫХ БАССЕЙНОВ И КАТКОВ

Е.П. ВИШНЕВСКИЙ, к.т.н.

М.Ю. САЛИН

Отдел исследований и развития компании United Elements (Санкт-Петербург)

Начало нового века охарактеризовалось возвращением России в лидеры мирового спорта и резким увеличением объемов строительства спортивных объектов. Однако опыт проектирования сложных, в т.ч. многофункциональных, сооружений распространяется недостаточно широко. Мы предлагаем информацию, накопленную российскими и зарубежными специалистами, касающуюся специфических условий внутри спортивных сооружений со значительными градиентами температуры и влажности.

Главной особенностью микроклимата, как в крытых ледовых сооружениях, так и в бассейнах, является возможность образования конденсата на более холодных поверхностях (элементы ограждающих конструкций, ледовая площадка, трубопроводы, воздухопроводы и т.п.). В ряде статей, опубликованных в специализированных журналах, подробно рассматривались источники и методики расчета влагопоступлений для вышеуказанных зданий. Негативные последствия длительного воздействия влаги на несущие конструкции здания известны в связи с обрушениями в аквапарке «Трансвааль» (г. Москва), плавательных бассейнах «Спартак» (г. Новосибирск), «Дельфин» (г. Чусовой) и менее известными случаями. В условиях холодного климата влияние избыточной влаги, помимо прямой угрозы безопасности людей, приводит к заражению помещений грибок, сокращению срока службы оборудования, появлению дискомфортных ощущений и другим серьезным проблемам.



Исходя из этого, главной задачей системы вентиляции на таких объектах является управление уровнем влагосодержания в воздухе. Традиционный метод ассимиляции испарений наружным воздухом в последние десятилетия все больше выходит из употребления. Рассматриваемый метод характеризуется повышенным энергопотреблением в связи с наличием безвозвратных потерь явного тепла (расходуемого на подогрев приточного воздуха) и скрытого тепла (содержащегося в удаляемых с воздухом парах воды). В условиях низких температур на ледовой площадке, осушение при помощи наружного воздуха в большинстве случаев не имеет смысла, поскольку наружный воздух приносит избыточную влагу внутрь крытого катка.

Для решения проблемы избыточной влажности в мировой практике уже более тридцати лет применяют специальные осушительные установки. Причем, если для плавательных бассейнов оптимальным с точки зрения энергоэффективности является конденсационное осушение, то для снижения точки росы на катке используют адсорбционные осушители. Основным элементом конденсационного осушителя является тепловой насос. Теплый влажный воздух из помещения подается в испаритель холодильного контура, что приводит к выпадению влаги на поверхности воздухоохладителя. Скрытое тепло, извлеченное в испарителе из влажного воздуха, возвращается к осушенному воздуху при прохождении его через конденсатор. Фактически, осушаемый воздух приобретает большее количество тепла, чем было из него извлечено, за счет получения энергии, затраченной при работе компрессора. Адсорбционный метод осушения основан на сорбционных (поглощающих) свойствах силикагеля и других веществ. Оба метода осушения, в отличие от осушения нагревом или естественной вентиляции, позволяют осуществлять пропорциональное управление влажностью воздуха.

Благодаря поступлению санитарной нормы воздуха, при влагосодержании в помещении бассейна равном 15,3 г/кг (нормативные параметры: +28 °С и 60% RH), пары воды ассимилируются в той или иной степени. Соответственно, снижается требуемая производительность осушительной установки. В обслуживаемой зоне катка рекомендуется обеспечивать влагосодержание воздуха 5,6 г/кг во избежание образования тумана над льдом, запотевания прозрачного ограждения и капежа конденсата с кровли, подверженной радиационному выхолаживанию.

В этом случае приток наружного воздуха чаще всего увеличивает нагрузку на систему осушения. Таким образом, определение минимально необходимого воздухообмена становится важным вопросом не только с точки зрения обеспечения допустимого качества воздуха, но и как фактора, в значительной степени влияющего на мощность и стоимость осушительных агрегатов. Вопросы чистоты воздуха, энергопотребления, компоновки системы вентиляции, стоимость жизненного цикла всего сооружения для сложных объектов требуют тем более тщательного подхода, чем выше цена проекта. Заказчику и собственнику спортивного сооружения не стоит забывать об упущенной выгоде при ухудшении комфорта (духота, запахи и т.п.) и угрозе безопасности в случае ослабления конструкции здания.

### **МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ БАССЕЙНА**

Качество воздуха зависит от наличия вредных веществ в помещении, эффективности воздухообмена, надежности систем вентиляции и некоторых других факторов. Специфика рассматриваемого типа помещений заключается в присутствии источников загрязнений (хлораминов) и интенсивного выделения паров воды. Существующие нормы воздухообмена базируются на расчете по допустимому уровню углекислоты. Расчет необходимого воздухообмена проводится чаще всего на основе удельных норм воздухообмена по количеству людей в помещении. В соответствии со сводом правил по проектированию и строительству СП 31-113-2004 «Бассейны для плавания» в основу расчета положена пропускная способность одной дорожки. Поэтому для дорожек длиной 25 м она принимается 8 человек, а для 50-метровых — 12 человек. Например, для чаши 50x21 м на 10 дорожках шириной по 2 м могут заниматься до 120 пловцов. По норме требуется подавать наружный воздух в количестве не менее 80 м<sup>3</sup>/ч на одного спортсмена и не менее 20 м<sup>3</sup>/ч на одного зрителя. Следует предусматривать самостоятельные системы приточной и вытяжной вентиляции отдельно для основной зоны и для зоны трибун. В соответствии с российскими нормами, подвижность воздуха в залах бассейнов не должна превышать 0,2 м/с. Однако по условиям теплового комфорта для обнаженных людей рекомендуется, чтобы скорость воздуха не превышала 0,1 м/с.

Для построения процесса в помещении с использованием i-d-диаграммы требуется определить количество влаговыделений с поверхности воды. В вышеупомянутом своде правил по проектированию можно найти формулу для укрупненного расчета потерь воды на испарение, унос и разбрызгивание. Объем влаговыделений зависит от площади зеркала воды, иначе называемой «опорной поверхностью». Для общественных и спортивных бассейнов более точные расчеты можно сделать по эмпирическим формулам Бязина-Крумме и стандарту VDI 2089. Интенсивность испарения в значительной степени зависит от разности между давлением водяных паров

насыщенного воздуха при температуре воды в бассейне и парциальным давлением водяных паров в условиях воздушной среды бассейна. При увеличении относительной влажности в зоне чаши процесс испарения замедляется. Однако для предотвращения конденсации влаги требуется поддерживать относительную влажность в помещении не выше 65%. Для теплого времени года в немецком стандарте VDI 2089 существует понятие физиологически приемлемого уровня влажности, который не должен превышать порог духоты — влагосодержание 14,3 г/кг. Формулы Бязина-Крумме и VDI 2089 позволяют рассчитать влаговыделения в период бездействия (ночной). Для залов ванн рекомендуется подбирать вентиляционные установки из расчета их работы в двух режимах: установки, предназначенные только для нерабочего периода бассейнов, и дополнительные установки, которые совместно с первыми должны в период работы бассейнов обеспечить расчетный воздухообмен. Использование осушителей с тепловыми насосами позволяет в нерабочий период использовать режим 100% рециркуляции, что приносит значительную экономию тепловой энергии.

В целях увеличения влагоемкости приточного воздуха желательнее организовать подачу воздуха с малыми скоростями в зону нахождения людей, а удалять воздух из верхней зоны под потолком помещения. Предотвратить конденсацию при низких наружных температурах помогает распределение теплого осушенного воздуха восходящими струями вдоль холодных поверхностей конструкций (например, витражей). В связи с широким применением остекленных поверхностей определенный интерес может представлять методика, разработанная на основании опыта применения тепловоздушных восходящих струй.

Наиболее заметными «вредностями» в помещении бассейна являются соединения хлора, которые характеризуются неприятным запахом и могут вызывать раздражение дыхательных путей. Полезно знать, что запах вызывает «связанный хлор», или хлорамины, а не сам свободный хлор. Когда гипохлорит кальция, гипохлорит натрия или газообразный хлор добавляют в воду, они формируют хлорноватистую кислоту, которая потом действует как дезинфектант (убивает бактерии, водоросли, грибки и т.д.). При этом неизбежной является побочная реакция хлорноватистой кислоты с соединениями азота, привносимыми купальщиками. Оказывается, что проблемы с сильным запахом решаются дополнительным так называемым «предельным» хлорированием. Обычно требуется соотношение хлора к хлораминам 10:1. Если автоматическая система обеззараживания работает в штатном режиме, то запах отсутствует.

### **ВЕНТИЛЯЦИЯ КРЫТЫХ КАТКОВ**

В рассматриваемом приложении главным является сочетание требований одновременного обеспечения режимов охлаждения и нагрева в пределах единого строительного объема. Как и в случае с бассейнами, при проектировании вентиляции

крытых катков требуется устранять условия для конденсации влаги. Избыточная влажность, помимо коррозии металлических элементов, увлажнения материалов ограждающих конструкций, приводит к капезу, ухудшению качества льда и повышению нагрузки на холодильные машины из-за утолщения слоя льда. Ледяная плита, естественно, является огромным воздухоохладителем, что требует подвода значительного количества тепла в зону катания. В справочном пособии к СНиП 2.08.02-89 «Проектирование спортивных залов, помещений для физкультурно-оздоровительных занятий и крытых катков с искусственным льдом» говорится, что температура воздуха в зоне катания должна быть не ниже + 14 °С. Необходимо подавать свежий воздух в объеме не менее 80 м<sup>3</sup>/ч на одного спортсмена и не менее 20 м<sup>3</sup>/ч на одного зрителя.

В крытых ледовых спортивных сооружениях, наряду с первоочередной задачей обеспечения требуемого качества воздуха, системы вентиляции в рассматриваемом приложении должны решать несколько задач:

- обеспечивать глубокое осушение в теплый период года;
- обогревать зону катания;
- поддерживать комфортную температуру в зоне трибун;
- создавать положительный дисбаланс между притоком воздуха и вытяжкой.

Методика расчета влагопоступлений подробно излагалась раньше в специализированных журналах и демонстрирует тот факт, что количество влаги, поступающей с наружным воздухом в летний период, значительно превышает прочие влагопоступления. Например, если разница влагосодержания воздуха снаружи и внутри составляет 5 г/кг, то неорганизованный приток из-за инфильтрации 4000 м<sup>3</sup>/ч привнесет на каток 24 литра влаги в час. При интенсивном катании от 20 спортсменов в обслуживаемую зону поступает 3,5 кг водяного пара в час. При регулярном восстановлении льда испаряется не менее 5 кг/ч воды. В таком случае суммарная производительность осушительных установок должна быть не менее 30 кг/ч.

Тепловой баланс на ледовой площадке можно составить укрупненно, если считать, что в большом сооружении теплопотери через ограждающие конструкции на зону катания практически не влияют. При разнице температур между льдом и воздухом порядка 15 °С через 1 м<sup>3</sup> отводится более 60 Вт тепла. На стандартной хоккейной площадке 1800м<sup>2</sup> теплопотери составляют около 115 кВт. Наиболее значимыми источниками поступления тепла можно считать осветительные приборы, нагретую кровлю (летом) и адсорбционные осушители. Мощность освещения зависит от назначения катка. По нормативным требованиям освещенность поверхности льда не должна быть меньше 500 лм/м<sup>3</sup>. При установке светильников на высоте более 6 м и там, где требуется высокая эффективность системы освещения, используют газоразрядные лампы высокого давления со световой отдачей 100 лм/Вт. Соответственно, для освещения стандартного катка затрачивается более 10 кВт энергии, основная часть которой в виде тепла участвует в тепловом балансе.

В сооружениях, рассчитанных на телевизионную трансляцию, уровень освещенности в несколько раз выше. Летом от нагретой кровли на ледяную плиту поступает тепловой поток мощностью более 10 Вт/м<sup>2</sup>. При температуре кровли +30°С и коэффициенте отражения β=0,1 (для изоляционных матов с поверхностью из алюминиевой фольги) приток тепла составит порядка 20 кВт. Мощность, поступающая в обслуживаемую зону от осушителя, ориентировочно составляет 1 кВт на 1 кг удаленной влаги. В рассматриваемом случае для поддержания допустимой температуры на катке даже в жаркий день необходим дополнительный подогрев приточного воздуха.

Превышение расхода приточного воздуха над вытяжным требуется обеспечивать для предотвращения неорганизованного поступления наружного воздуха с более высоким содержанием влаги. В этом аспекте также требуется предпринимать меры по улучшению герметичности ограждающих конструкций. Особое внимание следует уделять сооружениям значительного строительного объема (более 50 тыс. м<sup>3</sup>). В нерабочее время воздухообмен вследствие инфильтрации с кратностью порядка 0,1-0,2 1/ч может даже превышать расход, рассчитанный по санитарным нормам.

## **ВЫВОДЫ**

В различных регионах России массово возводятся и проектируются спортивные и рекреационные сооружения. Часто под одной крышей размещают ледовую площадку, бассейны и различные спортивные залы. При проектировании вентиляции на таких объектах, помимо требований общих нормативных документов (ГОСТ 12.1.005-88 и СНиП 41-01-2003), необходимо учитывать особые параметры для специфического микроклимата со значительными градиентами температуры и влажности. К организации микроклимата в подобных сооружениях следует подходить с особой ответственностью, т.к. неконтролируемые процессы теплообмена могут привести к серьезным последствиям: увлажнению и разрушению ограждающих конструкций, возникновению коррозии и плесени, порче внутренней отделки, плохому самочувствию посетителей и т.д. Для предотвращения указанных проблем требуется применять специальные технические решения в аспектах осушения и воздухообмена, хорошо зарекомендовавшие себя по опыту многолетней эксплуатации. Наиболее актуальными становятся вопросы рационального энергопотребления, оптимальных капитальных затрат, стоимости жизненного цикла инженерных систем и всего сооружения. Перед проектировщиком стоят сложные задачи обеспечения комфорта пользователей бассейна и благополучия собственников сооружения при неукоснительном соблюдении всех нормативных требований. Цена принятых решений для сложных спортивных сооружений очень высока, поскольку в значительной степени влияет на безопасность людей, стоимость строительства и эксплуатации сооружения. ®