

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 685.619

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛЬДА НА СПОРТИВНОЙ АРЕНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА «СКОЛЬЗИМЕТР»

<sup>1</sup>Минченя Н.Т., канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Давыдов М.В., канд. техн. наук, доцент,  
<sup>1</sup>Белоус П.А.

*<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,*

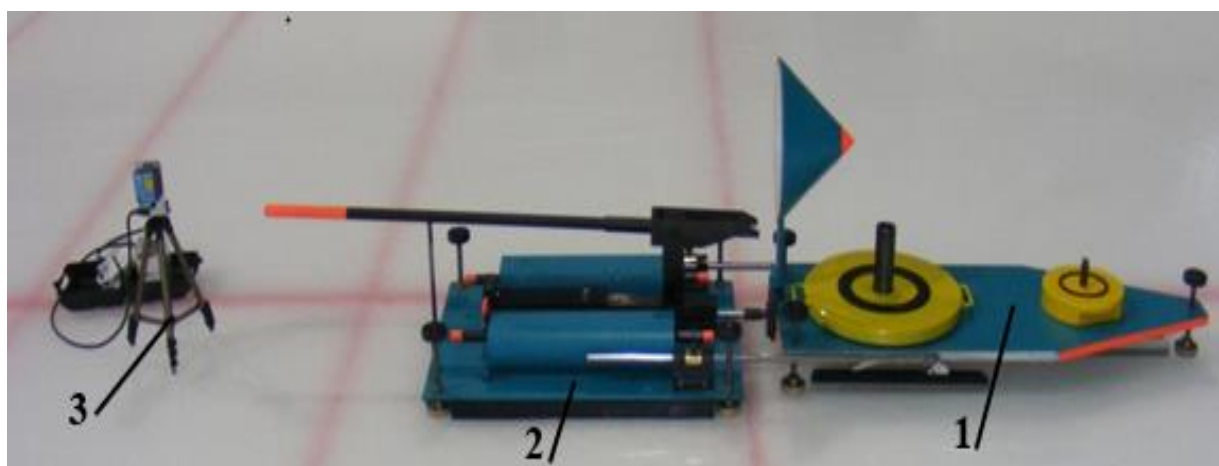
*<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Беларусь*

Создание хорошего льда для конькобежцев имеет определенную специфику: для подтверждения результата необходимо не только технически корректное моделирование условий скольжения спортсмена, но и реальное превышение большинством конькобежцев своих личных рекордов на соревнованиях международного ранга. На Олимпиадах и чемпионатах соревнуются не только спортсмены, но и спортивные арены. Сильные и слабые стороны, репутация и рейтинги, место в списке себе подобных – все это есть не только у конькобежцев, но и у спортивных арен. Конькобежцы предпочитают катки с высоким рейтингом, потому что именно на них больше шансов показать хорошее время на дистанции. У каждого катка есть история рекордов по всем принятым дистанциям бега. Раньше тренировки и соревнования конькобежцев проходили на открытых аренах. Однако в 80-е годы XX века в развитых странах они, вслед за фигуристами и хоккеистами с шайбой, перешли на крытые искусственные катки. Это было сделано не только ради зрителей. Лёд на крытых катках не зависит от погодных условий, направления и скорости ветра. На таких спортивных аренах можно управлять температурой и влажностью воздуха, проще оптимизировать скоростные свойства поверхности льда и структуру его массива. Неудивительно, что при этом конькобежцам удалось существенным образом улучшить свои результаты.

Для мониторинга качества ледовой поверхности на конькобежном стадионе МКСК «Минск-арена» нами использовалось устройство (далее – скользиметр), имитирующее скольжение конькобежца, с помощью которого осуществлялось измерение коэффициента трения скольжения льда [5].

Устройство позволяло проводить испытания с удельными нагрузками на лезвие конька, близкими к реальным нагрузкам на лед при движении спортсмена. Скользкость льда определялась путем измерения дальности пробега платформы на коньках при одном и том же начальном силовом импульсе.

Устройство для определения скользкости льда на спортивных аренах, состоит из двух платформ, первая – неподвижная – устанавливается на ледовую поверхность, вторая – подвижная, опирающаяся на коньки и предназначенная для движения по льду от импульса силы, полученного от неподвижной платформы (рисунок 1). На неподвижной платформе установлен пусковой механизм, держатели грузов (для придания устойчивого положения и равномерного распределения нагрузки) и опорные элементы. На подвижной платформе находятся буферный элемент (воспринимающий силовой импульс), держатели грузов (для равномерного распределения нагрузки и имитации веса спортсмена) и держатель мишени (для отражения лазерного луча).



1 – подвижная платформа; 2 – неподвижная платформа; 3 – лазерная система

Рисунок 1 – Устройство для оценки качества льда

Величина силового импульса обеспечивает пробег подвижной платформы на расстояние не менее 15 м. Лазерная измерительная система обеспечивает измерение пройденного подвижной платформой расстояния с точностью  $\pm 10$  мм и частотой измерения расстояния не менее двух раз в секунду. Данные передаются на персональный компьютер в режиме реального времени. На портативном компьютере установлено программное обеспечение, позволяющее измерять параметры ледовой поверхности и сохранять результаты измерений.

Оценка скоростных свойств ледовой поверхности скользящим основана на определении величины условного коэффициента трения скольжения по дальности его пробега в метрах [4]. Использование скользящего позволяет получить значения параметров, которые характеризуют скользкость льда на всех участках пробега и отдельных его отрезках.

Для достижения максимального эффекта в демонстрации высоких спортивных результатов необходимо подбирать оптимальную структуру льда, позволяющую развивать максимальные скоростные способности спортсменов.

По мнению специалистов, качество льда зависит не только от специфических добавок, но и от инженерных параметров, таких как температура бетонной плиты, температура поверхности льда и ее распределение по толщине льда. Температура поверхности льда составляет

обычно от  $-3$  до  $-7$  °С. Должна быть установлена определенная технологическая схема заливки ледового массива для конкретного вида спорта: предельно жесткого – для конькобежцев, более мягкого и упругого – для фигуристов, прочного и устойчивого к трещинам – для хоккеистов и т.д. [1]. На каждую дистанцию забега конькобежцев должен быть свой подбор оптимальных параметров температуры льда. По техническим условиям соревнований для конькобежного спорта температура воздушной среды на отметке 1,5 м над уровнем льда задается  $13-14$  °С или  $14,0 \pm 0,5$  °С. Относительная влажность на указанной отметке задается  $35 \pm 3$  %. В этом случае абсолютное влагосодержание будет около 3,5 г/кг. Изменение любого из двух указанных параметров воздушной среды (температуры и относительной влажности) вызовет мгновенное соответствующее изменение величины абсолютного влагосодержания [3].

Ученые, занимающиеся исследованиями в области ледовых покрытий, определили, что для фигурного катания рекомендуется температура льда от  $-2,5$  до  $-4$  °С, для хоккея – от  $-5$  до  $-6$  °С, для конькобежного спорта – от  $-4,5$  до  $-7$  °С, температура внутри помещения арены –  $17$  °С и влажность – 30 %, даже один градус имеет существенное значение для качества льда. Состояние льда зависит и от свойств заливочной воды [2].

Вода заливки должна быть подготовленной:

– с отсутствием примесей, в том числе хлорных (т.е. нельзя использовать воду из-под крана или системы отопления);

– температура заливочной воды должна быть  $45-65$  °С, верхние границы этого диапазона делают лед более качественным (т.е. когда растапливаются мелкие шероховатости и осколки) [3].

Для того чтобы подготовить качественный лед с заданными характеристиками, необходимо знать параметры окружающей среды, при которых значения коэффициента трения скольжения будут минимальны. Наше исследование проводилось при разных изменяющихся условиях. Варьировались параметры заливки льда: температура поверхности льда, температура воды, количество воды при заливке, освещенность. Неизменными параметрами являлись температура воздуха на трибунах, влажность воздуха –  $50-55$  %, положение вентиляционных диффузоров.

С целью выявления оптимальных величин показателей состояния окружающей среды, влияющих на качество льда, нами было проведено 400 отстрелов подвижной платформы скользяметра (по 20 отстрелов на один заливочный цикл при выставленных параметрах окружающей среды). Для анализа данных выбирался результат коэффициента трения скольжения, полученный при измерении пробега платформы в промежутке от 5 до 15 м. Это вызвано тем, что при передаче толкающим штоком импульса от отстрелочного механизма задается большее ускорение подвижной платформе, при этом регистрируются наименьшие показатели коэффициента трения скольжения. Это может быть обусловлено проплавлением льда под лезвиями коньков, этот участок необходимо исследовать в дальнейших экспериментах. Максимально

высокие значения коэффициента регистрировались после прохождения подвижной платформой 15 м, поэтому мы их также не учитывали.

Для анализа выбирались участки с наименьшим значением коэффициента трения скольжения, полученные при статистической обработке данных, характеризующих наилучшее состояние ледовой поверхности. При этом учитывались соответствующие им данные показателей окружающей среды, как наиболее оптимально влияющие на качество льда.

В результате эксперимента выявлен ряд характерных величин коэффициента трения ( $\mu$ ) спортивного льда в разном его состоянии. Наименьшие значения коэффициента трения ( $\mu$ ) были зафиксированы при температуре поверхности льда от  $-4,6$  до  $-5$  °С, температура плиты была  $-6$  °С, количество воды при заливке – 50 %, толщина льда – 27 мм, температура заливаемой воды –  $50-55$  °С.

Зависимость дальности пробега скользяметра от времени после заливки льда при определённых параметрах представлена на рисунке 2.

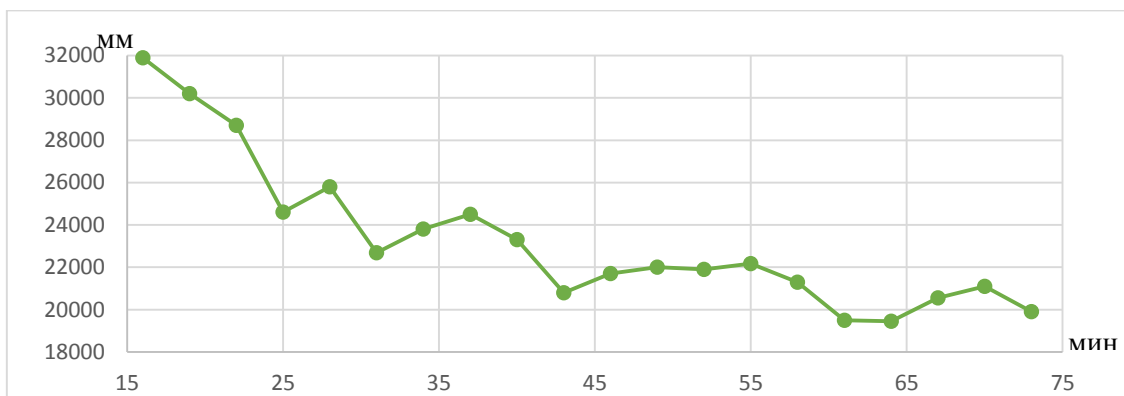


Рисунок 2 – График зависимости дальности пробега скользяметра от времени заливки льда

По данным графиков видно, что свежезалитый лед имеет низкий коэффициент трения, то есть создает небольшое сопротивление скольжению. При увеличении времени от начала заливки коэффициент трения имеет явную тенденцию к росту. Так, спустя час после заливки коэффициент трения увеличивается в 2 раза (рисунок 3).

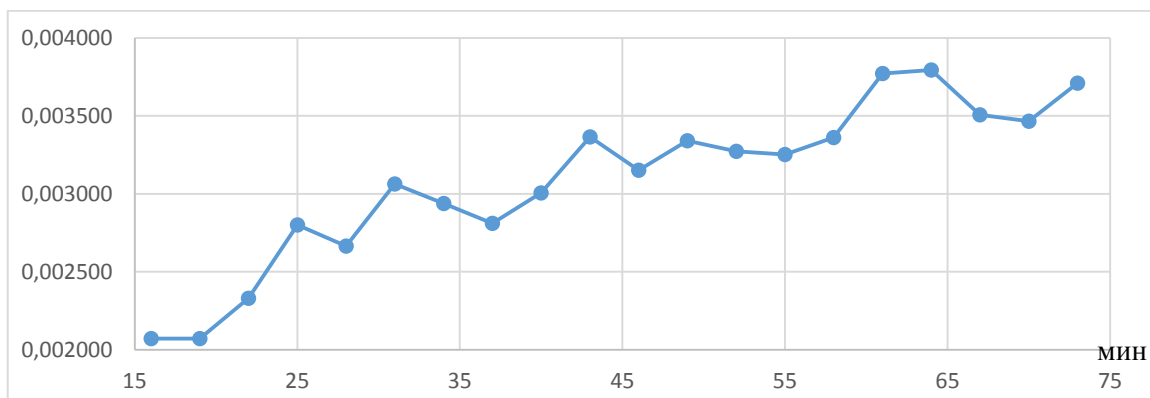


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента трения скольжения от времени заливки льда

На основании результатов исследований сформулированы технически корректные требования к физико-механическим свойствам льда, обеспечивающим наилучшее скольжение конька по льду. Ледовая поверхность должна обладать минимальным коэффициентом трения и минимальной силой сопротивления скольжению конька по льду. То есть лёд должен быть скользким и твердым: в этом случае конёк не проникает под тяжестью спортсмена глубоко в лёд.

Применение отечественной установки для контроля скользкости льда позволит приблизиться к разработке технологий «сверхбыстрого льда», способствующих установлению в МКСК «Минск-арена» рекордных результатов при проведении международных соревнований самого высокого ранга. Использование этих технологий в тренировочном процессе, в свою очередь, окажет непосредственное влияние и на качество технической подготовки спортсменов в видах спорта, в которых движения осуществляются через соприкосновение коньков с ледовой поверхностью.

1. Гончарова, Г.Ю. Скоростной лёд Крылатского. Свой путь создания ледовых технологий / Г.Ю. Гончарова, М.В. Загайнов // Холодильная техника. – 2006. – № 7. – С. 10–14.

2. Гончарова, Г.Ю. Применение отечественных молекулярных технологий создания ледовых покрытий для различных видов спорта / Г.Ю. Гончарова // Инновационные технологии в строительстве олимпийских объектов: сб. докл. Международной конф. – М., 2009. – С. 11–13.

3. Гончарова, Г.Ю. Современные технологии создания ледового покрытия для различных видов спорта или Ледовая гомеопатия / Г.Ю. Гончарова // Холодильная техника. – 2007. – № 7. – С. 12–16.

4. Кривошеев, В.И. Определение коэффициента трения стали по льду конькобежного центра / В.И. Кривошеев // Теория и практика физической культуры. – 2012. – № 5. – С. 102–104.

5. Устройство для определения скользкости льда на спортивных аренах. Евразийский патент 028525 МПК В 1; заявитель Бел. нац. техн. ун-т / Минченя Н.Т., Васюк В.Е., Давыдов М.В., Белоус П.А. – № а201501089, заявл. 21.10.2015; опубл. 30.11.2017 // Бюллетень Евразийского патентного ведомства «Изобретения (евразийские заявки и патенты)» – № 11/2017.