

Технология спортивного льда и олимпийские рекорды

Г.П. Яковлев, В.Н. Горелов

ООО «Инженерные технологии спорта»

Специфические вопросы технологии обслуживания спортивного льда в зависимости от вида спорта и на основе олимпийского опыта.

Один из важнейших вопросов эксплуатации крытых ледовых арен и, особенно, при проведении Зимних Олимпийских игр по ледовым видам спорта является возможность залить и сохранить на крытых катках высокоскоростной массив спортивного льда для спорта высших достижений. Высокоскоростной лёд позволяет спортсменам в ходе выступлений экономить силы на перемещениях по ледовой арене, улучшая свой результат. Главный тренер сборной РФ по конькобежному спорту Константин Полтавец в одном из интервью, которое он дал в Сочи 16 февраля 2014 года, назвал этот фактор влияния на результат спортсмена «материальной составляющей». Особое значение технологические вопросы заливки и обслуживания высокоскоростного массива льда приобретают для крытого конькобежного центра. Специфика конькобежного льда в отличие от хоккейного, льда фигуристов, льда спортсменов шорт-трека и кёрлинга в том, что единственная оценка результативности спортсмена — это время прохождения дистанции. Следовательно, результаты спортсменов определяются в значительной степени и скоростными свойствами спортивного льда, и оптимальными параметрами воздушной среды в зоне бега спортсмена.

Успех соревнований определяет количество рекордов, поставленных на катке, при этом рекорды катка сравниваются с абсолютными мировыми рекордами или олимпийскими

рекордами в зависимости от рейтинга соревнований. При этом, если бы рекорды катка, например, «Адлер-Арена» в период Олимпиады 2014 года оказались ниже рекордов овалов, на которых проходили предыдущие Зимние Олимпиады в Турине и Ванкувере при отсутствии олимпийских рекордов, то такую Олимпиаду для конькобежного спорта нельзя было бы считать успешной. На Зимних Олимпийских Играх в Нагано (1998 год) установлено пять



новых олимпийских рекордов, в том числе и несколько мировых. На Зимних Олимпийских играх в Турине (2006 год) установлены два олимпийских рекорда, например, в командной гонке женщин (3.03.19 командой России и 3.01.19 командой Канады — последний рекорд держался до Зимней Олимпиады 2014 года). На Зимних Олимпийских играх в Ванкувере (2010 год) установлены три олимпийских рекорда: Свенном Крамером (Голландия) на 5000 м — 6.14.60, Сен Хун Ли (Южная Корея) на 10000 м — 12.58.55 и в командной гонке мужчин (Голландия) — 3.39.96. **В период Зимней Олимпиады 2014 года на ККЦ «Адлер-Аре-**

на» установлено семь олимпийских рекордов (у мужчин на дистанциях 5000 м, 10000 м и командной гонке, у женщин на дистанциях 500 м, 500 м по сумме двух дистанций, 1500 м и в командной гонке). Данные результаты свидетельствуют о высочайших скоростных качествах спортивного льда и являются триумфом технологии заливки и обслуживания массива льда. Рейтинг ККЦ «Адлер-Арена» по итогам Олимпийских игр поднялся с десятого места в мире (по результатам тестовых сорев-



нований) до третьего по результатам женщин и до пятого по результатам мужчин. ККЦ «Адлер-Арена» обогнал практически все катки мира, расположенные в равнинных и среднегорных местностях. Следует напомнить, что в России научные исследования такого направления начаты только после 2004 года с появлением спортивного комплекса «Крылатское» и только силами специалистов технической службы катков «Мегаспорта», «Крылатское», Коломны, специализированной организации ООО «ГП ХИЦ». С 2013 года исследования технологии спортивного льда начала проводить организация ООО «Инженерные Технологии Спорт», получив опыт и специалистов СК «Крылатское». ООО «Инженерные Технологии Спорт» осуществляло в предолимпийский и олимпийский период эксплуатацию ККЦ «Адлер-Арена» и Малой Ледовой Арены «Шайба». Кроме того, ООО «Инженерные Технологии Спорт» оказало в предолимпийский период техническую помощь по совершенствованию технологии заливки и обслуживания льда технологическим службам катков «Айсберг» (на

трёх ледовых полях) и Большой Ледовой Арены (на одном ледовом поле).

До 2004 года в России не получила должного развития технология высококачественного спортивного льда для крытых катков, что явилось сдерживающим фактором развития ледовых видов спорта. При этом в Голландии и Канаде ведут научные исследования по совершенствованию технологии спортивного льда для конькобежного спорта уже давно (более 20 лет), и привлекают для проведения исследований серьёзные научные коллективы, например, из университета Амстердама.

Естественно, приборная и теоретическая базы таких исследований в нашей стране и за рубежом не сопоставимы. Поэтому повышение в последние годы скоростных свойств ведущих российских ледовых крытых катков до уровня лучших мировых равнинных крытых катков — заслуга инженерно-технологических служб этих катков, сумевших в короткий срок накопить знания и технологический опыт заливки и поддержания высококачественного массива спортивного льда.

Свойства массива спортивного льда обеспечивает технология его заливки и обслуживания. В технологию заливки и обслуживания массива льда входят:

1. Подготовка опорной технологической плиты арены крытого катка.
2. Подготовка воды для обслуживания льда.
3. Хладоснабжение поля.
4. Технологическое кондиционирование помещения арены для регулирования оптимального температурно-влажностного режима воздушной среды.
5. Заливка массива спортивного льда с учётом специфики ледового вида спорта.
6. Нанесение разметки и рекламы.
7. Специальная обработка массива для повышения потребительских свойств массива льда, включая химическую модификацию поверхностных слоёв, для повышения скоростных свойств, а также упругости и пластичности.

8. Замена с применением комбайнов и шлангов отработанных поверхностных слоёв массива новыми поверхностными слоями.

В зависимости от специализации спортивного льда крытого катка для спорта высших достижений **необходимо поддерживать ряд параметров массива льда и воздушной среды над поверхностью льда.**

В число параметров, контролируемых при обслуживании спортивного льда, включены:

1. Толщина массива льда.
2. Температура поверхности массива льда.
3. Температура воздуха над массивом льда (в практике ведущих крытых катков принят учёт температуры воздушной среды на отметке 1,5 м).
4. Относительная влажность воздуха над массивом льда (в практике ведущих крытых катков принят учёт относительной влажности воздушной среды на отметке 1,5 м) в процентах.

Фигурное катание требует с одной стороны, сравнительно мягкий лёд. С другой стороны, поверхностные слои массива льда должны держать спортсменов, исключая врезание лезвия конька в лёд. В этом случае уменьшается нагрузка на суставы ног спортсменов после прыжка и обеспечивается высокая скорость и набор необходимого энергетического импульса для подготовки к прыжку. Температура поверхности массива выдерживается $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, толщина массива 40 — 45 мм, которая необходима для придания массиву свойств устойчивости к воздействию спортсмена, например, выполняющего прыжок.

Комфортная для фигуристов температура воздуха на отметке 1,5 м над массивом льда $+14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха на той же отметке поддерживается в пределах 40 -55%. Абсолютное влагосодержание воздуха при температуре воздуха $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 50% будет 5 г/кг с.в. при температуре точки росы $+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для обслуживания массива льда высокого

качества применяется очищенная умягчённая вода. Опыт Олимпиады показал, что для реализации задачи получения высокоскоростного льда для спорта высших достижений при заливке массива льда необходимо разумное сочетание технологий шланговой заливки фигурного и хоккейного льда с технологией шланговой заливки льда для скоростного бега. И по технологии скоростного бега заливаются верхние слои массива льда. Положительное влияние на эксплуатационные свойства массива льда оказывает минимальная химическая модификация поверхностных слоёв массива льда по технологии авторов настоящей работы. Химическая модификация массива льда в период олимпийских соревнований 2014 года позволила повысить скоростные свойства массива льда, уменьшить выработку массива льда, увеличить минимально допустимый период между обслуживанием льда для сохранения равенства скоростных характеристик льда.



Шорт-трек требует твёрдый скоростной лёд на прямых участках трассы и сравнительно мягкий лёд на участках виражей. Это позволяет спортсменам держать высокие скорости и не улетать с трассы забега на виражах. Умягчение поверхностных слоёв массива льда на участках виражей достигается проливкой льда водой из леек или ведер на этих участках непосредственно перед забегами. Температура поверхности массива поддерживается на уровне $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, с толщиной массива 40-45 мм, которая необходима из-за высокой выработки массива льда

в период проведения тренировочных и соревновательных процессов. Комфортная для спортсменов шорт-трека температура воздуха на отметке 1,5 м над массивом льда $+14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха на той же отметке поддерживается в пределах 40 — 55%. Абсолютное влагосодержание воздуха при температуре воздуха $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 50% будет 5 г/кг с.в. при температуре точки росы $+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для обслуживания массива льда высокого качества применяется очищенная умягчённая вода, однако подтвердила эффект проливка верхних слоёв массива льда водой, очищенной по технологии обратного осмоса. Опыт Олимпиады показал, что для реализации задачи получения высокоскоростного льда для спорта высших достижений при заливке массива льда необходимо сочетание технологий шланговой заливки фигурного и хоккейного льда с технологией шланговой заливки льда для скоростного бега. И по технологии скоростного бега заливаются средние и верхние слои массива льда. Положительное влияние на эксплуатационные свойства массива льда оказывает минимальная химическая модификация поверхностных слоёв массива льда по технологии авторов настоящей работы. Химическая модификация массива льда в период олимпийских соревнований 2014 года позволила повысить скоростные свойства массива льда, уменьшить выработку массива льда, увеличить минимально допустимый период между обслуживанием льда для сохранения равенства скоростных характеристик льда.

Хоккей с шайбой требует более твёрдый лёд, способный выдерживать силовую борьбу спортсменов, вес которых часто превышает 100 кг. Температура поверхности массива — $6,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, толщина массива 40 — 45 мм требуется для придания льду необходимых физико-механических свойств. Комфортная для хоккеистов температура воздуха на отметке 1,5 м над массивом льда $+12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха на той же отметке

поддерживается в пределах 40 — 55%. Абсолютное влагосодержание воздуха при температуре воздуха $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 45% будет 3,9 г/кг с.в. при температуре точки росы $-0,10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для обслуживания массива льда высокого качества применяется очищенная умягчённая вода. Опыт Олимпиады показал, что для реализации задачи получения высокоскоростного льда для спорта высших достижений при заливке массива льда необходимо сочетание технологий шланговой заливки фигурного и хоккейного льда с технологией шланговой заливки льда для скоростного бега.

И по технологии скоростного бега заливается основное число слоёв массива льда. Положительное влияние на эксплуатационные свойства массива льда оказывает минимальная химическая модификация поверхностных слоёв массива льда по технологии авторов настоящей работы. Химическая модификация массива льда в период олимпийских соревнований 2014 года позволила повысить скоростные свойства массива льда, уменьшить выработку массива льда, увеличить минимально допустимый период между обслуживанием льда для сохранения равенства скоростных характеристик льда.



Скоростной бег на коньках требует массива льда с высокими скоростными свойствами поверхностных слоёв. Получить беговой лёд с высокими скоростными свойствами на уровне лучших мировых катков — задача намного более сложная, чем получение качественного массива льда под хоккей или фигурное катание.

Нагрузка на лёд в ходе проведения тренировочных и соревновательных процессов конькобежцев существенно ниже нагрузки от фигуристов и хоккеистов. Выработка массива льда также меньше. Оптимальная толщина бегового льда 25 — 30 мм. Оптимальная температура поверхности массива льда определяется условиями наилучшего скольжения конька спортсмена. Исследованием влияния температуры поверхности льда на силу трения конька по поверхности льда занималось ООО «ГП Холодильно-инженерный центр» по



заданию администрации СК «Крылатское». В работе «Сверхбыстрый лёд: иллюзии и реальность» (журнал «Холодильный бизнес» №11 за 2004 год) была дана зависимость силы трения конька по льду от температуры поверхности льда. Оценка влияния температуры поверхности льда на его скоростные свойства, выполненная авторами данной работы по экспериментальным данным, показала, что минимальная сила трения конька по поверхности льда равна 0,008 при температуре поверхности льда -7°C . Эти условия должны обеспечивать более высокую скорость конькобежца. При температуре поверхности льда -6°C эта сила повышается до 0,009, а условия скольжения конька по льду ухудшаются, а при температуре поверхности льда -5°C эта сила трения повышается до 0,01. Таким образом, поддержание на поверхности льда температуры -6°C ухудшает скоростные свойства льда на 12,5%, а поддержание на поверхности льда температуры -5°C ухудшает скоростные свойства льда на 25%.

Оптимальная температура поверхности льда для скоростного бега на коньках, по данным исследований Университета Амстердама, лежит в диапазоне величин $-5^{\circ}\text{C} \dots -7^{\circ}\text{C}$, что, в принципе, совпадает с результатами приведенных выше отечественных работ.

Комфортная для конькобежцев температура воздуха на отметке 1,5 м над массивом льда $+14^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Относительную влажность воздуха на отметке 1,5 м для получения высокоскоростного льда следует опустить к 35%. Абсолютное влагосодержание воздуха при температуре воздуха $+14^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 35% будет 3,5 г/кг с.в. при температуре точки росы $-1,7^{\circ}\text{C}$.

Для обслуживания массива льда применяется вода высокой степени очистки, включая технологию обратного осмоса. Следует отметить существенное влияние величины относительной влажности воздуха на скоростные свойства поверхностных слоёв массива льда. Конденсат влаги воздуха, выпадающий в виде инея на поверхности массива льда, увеличивает коэффициент трения металла (лезвия конька) по льду. Скоростные свойства льда ухудшаются. Как говорят спортсмены — лёд не катит. Для сохранения скоростных свойств льда следует выдерживать величину относительной влажности воздушной среды арены на уровне, при котором процессы образования конденсата на поверхности массива льда не развиваются достаточно интенсивно, чтобы повлиять на увеличение величины коэффициента трения (обычно около 35%). Поясним этот тезис. Парообразная влага, содержащаяся в воздухе над поверхностью массива льда, конденсируется и выпадает инеем на поверхности льда. Коэффициент трения стали (лезвия конька) по поверхности выпавшего на лёд инея существенно выше коэффициента трения стали по льду, приготовленному по технологии заливки скоростного льда. Спортсмен чувствует увеличение затрат энергии на перемещение по льду. Процесс выпадения конденсата прекратится, если температура поверхности массива льда будет выше температуры точки росы воздушной массы над

поверхностью массива льда. А это произойдёт в реальных условиях арены катка только при снижении температуры воздушной массы, например, до 10 °С (на отметке 1,5 м) и относительной влажности до 30%. В этом случае температура точки росы опустится до -6,7 °С, т.е. ниже температуры поверхности льда -6 °С. Воздух с такими параметрами считается сухим. Пребывание спортсмена в такой среде лишается комфорта. Но в зависимости от степени влияния на спортивный результат процесса конденсации влаги воздуха к такому режиму воздушной среды следует приближаться, подбирая оптимальные условия на грани комфорта воздушной среды на арене для спортсмена и максимальных скоростных свойств массива льда.

Результативность конькобежцев в значительной степени зависит и от атмосферного давления на арене катка. Чем ниже давление воздуха в зоне выступления спортсмена, тем меньше сопротивление воздуха и выше результаты спортсмена. Влияние высотного расположения катка и давления воздуха на результативность спортсменов-конькобежцев исследовал в работе «Игра со временем забега: секрет быстрого льда в Бреде» Тён Схипхаувер. Результаты его исследований приведены в таблице 1.

По данным Тёна Схипхаувера, с повышением уровня катка на каждые 100 м над уровнем

морья результат бега конькобежца, например, на 1500 м улучшается на 0,1 секунды на круг в среднем. Это значит, что за счёт высотного расположения катка результат бега для одного спортсмена при прочих равных условиях, например, на дистанции 1500 м для катка Хамара (высота 130 м) лучше в сравнении с катком Ванкувера или Сочи на 0,5 секунды, для катка Нагано (высота 375 м) результат лучше на 1,4 секунды, для Калгари (высота 1035 м) — на 3,6 секунды, для Солт-Лейк-Сити (высота 1305 м) — на 4,5 секунды, для катка Медео (высота 1691 м) — на 5,7 секунды. Данное преимущество высотного расположения катка объясняет, почему подавляющее количество действующих мировых и олимпийских рекордов достигнуты на высокогорных катках Калгари и Солт-Лейк-Сити, а прославленный каток Медео был чемпионом по рекордам (установлено около 200 мировых рекордов). Отмечены природные аномалии в зимний период с падением атмосферного давления в месте расположения равнинных катков, например, на 50 -80 миллибар. В этом случае условия для конькобежца на равнинном катке приближаются к условиям на высокогорном катке. Такое явление встречается в Голландии, где зимой отмечаются случаи падения давления с 1013 до 965 миллибар. Благодаря чему равнинный каток Херенвена при падении давления на 85 миллибар сравнива-

Таблица 1

Каток	Высота, м	Давление воздуха, миллибар	Эффект 1500 м, секунды
Бреда	6	1010	0,0
Хамар	130	994	0,5
Нагано	375	964	1,4
Инзелл	690	927	2,5
Баселга	1000	892	3,5
Калгари	1035	889	3,6
Коллалбо	1156	875	4,1
Солт-Лейк-Сити	1305	859	4,5
Давос	1560	833	5,3
Медео	1691	819	5,7

ется условиями для спортсмена с высокогорным катком на высоте 750 метров. Этим можно объяснить рекордную результативность в зимний период на катке Херенвена, включая установку мировых рекордов.

Однако ККЦ «Адлер-Арена», на котором проходили соревнования по конькобежному спорту Зимних Олимпийских игр 2014 года, расположен на уровне моря. И в период Олимпийских игр в районе Имеретинской низменности большого Сочи не приходилось надеяться на период с существенным падением атмосферного давления, которое значительно уменьшило бы плотность воздуха и сопротивление воздушной среды бегу спортсменов-конькобежцев. При повышении высоты расположения катка на 125 м плотность воздушной среды (по данным таблицы изменения величины плотности воздуха при увеличении высоты расположения объекта) уменьшается на 0,01 кг/м³. При повышении высоты расположения катка на 250 м плотность воздушной среды уменьшается на 0,02 кг/м³, при повышении высоты расположения катка на 750 м плотность воздушной среды уменьшается на 0,08 кг/м³.

Некоторое уменьшение плотности воздушной среды и, следовательно, эффект снижения сопротивления воздушной среды бегу спортсменов-конькобежцев можно получить, повышая температуру воздуха над ледовыми дорожками в допустимом диапазоне температур. Так, повышение над ледовым массивом температуры воздушной среды с +12 °С до +16 °С позволяет снизить плотность воздушной среды на 0,018 кг/м³. Повышение над ледовым массивом температуры воздушной среды с +12 °С до +18 °С позволяет снизить плотность воздушной среды на 0,026 кг/м³. Следовательно, повышение температуры воздушной среды над ледовым полем до +17 °С — +18 °С равносильно по изменению плотности воздушной среды, равной подъёму места расположения катка на высоту 200 м. Такой технологический приём используют технические службы некоторых передовых катков, например, Калгари (Канада), поддерживая тем-

пературный режим воздушной среды над ледовыми дорожками около +17 °С. И это в дополнение к отличному высотному расположению катка, что обеспечивает данному катку стабильное второе место в международном рейтинге крытых катков. Температурный режим воздушной среды +16,2 °С — +16,5 °С поддерживался над беговыми дорожками ККЦ «Адлер-Арена» только при проведении соревнований у мужчин на 5000 м (08.02.2014 г.). Результаты соревнований: Свен Крамер (Голландия) улучшил «свой» олимпийский рекорд (ОР Ванкувера 13.02.2010 — 6:14,60) и «побил» рекорд катка (установленный Крамером ранее на «Адлер-Арене» во время проведения Чемпионата мира 22.03.13 — 6:14,60) с результатом — 6:10,76.

Авторы данной публикации считают, что основное влияние на скоростные свойства массива спортивного льда для конькобежного спорта оказывает оптимальная технология химической модификации, хотя и располагают опытом заливки высокоскоростного массива льда без проведения химической модификации, например, при подготовке ледовой арены СК «Крылатское» к этапу Кубка Мира в ноябре 2008 года. Оптимальная технологическая обработка поверхностных слоёв массива перед Зимними Олимпийскими играми 2014 года существенно повысила скоростные свойства массива льда, сделав возможным реализацию нескольких феноменальных результатов спортсменов в период Олимпийских игр. Например, Йорит Бергсма (Голландия) установил на дистанции 10000 м новый олимпийский рекорд (ранее был установлен ОР в Ванкувере 23.02.2010 г. Ли Сан Хун — 12:58,55) и «покорил» свой рекорд катка с результатом — 12:44,45 (установленный Йоритом Бергсма практически год назад на «Адлер-Арене» во время ЧМ 23.03.2013 — 12:57,69). При этом улучшил свой личный рекорд (12:47,42), «обошел» все равнинные и высокогорные катки (за исключением Олимпийской арены в Солт-Лейк-Сити) и приблизился к своему же мировому рекорду высокогорья, установленному Свенном Крамером в Солт-Лейк-Сити 10.03.2007 г — 12:41,69.