



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Метеорологическое обеспечение спортивных соревнований»

Исполнитель **Родченков Данила Андреевич**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)
кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«*RF*» июня 2026 г.

Санкт-Петербург
2026

Содержание

№		стр.
	Список сокращений и условных обозначений	3
	Введение	4
1	Теоретические основы метеорологического обеспечения спортивных объектов и мероприятий	6
1.1	Роль метеорологической информации в организации и безопасности спортивных мероприятий	6
1.2	Основные метеорологические факторы, влияющие на проведение соревнований и эксплуатацию спортивных объектов	9
1.3	Современные методы наблюдения, прогнозирования и оповещения при проведении спортивных мероприятий	11
2	Анализ системы метеорологического обеспечения спортивного объекта	18
2.1	Характеристика спортивного объекта и видов мероприятий, проводимых на его территории	18
2.2	Климатическая характеристика района исследования	20
3	Разработка мероприятий по совершенствованию метеорологического обеспечения	25
3.1	Проектирование системы локального метеомониторинга спортивного объекта	25
3.2	Разработка регламента метеорологического сопровождения соревнований и массовых мероприятий	30
3.3	Оценка эффективности предложенных решений для повышения безопасности и устойчивости проведения мероприятий	34
	Заключение	45
	Список использованных источников	47
	Приложения	49
	Список сокращений и условных обозначений	

Сокращение	Расшифровка
АМС	автоматическая метеорологическая станция
ВМО	Всемирная метеорологическая организация
УФ	ультрафиолетовое излучение
RH	относительная влажность воздуха
Nowcasting	сверхкраткосрочный прогноз
KPI	ключевой показатель эффективности
RACI	матрица распределения ответственности
T	температура воздуха или поверхности

Введение [1; 2; 3]

Современный спорт давно вышел за пределы самого соревнования. Открытый стадион или спортивный парк одновременно является площадкой массового пребывания людей, объектом городской инфраструктуры, местом работы служб безопасности, медицинского сопровождения, транспорта, телевидения и технических подрядчиков. Погодные условия при этом влияют не только на комфорт, но и на допустимость проведения мероприятия, состояние покрытия, скорость эвакуации, устойчивость временных конструкций и здоровье людей.

Актуальность темы определяется тем, что обычный прогноз по городу не отвечает на главный вопрос организатора: можно ли безопасно провести конкретное действие на конкретной площадке в заданный промежуток времени. Гроза, ливень, шквал, жара, гололед или резкое похолодание могут развиваться быстро, а решение о задержке, переносе старта, изменении маршрутов зрителей или закрытии отдельных зон должно приниматься без задержки.

Практическая часть выполнена на примере Центрального стадиона г. Алматы. Объект выбран потому, что он сочетает футбольное поле, четыре трибуны, значительную вместимость, вечерние мероприятия и плотное городское окружение. Для Алматы характерны выраженная сезонность, летние грозы и жара, весенний максимум осадков, зимняя скользкость и влияние горного рельефа на воздушные потоки. Это дает возможность рассмотреть не общий объект, а реальную систему рисков.

Цель работы состоит в разработке практической модели метеорологического обеспечения спортивного объекта и мероприятий на его территории, включая анализ рисков, проект локального мониторинга, регламент оповещения и расчет ожидаемой эффективности. Для достижения цели изучаются роль метеоинформации, погодные факторы, методы наблюдения и

прогнозирования, особенности выбранного стадиона, действующая информационная схема и предложения по ее совершенствованию.

Объектом исследования является система метеорологического обеспечения открытого спортивного объекта. Предмет исследования – локальные погодные риски, технические средства наблюдения, каналы передачи информации, пороговые критерии и организационные решения при проведении соревнований и массовых мероприятий. Методическая база включает анализ источников, климатические данные, риск-матрицу, сценарный подход и проектирование сети датчиков.

Практическая значимость заключается в том, что разработанные решения могут быть использованы администрацией стадиона, оргкомитетом, службой безопасности, медицинским пунктом, технической эксплуатацией и подрядчиками. Работа специально ориентирована на прикладной результат: в ней предложены таблицы порогов, схема размещения датчиков, порядок выпуска бюллетеней, матрица ответственности и критерии эффективности.

1 Теоретические основы метеорологического обеспечения спортивных объектов и мероприятий

1.1. Роль метеорологической информации в организации и безопасности спортивных мероприятий [1; 2; 3; 6]

С практической точки зрения «метеорологическая информация» включается в систему как отдельный управленческий блок. Значение этого элемента определяется тем, какие решения он поддерживает: подготовку служб, изменение режима допуска, ограничение работ или информирование зрителей. В регламенте это отражается через порог, ответственного исполнителя и срок обновления информации.

В условиях открытого стадиона при работе с направлением «локальный прогноз для стадиона» необходимо учитывать не только сам факт явления, но и момент его появления относительно программы мероприятия. Для стадиона это особенно важно, потому что поле, трибуны, входы и технические площадки реагируют на погоду по-разному. Такая логика делает систему пригодной не только для футбольного матча, но и для концерта, тренировки или зимнего события.

Основные потребители метеорологической информации на спортивном объекте это оргкомитет, судейская бригада, медицинская, техническая служба и служба безопасности. Все эти службы решают конкретные задачи, в зависимости от которых и предъявляются требования к прогнозу конкретного метеопараметра и его заблаговременности (табл. 1.1).

Для метеорологического обеспечения «своевременность предупреждения» рассматривается через связь прогноза, фактического измерения и действия ответственной службы. Поэтому в проекте используется сочетание локальных измерений, прогноза, пороговой оценки и подтвержденного оповещения. При

накоплении статистики этот блок можно уточнять и делать менее консервативным без потери безопасности.

Таблица 1.1

Потребители метеорологической информации на спортивном объекте

Потребитель	Ключевые решения	Необходимая информация	Время обновления
Оргкомитет	перенос, задержка, изменение расписания	опасные явления, окно безопасности	24 ч, 6 ч, 1 ч
Судейская бригада	старт, пауза, возобновление	гроза, видимость, ветер, состояние покрытия	10 мин, при угрозе 1-5 мин
Служба безопасности	закрытие зон, управление потоками	ливень, молния, ветер, скользкость	10 мин и по событию
Медицинская служба	усиление постов, профилактика	жара, холод, влажность, УФ	1-3 ч и оперативно
Техническая служба	дренаж, уборка, крепления	осадки, порывы, температура поверхности	10 мин

На уровне управления мероприятием оценка элемента «потребности судейской бригады» нужна для выбора безопасного сценария без чрезмерного ограничения мероприятия. Тут от погодных условий зависит старт мероприятия, его приостановка и возобновление.

Опыт крупных соревнований показывает, что анализ позиции «безопасность зрителей» и качество обеспечения определяется не количеством сообщений, а их применимостью для штаба. Значение этого элемента определяется тем, какие решения он поддерживает: подготовку служб, изменение режима допуска, ограничение работ или информирование зрителей. Для стадиона это особенно важно, потому что поле, трибуны, входы и технические площадки реагируют на погоду по-разному.

При анализе спортивного объекта «медицинская профилактика» метеорологическое обеспечение так же включается в систему как отдельный управленческий блок. Тут от погодных факторов зависят степень усиления постов и профилактические мероприятия. Наиболее важными метеофакторами тут становятся очень высокие или очень низкие температуры, значения

влажности и величина радиационных потоков. После каждого мероприятия этот элемент должен проверяться по архиву фактической погоды и принятых решений.

В отличие от общего прогноза, при работе с направлением «работа технических служб» необходимо учитывать не только сам факт явления, но и момент его появления относительно программы события. Такой подход связывает метеорологический параметр с действием, а не оставляет его как справочную величину. Для организатора это означает более спокойное планирование и меньше неожиданных остановок.

Именно поэтому «коммуникация со СМИ и диктором» рассматривается через связь прогноза, фактического измерения и действия ответственной службы. Практическая ценность решения проявляется только тогда, когда предупреждение приходит раньше опасной фазы и понятно всем службам. Именно здесь проявляется отличие специализированного обеспечения от обычного прогноза погоды.

С учетом городской среды Алматы, оценка элемента «управление расписанием» нужна для выбора безопасного сценария без чрезмерного ограничения мероприятия. После каждого мероприятия этот элемент должен проверяться по архиву фактической погоды и принятых решений. Главный результат состоит в том, что погодный фактор становится управляемым элементом, а не внешней случайностью.

Отдельного внимания заслуживает анализ позиции «архивирование решений». Накопление данных дает возможность проверять качество прогнозов, корректировать пороги и постепенно переходить от экспертных оценок к статистически подтвержденным решениям.

Полевые наблюдения подтверждают «взаимодействие с официальной метеослужбой» включается в систему как отдельный управленческий блок. Значение этого элемента зависит от назначения принятых решений.

1.2. Основные метеорологические факторы, влияющие на проведение соревнований и эксплуатацию спортивных объектов [5; 6; 16; 17; 18]

Основные метеорологические факторы, влияющие на проведение соревнований и эксплуатацию спортивных объектов, а также их влияние на отдельные группы и объекты показаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Метеорологические факторы и типовые последствия

Фактор	Влияние на спортсменов	Влияние на зрителей	Влияние на объект	Основные действия
Гроза	немедленная угроза на поле	опасность на трибунах	риск для электрооборудования	пауза и укрытие
Ливень	скольжение, ухудшение игры	давка у входов	перегрузка дренажа	осмотр и регулирование потоков
Жара	перегрев	тепловой стресс	нагрев покрытий	вода, тень, медпосты
Порывы ветра	влияние на результат	опасность предметов	нагрузка на баннеры	закрепление, ограничение монтажа
Гололед	травмы на разминке	падения на лестницах	скользкость маршрутов	обработка, ограждение
Плохая видимость	ошибки судейства	потеря ориентирования	сложность эвакуации	информирование и ограничения

Температура воздуха является одним из наиболее важных метеопараметров при планировании и проведении спортивных мероприятий, тк как от ее значения зависят действия ответственной службы. Но надо учитывать, что тепловая нагрузка зависит не только от температуры, но и от влажности, инсоляции, ветра и длительности пребывания людей на открытых трибунах. Для стадиона это особенно важно, потому что поле, трибуны, входы и технические площадки реагируют на погоду по-разному.

Для службы безопасности оценка элемента «относительная влажность» нужна для выбора безопасного сценария без чрезмерного ограничения мероприятия. Значение этого элемента определяется тем, какие решения он поддерживает: подготовку служб, изменение режима допуска, ограничение работ или информирование зрителей. Поэтому в проекте используется сочетание локальных измерений, прогноза, пороговой оценки и подтвержденного оповещения. При накоплении статистики этот блок можно уточнять и делать менее консервативным без потери безопасности.

Для технической эксплуатации анализ позиции «порывистый ветер» показывает, что качество обеспечения определяется не количеством сообщений, а их применимостью для штаба. Ветер рассматривается через среднюю скорость и порывы, поскольку именно порыв создает наибольшую нагрузку на конструкции, зрителей и ход соревнования.

С позиции медицинского сопровождения «сильные осадки» включается в систему как отдельный управленческий блок. Осадки анализируются по фазе, интенсивности и продолжительности, потому что одно и то же количество воды дает разные последствия для поля, ступеней и входных групп. Практическая ценность решения проявляется только тогда, когда предупреждение приходит раньше опасной фазы и понятно всем службам.

В теплый сезон при работе с направлением «гроза и молниевая активность» необходимо учитывать не только сам факт явления, но и момент его появления относительно программы события. Грозовой риск оценивается по расстоянию до разрядов, направлению смещения облачности и времени, необходимому для вывода людей из открытых зон. После каждого мероприятия этот элемент должен проверяться по архиву фактической погоды и принятых решений. Главный результат состоит в том, что погодный фактор становится управляемым элементом, а не внешней случайностью.

В холодный период повышенного внимания для подготовки ответственных служб, режима допуска и ограничения работ требуют «видимость и туман».

Во время массового входа зрителей оценка элемента «УФ-излучение» нужна для выбора безопасного сценария без чрезмерного ограничения мероприятия.

Если рассматривать задачу шире «температура поверхности покрытия» включается в систему как отдельный управленческий блок. Как было сказано выше, тепловая нагрузка на поверхность покрытия зависит и от влажности, и от радиационных потоков, оказывает свое влияние и скорость ветра.

Так же опасен «гололед на маршрутах» за счет влияния на работу технических служб, безопасность спортсменов и зрителей в моменты входа и выхода со стадиона. Для предотвращения опасных последствий необходимо отслеживать «резкие переходы через ноль».

Сочетание жары и слабого ветра опасно как для зрителей на трибунах, так и для спортсменов, судейской бригады и технического персонала, работающего на открытом воздухе.

Наиболее уязвимой частью процесса становится «сочетание дождя и массового входа зрителей».

1.3. Современные методы наблюдения, прогнозирования и оповещения при проведении спортивных мероприятий [11; 12; 13]

Как известно[11], качество и своевременность прогноза зависят от первичной метеорологической информации. Сейчас в качестве средств мониторинга погодных условий могут использоваться как визуальные наблюдения и приборы для ручных измерений, так и современные технические средства и системы (табл. 1.3): автоматические станции, радары, спутники, грозопеленгаторы и тд. Однако все они имеют свои достоинства и недостатки с точки зрения конкретного объекта, ведь технический элемент должен позволять решать конкретную управленческую задачу, иначе сеть наблюдений превращается в набор приборов без прямой пользы для штаба.

Источники данных для спортивного метеообеспечения

Источник	Что дает	Сильная сторона	Ограничение
Локальная АМС	фактические параметры	точность по месту	не видит развитие вдали
Радар	осадки и движение ячеек	время подхода	не измеряет поверхность
Спутник	облачность и конвекцию	широкий обзор	меньшая детализация
Численная модель	прогноз на 1-6 суток	планирование	нужна корректировка
Грозопеленгация	разряды и расстояние	критично для паузы	нужна интеграция
Визуальный осмотр	локальные последствия	проверка данных	зависит от человека

Локальная автоматическая станция дает значения параметров с четкой привязкой к месту установки и времени выработки данных, но не дает возможность понять пространственное распределения того или иного параметра. Информация АМС отличается высокой дискретностью, но получить текущий прогноз по данным измерений можно только при наличии данной функции в специальном программном обеспечении. Если такая функция не предусмотрена, то организатор просто получит значение метеопараметра здесь и сейчас.

Радиолокационный мониторинг позволяет определить пространственное распределение и время подхода облачных систем, полей осадков различной интенсивности, вероятность появления грозových очагов. Слабой стороной радиолокационного метода метеорологического обеспечения спортивных мероприятий является невозможность определения значений основных метеопараметров у поверхности (температура, влажность, порывы ветра, УФ радиация и др.).

Спутниковый мониторинг дает широкий обзор и позволяет определить облачные системы еще на дальнем подходе к объекту, однако к минусам этого

метода можно также отнести меньшую детализацию и отсутствие данных о приземных параметрах.

Мезомасштабные численные модели позволяют провести планирование мероприятия заранее, что является большим плюсом для организаторов, поскольку дают прогноз на срок от одного дня до 6 суток. Но надо учитывать, что данные моделирования нуждаются в корректировке, а результат моделирования сильно зависит от качества и количества входных параметров.

Сверхкраткосрочный прогноз (nowcasting) дает большую точность, но сильно сокращает сроки прогнозирования. Для достоверного прогноза необходима большая выборка значений входных параметров.

Грозопеленгация позволяет определить наличие грозы. Однако при отсутствии сети грозопеленгаторов, значение будет репрезентативно для определенной точки. Тем не менее такая информация может быть полезна для приостановки мероприятия и при его возобновлении. К минусам грозопеленгации можно отнести необходимость и сложность интеграции данных мониторинга в систему.

Визуальные наблюдения или визуальный осмотр площадки на наличие тех или иных явлений (осадки, гололед, изморозь, туман и т.д.) наиболее точно показывают состояние различных зон спортивного объекта, но, с другой стороны, сильно зависят от объективности оценки и от человеческого фактора.

Совершенно очевидно, что современный подход к метеобеспечению спортивных объектов требует сочетания данных различных средств мониторинга, включая визуальную оценку и данных моделирования. Это позволит увеличить вероятность прогноза, ускорить и улучшить работу различных вспомогательных служб.

Информационный контур метеорологического сопровождения мероприятия должен включать несколько элементов (рис. 1.1). Информация от датчиков, установленных на объекте поступает на сервер для обработки, передачи дежурному метеорологу и дальнейшего хранения данных. Дежурный

метеоролог анализирует поступающую информацию и, в зависимости от критериев метеопараметров, контролирует пороговые уровни «наблюдение-готовность-ограничение-остановка». Информация о погодных условиях и пороговых уровнях передается в оргкомитет и различные службы спортивного объекта для принятия решений и/или проведения работ.

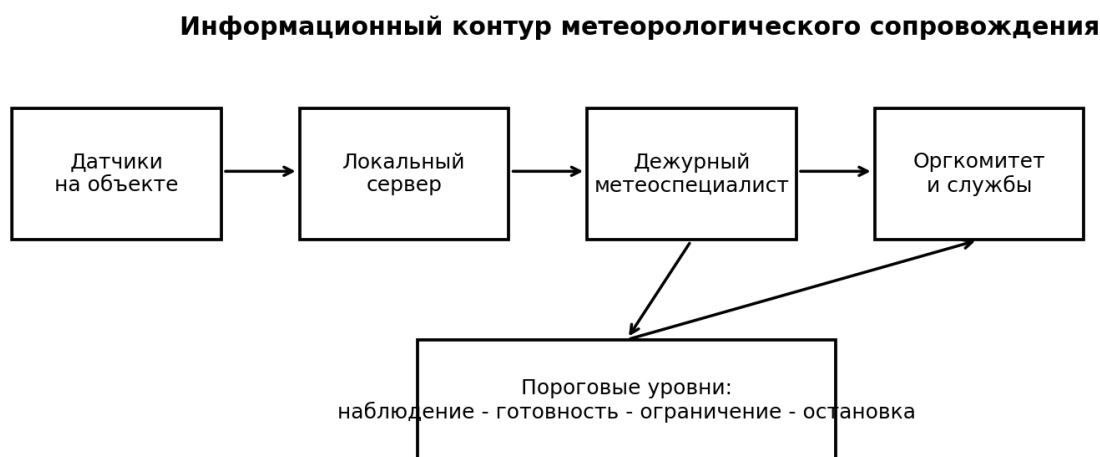


Рисунок 1.1 – Информационный контур метеорологического сопровождения спортивного объекта

Локальная панель отображения метеопараметров и «цветовые уровни риска» (табл. 1.4) позволяют техническому персоналу оперативнее реагировать на появление неблагоприятных для проведения мероприятия погодных явлений, чем сокращают время принятия управленческих решений различных служб.

Таблица 1.4

Регламент оповещения организаторов и служб безопасности

Уровень	Кому направляется	Канал	Подтверждение	Обновление
Зеленый	оргкомитет, эксплуатация	почта/чат	не требуется	по графику
Желтый	оргкомитет, безопасность, медики	чат + бюллетень	прочтение	30-60 мин

Оранжевый	руководитель, безопасность, техника	чат + звонок	обязательно	5-15 мин
Красный	все службы, диктор, табло	все каналы	немедленное	по факту и каждые 5 мин

В отличие от общего прогноза, при работе с функцией «сообщения для зрителей» необходимо учитывать не только сам факт явления, но и момент его появления относительно программы мероприятия. Такой подход связывает метеорологический параметр с действием, а не оставляет его как справочную величину.

При анализе метеопараметров спортивного объекта составляются «служебные бюллетени» (рис. 1.2), включающие архив фактической погоды и принятых решений. Такой анализ позволяет скорректировать работу служб и повысить скорость и точность принятия решений: подготовку служб, изменение режима допуска, ограничение работ или информирование зрителей.

Объект: Центральный стадион г. Алматы. Мероприятие: футбольный матч. Время выпуска: 16:00. Срок действия: 16:00-22:00. Уровень риска: желтый с вероятным переходом в оранжевый по грозе. Фактические условия на 16:00: температура воздуха 29 °С, относительная влажность 43%, ветер северо-западный 4 м/с, порывы до 9 м/с, осадков нет, видимость более 10 км. Температура поверхности поля 31 °С. Прогноз на ближайшие 3 часа: развитие кучево-дождевой облачности юго-западнее города, вероятность грозы в районе стадиона 40-60%, возможны кратковременный ливень и порывы ветра до 14-17 м/с. Ожидаемое окно повышенного риска: 18:20-20:00. Рекомендуемые действия: проверить готовность укрытий для команд и персонала, предупредить технические группы о запрете работ на высоте при оранжевом уровне, подготовить текст объявления для зрителей, усилить мониторинг грозовой активности до 5 минут. Следующее обновление: 17:00 или немедленно при появлении молнии в радиусе контроля.

Рисунок 1.2 – Пример метеорологического бюллетеня для спортивного мероприятия

Именно поэтому «послемероприятийный разбор» рассматривается через связь прогноза, фактического измерения и действия ответственной службы. Разбор после события связывает прогноз, фактические измерения и принятые решения, позволяя корректировать пороги и обучать персонал на реальной ситуации. Практическая ценность решения проявляется только тогда, когда предупреждение приходит раньше опасной фазы и понятно всем службам. Именно здесь проявляется отличие специализированного обеспечения от обычного прогноза погоды.

С учетом городской среды Алматы оценка элемента «обучение персонала» нужна для выбора безопасного сценария без чрезмерного ограничения мероприятия.

Подведем небольшой итог.

Метеорологическое обеспечение спортивных объектов представляет собой систему поддержки решений, а не простую выдачу прогноза. Наиболее важны детализация по месту и времени, связь параметров с действиями и единый канал оповещения.

Основные опасности открытого стадиона связаны с грозой, ливнем, ветром, жарой, УФ-излучением, гололедом, снегом, ухудшением видимости и резкими изменениями температуры. Их влияние зависит от зоны объекта и фазы мероприятия.

Современный подход требует сочетания АМС, радаров, спутниковых данных, численных моделей, nowcasting, информации грозопеленгаторов и организационного регламента. Без обратной связи и обучения персонала даже хорошая техника не обеспечивает безопасность.

2 Анализ системы метеорологического обеспечения спортивного объекта

2.1. Характеристика спортивного объекта и видов мероприятий, проводимых на его территории [8; 17]

Центральный стадион г. Алматы – крупнейший спортивный комплекс Казахстана (рис. 2.1) – представляет собой открытый стадион, расположенный в центре города недалеко от реки Есентай.



Рисунок 2.1 – Центральный стадион г. Алматы

Стадион включает в себя четыре сектора трибун для зрителей, футбольное поле с естественным покрытием (травой), оборудован легкоатлетическими

дорожками. Для проведения вечерних мероприятий предусмотрено искусственное освещение.

Общая характеристика Центрального стадиона г. Алматы и зависимость его секторов при проведении мероприятий приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Общая характеристика Центрального стадиона г. Алматы

Параметр	Характеристика	Значение для метеосистемы
Тип объекта	открытый городской стадион	высокая зависимость от локальной погоды
Покрытие	футбольное поле с газоном	контроль осадков и поверхности
Трибуны	четыре сектора, значительная вместимость	жара, молния, ветер, потоки людей
Вечерние мероприятия	наличие освещения	видимость, осадки, гроза
Окружение	плотная городская среда	микроклимат и неоднородность ветра
Потоки людей	входы, выходы, транспорт	ливень, гололед, оповещение

Стадион рассчитан почти на 24 тысячи зрителей, для прохода которых предусмотрено шесть входных групп.

Стадион используется для проведения футбольных матчей, легкоатлетических соревнований, вечерних мероприятий, тренировок спортсменов, занятий в спортивных секциях. Помимо этого, на стадионе регулярно проводятся работы, в том числе высотные по установке или демонтажу банеров, флагов, декораций.

Каждое проводимое на стадионе мероприятие имеет свою специфику, поэтому и на каждый вид мероприятия будут оказывать влияние различные метеопараметры (табл. 2.2).

На стадионе предусмотрены различные службы, обеспечивающие его работу и проведение мероприятий: медицинская, техническая, безопасности и др.

Метеочувствительность видов мероприятий

Мероприятие	Главные угрозы	Критичные зоны	Приоритетное решение
Футбольный матч	гроза, ливень, ветер, жара	поле, трибуны, входы	пауза, перенос, управление зрителями
Легкая атлетика	ветер, жара, мокрые дорожки	дорожки и судейские посты	изменение расписания
Тренировка	жара, холод, осадки	поле и раздевалки	ограничение нагрузки
Массовый концерт	ветер, гроза, ливень	сцена, экраны, трибуны	ограничение конструкций
Зимнее событие	гололед, снег, туман	входы, лестницы, парковки	обработка и смена маршрутов

2.2. Климатическая характеристика района исследования [7; 9; 20]

Алмата расположена в центре материка в межгорной котловине на высоте 750–850 у подножия Заилийского Алатау. Климат города континентальный, с влиянием горно-долинной циркуляции и высотной поясности.

Средняя многолетняя температура воздуха составляет +10 °С (рис. 2.2), самый тёплый месяц — июль, самый холодный — январь. Переходными периодами (от холодного к теплу и от теплого к холодному) являются февраль-март и октябрь-ноябрь. Устойчивые морозы наблюдаются с середины декабря по середину февраля. Погода с температурой выше +30 °С в среднем наблюдается около месяца в течение года, что будет являться дополнительным риском при долгом нахождении на открытом месте.

В центре города формируется «остров тепла» с контрастом средне суточной температуры между северной и южной частями от 1 °С до 2,5°С. Также

на температурный режим района оказывают влияние рельеф местности и горно-долинные инверсии.

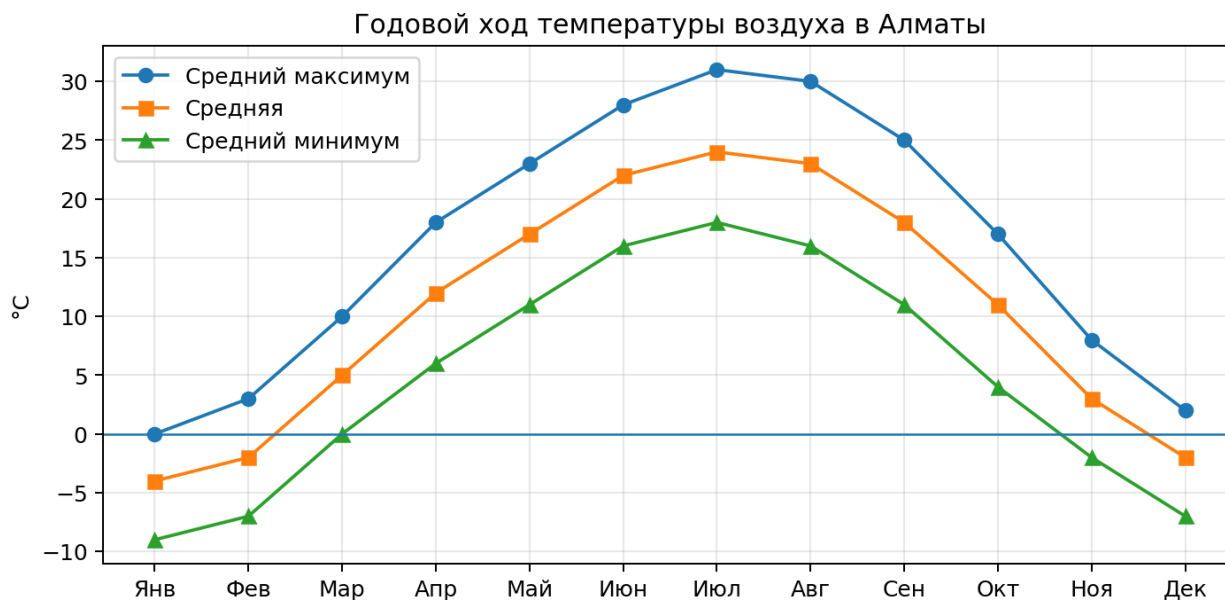


Рисунок 2.2 – Годовой ход температуры воздуха в Алматы

В год в Алмате выпадает 600–650 мм осадков (рис. 2.3), при этом наиболее уязвимый период – «весенний максимум осадков» – приходится на апрель-май (около 80 мм). Второстепенный максимум наблюдается в октябре-ноябре (в среднем 60 мм). Засушливый период приходится на август-сентябрь (в среднем 25 мм).

Максимум относительной влажности в регионе приходится на зимние месяцы: декабрь-январь. Минимальные значения наблюдаются в июле-августе.

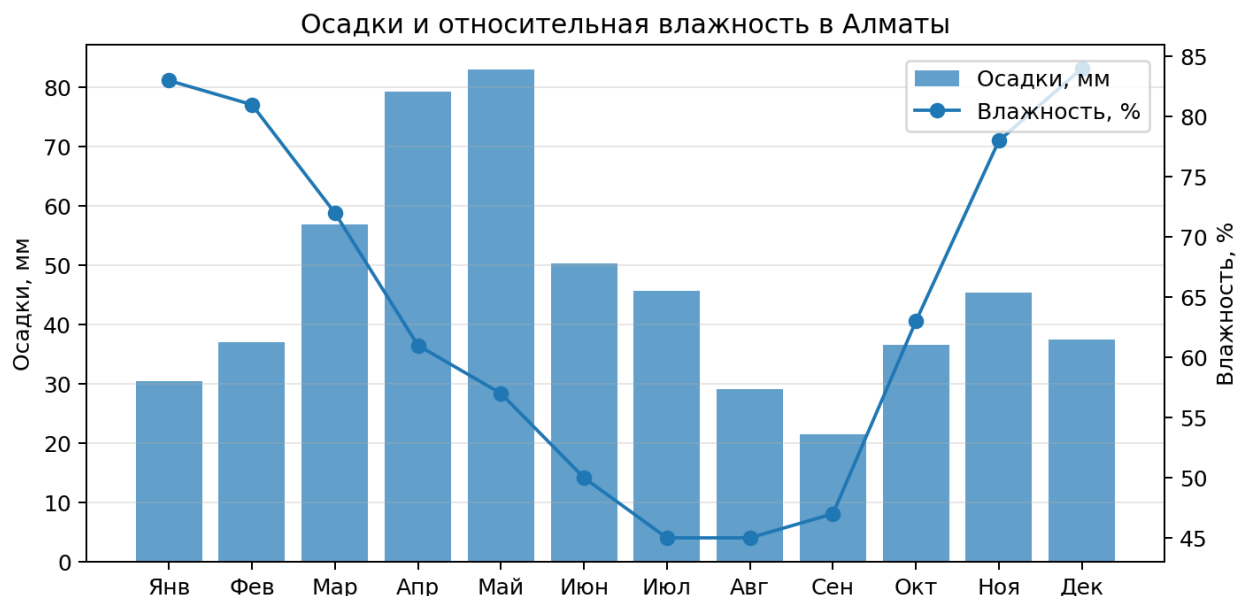


Рисунок 2.3 – Сезонное распределение осадков и относительной влажности

Чаще всего в городе господствуют ветра юго-восточных направлений, но в равнинных районах преобладает северо-западный ветер. В течение 15 дней за год наблюдаются сильные ветра со скоростью 15 м/с и более.

Особенности рельефа города способствуют частому возникновению смога и туманов (в среднем около 2 месяцев за год).

В летний период нередко наблюдаются грозы с штормовыми ветрами.

Снежный покров образуется с начала-середины декабря и держится до середины-конца марта. Несмотря на то, что зимой чаще всего наблюдаются осадки в виде снега, может наблюдаться «неожиданный» дождь.

Для проведения исследования климата Алматы с целью использования при проектировании системы метеобеспечения спортивного объекта были взяты показатели, указанные в таблице 2.3.

Климатические показатели Алматы, использованные в проектной оценке

Месяц	T max	T min	T ср.	Осадки	Влажн.	Ветер	Видим.
Янв	0	-9	-4	30.4	83	10	5
Фев	3	-7	-2	37.0	81	11	5
Мар	10	0	5	56.9	72	13	8
Апр	18	6	12	79.3	61	15	10
Май	23	11	17	83.0	57	14	12
Июн	28	16	22	50.3	50	14	12
Июл	31	18	24	45.6	45	14	12
Авг	30	16	23	29.1	45	14	12
Сен	25	11	18	21.5	47	13	11
Окт	17	4	11	36.5	63	11	9
Ноя	8	-2	3	45.3	78	11	6
Дек	2	-7	-2	37.5	84	10	4

На основе климатической характеристики был построен годовой профиль погодных рисков для исследуемого спортивного объекта (рис. 2.4) и составлена матрица погодных рисков (табл. 2.4).

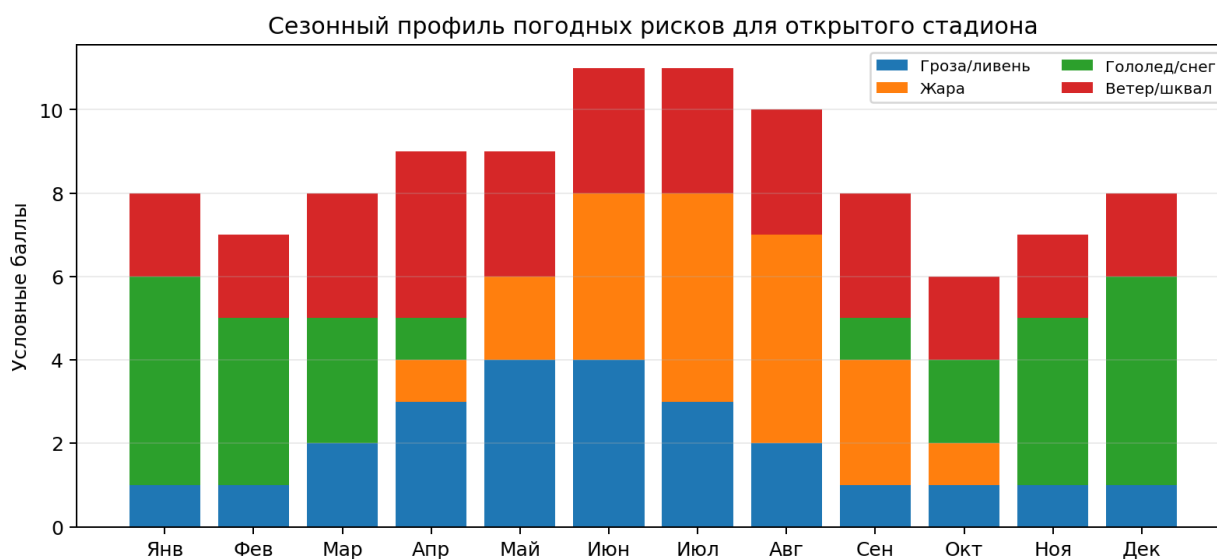


Рисунок 2.4 - Условный сезонный профиль погодных рисков для стадиона

Таблица 2.4

Матрица погодных рисков для Центрального стадиона г. Алматы

Риск	Вероятность сезона	Тяжесть	Уязвимые зоны	Итог	Пороговые действия
Гроза	средняя/высокая в теплый сезон	очень высокая	поле, трибуны, вышки	красный	пауза и укрытие
Сильный ливень	высокая весной	средняя/высокая	поле, дренаж, лестницы	оранжевый	осмотр и регулирование потоков
Жара и УФ	высокая летом	средняя/высокая	открытые трибуны	желтый/оранжевый	вода, тень, медпосты
Порывистый ветер	средняя	средняя/высокая	верхний ярус, сцена	желтый/оранжевый	крепление и ограничения
Гололед	высокая зимой	высокая	лестницы, пандусы	оранжевый	обработка и ограждение
Температурный переход	средняя	средняя	поле и маршруты	желтый	контроль поверхности

В целом, можно сказать следующее:

Центральный стадион г. Алматы включает несколько метеочувствительных зон, каждая из которых требует своего набора параметров и действий. Одни решения относятся к полю, другие к трибунам, входам, техническим площадкам и прилегающим маршрутам.

Климатический анализ показывает сочетание летних рисков (жары, гроз и ливней) с зимними рисками (снегопада, гололеда и низкой температуры). В переходные периоды – весной и осенью – особенно важны ветер и изменение фазы осадков.

3 Разработка мероприятий по совершенствованию метеорологического обеспечения

3.1. Проектирование системы локального метеомониторинга спортивного объекта [11; 14; 15]

В процессе выполнения работы была разработана система локального метеомониторинга спортивного объекта (рис. 3.1). Модель построена для открытого стадиона городского типа. В расчетах принята вместимость 23 804 зрителя, наличие футбольного поля, четырех трибун, входных групп, технических площадок и вечернего освещения.

Принципиальная схема размещения датчиков

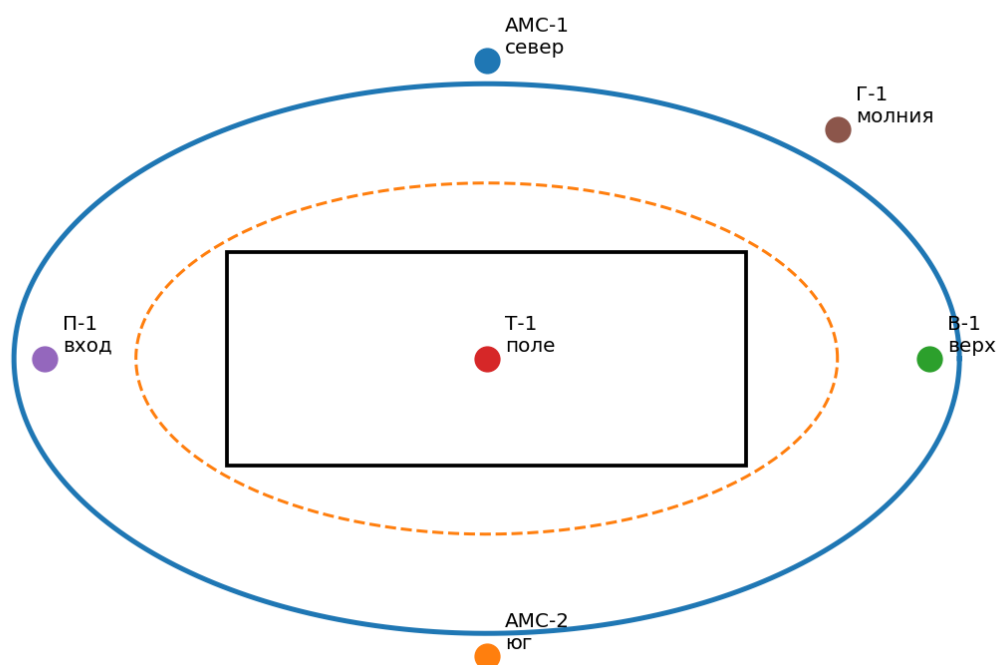


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема размещения метеодатчиков на территории стадиона

Основные метеочувствительные зоны: поле и беговые дорожки; нижний и верхний ярусы трибун; северные и южные входы; технические вышки и медийные позиции; внешние пешеходные подходы. Для каждой зоны задается свой набор контролируемых параметров и ответственных служб.

Рассмотрим ее более подробно. Система включает две АМС, грозопеленгатор, датчик температуры покрытия, датчик состояния покрытия, датчик параметров ветра, датчик осадков (рис. 3.1, табл. 3.1).

Таблица 3.1

Предлагаемая сеть локального метеомониторинга

Обозн.	Место	Параметры	Интервал	Назначение
АМС-1	северная сторона	Т, RH, P, ветер, осадки, видимость	10 мин	теневая и зимняя зона
АМС-2	южная сторона	Т, RH, P, ветер, осадки	10 мин	сравнение нагрева
В-1	верхний ярус	порывы и направление	1-10 мин	конструкции и верхние зоны
Т-1	уровень поля	Т поверхности, влажность	10 мин	газон и дорожки
П-1	северный вход	Т поверхности, влага	10 мин	гололед
Г-1	внешний сервис	молнии и расстояние	1-5 мин	решения по грозе
Сервер	диспетчерская	архив и уровни риска	постоянно	единый центр

Важную роль для работы всей системы играет место установки приборов, которое выбирается по репрезентативности и безопасности: датчик должен измерять заданный метеопараметр, а не нагреваться от стены или попадать в зону вмешательства зрителей.

Для большей надежности своевременного принятия решений в составе системы используются две комплексные АМС, устанавливаемые на северной и на южной стороне стадиона. Данные станции дают не дублирование параметры,

а возможность сравнить северную и южную стороны объекта, где различаются нагрев, ветер и влажность.

Датчик ветра устанавливается на верхнем ярусе, что позволяет контролировать порывы, которые не всегда заметны на поле, но влияют на устойчивость баннеров, камер, временных конструкций и комфорт зрителей, а так же учитывать локальную специфику объекта.

Датчик температуры поверхности поля показывает риск перегрева покрытия летом и подмерзания зимой. Это одна из ключевых характеристик (важнее обычной температуры воздуха) для принятия решения о допуске работ или планировании футбольного матча.

Входная группа концентрирует поток людей, и даже небольшой слой влаги при отрицательной температуре становится организационным риском: может привести к несчастному случаю или давке. Поэтому необходим контроль состояния (скользскости) покрытия, что обеспечивается специальным датчиком.

Важную роль в системе играет «осадкомер с коротким шагом». Короткий шаг осадкомера нужен в случае ливня, поскольку суточная сумма осадков почти ничего не говорит о минутной нагрузке на водоотвод и покрытие.

Грозопеленгатор включен в систему, поскольку грозовая информация дополняет наблюдения на стадионе. Опасный разряд может возникнуть до начала дождя над самой площадкой и стать причиной несчастного случая или причиной выхода оборудования из строя. Для стадиона это особенно важно, потому что поле, трибуны, входы и технические площадки реагируют на погоду по-разному.

Все данные с аппаратурной составляющей системы метеомониторинга передаются по кабельной или беспроводной связи на локальный сервер и индикаторную панель. Локальная собирает и обрабатывает всю полученную информацию и, при переходе значений через пороговые, вырабатывает предупреждение, необходимое для принятия решений. Вся необходимая информация отображается на индикаторной панели (экране), чтобы дежурный не

переключался между сайтами, чатами и приложениями во время критической фазы.

Все измеренные метеопараметры, а также выработанные предупреждения и принятые решения сохраняются в архив. Архив формирует доказательную базу: по нему видно, как менялись условия, когда выдано предупреждение и насколько решение соответствовало факту. В регламенте это отражается через порог, ответственного исполнителя и срок обновления информации. В результате анализа прошедших ситуаций уменьшается зависимость от субъективной оценки дежурного и повышается устойчивость мероприятия.

Опыт крупных соревнований показывает что система должна иметь резервное питание, которое обеспечит ее бесперебойную работу при внезапном отключении сети. Также наличие блока резервного питания особенно важно при комплексе неблагоприятных метеоусловий: в грозу и при сильном ветре, когда возрастает риск и повышается вероятность перебоев.

Наличие блока резервной связи исключает ситуацию, когда предупреждение есть у метеоспециалиста, но не доходит до тех служб, которые должны закрыть определенную зону стадиона или остановить (возобновить) работы или проведение мероприятия.

Обязательная калибровка датчиков защищает систему от накопления ошибок, ведь плохо настроенный и не откалиброванный датчик может создавать как ложное спокойствие, так ложную выработку предупреждений.

Рекомендуется проводить тестовую эксплуатацию системы до начала сезона. Это позволит проверить не только работу приборов, каналов связи, индикатора, но и людей: кто видит сигнал, кто подтверждает его получение и кто запускает действие.

С учетом городской среды и климатических особенностей г.Алматы необходим комплект переносных приборов. Переносные приборы нужны для контрольных обходов, особенно при спорных ситуациях на поле, у входов на стадион и на верхнем ярусе.

Помимо выше указанных факторов необходимо предусмотреть защиту оборудования от зрителей. Как известно, расстроенные результатом болельщики или разгоряченные фанаты, могут нанести вред оборудованию. Его физическая защита предотвратит повреждение, случайное перекрытие датчика и искажение данных во время массового входа или выхода зрителей.

Для репрезентативности данных надо проводить ежемесячный контроль качества и техническое обслуживание системы. Это позволит избежать отсутствия данных, засорения осадкомера, ослабления креплений и проблем со связью. Требования к компонентам системы и ее техническому обслуживанию приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Требования к компонентам системы

Компонент	Минимальное требование	Резервирование	Контроль качества
Температура и влажность	защита от нагрева	переносной прибор	сверка раз в месяц
Анемометр	измерение порывов	осмотр креплений	сравнение с фоном
Осадкомер	интенсивность 5-10 мин	ручная проверка	очистка и тест
Поверхностные датчики	работа при наличии снега	ручной термометр	зимняя сверка
Связь	локальная сеть и мобильный канал	резервный оператор	тест перед событием
Питание	UPS и аккумулятор	резервная линия	проверка заряда

3.2. Разработка регламента метеорологического сопровождения соревнований и массовых мероприятий [12; 13; 19]

Начнем с того, что для каждой службы спортивного комплекса нужна разная заблаговременность прогноза погоды (табл. 3.3).

Календарь метеорологического сопровождения мероприятия

Срок	Действие	Ответственный	Результат
T-72 ч	анализ среднесрочного прогноза	метеоспециалист	предварительный риск
T-24 ч	расширенный бюллетень	метеоспециалист	готовность служб
T-6 ч	уточнение радаров и моделей	дежурный + безопасность	проверка ресурсов
T-1 ч	оперативный бюллетень	дежурный	допуск или ограничения
Во время	мониторинг 10/5/1 минут	дежурный	обновления
После	разбор факта и решений	штаб	протокол

1. Заблаговременность 72 часа. На этом этапе «подготовка за 72 часа» еще можно изменить состав дежурных, проверить резерв связи, уточнить вероятность неблагоприятного окна и заранее предупредить подрядчиков о возможных ограничениях.

2. Для службы безопасности необходим «бюллетень за 24 часа» для выбора безопасного сценария. Суточный бюллетень должен переводить среднесрочный прогноз в план действий: какие службы усиливаются, какие зоны требуют осмотра и какие ресурсы готовятся заранее.

3. Для технической эксплуатации необходимо «уточнение за 6 часов». За шесть часов важны уже не климатические оценки, а траектория облачных зон, вероятность смещения ливня, ожидаемые порывы ветра и состояние покрытия перед входом зрителей и появлением спортсменов.

4. Для медицинского сопровождения важен «оперативный бюллетень за 1 час». Этот бюллетень перед стартом фиксирует фактические данные на объекте, текущий прогноз и соответствующее решение: проведение без ограничений, режим готовности или введение частичных мер.

В теплый сезон при работе с направлением «мониторинг во время мероприятия» необходимо учитывать не только сам факт явления, но и момент его появления относительно программы события. В период события частота контроля повышается, потому что даже небольшое смещение грозовой ячейки

или усиление порывов меняет решения судей, охраны и технической службы. После каждого мероприятия этот элемент должен проверяться по архиву фактической погоды и принятых решений.

Для оперативной реакции на метеообстановку и возможные неблагоприятные факторы вводят цветовые уровни риска и действия (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Цветовые уровни риска и действия

Уровень	Смысл	Критерии	Действия
Зеленый	обычные условия	опасные явления не ожидаются	плановый контроль
Желтый	потенциальная угроза	прогноз неблагоприятного фактора	готовность служб
Оранжевый	высокая вероятность	явление рядом или рост параметров	подготовка ограничений
Красный	непосредственная опасность	фактический порог	пауза, эвакуация зон, запрет работ

В холодный период «зеленый уровень» не означает отсутствия наблюдения; он подтверждает штатный режим и сохраняет минимальный контроль, чтобы службы видели фоновые изменения.

Во время массового входа зрителей оценка элемента «желтый уровень» нужна для выбора безопасного сценария. Желтый уровень вводится как ранняя готовность: персонал еще не ограничивает мероприятие, но проверяет маршруты, укрытия, связь и тексты оповещения.

Оранжевый уровень требует сокращения времени реакции, потому что угроза уже близка к объекту или быстро усиливается по данным радара, датчиков или грозовой информации.

Красный уровень должен запускать заранее утвержденные действия без дополнительных споров: остановку работ на высоте, паузу в мероприятии, закрытие опасных зон и вывод людей в безопасные места.

Грозовой критерий строится не только по факту дождя, а по расстоянию до разрядов, скорости приближения очага и возможности вывести людей из открытых участков до опасной фазы. Поэтому данные о наличии гроз в непосредственной близости от стадиона необходимы.

Для критерия «порог жары» жары учитываются температура, влажность, инсоляция, время суток и длительность нахождения зрителей на открытых трибунах. В зависимости от сочетания этих параметров медицинская служба получает отдельный блок рекомендаций.

Критерий «порог ветра» по степени воздействия разделяется для спорта, зрительских зон и временных конструкций: допустимый порыв для игры может быть опасным для баннеров, камерных вышек или легкой сцены.

Критерий «порог ливня» оценивается по интенсивности дождя за короткий интервал, потому что именно быстрый приток воды влияет на состояние газона, беговых дорожек, ступеней, водоотводов и входных групп.

Наиболее уязвимой частью процесса становится критерий «порог гололеда». Гололедный риск связан с сочетанием температуры поверхности, влаги и потока людей; он особенно критичен у турникетов, лестниц и внешних пешеходных подходов.

Надежность обеспечения зависит от качества составления «матрицы ответственности», которая устраняет неопределенность: метеоспециалист выпускает оценку, руководитель принимает решение, а службы выполняют заранее назначенные действия.

Таблица 3.5

Матрица ответственности RACI

Процесс	Метеоспец.	Руководитель	Безопасность	Техслужба	Медслужба
Выпуск бюллетеня	R	A	I	I	I
Решение о паузе	C	A/R	C	I	I

Оповещение зрителей	C	A	R	I	C
Обработка гололеда	I	A	C	R	I
Меры при жаре	C	A	C	I	R
Разбор после события	R	A	C	C	C

По мере наступления того или иного цвета опасности составляется «текст для диктора». Сообщение для диктора должно быть коротким и практичным: что происходит, куда идти, чего не делать и когда будет следующее обновление.

Информирование зрителей может происходить и с помощью информационных табло. Информация на табло нужна не для демонстрации метеоданных, а для управляемого поведения зрителей; поэтому текст должен быть понятным без специальных терминов.

Функция «подтверждение получения предупреждения» превращает рассылку в управляемый процесс: штаб видит, кто принял сообщение и какая служба уже начала действовать.

Функция «послемероприятийный разбор» события связывает прогноз, фактические измерения и принятые решения, позволяя корректировать пороги и обучать персонал на реальной ситуации. В регламенте это отражается через порог, ответственного исполнителя и срок обновления информации

3.3. Решения для повышения безопасности и устойчивости проведения мероприятий [12; 16; 19]

В условиях открытого стадиона локальные датчики позволяют увидеть усиление ветра, начало осадков или падение температуры поверхности раньше, чем это станет очевидно по городскому прогнозу. В нашем случае большую роль играет «ускорение оповещения», которое происходит за счет готовых адресных списков, цветовых уровней и подтверждения доставки, а не за счет большего

числа сообщений. Поэтому в проекте используется сочетание локальных измерений, прогноза, пороговой оценки и подтвержденного оповещения.

Внезапная пауза во время мероприятия чаще возникает не из-за самой погоды, а из-за поздней реакции на наступление события. Заблаговременное окно риска дает возможность подготовить службам спокойный сценарий.

Позиция «снижение числа погодных инцидентов» показывает, что инциденты уменьшаются тогда, когда опасная тенденция переводится в простые профилактические действия: обработка ступеней, закрытие верхнего яруса, изменения маршрутов или усиления медицинской службы.

Позиция «уменьшение ложных решений» включается в систему как отдельный управленческий блок. Ложные решения сокращаются благодаря сопоставлению прогноза с фактом на объекте: если опасная зона проходит мимо стадиона, штаб не вводит лишние ограничения.

Позиция «улучшение медицинской готовности» позволяет оперативно реагировать при ранней оценке теплового и холодового стресса, потому что можно заранее расставить персонал, воду, укрытия и носилки.

Функция «защита временных конструкций» рассматривается через связь прогноза, фактического измерения и действия ответственной службы. Временные конструкции чувствительны к порывам и грозе, поэтому регламент должен задавать момент прекращения монтажа, демонтажа и работ на высоте.

С учетом городской среды Алматы элемент «профилактика гололеда» эффективен только при раннем сигнале: службе эксплуатации нужно время на обработку лестниц, пандусов и входных площадок до появления массового потока зрителей.

Отдельного внимания заслуживает анализ позиции «повышение доверия персонала». Доверие персонала формируется не абстрактной точностью прогноза, а повторяемостью процедуры: люди понимают, какие данные считаются основными и кто принимает решение.

Функция «архивирование факта и прогноза» нужна для проверки качества полученной информации: после сезона можно сравнить прогноз, фактическую погоду, решения штаба и последствия для мероприятия.

Полезной будет и функция «экономия на последствиях». Экономия проявляется в предотвращении повреждений покрытия, оборудования, временных конструкций и в снижении затрат на аварийные действия.

Позиция «репутационная устойчивость» связана с предсказуемой коммуникацией: зрители и команды легче принимают ограничения, когда они объяснены заранее и одинаково для всех.

Для службы безопасности наиболее важна функция «обучение через разборы». Она позволяет учить персонал на собственных кейсах стадиона, а не на отвлеченных инструкциях, поэтому каждое сложное событие становится учебным материалом.

Для служб технической эксплуатации необходима позиция «план внедрения по этапам», поскольку этапность внедрения снижает риск неработающей системы: сначала тестируются датчики и связь, затем регламент, после этого проводится учебное мероприятие.

Функция «первый сезон тестирования» должна рассматриваться как калибровочный этап: пороги проверяются на реальных матчах, тренировках, концертах и зимних событиях.

Позиция «корректировка порогов» позволяет уточнить пороговые значения по архиву данных, отзывам служб, числу ложных тревог и фактическим последствиям. После каждого мероприятия этот элемент должен проверяться по архиву фактической погоды и принятых решений.

Расчетная оценка изменения операционных показателей после внедрения системы показана на рисунке 3.2 и в таблице 3.6. KPI для контроля работы системы представлен в таблице 3.7.

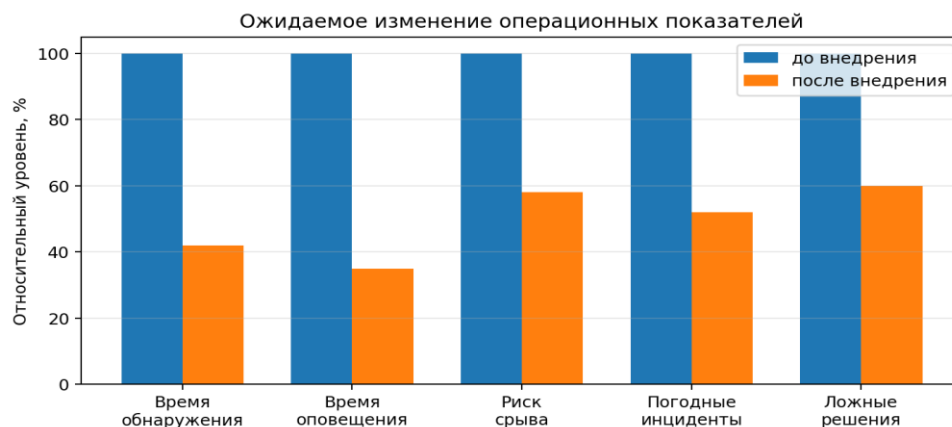


Рисунок 3.2 – Расчетная оценка изменения операционных показателей после внедрения системы

Таблица 3.6

Ожидаемое снижение рисков после внедрения

Показатель	До	После	Механизм улучшения
Время обнаружения	100%	42%	датчики, радар, гроза
Время оповещения	100%	35%	адресаты и подтверждение
Риск внезапного срыва	100%	58%	выбор погодных окон
Погодные инциденты	100%	52%	профилактика
Ложные решения	100%	60%	сравнение данных с прогнозом

Таблица 3.7

КРІ для контроля работы системы

Показатель	Цель	Периодичность	Источник
Бюллетень Т-24	не менее 95%	ежемесячно	архив
Бюллетень Т-1	100% крупных событий	после события	журнал штаба
Доставка оранжевого предупреждения	до 5 минут	по факту	лог сообщений
Действия по регламенту	не менее 90%	ежеквартально	протокол
Полнота архива	не менее 98%	ежемесячно	сервер
Тренировки персонала	2 раза в год	сезонно	журнал обучения

3.4 Тестирование и внедрение системы [5; 12; 17; 19]

Для проверки практической пригодности предложенной системы рассмотрен сценарий летнего вечернего футбольного матча.

За сутки до игры прогноз указывает на возможность развития конвективной облачности после 18 часов, однако городская сводка не дает ответа, пройдет ли очаг именно через стадион. В проектной схеме дежурный метеоспециалист за 6 часов анализирует радиолокационные данные, направление смещения облачных зон и локальные измерения температуры и влажности. Если вероятность грозы сохраняется, вводится желтый уровень: служба безопасности проверяет маршруты укрытия, технический персонал прекращает необязательные работы на высоте, медицинский пункт готовит воду и места кратковременного охлаждения. За час до начала матча уточняется положение очага. При появлении молний в контрольном радиусе решение уже не обсуждается заново, поскольку красный сценарий заранее описывает порядок паузы и информирования зрителей.

Второй сценарий связан с кратковременным ливнем высокой интенсивности. Для стадиона опасна не столько суточная сумма осадков, сколько десятиминутная нагрузка на газон, беговые дорожки, ступени и турникетные зоны. Обычный прогноз может сообщать о дожде как о вероятном явлении, но не показывает момент, когда вода начнет скапливаться у входов. В предлагаемой системе осадкомер с коротким шагом и датчики поверхности позволяют заранее увидеть переход от слабого дождя к ливню. При оранжевом уровне служба эксплуатации очищает водоприемники, охрана перераспределяет входные потоки, диктор готовит сообщение о необходимости не задерживаться на лестницах. Если после дождя температура быстро падает к нулю, регламент автоматически связывает ливневой сценарий с гололедным контролем, чтобы не ждать первых падений зрителей.

Отдельная проверка проведена для жаркого дневного мероприятия. В Алматы летняя температура может сочетаться с высокой инсоляцией, слабым ветром и длительным пребыванием людей на открытых трибунах. В такой ситуации риск для здоровья возникает до того, как температура достигает экстремального значения по официальным критериям. Система учитывает

фактический нагрев трибун, температуру воздуха, влажность и прогноз продолжительности солнечного периода. При желтом уровне медицинская служба получает предварительное уведомление, открываются точки воды, ограничиваются очереди на солнечной стороне, а сообщения для зрителей формулируются не как абстрактный прогноз, а как конкретная рекомендация: пить воду, использовать головной убор, обращаться к ближайшему персоналу при головокружении. При оранжевом уровне усиливается дежурство медиков и допускается изменение времени отдельных активностей.

Зимний сценарий показывает значение датчиков поверхности у входов и на подходах. Главная опасность здесь возникает при переходах температуры через ноль, когда днем снег или мокрый снег тает, а вечером вода замерзает на ступенях, пандусах и плитке. Городской прогноз температуры воздуха не всегда отражает состояние конкретного покрытия, особенно возле массивных конструкций и потоков людей. В проектной модели датчик у входной группы фиксирует температуру поверхности и наличие влаги, после чего служба эксплуатации получает сигнал до массового прихода зрителей. Это позволяет обработать маршруты, поставить предупреждающие знаки и изменить распределение потока. Эффективность выражается не в том, что гололед полностью исчезает, а в том, что опасная зона выявляется заранее и не превращается в серию травм во время входа или выхода.

Сценарий порывистого ветра важен для мероприятий с временными конструкциями: концертными площадками, баннерами, пресс-позициями, легкими ограждениями и оборудованием трансляции. Порыв на верхнем ярусе может заметно отличаться от ветра у поля, поэтому оценка только по городской станции недостаточна. В проектной схеме верхний анемометр работает как ранний индикатор нагрузки на конструкции. При достижении желтого уровня подрядчики проверяют крепления, при оранжевом прекращают работы на высоте, при красном демонтируют или блокируют опасные элементы согласно заранее утвержденному списку. Такой порядок особенно важен с юридической и

организационной стороны: решение не выглядит внезапным требованием метеоспециалиста, а опирается на подписанный регламент и понятные пороговые значения.

Для массового выхода зрителей после матча погода оценивается отдельно. Даже если само соревнование прошло без ограничений, резкое ухудшение условий в последние минуты способно создать риск на лестницах, у ворот и на остановках транспорта. Поэтому в регламент включается контроль финальной фазы: за 20-30 минут до предполагаемого выхода дежурный уточняет осадки, ветер, грозовую активность и состояние поверхности. При угрозе ливня охрана может поэтапно открывать дополнительные выходы, диктор заранее сообщает о безопасных маршрутах, а персонал направляет поток от скользких участков. В обычной схеме такая фаза часто остается вне внимания, поскольку основной акцент делается на самом матче. Практическое метеобеспечение рассматривает мероприятие шире: оно начинается с монтажа и заканчивается только после ухода людей и завершения демонтажа.

При сравнении сценариев видно, что один и тот же метеорологический фактор получает разный управленческий смысл. Дождь во время тренировки может привести только к переносу занятия, но дождь в момент входа зрителей создает риск скользкости, очередей и затора на турникетах. Порыв ветра на пустом поле ограничивает работу техники, а тот же порыв во время концерта угрожает сценическим конструкциям. Температура минус один градус сама по себе не критична, но при влажном покрытии и массовом потоке она становится основанием для срочной обработки. Поэтому оценка эффективности системы должна учитывать фазу мероприятия, плотность людей, уязвимые зоны и время на действие. Именно такой подход отличает предложенную модель от простого просмотра прогноза на сайте.

Расчетная экономическая логика также строится на предотвращении последствий, а не на формальном сокращении расходов. Установка датчиков и организация дежурства требуют затрат, однако задержка предупреждения

способна привести к повреждению покрытия, травмам, срыву трансляции, штрафным обязательствам перед организаторами или репутационным потерям. Прямой экономический эффект проявляется в снижении аварийных работ, меньшем числе внеплановых остановок, рациональном использовании персонала и материалов для обработки территории. Косвенный эффект связан с тем, что администрация получает доказательную базу: в архиве сохраняются фактические данные, предупреждения, время их выдачи и действия служб. Это важно для последующего анализа, страховых вопросов и корректировки договоров с подрядчиками.

Стадион нуждается не просто в прогнозе дождя или ветра, а в информации, влияющей на разрешение работ, начало игры, нахождение людей на открытых трибунах и использование временных конструкций. Поэтому предложенная система использует: наблюдение, прогноз, порог, решение, подтверждение, архив и разбор.

Внедрение системы целесообразно проводить поэтапно. На первом этапе администрация утверждает перечень метеочувствительных зон и ответственных лиц. На втором размещаются датчики, проверяется связь и создается локальный архив. На третьем проводится учебное мероприятие без зрителей или на тренировке, где отрабатываются бюллетени, подтверждение получения предупреждений и действия служб. Только после этого регламент используется на матчах и концертах с массовым присутствием. Такой порядок уменьшает риск технических и организационных сбоев: персонал знакомится с сигналами заранее, а руководство видит, какие решения действительно выполнимы. По завершении первого сезона пороги корректируются, а часть экспертных оценок заменяется статистикой объекта.

Оценка надежности не ограничивается исправностью оборудования. Даже точные датчики не повысят безопасность, если сообщения теряются в чатах, ответственные лица не подтверждают получение или разные службы понимают один уровень риска по-разному. Поэтому система проектируется как единый

контур: техническая часть, прогнозная часть, регламент, визуализация и обучение персонала. В таблицах работы эти элементы специально разделены, но в реальной эксплуатации они должны действовать одновременно. Например, красный грозовой уровень имеет смысл только при наличии данных о молниях, готового текста для диктора, решения руководителя, маршрутов укрытия и связи с охраной. Отсутствие любого звена снижает весь эффект, даже если остальные элементы работают хорошо.

Итоговая практическая модель может быть адаптирована к другим объектам, но не должна копироваться механически. Для футбольной арены важны поле, трибуны и входные группы; для лыжно-биатлонного комплекса добавляются профиль трассы, видимость на спусках, лавинная и снежная составляющая; для открытого спортивного парка возрастает значение деревьев, временных павильонов и рассредоточенных маршрутов людей. Поэтому универсальной является не схема датчиков, а методика: выделить метеочувствительные зоны, определить опасные явления, связать их с фазами мероприятия, назначить пороги, закрепить ответственных и вести архив. Именно эта последовательность обеспечивает применимость результатов дипломной работы за пределами выбранного стадиона.

Практический контроль качества предлагается вести не по одному итоговому показателю, а по нескольким независимым признакам. Первый признак – полнота архива: в нем должны сохраняться не только средние значения, но и максимальные порывы, интенсивность осадков, время выдачи предупреждений и подтверждения служб. Второй признак – сопоставимость прогнозов и факта: после каждого события фиксируется, какие опасные явления были предсказаны верно, какие не реализовались и какие возникли неожиданно. Третий признак – управленческая дисциплина: проверяется, были ли выполнены действия, предусмотренные цветовым уровнем. Такая система анализа не сводит работу метеоспециалиста к формальному выпуску бюллетеня, а показывает, как прогноз повлиял на безопасность и устойчивость мероприятия.

Для администрации стадиона важен вопрос ответственности при принятии решений. Предложенный регламент не перекладывает решение полностью на метеоролога: специалист оценивает фактические и ожидаемые условия, но окончательное управленческое действие принимает руководитель мероприятия или уполномоченное лицо. При этом регламент заранее ограничивает произвол, потому что каждому уровню риска соответствует перечень допустимых решений. Если порог грозы или ветра достигнут, руководитель не должен заново обсуждать, опасно это или нет; он выбирает подготовленный сценарий и контролирует его выполнение. Такая модель снижает конфликт между спортивной, коммерческой и безопасностной логикой, поскольку правила известны до начала события.

Информационные сообщения для зрителей должны проектироваться отдельно от служебных бюллетеней. Служебный документ может содержать вероятность, интервалы, скорость ветра, тип облачности и технические рекомендации; зрителю требуется краткое и спокойное указание. Например, при грозе сообщение не должно перегружаться метеорологическими терминами: достаточно сообщить о временной паузе, запрете нахождения на открытых металлических конструкциях, направлении движения к безопасным зонам и времени следующего объявления. Неверный тон сообщения способен усилить тревогу или, наоборот, вызвать недооценку опасности. Поэтому метеорологическое обеспечение затрагивает не только измерения и прогноз, но и язык коммуникации.

Система остается работоспособной только при регулярных тренировках. Один раз в сезон необходимо проводить учебный сценарий грозы или шквала, где проверяется весь путь сигнала: от фактического датчика или прогноза до решения руководителя, объявления, действий охраны, технической службы и медиков. Такая тренировка выявляет слабые места, которые не видны в документах: устаревшие контакты, неработающий резервный канал, непонятные формулировки, слишком длинную цепочку согласования или отсутствие

ключевого сотрудника на месте. По итогам тренировки регламент должен исправляться, иначе он останется формальным приложением, а не рабочим инструментом обеспечения безопасности.

Подведем итоги.

Предложена локальная система метеомониторинга, включающая комплексные станции, ветровой датчик верхнего яруса, датчики поверхности, осадкомер, грозовой канал, локальный сервер и панель отображения.

Разработан регламент, который охватывает подготовку за 72, 24, 6 и 1 час, мониторинг во время события, четыре цветовых уровня, матрицу ответственности, сообщения для служб и тексты для зрителей.

Оценка эффективности показывает сокращение времени обнаружения и оповещения, снижение риска внезапных срывов, уменьшение инцидентов и формирование архива для постоянного улучшения системы.

Заключение [1; 2; 12]

В выпускной работе исследована система метеорологического обеспечения спортивных объектов и мероприятий на примере Центрального стадиона г. Алматы. Показано, что открытый стадион является объектом массового пребывания людей, где погода влияет на безопасность, расписание, состояние покрытия, работу инженерных служб и устойчивость временных конструкций.

Теоретический анализ подтвердил, что современное обеспечение спорта должно строиться как поддержка решений. Оно включает локальные наблюдения, прогнозы разных сроков, nowcasting, каналы оповещения, подготовку персонала и обратную связь после мероприятия. Такой подход близок авиационной метеорологии, где важны точность по месту, времени и последствиям.

Практический анализ выявил основные риски для Алматы: летние грозы, ливни, жара и УФ-нагрузка; зимний снег, гололед и холод; весенние и осенние переходы с изменением фазы осадков и усилением ветра. Эти риски различаются по зонам стадиона, поэтому контроль должен быть локальным.

Оценка действующей информационной схемы показала недостаточность обычных прогнозов и визуальных наблюдений. Главные проблемы – отсутствие локальных измерений, неформальные каналы связи, слабая связь параметров с действиями и нехватка архива решений. Устранение этих ограничений стало основой проектных предложений.

Разработанная система включает две комплексные АМС, датчики ветра, поверхности поля и входной группы, осадкомер, грозовую информацию, локальный сервер и панель отображения. Сеть размещается так, чтобы видеть условия на поле, трибунах, верхнем ярусе и маршрутах зрителей.

Регламент сопровождения связывает прогноз и фактические данные с действиями служб. Он определяет сроки бюллетеней, цветовые уровни, ответственных лиц, порядок оповещения, сообщения для зрителей и разбор после

события. Благодаря этому метеоинформация становится практическим инструментом управления.

Ожидаемый эффект выражается в сокращении времени обнаружения опасных тенденций, ускорении оповещения, снижении риска внезапного срыва мероприятий и уменьшении числа погодных инцидентов. Модель может применяться на других открытых спортивных объектах после адаптации к их климату, конструкциям и потокам людей.

Дальнейшее развитие темы связано с интеграцией локальных данных с городскими службами, накоплением статистики, автоматическим расчетом тепловой нагрузки и созданием цифровой панели риска для руководителя мероприятия.

Список используемых источников

1. Всемирная метеорологическая организация. Погода и спорт. ВМО-№ 835. Женева, 1996.
2. Лукьянов В.И., Дмитриева Т.Г., Васильев Е.В., Заимских Г.А. Опыт метеорологического обеспечения крупных спортивных мероприятий в Российской Федерации в 2010-2019 гг. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 286-309.
3. World Meteorological Organization. A Proven Enabler Comes Out for Sporting Events. WMO, 2024.
4. Захаров А.Г. Изменчивость метеопараметров по данным АМС г. Владивостока. Выпускная квалификационная работа. РГГМУ, 2024.
5. NOAA / National Weather Service. Lightning Safety and Outdoor Sports Activities.
6. American Meteorological Society. Weather Safety at Venues and Public Gatherings. AMS Statement, 2018.
7. Timeanddate. Climate & Weather Averages in Almaty, Kazakhstan. Weather reports 1992-2021.
8. Ticketon.kz. Central Stadium - Almaty: venue information.
9. WeatherSpark. Climate and Average Weather Year Round in Almaty, Kazakhstan.
10. Матвейчук Н.А. Центр экстремальных видов спорта. Дипломный проект. КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, 2019.
11. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Автоматические метеорологические станции: тактико-технические характеристики. СПб.: РГГМУ, 2016.
12. WMO. Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. WMO-No. 1150.
13. Met Office. Event management - meteorological services.

14. Белоборова Н.В., Николаева Р.В. Использование автоматизированных дорожных метеорологических станций для обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах.

15. Самодурова Т.В. Зарубежный опыт специализированного метеорологического обеспечения дорожных организаций.

16. World Health Organization / WMO. Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development.

17. FIFA. Football Stadiums Guidelines / Stadium Safety and Security Regulations.

18. World Athletics. Technical Rules for competitions.

19. Committee on Sports Venue Safety. Lightning and severe-weather planning for outdoor venues.

20. Kazhydromet. Climate monitoring bulletins and operational weather information.

Таблица А.1

Текстовая карта погодных рисков

Зона	Лето	Зима	Переходные сезоны	Приоритет контроля
Поле	ливень, гроза, жара	подмерзание, снег	мокрое покрытие	осадки, поверхность, молния
Трибуны	жара, УФ, молния	холод, снег	ветер, дождь	температура, ветер
Входы	ливень, давка	гололед	скользкость	поверхность, осадки
Верхний ярус	порывы, молния	ветер, обледенение	шквал	порывы ветра
Техническая зона	гроза, ветер	снег, скользкость	осадки	молния, ветер

Таблица Б.1

Контролируемые параметры

Параметр	Единица	Назначение	Приоритет
Температура воздуха	°С	тепловой и холодовой стресс	высокий
Относительная влажность	%	тепловая нагрузка, туман, гололед	высокий
Порывы ветра	м/с	конструкции, комфорт, спорт	очень высокий
Осадки	мм/10 мин	дренаж и покрытие	очень высокий
Температура поверхности	°С	гололед и покрытие	очень высокий
Видимость	км/м	судейство и безопасность	средний
Молнии	км до разряда	решения по паузе	очень высокий
УФ-индекс	баллы	информирование людей	средний

Дополнительная расчетная методика оценки риска

Расчетная методика предназначена для предварительной оценки погодной опасности до накопления большого архива по конкретному стадиону. В качестве базовой используется логика $R = P \times S \times V$, где P отражает вероятность явления, S - тяжесть возможных последствий, а V - уязвимость зоны. Вероятность берется из прогноза, radar/nowcasting и фактических локальных наблюдений. Тяжесть определяется по тому, что может произойти при реализации явления: травмы, повреждение покрытия, остановка матча, нарушение работы входов, риск для временных конструкций. Уязвимость показывает, сколько людей находится в зоне и насколько быстро можно изменить режим работы.

Вероятность не следует оценивать только словами «будет» или «не будет». Для практического штаба удобнее шкала от 1 до 5: единица соответствует слабой вероятности и отсутствию фактических признаков, пятерка - явлению, которое уже наблюдается рядом с объектом или быстро приближается. Например, отдаленная гроза за городом при стабильном смещении в сторону стадиона может получить 3 балла, а молнии в контрольном радиусе и рост порывов - 5 баллов. Такая градация помогает не ждать последнего момента и заранее переходить к подготовленным действиям.

Тяжесть последствий зависит от вида мероприятия. Для тренировки без зрителей кратковременный ливень может означать только перенос занятия. Для матча с заполненными трибунами тот же ливень влияет на безопасность лестниц, работу турникетов, видимость, состояние покрытия и медицинскую нагрузку. Для концерта повышается роль сцены, экранов, звукового оборудования и временных креплений. Поэтому в расчетах каждому типу события присваивается собственная поправка: массовый вход и выход зрителей повышают тяжесть, а закрытые технические зоны без людей, наоборот, снижают ее.

Уязвимость зоны определяется не только числом людей, но и возможностью быстро изменить ситуацию. Поле имеет относительно малое число участников, но важность покрытия и телевизионной трансляции высока. Верхний ярус может быть уязвим из-за ветра и молнии, хотя площадь там меньше. Входная группа опасна при осадках и гололеде, потому что поток людей плотный и движение ограничено турникетами, лестницами и ограждениями. Такой подход позволяет не усреднять риск по стадиону, а выделять точки, где погодное явление быстрее переходит в организационную проблему.

Цветовые уровни формируются по суммарному баллу. Низкие значения соответствуют зеленому уровню и штатному контролю. Средние значения переводят объект в желтый режим: службы информируются заранее, но мероприятие не ограничивается. Высокие значения дают оранжевый уровень, при котором проверяются укрытия, оборудование, маршруты и готовность персонала. Максимальные значения требуют красного уровня, потому что промедление уже создает угрозу людям или инфраструктуре. Важно, что цвет не заменяет объяснение: в бюллетене указывается, какой фактор дал основной вклад и какие действия нужны.

Грозовой пример показывает работу методики наиболее наглядно. Если за три часа до матча прогнозируется конвекция, но фактических очагов рядом нет, вероятность может быть средней. При появлении грозовой ячейки западнее города и ее смещении к стадиону балл повышается. Когда молнии фиксируются в контрольной зоне, вероятность становится максимальной, а тяжесть для открытых трибун и поля также высока. Даже при небольшом дожде общий риск становится красным, потому что молния опасна до начала сильных осадков. Поэтому решение о паузе нельзя привязывать только к факту ливня.

Тепловой сценарий оценивается иначе. Вероятность жары может быть известна заранее, но тяжесть зависит от времени суток, заполненности трибун, возраста зрителей, доступности воды и работы медицинских постов. При температуре около 30 градусов и низкой влажности риск может оставаться

желтым, если мероприятие короткое и есть тень. При длительном дневном событии на открытых трибунах, слабом ветре и высокой инсоляции суммарный балл растет до оранжевого. Тогда меры направлены не на остановку мероприятия, а на профилактику: вода, информирование, усиление медиков, контроль очередей и изменение режима тренировок.

Гололедный сценарий требует учета поверхности. Температура воздуха около нуля сама по себе не является достаточным основанием для тревоги. Но если датчик покрытия показывает отрицательное значение, на поверхности есть влага, а через час ожидается массовый вход зрителей, вероятность и уязвимость резко возрастают. В такой ситуации желтый уровень должен вводиться заранее, а не после первых падений. Если обработка не успевает завершиться до входа людей, уровень повышается, и служба безопасности меняет маршруты, закрывает отдельные лестницы или замедляет поток.

Ветровой сценарий особенно важен для верхних зон и временных конструкций. Средний ветер может оставаться умеренным, но короткие порывы создают нагрузку на баннеры, камеры, легкие ограждения и сценические элементы. Методика предлагает отдельно учитывать среднюю скорость и максимальный порыв, потому что именно порыв часто становится причиной аварийной ситуации. Если на верхнем ярусе порыв превышает установленный порог, даже при нормальных условиях на поле вводится ограничение на работы на высоте и проверка креплений. Это предотвращает ошибку, когда безопасность оценивается только по ощущениям у кромки поля.

Использование архива позволяет постепенно уменьшать неопределенность. В первый сезон пороги выбираются консервативно, так как данных по объекту мало. После каждого мероприятия в архив заносятся прогноз, фактические значения, выданные уровни, действия служб и последствия. Через несколько месяцев можно увидеть, какие предупреждения были избыточными, какие сработали точно, а какие пришли поздно. На основе этого корректируются

баллы вероятности, тяжести и уязвимости. Так система становится не статичной инструкцией, а развивающимся инструментом управления погодным риском.

Корректировка порогов должна проводиться комиссионно. В ней участвуют метеоспециалист, представитель эксплуатации, служба безопасности, медики и организатор мероприятий. Если изменить порог только с точки зрения удобства проведения матчей, можно снизить безопасность; если оставить слишком жесткие значения, объект будет часто вводить ненужные ограничения. Поэтому решение принимается по фактам: сколько было предупреждений, сколько подтвердилось, какие последствия возникли, сколько времени понадобилось службам. Такой подход удерживает баланс между безопасностью, спортивным расписанием и экономической устойчивостью объекта.

Обучение персонала на расчетах завершает методику. Сотрудникам недостаточно прочитать регламент; они должны понимать, почему желтый уровень не является паникой, а красный не должен обсуждаться заново при достижении порога. На учебных сценариях персонал получает исходные данные, рассчитывает уровень риска, выбирает действия и сравнивает свое решение с эталонным. После нескольких тренировок регламент перестает быть формальным документом и превращается в рабочую привычку. Для спортивного объекта это особенно важно, потому что в реальной опасной ситуации времени на обучение уже не будет.