



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Оценка эффективности морских прогнозов»

Исполнитель Ефимов Данил Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

« 29 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

Введение.....	5
Глава 1. Морской порт «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург».....	7
1.1 Морской порт «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург» расположение и общие сведения.....	7
1.2 Территория ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург».....	8
1.2.1 Обработка судов (причал).....	10
1.2.2 Досмотровая площадка	10
1.2.3 Железная дорога.....	11
1.2.4 Инспекционно-досмотровый комплекс	11
1.2.5 Перетарочный комплекс.	11
1.2.6 Растарка Автомобилей (Geely, Chery, Changan).....	11
1.2.7 Сортировка контейнеров.....	12
1.2.8 Обработка автотранспорта.....	12
1.2.9 Герметизация поврежденных контейнеров.....	12
1.3 Современные перегрузочные комплексы и вспомогательная техника терминала.....	12
1.4 Типы контейнеров.....	19
Глава 2. Метеорологический прогнозы для транспортной системы и подготовка к опасным явлениям	25
2.1 Железнодорожный транспорт.....	26
2.2 Автомобильный транспорт	27
2.3 Морской и речной транспорт.....	28

2.4 Прогнозы ветра и гололеда для ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург», меры по предотвращению ЧС во время шторма.	29
Глава 3. Матричная система успешности прогнозов погоды.....	34
3.1 Матрица сопряженности методических прогнозов.....	34
3.2 Матрица сопряженности инерционных прогнозов	35
3.3 Матрица сопряженности случайных прогнозов	36
3.4 Критерии оценки успешности прогнозов.....	38
Глава 4. Оценка успешности альтернативных прогнозов скорости ветра и гололеда.....	46
4.1 Архив суточных прогностических и фактических данных скорости ветра и гололеда.	46
4.2 Матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов гололеда.....	47
4.3 Расчет и анализ критериев успешности прогноза гололеда.....	49
4.4 Матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов скорости ветра	50
4.5 Расчет и анализ критериев успешности прогноза скорости ветра	52
Глава 5. Оценка экономической эффективности метеорологических прогнозов для ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург»	54
5.1 Алгоритм разработки матрицы потерь потребителя.....	54
5.2 Матрица потерь потребителя.....	56
Глава 6. Выбор оптимальной стратегии потребителя на основе прогностической и климатической информации и расчет экономической полезности.....	58
6.1 Выбор оптимальной стратегии потребителя осуществлялся на основе байесовского подхода	58

6.2 Выбор оптимальной климатологической стратегии при частичных мерах защиты.....	62
6.3 Выбор оптимальной стратегии на основе учета условных вероятностей	63
6.3 Экономический эффект использования прогнозов и экономическая эффективность.....	64
Заключение	68
Приложение 1. Гололёд за 2022-2023 гг.....	72
Приложение 2. Гололёд за 2023-2024 гг.....	73
Приложение 3. Скорость ветра за 2022-2023 гг.....	74
Приложение 4. Скорость ветра за 2023-2024 гг.....	75

Введение

Метеорологические прогнозы имеют жизненно важное значение для морских портов, поскольку они обеспечивают важную информацию, которая влияет на безопасность судоходства и эффективность операций. Для безопасности судоходства метеорологические прогнозы предупреждают капитанов о потенциальных опасностях, таких как штормы, сильные ветры, туман и обледенение. Они помогают морякам планировать безопасные маршруты и принимать меры предосторожности, чтобы избежать опасных погодных условий. Точные прогнозы могут спасти жизни и предотвратить морские катастрофы. Для эффективности операций метеорологические прогнозы позволяют портам оптимизировать расписание прибытия и отправления судов. Они позволяют диспетчерам планировать погрузку и разгрузку грузов с учетом погодных условий. Точные прогнозы помогают портам избегать задержек и дорогостоящих сбоев в работе. Планирование долгосрочной перспективы: Метеорологические данные помогают портам планировать долгосрочные инвестиции в инфраструктуру и персонал. Прогнозы сезонных погодных условий могут быть использованы для оптимизации штатного расписания и обеспечения наличия достаточных ресурсов для работы в различных погодных условиях.

Также метеорологические прогнозы помогают портам оценивать риски, связанные с погодными условиями. Они позволяют страховщикам определять надбавки к страховым премиям и принимать решения об охвате. Точные прогнозы могут помочь портам снизить финансовые потери, вызванные погодными условиями. Прогнозы могут помочь в предотвращении разливов нефти и других экологических катастроф, связанных с погодой.

Таким образом метеорологические прогнозы являются важнейшими инструментами для морских портов. Они обеспечивают жизненно важную информацию, необходимую для обеспечения безопасности судоходства, повышения эффективности операций, планирования на долгосрочную

перспективу, снижения рисков и принятия экономически обоснованных решений.

Актуальность. ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург» является современным многопрофильным комплексом на территории большого порта Санкт-Петербург, который осуществляет перевалку и хранение контейнерных и генеральных грузов, а также обработку железнодорожных составов. Высокотехнологичное оборудование, автоматизированная система управления, расположение вблизи городских автомагистралей и собственная железнодорожная инфраструктура обеспечивают высокую скорость обработки грузов на морском, автомобильном и железнодорожном транспорте. Экономическая ценность прогнозов скорости ветра для порта ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург» имеет решающее значение, учитывая повышенную уязвимость портовых операций к сильным ветрам.

Цель работы: оценить успешность морских прогнозов и их экономическую полезность для ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург».

Задачи работы:

- сформировать архив данных прогностических и фактических данных гололеда и скорости ветра для ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург»;
- построить матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов гололеда и скорости ветра;
- рассчитать критерии успешности прогнозов гололеда и скорости ветра;
- построить матрицу потерь при частичных мерах защиты для ЗАО «Контейнерный терминал Санкт-Петербург»;
- рассчитать средние Байесовские потери при использовании прогнозов скорости ветра;
- рассчитать экономический эффект и экономическую эффективность.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, шести глав и заключения. Список использованных источников содержит 10 наименований.

Глава 1. Морской порт «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург»

1.1 Морской порт «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург» расположение и общие сведения

Санкт-Петербург – ведущий промышленный, транспортный центр, морская столица Российской Федерации. Петербургский порт – европейские ворота государства, значимое транспортное звено между Востоком и Западом.

Контейнерный терминал Санкт-Петербурга (ЗАО "КТСП") входит в группу "ППК" (Первая Портовая Компания – Группа ведущих стивидорных и логистических предприятий Российской Федерации) и является одним из ведущих и наиболее производительных в стране, осуществляющих перевалку и хранение всех видов контейнерных грузов, включая рефрижераторные, негабаритные и опасные. Данный терминал также принимает к обработке железнодорожные составы различных формирований, некоторые виды генеральных грузов, оказывает услуги по перетарке и хранению грузов [1].

Терминал оснащен новейшим высокотехнологичным оборудованием и автоматизированной системой управления, обеспечивающей высокую скорость обработки грузов на морском, автомобильном и железнодорожном транспорте. Пропускная способность порта в год составляет 1 миллион двадцатифутовой условной единицы измерения вместимости грузовых транспортных средств – теусов (TEU).

Общая площадь морского транспортного узла составляет 65,7 гектаров, а длина причальной стенки, состоящей из 5 причалов, - 1162 метра. По ёмкости контейнерной площадки терминал способен накапливать до 30 000 теусов, при этом 2000 мест оснащены специализированными электрическими

установками для поддержания предписанной температуры хранения груза. Очевидно, что важной составляющей порта является железная дорога, поэтому длина железнодорожного полотна составляет 5 420 метров. Для проверки документов на груз в контейнере и для проверки самого груза обустроена досмотровая площадка вместительностью до 350 мест. Доступ на терминал осуществляется через недавно реконструированную Дорогу в Угольную гавань и улицу Морской пехоты, свободные от городского транспорта и обеспечивающие движение 250 грузовиков в час в каждом направлении.

Следует отметить, что данный морской транспортный узел играет ключевую роль в экономике Северо-Западного региона Российской Федерации, выступая в качестве важного логистического хаба, связывающего внутренние районы страны с международными рынками. Благодаря своей высокой пропускной способности, современному оборудованию и эффективной системе управления, терминал способен обрабатывать значительные объемы грузов, обеспечивая бесперебойное снабжение предприятий региона необходимыми материалами и сырьем, а также способствуя экспорту продукции российских производителей.

Кроме того, следует подчеркнуть, что данный морской транспортный узел является важным элементом национальной транспортной инфраструктуры, обеспечивая связь между различными видами транспорта и способствуя интеграции Российской Федерации в глобальные логистические цепочки. Эффективное функционирование терминала вносит существенный вклад в повышение конкурентоспособности отечественной экономики на международном рынке.

1.2 Территория ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург»

Функционирование терминала осуществляется в непрерывном режиме, за исключением новогодних праздников, когда производственная активность

временно приостанавливается. Тем не менее, для обеспечения готовности к экстренным ситуациям, в данный период на дежурство заступает персонал из числа ключевых подразделений.

Контейнерный порт предоставляет широкий спектр услуг и технологических решений для обработки грузов. Для каждого вида производственной деятельности определены специализированные зоны, оснащенные соответствующим оборудованием и инфраструктурой.

Для оптимизации процесса складирования и хранения контейнерных грузов была разработана комплексная система организации пространства складских помещений. Данная система предполагает деление доступного объема на линейные сегменты определенной конфигурации. А именно, каждая линейка хранения имеет фиксированные параметры: семь контейнеров в ширину, пять контейнеров в высоту, и протяженность от десяти до тридцати контейнеров в длину, в зависимости от специфики расположения зоны хранения.

Линейки оснащены буквенной маркировкой для дифференциации типов размещаемых грузов. Так, линейки с индексами А, В, С, Е, W, Q, R, S, T, U предназначены для хранения заполненных контейнеров, в том числе с подключением к электрическим сетям. В свою очередь, линейки с буквенными обозначениями F, G, H, V, J, M, N, O, I, K, L, Y зарезервированы для размещения порожних контейнерных единиц [2].

Подобная структурированная организация складских мощностей позволяет оптимизировать логистические процессы, минимизировать затраты на перемещение грузов, а также обеспечить надлежащие условия хранения для различных категорий контейнерных отправок. Эффективность данной системы складирования доказана многолетним опытом эксплуатации на ведущих транспортно-логистических объектах.



Рисунок 1.1 – Территория ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург»

1.2.1 Обработка судов (причал)

ПРР на причале возможно производить в 6 технологических линий одновременно, под одной технологической линией принято считать: крановщик на судовом перегружателе, 6-8 доккоров-механизаторов на тягачах, звено специалистов по сигнальной и строповочной работе из 5-6 человек, 1 тальман (работник, который по факту вносит в систему все данные о грузе и составляет документы) за организацию по обработке кораблей отвечает стивидор, диспетчер по внутренней логистике, специалист по планированию [2].

1.2.2 Досмотровая площадка

Зона № 2 (рис.1.1) предназначена для проведения досмотра контейнеров Инспекторами Балтийской Таможни, а также фитосанитарными, кинологическими и ветеринарными службами Российской Федерации. Для проведения осмотра/досмотра контейнеров задействованы следующие

специалисты: Инспектор БТ, врач ветеринарной службы, фитосанитарный работник, докер, тальман и представитель грузоотправителя данного контейнера.

1.2.3 Железная дорога

Обработка составов в ЗАО «КТСП» производится на 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 7 и 8 подъездных железнодорожных путях. За безопасность производства работ, правильность подвоза/отвоза, погрузки/выгрузки и постановку контейнерных поездов на ПЖДП ответственным является ЖД Диспетчер и Диспетчер по внутренней логистике.

1.2.4 Инспекционно-досмотровый комплекс

Специализированная машина-рентген, просвечивает контейнеры у которых не сошлись средства идентификации (№ Пломбирочного устройства) по документам и по фактической проверке тальманом при приемных предприятиях.

1.2.5 Перетарочный комплекс.

В зоне ПРР №5 (рис. 1.1) происходит перегрузка товара из контейнеров в грузовые автомобили. После обработки машины направляются в регионы Российской Федерации, а также в страны Центральной Азии.

1.2.6 Растарка Автомобилей (Geely, Chery, Changan)

Из Китайских портов доставляются контейнеры с машинами (3-4 шт. в ктк). После выгрузки с судна и постановки в зону №6 (рис.1.1), специалисты по работе с таким специфическим грузом, вскрывают контейнеры и перегоняют машины на автостоянку, а после на Автовозы.

1.2.7 Сортировка контейнеров.

Это отбор порожних ктк в разные классы, например:

- а) Отличные контейнеры.
- б) Средние контейнеры.
- в) Плохие контейнеры.
- д) Требующие ремонта.

Происходит осмотр в любом свободном месте контейнерного терминала, перед началом отбраковки контейнеров происходит их расстиланье в один ярус, для удобства и доступа со всех сторон.

1.2.8 Обработка автотранспорта

Выгрузка/погрузка ктк с городских контейнеровозов происходит по всей территории терминала.

1.2.9 Герметизация поврежденных контейнеров

Герметизация поврежденных контейнеров происходит по факту обнаружения сквозного отверстия. Груз перевозимый в транспортной единице с отверстием с большой вероятностью испортится от попадающих внутрь осадков.

1.3 Современные перегрузочные комплексы и вспомогательная техника терминала.

ЗАО "КТСП" может похвастаться наиболее передовым и безопасным оборудованием для обработки не только контейнерных, но и многочисленных генеральных грузов. Судовые подъемно-транспортные механизмы представляют собой технические сооружения, предназначенные для

постройки, транспортировки, складирования и ремонта плавучих средств, а также для проведения грузовых операций. Данные устройства классифицируются в зависимости от конструкции и способа заполнения на сухогрузные, наливные и плавучие.

Современная инфраструктура ЗАО "КТСП" оснащена высокотехнологичными грузоподъемными механизмами, позволяющими осуществлять эффективную обработку широкого спектра грузов с максимальной скоростью и безопасностью. Предприятие гордится своим передовым техническим оснащением, которое обеспечивает бесперебойную и эффективную логистику, удовлетворяя самые взыскательные требования клиентов. Благодаря постоянным инвестициям в модернизацию и развитие производственных мощностей, ЗАО "КТСП" поддерживает лидирующие позиции на рынке грузоперевозок, предлагая своим партнерам высококачественные услуги по обработке и транспортировке различных видов грузов.

К таким сооружениям и относятся 4 причальных контейнерных перегружателя производства фирмы «Konecranes» Panamax (STS) с максимальной грузоподъемностью 50 тонн (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Причальный контейнерный перегружатель Panamax.

Причальные контейнерные краны перегружатели (STS) производства Konecranes являются ключевым оборудованием морского контейнерного терминала за счет бесперебойного рабочего состояния на протяжении длительного времени, безопасной системы эксплуатации и быстрой обработке судна в среднем 550-600 контейнеров за сутки. На фланцах установлен прямой привод на всех механизмах передвижения крана и тележки, что позволяет выполнять быструю замену и обеспечивает повышенную устойчивость к прогибам конструкции. И благодаря электромеханической системе микроперемещений спредера происходит более точное позиционирование и техническое обслуживание по сравнению с гидравлической системой. С помощью переменного тока происходит оптимизация крутящего момента, что в свою очередь уменьшает расход энергии при каждом подъеме контейнера.

Мобильный портовый кран LHM-550(PM) фирмы «Liebherr» также, как и «STS» используется для обработки кораблей с самыми разными грузами. На причалах ЗАО «КТСП» имеется 2 таких универсальных перегружателя способных поднимать максимальный вес 140 тонн (рис. 1.3).

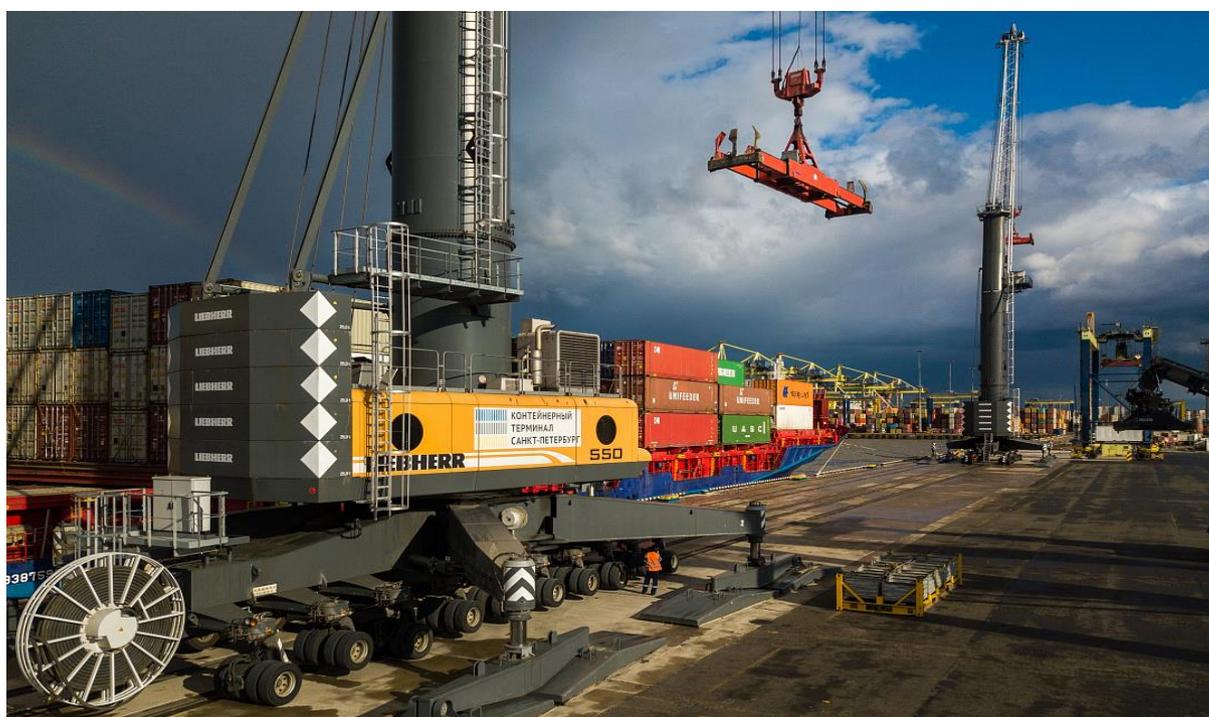


Рисунок 1.3 – Мобильный портовый кран LHM-550.

LHM 550 обладает уникальными эксплуатационными характеристиками, создающими преимущества в скорости и технологичности перевалки любых видов грузов. Кран обеспечивает работу в крюковом, грейферном, траверсном, магнитном, спредером, опрокидывающем режимах и обладает высокой мобильностью и маневренностью. Особенностью LHM 550 является также эргономичная башенная кабина управления с прекрасным обзором и комфортными условиями работы оператора. В сфере контейнерных перевозок «РМ» демонстрирует оптимальные результаты, в зависимости от сложности и особенностей судозахода, а также метеорологических условий может обрабатывать до 300-350 крупнотоннажных контейнеров в сутки.

Складской кран RTG (CE/CD) «Konecranes» подъемные сооружения, используемые в тылу портовых работ, таких как выгрузка/погрузка городских большегрузов, портовых тягачей с различных работ, а также обработка железнодорожных составов (рис. 1.4)

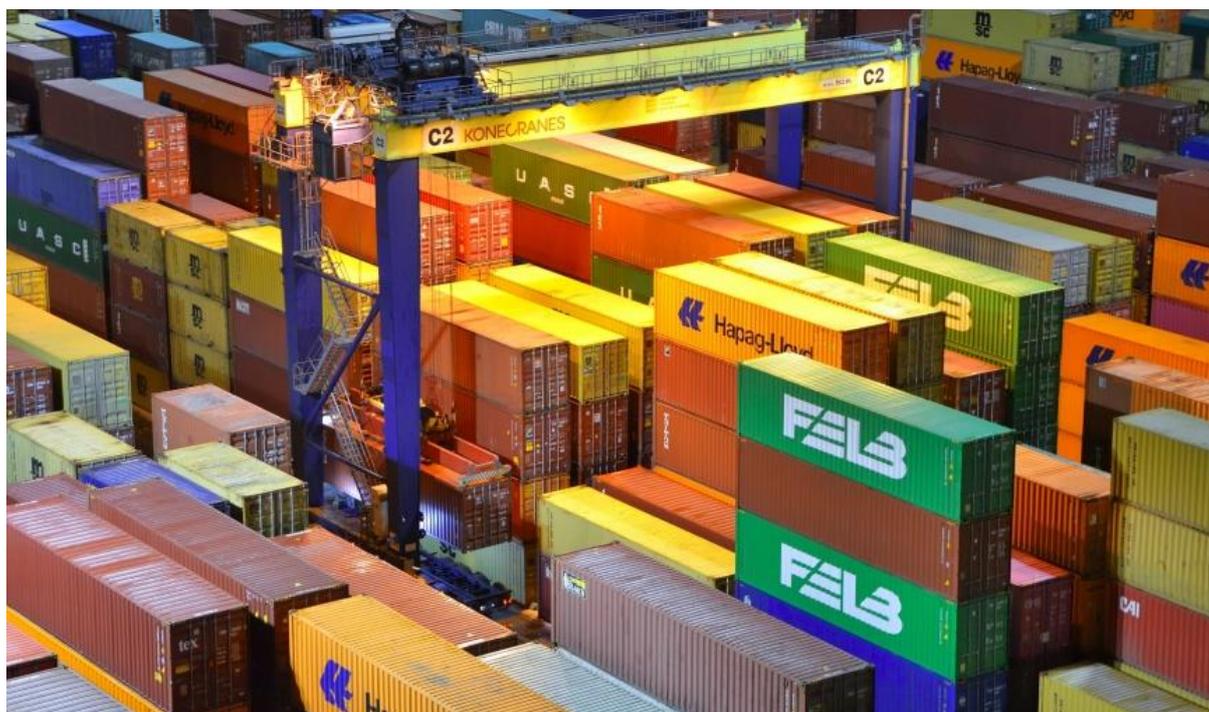


Рисунок 1.4 - Складской кран RTG

Важной чертой крана RTG Konecranes является отсутствие гидравлических систем, даже для таких функций как предотвращение раскачивания, поворот колес и микроперемещения спредера, что особенно важно при эксплуатации в условиях морской среды.

Автоконтейнеровоз (АКВ) фирмы «Kalmar» – Универсальный перегружатель, может использоваться вместо тягача (самостоятельно привезти контейнеры в разные концы порта). Используется в основном при отвозе/подвозе контейнеров таможенной площадки под навесные сооружения. Максимальная грузоподъемность 50 тонн (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Автоконтейнеровоз (АКВ) фирмы

Ричстакер «Kalmar» DRT450 (RS) отличается безопасностью в эксплуатации и высокой экономической эффективностью. Таких

перегрузателей на территории ЗАО «КТСП» 8 так, как используются на всей территории порта и почти на всех работах.



Рисунок 1.6 – Ричстакер «Kalmar» DRT450

Подъемная стрела ричстакера состоит из внутренней и наружной секций. Конструкция стрелы изготовлена из высокопрочной стали, благодаря чему она обладает высокой прочностью. Кабина установлена отдельно и изолирована от рамы с помощью мощных резиновых амортизаторов, за счет чего минимизируется вибрационный эффект. Грузоподъемность 45 тонн.

Штабелёр DCE 90-45 E5 «Kalmar» (FL) Вилочный погрузчик для обработки порожних контейнеров (рис.1.6).

Несомненно, ключевым превосходством штабелера над ричстакером является его способность более оперативно обрабатывать порожние контейнеры благодаря уникальной конструкции захватывающего устройства. Данное техническое решение позволяет значительно повысить производительность и эффективность логистических операций. Более того, данная модель отличается впечатляющей грузоподъемностью, достигающей 9 тонн, что открывает широкие возможности для применения в различных сферах грузоперевозок и складской деятельности.



Рисунок 1.7 – Штабелёр DCE 90-45 E5

Тягач фирмы «Kalmar», может менять крепления телеги и сами телеги для перевозки контейнеров/генеральных грузов. Используются по всей территории Порта и насчитывается на территории ЗАО «КТСП» 50 ТТ, грузоподъемность 65 тонн (рис.1.8).



Рисунок 1.8 – Тягач фирмы «Kalmar»

Дополнительная техника.

Техника	К-во в порту	грузоподъемность	производитель
Вилочный электропогрузчик	1	1,8	Toyota
Вилочный автопогрузчик	29	2,5-5	Toyota
Вилочный автопогрузчик (низкорамный)	1	8	Kalmar
Вилочный автопогрузчик	5	10	Kalmar
Вилочный автопогрузчик	1	16	Kalmar
Уборочная и другая специализированная техника	15	-	JCB,

1
 .4
 Ти
 пы
 кон
 тей
 нер
 ов

 К

 аж
 ды
 й
 кон
 тей
 нер
 име
 ет
 сво
 й

уникальный буквенно-цифровой идентификатор, состоящий из четырехбуквенного префикса и семизначного номера, а также соответствующий международный стандартный код, определяющий тип данной грузовой единицы. Кроме того, для эффективного складирования и хранения этих морских транспортных средств разработана специальная структурированная система, позволяющая точно определять местоположение каждого контейнера. Так, например, обозначение места хранения "A35-2-2:3" указывает, что данный контейнер расположен в линейке А, в 35-м штабеле, занимает вторую дробь (что свидетельствует о его 40-футовом размере),

находится во второй из семи возможных горизонтальных ярусов и располагается на третьем уровне от поверхности земли из пяти.

Существует большое разнообразие типов морских контейнеров. Они различаются по размерам, допустимому весу груза, назначению, степени защищенности. Наиболее распространённые типы контейнеров:

High cube CONTAINER 40/20-футовый общего назначения - самый простой универсальный тип морских крупнотоннажных контейнеров.

Тип контейнера - 45G1/22G1

Внутренний объем - 76,4 м³/33,2 м³

- внутренняя длина - 12000 мм/5898 мм

- внутренняя ширина - 2330 мм/2350 мм

- внутренняя высота - 2650 мм/2390 мм

Собственный вес контейнера(ТАРА) - 3900 кг/2185 кг

Вес контейнера с полной нагрузкой (МАКС.ГРУЗ.)- 32500 кг/30480 кг.

Масса груза - 28600 кг/28295 кг



Reefer CONTAINER - Рефрижераторный крупнотоннажный специализированный контейнер используется для перевозки груза требующего постоянный температурный контроль.

Тип контейнера - 45R1

Внутренний объем - 67 м³

- внутренняя длина - 11577 мм

- внутренняя ширина - 2294 мм

- внутренняя высота - 2509 мм

Собственный вес контейнера(ТАРА) - 4150 кг

Вес контейнера с полной нагрузкой (МАКС.ГРУЗ.)- 34000 кг.

Масса груза - 29850 кг



Open top CONTAINER - 40/20-футовый контейнер с открытым верхом, используемый для транспортировки груза выпирающего за пределы общего стандартного ктк. После затарки **ОР** происходит натягивание тента поверх груза.

Тип контейнера - 42U1

Внутренний объем - 67 м³

- внутренняя длина - 12056 мм

- внутренняя ширина - 2347 мм

- внутренняя высота - 2379 мм

Собственный вес контейнера(ТАРА) - 4120 кг

Вес контейнера с полной нагрузкой (МАКС.ГРУЗ.)- 30480 кг.

Масса груза - 26360 кг



Flat rack CONTAINER - контейнер с открытой площадкой, используемый для транспортировки груза выпирающего за пределы общего стандартного ктк. После затарки **FR** происходит застропка и крепление груза к платформе.

Тип контейнера - 42P3

- внутренняя длина - 12080 мм

- внутренняя ширина - 2420 мм

- внутренняя высота - 2103 мм

Собственный вес контейнера(ТАРА) - 4900 кг

Вес контейнера с полной нагрузкой (МАКС.ГРУЗ.)- до 56000 кг.



Tank CONTAINER - специализированный морской контейнер, рассчитанный на транспортировку жидких, газо- и порошкообразных грузов. Он удобен при интермодальных доставках, поскольку позволяет перегружать с одного вида транспорта на другой тару вместе с содержимым.
Тип контейнера - 22Т6



Внутренний объем - 25 м³ - внутренняя длина - 6058 мм
- внутренняя ширина - 2436 мм - внутренняя высота - 2576 мм
Собственный вес контейнера(ТАРА) - 4000 кг
Вес контейнера с полной нагрузкой (МАКС.ГРУЗ.)- 39000 кг.
Масса груза - 35000 кг

Средер для морских контейнеров - это специальное устройство, используемое для подъема, перемещения и установки стандартных морских грузовых контейнеров. Основные функции средера:

Захват контейнера. Средер оснащен захватными механизмами, которые надежно фиксируют контейнер за специальные угловые фитинги. Это позволяет безопасно поднимать и перемещать контейнер.

Регулировка размера. Многие спредеры имеют возможность регулировать свой размер, чтобы подходить к контейнерам разных стандартных размеров (20 футов, 40 футов и т.д.).

Управление. Спредер оснащается системами управления, позволяющими оператору точно позиционировать и опускать контейнер в нужное место.

Безопасность. Современные спредеры имеют множество датчиков и систем безопасности, предотвращающих повреждение контейнера или травмирование персонала.

Спредеры используются не только в портах, но и на складах, судах и также на других логистических объектах для эффективной и безопасной работы с морскими контейнерами. Правильный выбор и использование спредера - важный аспект организации контейнерных перевозок [1].

Глава 2. Метеорологический прогнозы для транспортной системы и подготовка к опасным явлениям

Единая транспортная система включает в себя следующие виды перевозок: железнодорожные, автомобильные, морские, речные, воздушные и трубопроводные. Все виды транспорта, осуществляющие перевозку продукции, относятся к сфере материального производства.

Каждый вид транспорта имеет свою специфику работы. При определении зависимости вида транспорта от погодных условий выделяются такие характеристики, как скорость, грузоподъемность или вместимость пассажиров, маневренность, автономность и степень защищенности от непогоды. Скорость транспортного средства является одним из важных свойств, определяющих скорость перемещения грузов или пассажиров.

Грузоподъемность транспортного средства, как и вместимость пассажиров, определяют провозную способность: грузооборот и пассажироперевозки. Эти две характеристики - скорость и грузоподъемность - являются ключевыми свойствами транспорта, определяющими товарооборот.

Мобильность транспортной системы - один из основных показателей эффективности экономики.

Маневренность транспортного средства - способность двигаться в любом направлении. Коэффициент маневренности равный 1 отражает максимальную маневренность (по всем 16 румбам). Такой маневренностью обладают авиация и морской флот. Для речного флота коэффициент маневренности составляет $2/16$, аналогичная оценка допускается и для железнодорожного транспорта, полностью "привязанного" к железнодорожным путям. Автономность - способность данного вида транспорта обеспечить себя (технически и энергетически) без связи с базой. Наибольшей автономностью обладает морской транспорт.

2.1 Железнодорожный транспорт

В транспортной системе Российской Федерации железнодорожный транспорт занимает ведущую роль. В конце XX века на его долю приходилось более 60% общего грузооборота. В 1996 году по железной дороге было перевезено 80% всей произведенной продукции.

Железнодорожный транспорт представляет собой современную разветвленную отрасль национальной экономики, которая позволяет наиболее эффективно осуществлять связь между всеми субъектами РФ. Однако обширные территории Севера, Сибири и Дальнего Востока все еще не имеют достаточно развитой сети железных дорог.

Основными функциями железнодорожного транспорта являются формирование подвижного состава в виде грузовых и пассажирских поездов, а также их перевозка по железнодорожным магистралям.

На железнодорожных узлах осуществляется централизованное управление всеми службами, включая: службу движения, путевую службу, службу сигнализации и связи, службу электрификации, локомотивную службу, вагонную службу и грузовую службу. Главная задача всех этих служб - обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов. Для этого необходимо оптимальное использование гидрометеорологической информации, так как неблагоприятные погодные условия, такие как снегопады, гололед, сильный ветер, дожди и другие, могут негативно сказываться на работе железнодорожного транспорта.

Внедрение новых элементов автоматического и электронного оборудования в железнодорожный транспорт увеличивает его зависимость от погодных условий и повышает чувствительность технических систем к изменениям метеорологических параметров.

Прогностическая информация, включающая штормовые предупреждения и оперативные прогнозы о снегопадах и метелях,

разрабатывается на геофизических станциях, подчиненных Министерству транспорта.

Использование метеорологических прогнозов для железнодорожного транспорта позволяет снизить простои, увеличить грузооборот, сохранить график перевозок и улучшить другие показатели работы, что приводит к экономическому эффекту.

Для железнодорожного узла наиболее важными прогностическими данными зимой являются предупреждения о снегопадах, метелях, гололедах и туманах. Наибольшие осложнения в работе вызывают общие метели. Для защиты от них необходимы заблаговременные меры, такие как использование снегоочистительной техники и пневматических систем на стрелочных переводах, а также оплата обслуживания этих мер. Прямые потери определяются последствиями простоя железнодорожного транспорта на всех участках работ [3].

2.2 Автомобильный транспорт

Сложные погодные условия, с которыми сталкивается автомобильный транспорт, особенно актуальны в зимний период и переходные сезоны, в особенности в горных регионах.

Специализированное метеорологическое обеспечение для автотранспорта зависит от специфики его работы. Согласно договору, в прогнозах определяются необходимые для потребителя метеорологические показатели и явления. Так, в горных районах и открытых горных разрезах автотранспорту необходимы прогнозы ливневых осадков, гололеда, мокрого снега, снегопадов, туманов, схода снежных лавин.

Сложные условия для работы автотранспорта также возникают в крупных городах при незначительном ухудшении сцепных качеств дорожного

покрытия. Этому способствуют дожди, гололеды, снеготаносы, а также низкая видимость.

Транспортные организации, компании и коммерческие фирмы получают штормовые предупреждения и ежедневные оперативные прогнозы погоды. На основании этих данных они принимают наиболее оптимальные решения, требующие упреждающих защитных мер.

Экономический эффект от использования прогнозов погоды автотранспортом в пределах города выражается следующим образом. Снижение скорости движения автомобилей во время снегопадов приводит к увеличению стоимости грузоперевозок. Морские порты как стационарные объекты испытывают растущую агрессивность гидрометеорологических условий. В зависимости от региона все больше увеличивается концентрация опасных гидрометеорологических процессов. А это в свою очередь требует более строгих расчетов и детализации ожидаемой погоды на сутки и на 3—7 дней [3].

2.3 Морской и речной транспорт

Анализ данных, поступающих в Росгидромет, показывает, что все еще сохраняется значительная доля не предотвращенных потерь в организациях морского флота за счет недостаточного учета океанологической и гидрометеорологической информации.

Специализированное гидрометеорологическое обеспечение охватывает все морские организации, включая морской транспорт (торговые суда различного назначения), морские порты, рыбопромысловый флот, нефтепромысел в зоне шельфа и в открытом море, а также другие морские операции и работы.

Основная информационная продукция для всех морских организаций - это прогнозы состояния водной поверхности и условий погоды. Ключевыми элементами прогноза являются волнение, ветер, видимость, а в холодное

время года - ледовые условия. Руководство морскими объектами (суда, порты, причальные линии) и организациями в целом (объединения, фирмы и т.п.) принимает как оперативные, так и стратегические решения с обязательным учетом прогнозов различной продолжительности. Экономическая эффективность использования прогнозов варьируется для разных видов морских и речных работ.

Как и другие отрасли народного хозяйства, морские и речные организации несут потери, вызванные опасными и неблагоприятными гидрометеорологическими условиями. В некоторых российских портах часто наблюдаются особо опасные явления, такие как штормовые ветры, ураганные ветры со снежными зарядами и сильным волнением, местные сильные ветры, вызывающие опасную высоту волн и обледенение судов [3].

2.4 Прогнозы ветра и гололеда для ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург», меры по предотвращению ЧС во время шторма.

Ключевой целью Морского порта ЗАО "Контейнерный Терминал Санкт-Петербург" являлось не только оперативная выполнимость запланированных работ, но и обеспечение безопасности и предельной осторожности на территории производства перевалки грузов. При обсуждении вопросов безопасности в порту основное внимание уделяется готовности к чрезвычайным ситуациям, принятию соответствующих мер для обеспечения безопасности и сохранения здоровья персонала, а также сохранению передовых перевалочных комплексов и грузов, хранящихся в порту.

Именно для таких миссий и существует обеспечение порта метеорологическими прогнозами, с помощью можно вовремя принять меры по предотвращению которых удастся избежать чрезвычайных ситуаций или быть готовым к этим опасным явлениям. Наибольшее беспокойство среди метеорологических явлений вызывает сильный порывистый ветер потому, что именно он может представлять опасность для контейнерного терминала из-за

его способности повреждать контейнеры, оборудование и инфраструктуру. Ветровые удары могут вызвать сдвиг контейнеров, что может привести к их падению и повреждению как самой транспортировочной единицы, так и груза.

Кроме того, сильный ветер может вызвать опасность для работников, особенно при перемещении тяжелых грузов и контейнеров.

Для защиты контейнерного терминала от опасностей сильного ветра принимаются различные меры предосторожности. Некоторые из них включают в себя:

Инженерные расчеты: при проектировании контейнерного терминала учитывается влияние ветра, и инфраструктура строится с учетом этих факторов. Это может включать в себя использование более прочных материалов и конструкций. Также к профилактическим мерам относится обучение и инструктаж персонала, работники контейнерного терминала должны знать методы работы в условиях сильного ветра, включая безопасные способы перемещения крупнотоннажных контейнеров, а также находиться на безопасном расстоянии от перегружателей. Мониторинг атмосферы является важнейшей мерой предосторожности, он позволяет заблаговременно узнать о приближении опасного метеорологического явления. От службы доставки информации «БЕРИНГ» поступают сообщения, содержащие прогноз на ближайшие трое суток и в случае изменения каких-либо метеорологических условия служба отправляет коррекционное сообщение.

Своевременное укрепление контейнеров на судне: Контейнеры могут быть закреплены и зафиксированы друг к другу при помощи специальных фиксаторов и зажимов, чтобы предотвратить их сдвиг и падение в залив или на причал, что имеет огромную опасность возникновения чрезвычайного происшествия и развитие неблагоприятного и неуправляемого процесса в техносфере, которое может повлечет за собой крупные человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, разрушение объектов техносферы и значительные повреждения окружающей среды.

Перед приближением сильного ветра специалисты контейнерного терминала производят уменьшение ярусности складированных транспортных единиц, по внутренней принятой инструкции: для груженых контейнеров выставленных в один столб максимально допустимая ярусность составляет два, а для порожних ктк один. Особое внимание уделяется контейнерам, содержащим опасные грузы. Опасные грузы – это изделия или вещества, представляющие угрозу здоровью, имуществу или окружающей среде, и указанные в перечне опасных грузов действующего издания «Правил перевозки опасных грузов». К таким грузам относятся: взрывчатые, легковоспламеняющиеся твердые, окисляющие, токсичные, радиоактивные и коррозионные вещества, а также легковоспламеняющиеся газы и жидкости ко всему прочему вещества названные «загрязнителями моря».

Во время шторма инженерно-технические работники обязаны осуществлять постоянный контроль усиления ветра по данным метеорологических датчиков крановщиков.

При усилении порывов ветра более 15 метров в секунду:

1. Включается речевая запись на системе оповещения громкой связи об усилении ветра и сообщается о принятом решении временной или частичной приостановке погрузо-разгрузочных работ.
2. Об этом информируются по каналам телефонной связи все подразделения, работники сторонних организаций, охрана предприятия.
3. Проводится мониторинг по камерам видеонаблюдения отсутствия нахождения людей, грузовых автомобилей и техники в опасных зонах.
4. По факту происхождения чрезвычайного происшествия составляется рапорт и направляется заинтересованным лицам.

При усилении порывов ветра более 25 метров в секунду инженерно-технический работник сообщает об этом:

1. Уполномоченному на решение задач в области гражданской обороны.
2. Представителю Комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, указывая объект, время,

место и характер ЧС, от кого поступила информация и принятые меры противодействия.

3. Директору по производству.

Все перечисленные меры позволяют минимизировать или избежать риски возникновения чрезвычайных ситуаций, связанные с сильным ветром, и обеспечивают безопасность работников и инфраструктуры контейнерного терминала.

Помимо прогноза сильного ветра, контейнерному терминалу необходима и другая метеорологическая информация например: о температуре воздуха, времени и количестве осадков, грозах, видимости, гололеде.

Температура воздуха. При температуре воздуха более 25°C, в целях обеспечения комфортного нахождения сотрудников на рабочих местах (в офисе, в технике, на улице) и во избежании перегрева выделяется дополнительный перерыв. А при низких температурах ниже -10°C сотрудникам, работающим на улице, в особенности на причале выделяется дополнительный перерыв для обогрева.

Осадки и гололед. В связи с герметичностью контейнеров, груз не подвержен воздействию осадков, однако, при выгрузке груза на улицу для проведения проверочных досмотровых мероприятий, необходимо заранее предусмотреть дополнительное количество персонала, чтобы обеспечить надежность и качество накрытие груза тентом. Помимо всего прочего, в период обильного выпадения снега и появления гололеда важно, чтобы дороги, подкрановые пути, железнодорожные пути и пешеходные площадки были очищены и посыпаны песком во избежание падения перегружателей, сотрудников и, чтобы минимизировать вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия. Для таких целей необходимо предусмотреть сверхштатный вызов работников на уборочную технику от двух до восьми человек.

Следует также владеть информацией о возможном возникновении таких явлений как гроза или недостаточная видимость для предупреждения персонала об опасности.

Штормовые скорости ветра и гололед являются наиболее опасными для функционирования морского порта. Прогноз данной метеорологической величины и явления погоды позволяют принять необходимые меры защиты и тем самым снизить или предотвратить потери. Очевидно, что чем выше успешность (оправдываемость) прогнозов погоды, тем более эффективны принятые меры защиты. Для оценки экономической полезности использования прогнозов скорости ветра и гололеда необходимо построить матрицы сопряженности прогнозов погоды и матрицы потерь потребителя.

Таким образом для оценки экономической полезности прогнозов погоды для морского порта ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург» были разработаны матрицы сопряженности прогнозов и матрица потерь.

Прежде всего, был сформирован архив прогностических и фактических данных скорости ветра и гололеда, на основе которых были построены матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов, а также рассчитаны критерии их успешности. Оценка успешности проводилась в рамках матричной системы.

Глава 3. Матричная система успешности прогнозов погоды

Для оценки успешности прогнозов погоды используется матричная система, как наиболее объективный подход к оценке успешности.

3.1 Матрица сопряженности методических прогнозов

Методические прогнозы – это прогнозы, которые основываются на физически-обоснованных методах (синоптические, физико-статистические, гидродинамические).

Для того, чтобы построить матрицу сопряжённости методических прогнозов необходимо соблюдать следующий алгоритм:

1. За выбранный период времени устанавливается общее число прогнозов N .
2. Затем находится число случаев, когда явление фактически наблюдалось Φ (n_{10}).
2. Устанавливается число случаев отсутствия явления $\bar{\Phi}$ (n_{20}).
3. Находим число случаев, когда явление прогнозировалось Π (n_{01}).
4. Находим число случаев, когда явление не прогнозировалось $\bar{\Pi}$ ($n_{02} = N - n_{01}$).
5. Из таблицы находим число случаев, когда явление не прогнозировалось $\bar{\Pi}$, но наблюдалось Φ (n_{12}).
6. Находим остальные элементы матрицы как разностные значения:

$$n_{11} = n_{10} - n_{12}; \quad n_{21} = n_{01} - n_{11}; \quad n_{22} = n_{20} - n_{21}.$$

В результате было найдено:

n_{01} — число прогнозов наличия явления Π ;

n_{02} — число прогнозов отсутствия явления $\bar{\Pi}$;

n_{10} — число случаев, когда явление фактически наблюдалось Φ ;

n_{20} — число случаев, когда явление фактически не наблюдалось $\bar{\Phi}$.

3.2 Матрица сопряженности инерционных прогнозов

Инерционные прогнозы – это прогнозы, которые составляются на основе фактического состояния погоды. Данные прогнозы относятся к стандартным прогнозам. Любое начальное значение метеорологической величины или комплекса величин или их тенденции рассматривается как прогностическое. Составляются эти прогнозы на основании правомерного допущения об инерционности атмосферы, т.е. такие характеристики атмосферы, как температура и влажность воздуха, атмосферное давление и направление ветра, при определенных условиях могут сохранять свои исходные значения в течение некоторого времени [3].

Инерционные прогнозы обладают свойством несмещённости. Следовательно, по имеющимся данным необходимо построить таблицу сопряженности инерционного прогноза, чтобы сопоставить оценки с методическими прогнозами.

Эта матрица строится по фактически наблюдавшимся явлениям. Исходное состояние или значение явления рассматривается как прогностическое $\Pi_{ин}$ и выполняется сравнение с последующим состоянием или значением, которое принимается за факт $\Phi_{ин}$. Последнее состояние или значение снова принимается за прогноз.

Такая цепочка сопоставления «прогноза - факта» выполняется в таблице данных «по вертикали». Общее число методических и инерционных прогнозов должно быть одинаково.

Порядок построения:

1. Фактически наблюдавшаяся частота явления погоды не зависит от способа прогнозирования. Поэтому n_{10} и n_{20} в матрице инерционного прогноза будут те же, что и в матрице методической прогноза.
2. Из-за свойства несмещённости количество фактически наблюдавшихся явлений (n_{10} и n_{20}) равно количеству текстов прогнозов (n_{01} и n_{02}).

3. Находим число ошибок – пропусков n_{12} . Для этого по таблице проводим сопоставление значений Φ_i «по вертикали» и находим случаи, когда предшествующее значение скорости ветра относится к неопасной градации ($V=0\dots 11\text{ м/с}$), а последующее – к опасной ($V\geq 12\text{ м/с}$).

Так же благодаря свойству несмещённости в матрице инерционных прогнозов $n_{12} = n_{21}$.

4. Находим соответствующие разности, чтобы определить остальные значения.

$$n_{11} = n_{10} - n_{12}; \quad n_{22} = n_{02} - n_{12}.$$

3.3 Матрица сопряженности случайных прогнозов

Случайные прогнозы. Случайные прогнозы – это такие, которые выбираются наудачу, «вслепую» из всей области распределения данной метеорологической величины. Исходу выбора текста прогноза наудачу соответствует определенная случайная величина (скорость ветра, температура, количество осадков и т.п.) При прогнозе явлений погоды исходу случайного прогноза будет соответствовать «наличие» или «отсутствие» явления. Опыт оперативной синоптической работы показывает, что при сложных синоптических условиях, даже методические прогнозы могут оказаться на уровне случайного (резкое возмущение в атмосфере).

Явления погоды, особенно вызванные конвективными процессами, обладают достаточно большой пространственно-временной изменчивостью. Отсутствие «обложного» характера таких явлений вызывает определенные сложности их прогнозирования по пункту. В пределах крупного города, например, ливневые осадки, ожидаемые по прогнозу, редко наблюдаются по всей его территории. Появление ливневого дождя в той или иной части города с позиции статистического анализа носит случайный характер. Естественно полагать, что в качестве стандартного прогноза такого рода явлений можно рассматривать случайный прогноз.

Прогнозы, при которых предсказанные значения метеорологических величин не зависят от распределения повторяемости осуществившихся значений, называются случайными. Такой прогноз статистически не связан с наблюдавшимся явлением, а следовательно, и вероятность осуществления признака Φ или $\bar{\Phi}$ не зависит от формулировки прогноза.

Рассмотрим более общее пояснение случайного прогноза, или, что то же самое, случайного характера связи между признаками (категориями) Π и Φ . Независимость этих признаков означает, что знание признака Π не дает нам никакой информации о признаке Φ . независимость признаков Π_j и Φ_i формулируется следующим образом:

доля элементов с признаком Φ среди элементов, обладающих Π , то есть $n_{11}/(n_{11}+n_{21})$, должно быть равно доле элементов с признаком Φ среди элементов, не обладающих признаком Π (иначе $\bar{\Pi}$), то есть $n_{12}/(n_{12}+n_{22})$;

$$\frac{n_{11}}{n_{11} + n_{21}} = \frac{n_{12}}{n_{12} + n_{22}} = \frac{n_{11} + n_{12}}{N} \quad (3.1)$$

доля элементов с признаком $\bar{\Phi}$ среди элементов, обладающих признаком Π , то есть $n_{21}/(n_{11}+n_{21})$, должна быть равна доле элементов с признаком $\bar{\Phi}$ среди элементов не обладающих признаком Π (иначе $\bar{\Pi}$), то есть $n_{22}/(n_{12}+n_{22})$; отсюда получаем

$$\frac{n_{21}}{n_{11} + n_{21}} = \frac{n_{22}}{n_{12} + n_{22}} = \frac{n_{21} + n_{22}}{N} \quad (3.2)$$

Если в качестве исходного признака рассматривать Π и $\bar{\Pi}$ и находить их доли соответственно среди элементов Φ и $\bar{\Phi}$, то можно записать

$$\frac{n_{11}}{n_{11} + n_{12}} = \frac{n_{21}}{n_{21} + n_{22}} = \frac{n_{11} + n_{21}}{N} \quad (3.3)$$

$$\frac{n_{12}}{n_{11} + n_{12}} = \frac{n_{22}}{n_{21} + n_{22}} = \frac{n_{12} + n_{22}}{N} \quad (3.4)$$

На основании соотношений (3.1-3.4) устанавливается случайность сопряженности признаков Π_j и Φ_i . Так, из формулы (2.1) или (2.3) следует

$$n_{11}^{cl} = \frac{(n_{11} + n_{21})(n_{11} + n_{12})}{N} = \frac{n_{01}n_{10}}{N} \quad (3.5)$$

На основании формулы (3.1) или (3.4) получаем

$$n_{12}^{cl} = \frac{(n_{12} + n_{22})(n_{11} + n_{12})}{N} = \frac{n_{02}n_{10}}{N} \quad (3.6)$$

Из других соотношений находим:

$$n_{21}^{cl} = \frac{(n_{11} + n_{21})(n_{21} + n_{22})}{N} = \frac{n_{01}n_{20}}{N} \quad (3.7)$$

$$n_{22}^{cl} = \frac{(n_{12} + n_{22})(n_{21} + n_{22})}{N} = \frac{n_{02}n_{20}}{N} \quad (3.8)$$

На основании (n_{ij}) частоты матрицы сопряженности методического прогноза определяются частоты n_{ij}^{cl} при случайном выборе текста прогноза [3].

3.4 Критерии оценки успешности прогнозов

3.4.1 Критерий независимости Пирсона

Этот критерий можно рассчитать и по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ij}^{cl})^2}{n_{ij}^{cl}} \quad (3.9)$$

где элементы матрицы сопряженности методического прогноза n_{ij} сравниваются с элементами матрицы сопряженности случайного прогноза n_{ij}^{cl} , которые характеризуют независимость случайных величин, принятых в качестве нулевой гипотезы. Этой формулой мы тоже будем пользоваться. При неограниченном росте N (N – число повторений некоего опыта) случайная величина χ^2 асимптотически подчиняется табличному распределению χ^2 со степенями свободы.

3.4.2 Критерий общей оправдываемости прогнозов

Под оправдываемостью прогнозов понимается их общая оправдываемость как отношение числа оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов, такой критерий рассчитывается в процентах по формуле:

$$p = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \cdot 100\% \quad (3.10)$$

3.4.3 Критерий надежности прогнозов по Н.А. Багрову.

$$H = \frac{p - p_{сл}}{p_{идеал} - p_{сл}} \quad (3.11)$$

Значения H меняются в пределах от 0 до 1. Чем ближе параметр H к единице, тем лучше прогноз.

3.4.4 Критерий точности прогнозов по М.А. Обухову.

$$Q = 1 - \left(\frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}} \right) \quad (3.12)$$

Показатель Q выражает долю успешных прогнозов при известной повторяемости фаз явлений. Он меняется в пределах от 1 до -1 . $Q = 1$ – прогнозы на уровне идеальных; $Q = 0$ – прогнозы на уровне случайных; $Q = -1$ – все прогнозы ошибочны.

3.4.5 Количество прогностической информации. Информационное отношение ν (ипсилон).

О любой системе X , которая случайным образом может оказаться в том или ином состоянии, говорят, что ей присуща какая-то степень неопределенности.

Степень неопределенности системы определяется числом возможных состояний системы и вероятностями состояния.

Рассмотрим систему Φ , которая может принимать конечное множество состояний Φ_i . Мы говорим об альтернативных прогнозах, поэтому Φ_i – это 2 природных равновозможных события: дождь (Φ) и отсутствие дождя ($\bar{\Phi}$). За определенный промежуток времени представлена статистически представительная выборка N , позволяющая установить вероятности каждой из выбранных фаз дождя. Эти вероятности называются безусловными (или априорными).

$$p(\Phi_i) = p_{i0} = \frac{n_{i0}}{N} \quad (3.13)$$

В качестве меры априорной неопределенности системы применяется характеристика, называемая энтропией. Энтропией системы называется сумма произведений вероятностей различных состояний системы на логарифмы этих вероятностей, взятая с обратным знаком.

$$H(\Phi) = -\sum_{i=1}^n p(\Phi_i) \log p(\Phi_i) \quad (3.14)$$

Если за основание логарифма выбрано 10, то энтропия выражается в десятичных единицах (дитах) (если основание равно 2 – в двоичных единицах (битах)). Знак минус перед суммой поставлен для того, чтобы энтропия была положительной (числа p меньше единицы и их логарифмы отрицательны) $m \log_a N$, N а Логарифм числа N по основанию a , показатель степени m , в которую следует возвести число a (основание Л.), чтобы получить N ; обозначается $\log_a N$. Итак, $m = \log_a N$, если $a^m = N$. Например, $\log_{10} 100 = 2$ Через элементы матрицы для альтернативного прогноза можно выразить

$$H(\Phi) = -\left(\frac{n_{10}}{N} \log \frac{n_{10}}{N} + \frac{n_{20}}{N} \log \frac{n_{20}}{N}\right) \quad (3.15)$$

Задача методического прогноза сводится к тому, чтобы уменьшить климатическую (безусловную) энтропию (уменьшить природную неопределенность осуществления явления погоды) и тем самым повысить определенность знаний о возможной реализации прогнозируемого явления. Для этого используется дополнительная информация об ожидаемом явлении, которая выражена в тексте методического прогноза. Таким образом, к системе Φ добавляется система Π . И нам надо определить энтропию для сложной системы, полученной объединением этих двух (может быть и более систем) простых систем. Причем эти системы зависимы. Чтобы найти энтропию зависимых систем вводится понятие условной энтропии. Пусть имеются две системы Π и Φ зависимые. Предположим, система Π приняла состояние Π_j . Обозначим $(/) P \Phi_i \Pi_j$ условную вероятность того, что система Φ примет состояние Φ_i при условии, что система Π находится в состоянии Π_j . Определим условную энтропию системы Φ при условии, что система Π находится в состоянии Π_j

$$H(\Phi / \Pi_j) = \sum_{i=1}^n P(\Phi_i / \Pi_j) \log P(\Phi_i / \Pi_j) \quad (3.16)$$

Условная энтропия зависит от того, какое состояние Π_j приняла система Π ; для одних состояний она будет больше, для других – меньше. Определим среднюю или полную энтропию системы Φ с учетом того, что система может принимать разные состояния. Для этого нужно каждую условную энтропию $H(\Phi/\Pi)_j$ умножить на вероятность соответствующего состояния $P(\Pi_j)$ и все такие произведения сложить. Обозначим полную условную энтропию $H(\Phi/\Pi)$

$$H(\Phi / \Pi) = \sum_{j=1}^m P(\Pi_j) H(\Phi / \Pi_j) \quad (3.17)$$

$H(\Phi/\Pi)$ есть степень неопределенности Φ после того, как Π полностью определилось, тогда выражается:

$$H(\Phi / \Pi) = - \sum_{j=1}^m P(\Pi_j) \sum_{i=1}^n P(\Phi_i / \Pi_j) \log P(\Phi_i / \Pi_j) \quad (3.18)$$

где условная вероятность:

$$P(\Phi_i / \Pi_j) = q_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{0j}} \quad (3.19)$$

безусловная вероятность:

$$P(\Pi_j) = p_{0j} = \frac{n_{0j}}{N} \quad (3.20)$$

И на основании частот матрицы сопряженности можно записать:

$$H(\Phi / \Pi) = - \left[\begin{aligned} & \frac{n_{01}}{N} \left(\frac{n_{11}}{n_{01}} \log \frac{n_{11}}{n_{01}} + \frac{n_{21}}{n_{01}} \log \frac{n_{21}}{n_{01}} \right) + \\ & + \frac{n_{02}}{N} \left(\frac{n_{12}}{n_{02}} \log \frac{n_{12}}{n_{02}} + \frac{n_{22}}{n_{02}} \log \frac{n_{22}}{n_{02}} \right) \end{aligned} \right] \quad (3.21)$$

Естественно, определить эту информацию, как уменьшение энтропии системы Φ в результате получения сведений о состоянии системы Π

$$I_{\Pi \rightarrow \Phi} = H(\Phi) - H(\Phi / \Pi) \quad (3.22)$$

Ип-ф - количество прогностической информации.

Действительно, до получения сведений о системе П энтропия системы Ф была $H(\Phi)$; после получения сведений «остаточная» энтропия стала $H(\Phi/\Pi)$. Уничтоженная сведениями энтропия (неопределенность) и есть информация $\Pi \rightarrow \Phi$. Более универсальный критерий информационное отношение ν (ипсилон)

$$\nu = \frac{H(\Phi) - H(\Phi/\Pi)}{H(\Phi)} = 1 - \frac{H(\Phi/\Pi)}{H(\Phi)} \quad (3.23)$$

Величина ν показывает, какая часть неопределенности климатологических прогнозов (природной неопределенности осуществления явления) устраняется с помощью методических прогнозов.

$\nu = 0$ – прогнозы на уровне случайных; $\nu = 1$ – прогнозы на уровне идеальных, если $n_{12} = n_{21} = 0$. И также $\nu = 1$, если все прогнозы ошибочны. Если, например, $\nu = 0,434$, то прогнозы на уровне оперативных.

3.4.6 Коэффициент связи Юла

Значения I находятся в диапазоне от -1 до 1. При $I=0$ рассматриваемые признаки независимы, т.е. связь отсутствует. Коэффициент Юла близок к 1, когда произведение $n_{11}n_{22} \gg n_{12}n_{21}$, то есть, когда наблюдается 100%-ная положительная связь. Коэффициент Юла близок к -1, когда произведение $n_{11}n_{22} \ll n_{12}n_{21}$, то есть, связь есть, но она отрицательная.

$$I_M = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} \quad (3.24)$$

3.4.7 Коэффициент сходства (коэффициент качества корреляции)

Величина A изменяется от -1 до 1 . $A=-1$, когда $n_{11} = n_{22}=0$ – все прогнозы ошибочны. $A=1$, когда $n_{12} = n_{21}=0$ – все прогнозы удачны. $A=0$ – все прогнозы случайны.

$$A_M = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{\sqrt{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}}} \quad (3.25)$$

3.4.8 Меры Гутмана.

Предназначены для оценки связи между известными признаками Π и Φ . Три меры Гутмана характеризуют относительный прирост успешности прогноза выбранного признака в частных или общем случае. У нас есть совокупность случаев сочетания признаков Π и Φ .

Оценка влияния признака Π на признак Φ :

$$\lambda(\Phi / \Pi) = \frac{\sum_{i=1}^n n_{i \max} - n_{0j \max}}{N - n_{0j \max}} \quad (3.26)$$

$n_{i \max}$ - максимальное значение частоты в i -й строке, $n_{0j \max}$ - максимальное значение частоты в строке сумм, определяющих повторяемость текстов прогнозов.

Оценка влияния признака Φ на признак Π :

$$\lambda(\Pi / \Phi) = \frac{\sum_{j=1}^m n_{j \max} - n_{i0 \max}}{N - n_{i0 \max}} \quad (3.27)$$

$n_{j \max}$ - максимальное значение частоты в j -м столбце, $n_{i0 \max}$ - максимальное значение частоты в столбце сумм, определяющих повторяемость фаз явления или условия погоды.

Для оценки общей связности признаков Π и Φ используется обобщенная мера:

$$\lambda = \frac{\left(\sum_{i=1}^n n_{i \max} - n_{0j \max} \right) + \left(\sum_{j=1}^m n_{j \max} - n_{i0 \max} \right)}{2N - n_{i0 \max} - n_{0j \max}}$$

(3.28)

Меры Гутмана – асимметричные меры связи. Область их изменения находится в пределах от 0 до 1. Если $\lambda(\Pi/\Phi) = 1$, то вероятность статистического прогноза Π по Φ максимальна. Если $\lambda(\Phi/\Pi) = 1$, то вероятность предсказания Φ при известном Π максимальна. Формулы в определенной степени являются аналогами условной вероятности [3].

Глава 4. Оценка успешности альтернативных прогнозов скорости ветра и гололеда

Для оценки успешности прогнозов необходимо построить матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов.

4.1 Архив суточных прогностических и фактических данных скорости ветра и гололеда.

Был сформирован архив суточных прогностических и фактических данных скорости ветра и гололеда за период с октября по апрель 2022-2024 гг. для станции Санкт-Петербург Пулково (рис.4.1) (координаты 59.79 с.ш., 30.27 з.д.) - фактические данные гололеда, а фактические данные скорости ветра были взяты со станции - Ломоносов (рис.4.2) (координаты 59.92 с.ш., 29.77 з.д.)

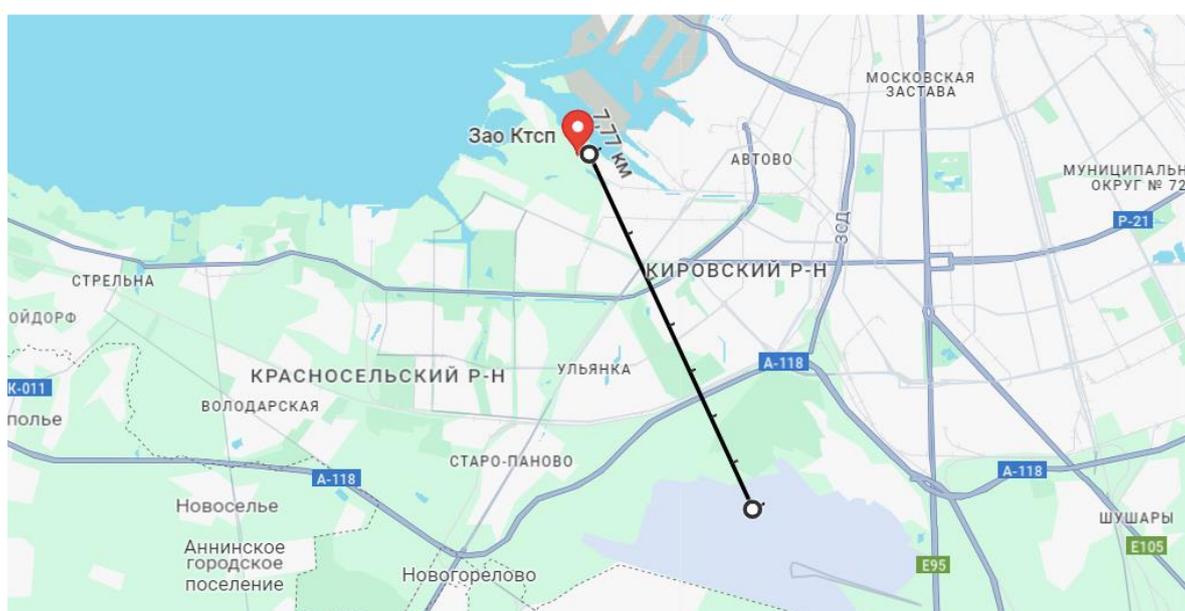


Рисунок 4.1 – Расстояние от станции Пулково до ЗАО “КТСП”

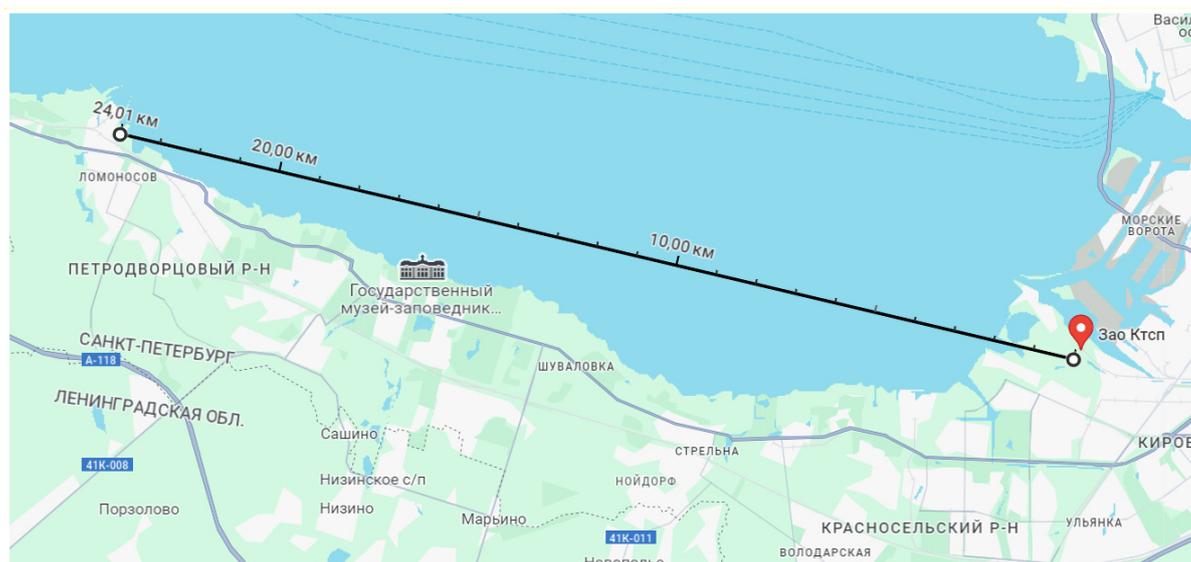


Рисунок 4.2 – Расстояние от станции Ломоносов до ЗАО “КТСП”

Именно эти станции расположены неподалеку от морского транспортного узла, поэтому их фактические данные можно использовать для сравнения с прогностическими при помощи построения матриц сопряженности методических и стандартных прогнозов гололеда и ветра.

4.2 Матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов гололеда

В приложениях 1-4 представлены таблицы фактических и прогностических данных.

В таблицах 4.2.1-4.2.3 представлены матрицы сопряженности методических, инерционных и случайных прогнозов гололеда, соответственно.

Таблица 4.2.1 Матрица сопряженности методических прогнозов гололеда (октябрь-апрель 2022-2024 гг) для станции Санкт-Петербург (Пулково)

	П	$\bar{П}$	$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
Ф	9	10	19
$\bar{Ф}$	4	402	406
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	13	412	425

Таблица 4.2.2 Матрица сопряженности инерционных прогнозов гололеда (октябрь-апрель 2022-2024 гг) для станции Санкт-Петербург (Пулково)

	П	$\bar{П}$	$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
Ф	3	16	19
$\bar{Ф}$	16	390	406
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	19	406	425

Таблица 4.2.3 Матрица сопряженности случайных прогнозов гололеда (октябрь-апрель 2022-2024 гг) для станции Санкт-Петербург (Пулково)

	П	$\bar{П}$	$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
Ф	2	16	19
$\bar{Ф}$	11	395	406
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	13	412	425

4.3 Расчет и анализ критериев успешности прогноза гололеда

В таблице 4.3.1 представлены Результаты расчета критериев успешности по гололеду за период с октября по апрель 2022-2024 гг.

Таблица 4.3.1 Результаты расчета критериев успешности по гололеду за период с октября по апрель 2022-2024 гг.

Критерии успешности	Методические прогнозы	Инерционные прогнозы	Случайные прогнозы
χ^2	31,33	2,84	-
p	0,97	0,92	0,93
H	0,5	-0,14	-
Q	0,46	0,12	0,13
H(Φ)	0,08	0,08	-
H($\Phi П$)	0,05	0,08	-
v	0,29	0,00	-
I	0,98	0,64	0,64
$\Lambda(\Phi/П)$	0	0	-0,08
$\Lambda(П/\Phi)$	0,26	0	0,26
\Lambda	0,13	0	0,13
A	0,56	0,12	0,10

Анализ полученных результатов расчета критериев показал, что оправдываемость прогнозов гололеда недостаточно хорошие.

Видно, что критерий общая оправдываемость методических прогнозов равен 97%, что является хорошим результатом, однако данный критерий не учитывает ошибки -пропуски и ошибки страховки. При этом значение общей оправдываемости инерционных прогнозов гололеда лишь на 5% меньше. Небольшое различие обусловлено тем, что число ошибок 1 и 2 рода для инерционных прогнозов больше, чем для методических, а они, как отмечалось

выше, не учитываются в данной критерии. Видно, что значения критериев надежности по Багрову и точности по Обухову равны 0,5 и 0,46 для методических и инерционных прогнозов, соответственно, в то время как прогнозы считаются надежными и точными, если значение данных критериев более 0,6.

Что касается критерия ипсилон ($\nu = 0,29$), то считается что прогнозы на уровне оперативных, если значение более 0,45.

Расчеты критерия хи-квадрат показали, что методические прогнозы статистически связаны с фактом, а для инерционных такая связь не обнаружена.

Не очень хорошие результаты, скорее всего связаны с тем, что были использованы данные за 2 года. Для получения более убедительных результатов необходимо рассмотреть более длинный ряд данных.

4.4 Матрицы сопряженности методических и стандартных прогнозов скорости ветра

В таблицах 4.4.1-4.4.3 представлены альтернативные матрицы сопряженности разработанные для штормовой скорости ветра $V \geq 12$ м/с (с октября по апрель 2022-2024 гг.)

Таблица 4.4.1 Матрица сопряженности методических прогнозов по скорости ветра $V \geq 12$ м/с (октябрь-апрель 2022-2024 гг) для станции Санкт-Петербург (Ломоносов)

	П $V \geq 12$ м/с	$\bar{П}$ $V < 12$ м/с	$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
Ф $V \geq 12$ м/с	49	7	56
$\bar{Ф}$ $V < 12$ м/с	92	277	369
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	141	284	425

Таблица 4.4.2 Матрица сопряженности инерционных прогнозов по скорости ветра $V \geq 12$ м/с (октябрь-апрель 2022-2024 гг) для станции Санкт-Петербург (Ломоносов)

	П $V \geq 12$ м/с	$\bar{П}$ $V < 12$ м/с	$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
Ф $V \geq 12$ м/с	18	38	56
$\bar{Ф}$ $V < 12$ м/с	38	331	369
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	56	369	425

Таблица 4.4.3 Матрица сопряженности случайных прогнозов по скорости ветра $V \geq 12$ м/с (октябрь-апрель 2022-2024 гг) для станции Санкт-Петербург (Ломоносов)

	П $V \geq 12$ м/с	П $V < 12$ м/с	$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
Ф $V \geq 12$ м/с	18	38	56
Ф $V < 12$ м/с	123	246	369
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	141	284	425

4.5 Расчет и анализ критериев успешности прогноза скорости ветра

В таблице 4.5 представлены Результаты расчета критериев успешности по скорости ветра за период с октября по апрель 2022-2024 гг.

Таблица 4.5 Результаты расчета критериев успешности по скорости ветра $V \geq 12$ м/с за период с октября по апрель 2022-2023 и 2023-2024 гг.

Критерии успешности	Методические прогнозы	Инерционные прогнозы	Случайные прогнозы
χ^2	90,4	88,11	-
Р	0,77	0,82	62
Н	0,38	0,52	-
Q	0,63	0,22	-0,01
Н(Ф)	0,17	0,17	-

Критерии успешности	Методические прогнозы	Инерционные прогнозы	Случайные прогнозы
$H(\Phi П)$	0,13	0,15	-
ν	0,26	0,15	-
I	0,91	0,61	-0,003
$\Lambda(\Phi/П)$	0,3	0	0
$\Lambda(П/\Phi)$	0	0	0
Λ	0	0	0
A	0,45	0,22	-0,001

Из полученных результатов можно сделать вывод, что критерий Пирсона для методических прогнозов составил 90,4, что говорит о хорошей статистической связи между П и Ф. У инерционных прогнозов критерий общей оправдываемости показал наибольший результат (0,82), но как говорилось ранее, данный критерий не учитывает характер распределения ошибок 1-го и 2-го рода. По критерию надежности Багрова наибольший результат также у инерционных прогнозов и составляет 0,52, но в целом прогнозы считаются ненадежными т.к. не превышают 0,6. Точность по Обухову у методических прогнозов достаточно хорошая и составляет 0,63. Что касается критерия ипсилон ($\nu=0,26$), то считается, что прогнозы на уровне оперативных, если значение более 0,45.

Но несмотря на текущие показатели критериев успешности оправдываемость опасной градации скорости ветра составила $U = n_{11}/n_{10} = 49/56 = 0,88$. Для функционирования порта важна оправдываемость штормовой (опасной) градации скорости ветра. Несмотря на то, что значения критериев не указывают на достаточно хорошую оправдываемость, оправдываемость прогноза опасной градации скорости ветра составляет 88%, что является удовлетворительным результатом. При этом следует отметить, что для получения более убедительных результатов необходимо рассмотреть более длинный ряд данных.

Глава 5. Оценка экономической эффективности метеорологических прогнозов для ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург»

В связи с тем, что оценка успешности прогнозов гололеда оказалась неудовлетворительной, и наиболее опасным является для морского порта штормовая скорость ветра далее проводилась оценка экономической полезности использования прогнозов скорости ветра.

5.1 Алгоритм разработки матрицы потерь потребителя

К основным видам работ морского порта, по которым следует рассчитывать экономический эффект, относятся: погрузочно-разгрузочные работы при обработке парохода, железной дороги, досмотровой площадки, перегрузочных комплексов автомобилей и паллетных грузов, а также многочисленных тыловых работ.

В качестве мер защиты (С) считается: дополнительная бригада сотрудников, простой механизмов (привлечение некоторого количества техники с основных работ), уменьшение ярусности контейнерных штабелей, дополнительное перепланирование работ и приема контейнеров.

А потерями контейнерного терминала, при внезапном возникновении сильных порывов ветра, когда защитные меры не принимались, принято называть: Невыполненные работы (сбой графика: судозаходов, Железнодорожного плана-прибытия составов, таможенных операций и тд.); Оплата простоя рабочих; Двойная нагрузка на терминал, после возобновления работ; Аварийные ситуации (до техногенных катастроф); Порча груза.

Так как принимаемые потребителем меры защиты являются частичным, то ниже представлен общий вид матрицы потерь при частичных мерах защиты:

$$(s_{ij}) = \left[\begin{array}{c|cc} & d(\Pi) & d(\bar{\Pi}) \\ \hline \Phi & s_{11} + \varepsilon s_{12} & s_{12} \\ \hline \bar{\Phi} & s_{21} & s_{22} \end{array} \right] = \begin{pmatrix} C + \varepsilon L & L \\ C & 0 \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

Обозначения данной матрицы потерь:

$s_{11} = C$ – затраты на меры защиты;

$s_{12} = L$ – прямые потери в случае ошибок-пропусков явлений или опасного условия погоды;

$s_{22} = 0$ – потери при благоприятной погоде отсутствуют;

ε – коэффициент непредотвращенных потерь, равный отношению доли непредотвращенных потерь ($\varepsilon s_{12} = \varepsilon L$) к максимальным потерям ($s_{12} = L$).

Принимаемые меры защиты не являются кардинальными. Естественно, что часть потерь не удастся предотвратить. Эти непредотвращенные потери εs_{12} рассматриваются как доля от максимально возможных s_{12} . Тем не менее, определенная часть возможных потерь оказывается предотвращенной ($s_{12} - \varepsilon s_{12}$).

Если $(s_{11} + \varepsilon s_{12})$ есть общие издержки потребителя (его собственные и за счет природных явлений), то $(s_{12} - \varepsilon s_{12})$ – это положительный результат за счет использования прогнозов, снижающий общие издержки. Ошибки вызывают напрасно израсходованные средства на меры защиты (s_{21}) [4].

Наиболее общим показателем погодозависимости морского порта является матрица, содержащая потери за счет внутренних и внешних факторов. Матрица потерь отражает последствия действий потребителя в связи с ожидаемыми проявлениями погоды. Очевидно, что показатели влияния погодных условий должны включать такие элементы матрицы потерь, которые более полно раскрывали бы зависимость потребителя от метеорологических условий. Особое значение в такой оценке придается не

только той части потерь, которую не удастся предотвратить ($L_n = \varepsilon L$), но и предотвращенной части потерь ($s_{12} - \varepsilon s_{12}$). Таким образом, задача потребителя состоит в том, чтобы минимизировать негативное влияние погодных условий.

Дадим экономическую оценку погодозависимости. Содержание матрицы потерь потребителя метеорологических прогнозов определяется рядом экономических показателей, таких как грузооборот порта, стоимость судосуток, необходимые расходы на защитные мероприятия, не предотвращенная часть потерь.

5.2 Матрица потерь потребителя

К сожалению, для данного порта ЗАО “Контейнерный Терминал Санкт-Петербург” данные о стоимости потерь и о стоимости защиты получить не удалось, поэтому были использованы данные Санкт-Петербургского морского торгового порта за 1988-1993 гг. в работе (Хандожко, 1999) представлена матрица потерь при частичных мерах защиты для Санкт-Петербургского морского торгового порта (СПб МТП), расположенный рядом с ЗАО “Контейнерный Терминал Санкт-Петербург” в денежном исчислении 80-ых годов.

Данную матрицу потерь использовали для дальнейших оценок, при этом стоимость потерь и мер защиты были пересчитаны на 2024 год.

В стоимость потерь были включены:

1. Финансовые потери транспортного узла при внезапном возникновении сильных порывов ветра, когда защитные меры не принимались:

- а) Невыполненные работы 250 000 руб/ч
- б) Оплата простоя рабочих 180 000 руб/ч
- в) Двойная нагрузка на терминал (после возобновления ПРР) 55 000 руб/ч
- г) Аварийные ситуации (до техногенных катастроф) 100 000 руб/ч

д) Порча груза 1 000 000 руб/ч

Итого суммарные потери составляют 1 335 000 руб/ч +

В стоимость мер защиты были включены:

2. Затраты контейнерного порта при проведении защитных мероприятий перед штормом:

а) Дополнительные сотрудники 20 000 руб/ч

б) Простой механизмов из-за подготовки 20 000 руб/ч

в) Уменьшение ярусности контейнеров 50 000 руб/ч

г) Дополнительное планирование работ 20 000 руб/ч

Итого суммарные затраты составляют 110 000 руб/ч

В итоге матрица потерь данного потребителя имеет вид, представленный в таблице 5.2

Таблица 5.2 Матрица потерь при частичных мерах защиты

$(s_{ij}) =$		$d(\Pi)$	$d(\bar{\Pi})$	млн.руб. прогноз
	Φ	1,32+4,8	16,0	
$\bar{\Phi}$	1,32	0		

Действительно, для портов СПб коэффициент не предотвращенных потерь равен 0,3.

Глава 6. Выбор оптимальной стратегии потребителя на основе прогностической и климатической информации и расчет экономической полезности

Для того, чтобы минимизировать возможные потери, при использовании методических прогнозов были рассчитаны критерии оптимальности выбора подходящей стратегии.

6.1 Выбор оптимальной стратегии потребителя осуществлялся на основе байесовского подхода

В качестве показателя выбора решений используется понятие (критерий) средних потерь. Средние потери – это те потери, которые может понести потребитель при оперативном и стратегическом выборе ориентации на те или иные прогнозы. Очевидно, что количество принимаемых потребителем решений d_j в соответствии с Φ_i равно частоте совместного осуществления событий Π_j и Φ_i , т.е. вероятности совместного осуществления событий Π_j и Φ_i . Тогда средние (статистические) потери потребителя, принимающего решение d_j , запишется:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s(\Phi_i, d_j) p(\Phi_i, \Pi_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} p_{ij} \quad (6.1)$$

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s(\Phi_i, d(\Pi_j)) p(\Phi_i, \Pi_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s(\Phi_i, d(\Pi_j)) p(\Pi_j) p(\Phi_i / \Pi_j) \quad (6.2)$$

Или в виде:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} p_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} p_{0j} q_{ij} = \sum_{j=1}^m p_{0j} \sum_{i=1}^n s_{ij} q_{ij} \quad (6.3)$$

И в общем виде формула для оценки средних байесовских потерь для методического, инерционного и случайного прогнозов:

$$\bar{R}_m = \sum_{j=1}^{m=2} p_{0j} \min \bar{R}(\Pi_j). \quad (6.4)$$

Прямой байесовский подход расчета средних потерь (оценка риска) не дает однозначного решения. Есть матрицы потерь при кардинальных и частичных мерах защиты. Положим, что методические прогнозы имеют высокую успешность ($n_{12} \ll n_{11}$ и $n_{21} \ll n_{22}$). Тогда основным элементом потерь, издержек выступают прогнозы, количество которых определяется элементом n_{11} . Байесовские средние потери для ситуации $d(\Pi) \sim \Phi$ и $\varepsilon = 0$

$$\bar{R}_m = \frac{1}{n_{11}} [s_{11} n_{11}] \quad (6.5)$$

И для ситуации $d(\Pi) \sim \Phi$, $\varepsilon > 0$.

$$\bar{R}_m = \frac{1}{n_{11}} [(s_{11} + \varepsilon s_{12}) n_{11}] \quad (6.6)$$

Так как n_{11} при методических прогнозах существенно больше, чем $n_{11}(\text{ин})$ при инерционных ($n_{11} \gg n_{11}(\text{ин})$), то оказывается, что $R(m)$ больше $R(\text{ин})$.

Неравенство отражает парадокс прямой оценки средних потерь (риска). Конечно, если привлекать все элементы p_{ij} в методических и инерционных прогнозах и все элементы матрицы потерь s_{ij} , то в большинстве случаев, когда $R(m)$ меньше $R(\text{ин})$ только за счет того, что при методических прогнозах ошибок пропусков (n_{12}) существенно меньше, чем при инерционных. Так как n_{11} является ведущим элементом в предназначении альтернативных

прогнозов, то байесовский подход требует уточнения. Полезность успешных прогнозов наличия явления (n_{11}) определяется на основании разности:

$$L_n(\Phi) = L(\Phi) - L(\Pi, \bar{\Pi}), \quad (6.7)$$

где $L(\Phi)$ – максимально возможные потери при всех случаях опасных явлений;
 $L(\Pi, \bar{\Pi})$ – потери, которые несет потребитель, используя прогнозы Π и $\bar{\Pi}$.

Тогда общая величина предотвращенных потерь:

$$L_n(\Phi) = n_{10}s_{12} - (n_{12}s_{12} + n_{11}\varepsilon s_{12}) = n_{10}s_{12} - n_{12}s_{12} - n_{11}\varepsilon s_{12} = n_{11}s_{12}(1 - \varepsilon) \quad (6.8)$$

$s_{12} = L$ – прямые потери и $\varepsilon s_{12} = \varepsilon L$ – не предотвращенные потери

Действительно, потребителю удастся снизить потери на величину:

$$s_{12}(1 - \varepsilon) = s_{12} - \varepsilon s_{12} = L - \varepsilon L \quad (6.9)$$

При оправдавшихся прогнозах Π максимальные потери при Φ есть сумма не предотвращенных $\varepsilon s_{12} = \varepsilon L$ и предотвращенных потерь $L - \varepsilon L$.

Отсюда следует, что кроме издержек в виде $C + \varepsilon L$ потребитель снижает возможные потери на величину $L - \varepsilon L$. Выгода реализации прогнозов n_{11} составит:

$$W = n_{11}[(C + \varepsilon L) - (L - \varepsilon L)] = n_{11}[C - L(1 - 2\varepsilon)] = n_{11}[s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)] \quad (6.10)$$

Средние байесовские потери при $\varepsilon > 0$ будут равны:

$$\bar{R} = \frac{1}{N} [(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)n_{11} + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12})] \quad (6.11)$$

Для $\varepsilon = 0$

$$\bar{R} = \frac{1}{N} [(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)n_{11} + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12}] \quad (6.12)$$

Для $\varepsilon = 1$ (потребитель никаких мер не принимает)

$$\bar{R} = \frac{1}{N} [(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)n_{11} + s_{21}n_{21} + s_{12}n_{12}] \quad (6.13)$$

Аналогичные оценки выполняются для стандартных прогнозов. Анализ показывает, что первые члены суммы $\{(s_{11}-s_{12}(1-2\varepsilon))n_{11}\}$ $\{(s_{11}-s_{12})n_{11}\}$ могут быть отрицательными, это означает, что реализация n_{11} могут нести отрицательные потери – выгоду [5,6].

Мы разработали матрицы сопряженности и матрицу потерь. В своей деятельности потребитель может использовать методические, инерционные или климатологические прогнозы. Выбор оптимальной стратегии использования прогнозов проводили на основе байесовского подхода.

В качестве критерия оптимальности использовали средние байесовские потери.

Средние потери – это те потери, которые может понести потребитель при оперативном и стратегическом выборе ориентации на те или иные прогнозы. Были рассчитаны средние байесовские потери при использовании методических, инерционных и климатологических прогнозов и выбрана оптимальная стратегия как минимум средних потерь.

$$\begin{aligned} \bar{R}_M &= \frac{1}{425} [1,32 - 16,0(1 - 2 \times 0,3)49 + 1,32 \times 92 + 16,0 \times 7] = \\ &= -0,036 \text{ млн. руб.} \end{aligned} \quad (6.14)$$

$$\begin{aligned} \bar{R}_{ин} &= \frac{1}{425} [1,32 - 16,0(1 - 2 \times 0,3)18 + 1,32 \times 38 + 16,0 \times 38] = \\ &= 1,28 \text{ млн. руб} \end{aligned} \quad (6.15)$$

6.2 Выбор оптимальной климатологической стратегии при частичных мерах защиты.

Частичные защитные меры применяются постоянно (Скл.1). При такой стратегии допускается, что

$$NC + \varepsilon Ln_{10} < Ln_{10} \quad (6.16)$$

или

$$C + \varepsilon Lp_{10} < Lp_{10} \quad (6.17)$$

Эта стратегия выгодна, если:

$$p_{10} > \frac{C}{L(1 - \varepsilon)} \quad (6.18)$$

Защитные меры не применяются вообще (Скл.2). Считается при этом что:

$$C + \varepsilon Lp_{10} > Lp_{10} \quad (6.19)$$

Эта стратегия выгодна, если:

$$p_{10} < \frac{C}{L(1 - \varepsilon)} \quad (6.20)$$

$$P_{10}=0,13 \text{ и } \frac{C}{L(1 - \varepsilon)} = 0,12$$

Отсюда следует, что данному морскому порту выгодно всегда защищаться.

Соответственно, были рассчитаны средние Байесовские потери при использовании первой климатологической стратегии:

6.3 Выбор оптимальной стратегии на основе учета условных вероятностей

Была построена матрица условных вероятностей 2-го типа для скорости ветра ≥ 12 м/с.

$$q_{ij} =$$

	П	$\bar{П}$	$\sum_j q$
Ф	0,88	0,12	1
$\bar{Ф}$	0,25	0,75	1

С учетом условных вероятностей q_{11} и q_{12} используется следующее правило:

$$q_{12} > \frac{C}{L}$$

Если:

то потребителю следует придерживаться стратегии постоянной защиты Скл.1

$$q_{12} < \frac{C}{L}$$

Если:

то потребителю следует придерживаться стратегии доверия методическим прогнозам.

$$q_{11} > \frac{C}{L}$$

Если:

то потребителю следует придерживаться стратегии доверия методическим прогнозам.

$$q_{11} < \frac{C}{L}$$

Если:

то потребителю следует постоянно пренебрегать опасными условиями погоды, то есть придерживаться стратегии Скл.2

В результате правило: Если $q_{12} < \frac{C}{L} < q_{11}$ то следует выбирать стратегию доверия оперативным методическим прогнозам.

Максимальная выгода использования прогнозов находится в области, близкой

к:
$$\frac{C}{L} = P_{10}.$$

При учете условных вероятностей получилось, что q_{11} больше, чем отношение затрат к потерям и потребителю следует придерживаться стратегии доверия методическим прогнозам.

6.3 Экономический эффект использования прогнозов и экономическая эффективность.

Экономический эффект, получаемый потребителем от использования методических прогнозов, определяется формулой

$$\mathcal{E} = \beta N [(\overline{R}_{ст} - \overline{R}_M) - \mathcal{Z}_{пп}]$$

где β – коэффициент долевого участия Росгидромета в получении экономического эффекта, величина колеблется в пределах 0.2 -1.0, преимущественно используется; 0.3, в с/х рекомендуется; 1.0. N – общее число прогнозов.

$\overline{R}_{ст}$ – минимальные средние потери при использовании стандартных прогнозов, это есть базовое прогностическое условие.

\bar{R}_m – минимальные средние потери при использовании методических прогнозов, это есть основное прогностическое условие. $Z_{пп}$ – предпроизводственные затраты в прогностических подразделениях на получение прогнозов, т.е. $Z_{пп}$ есть стоимость единицы прогностической информации. Стоимость прогностической информации на II полугодие 2024 года стоит 2 860, 58 руб.

$$\mathcal{E} = 0,7 \times 425 [(1,28 + 0,036) - 0,00286058] = 390,66 \text{ млн.руб}$$

В целях сравнительной оценки полезности прогнозов, используемых различными потребителями, определяется экономическая эффективность:

$$P = \frac{\mathcal{E}}{N Z_{пп}} = \beta \left(\frac{\bar{R}_{ин} - \bar{R}_m}{Z_{пп}} - 1 \right).$$

Эффективность включает эффект, получаемый при использовании методических прогнозов, отнесенный к затратам на их разработку [7,9,10]. Стратегия ориентироваться на прогнозы тем эффективнее, чем больше эффект \mathcal{E} при меньших затратах $N Z_{пп}$ на разработку прогнозов. Экономическая эффективность является безразмерным показателем экономической полезности. Например, $P=2,5$. Это означает, что на один рубль затрат в Гидрометслужбе потребитель получает (за счет снижения потерь при методическом прогнозе) 2,5 рубля. Очевидно, что экономическая результативность использования методических прогнозов достигается, если отношение стоимости результата к затратам $P > 1$. Оценка экономического эффекта оперативных метеорологических прогнозов дает достоверные результаты в случае, если выполняются следующие условия:

- т.к. осуществление любого прогноза носит вероятностный характер, то полученный экономический эффект единичного прогноза может оказаться случайным. Допустимо оценивать единичные прогнозы, если прогнозируется особо опасные метеорологические явления при выполнении

крупномасштабных мероприятий. Например, ураганный ветер и обледенение судов во время морских экспедиций, или уровень воды в устье рек ряда городов – СПб, Архангельск и др;

- для оценки надо выбирать достаточно продолжительный период времени (месяц, сезон), чтобы непрерывный ряд прогнозов был статистически обеспеченным;

- на основании выдаваемого потребителю прогностического материала устанавливается начальный уровень отчета полезности прогнозов – базовый вариант – это могут быть инерционные, случайные или климатологические прогнозы. Базовый вариант в виде стандартного прогноза позволяет установить преимущество оперативных методических прогнозов и является условием их усовершенствования;

- учитывая экономические последствия воздействия погоды, а также то, что они есть результат ориентации на прогнозы, которые не идеальны, то в качестве основной характеристики экономического эффекта рассматривается уменьшение средних (статистических) потерь;

- необходим учет производственных затрат Зпп на оперативные методические прогнозы.

$$P = \frac{390,66}{425 \times 0,00286058} = 322$$

ЗАО “Контейнерный Терминал Санкт-Петербург” использует тариф прогноза погоды по портам восточной части финского залива и балтийского моря в пределах зоны ответственности. Принимали Зпп – стоимость единичной прогностической информации на 2024 г. составила 2860руб 58 коп [8], а $\beta = 0,7$ / В связи с этим был произведен расчет экономического эффекта и экономической эффективности. Сбереженные материальные средства составили 390,66 миллиона рублей, за вычетом затрат на их получение. Экономическая эффективность составила 322, что означает, что на 1 рубль затрат в гидрометслужбе потребитель получает 320 рубля.

Заключение

Повышение аварийности судов связано с совокупностью факторов, среди которых преобладает человеческий фактор. Тем не менее, неблагоприятные погодные условия играют существенную роль, усугубляя ситуацию при выходе в море без надежного прогноза.

Эффективное снижение рисков, связанных с гидрометеорологическими условиями, требует своевременной адаптации к прогнозируемым погодным явлениям и грамотного использования гидрометеорологической информации, обеспечивая ее экономическую эффективность.

В бакалаврской работе была рассмотрена тема оценки эффективности морских прогнозов для ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург». Был сформирован архив прогностических и фактических данных гололеда и скорости ветра для ЗАО «Контейнерный Терминал Санкт-Петербург» за каждый день с октября по апрель 2022–2024 гг. (всего 425 прогнозов). Были построены матрицы сопряженности альтернативных прогнозов гололеда и скорости ветра, рассчитаны критерии успешности прогнозов. Из расчетов критериев определили, что значения методических и инерционных прогнозов близки, но некоторые критерии не значимы. Несмотря на полученные показатели критериев успешности, оправдываемость опасной градации скорости ветра составила $U = n_{11}/n_{10} = 49/56 = 0,88$. Для функционирования порта важна оправдываемость штормовой (опасной) градации скорости ветра. При этом следует отметить, что для получения более убедительных результатов необходимо рассмотреть более длинный ряд данных.

Также была построена матрица потерь при частичных мерах защиты для исследуемого порта. Осуществленная оценка адаптации и экономической ценности использования прогностических данных в практических целях выявила, что внедрение частичных защитных мер с использованием прогностических ресурсов приносит экономическую выгоду в размере 390,66 млн. рублей. Кроме того, экономическая эффективность данного подхода

составляет 322 рубля на каждый потраченный на прогноз рубль. Данный метод для оценки экономической полезности метеорологических прогнозов разработанный Л.А. Хандожко, можно применять и в других Российских портах.

Список использованной литературы

1. <https://terminalspsb.ru/> [электронный ресурс] (дата обращения: 30.03.2023)
2. <https://port.one/terminalspsb/> [электронный ресурс] (дата обращения: 03.04.2023)
3. Хандожко Л. А. Экономическая метеорология. Учебник. — СПб.: Гидрометеоздат, 2005.
4. Глазов, М. М. Оценка экономической эффективности метеорологических прогнозов для морского порта / М. М. Глазов, И. П. Фирова, Л. А. Хандожко // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2011. – № 18. – С. 204-213. – EDN NULVYZ.
5. Глазов, М. М. Анализ экономической эффективности метеорологических прогнозов (на примере морского порта Мурманска) / М. М. Глазов, Л. А. Хандожко, М. Н. Сидорова // Общество. Среда. Развитие. – 2010. – № 2(15). – С. 19-25. – EDN MTZQFH.
6. Оценка успешности прогнозов скорости ветра для порта Мурманска / Е. В. Винокурова, Я. В. Дробжева, Е. П. Иванова, Н. Н. Ламерт // Гидрометеорология и физика атмосферы: современные достижения и тенденции развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21–23 марта 2023 года. – Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2023. – С. 319-324. – EDN MLMTSQ.
7. Хандожко, Л. А. Оптимизация использования метеорологических прогнозов в целях повышения их экономической полезности и обеспечения безопасности жизнедеятельности: специальность 11.00.09: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук / Хандожко Леонид Андреевич. – Санкт-Петербург, 1995. – 48 с. – EDN ZJMEMH.

8. http://www.meteo.nw.ru/download/Prejskurant_k_%20prikazu_32_ot_20.02.2024.pdf [электронный ресурс] (дата обращения 01.06.2024)

9. Хандожко, Л. А. Успешность и экономическая полезность многофазовых прогнозов скорости ветра на Европейской территории России / Л. А. Хандожко, А. А. Фокичева // География и регион : материалы Международной научно-практической конференции, Пермь, 30 сентября – 04 2002 года. Том 3. – Пермь: Пермский государственный университет, 2002. – С. 53-56. – EDN JTZQMS.

10. Дробжева, Я. В. Метеорологические прогнозы и их экономическая полезность / Я. В. Дробжева, О. В. Волобуева. – Санкт-Петербург : Адмирал, 2016. – 116 с. – ISBN 978-5-9908660-1-0. – EDN SHMALK.

Приложение 1. Гололёд за 2022-2023 гг

День	Прогноз/Факт явления "ГОЛОЛЕД" по месяцам 2022-2023 гг													
	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Апрель	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	~	-	-	-	-	-	~	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	~	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	~	~	-	~	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	~	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	~	~	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	~	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	~	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	~	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	~	~	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 2. Гололёд за 2023-2024 гг

День	Прогноз/Факт явления "ГОЛОЛЁД" по месяцам 2023-2024 гг													
	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Апрель	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	~	~
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	~	~	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	~	~	-	-	-	-
16	-	-	-	-	~	~	-	-	~	~	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	~	~	-	~	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	~	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	~	~	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	~	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	~	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 3. Скорость ветра за 2022-2023 гг

День	Прогноз/Факт явления "ВЕТЕР" по месяцам 2022-2023 гг													
	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Апрель	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	7	2	7	3	7	2	13	5	9	2	13	10	11	4
2	9	3	5	2	7	3	12	2	7	2	12	14	12	10
3	13	18	5	3	8	2	12	12	9	3	11	10	12	11
4	12	15	5	4	10	3	8	4	11	4	8	3	10	5
5	8	1	8	3	9	2	9	3	8	4	7	2	8	3
6	11	10	11	3	11	2	9	3	10	3	5	2	8	4
7	12	11	12	3	11	4	7	2	10	2	8	2	8	2
8	12	11	12	5	12	6	11	5	10	8	13	10	5	3
9	11	4	10	4	11	2	12	12	12	4	11	4	6	2
10	10	3	9	2	8	3	13	5	12	16	9	3	7	3
11	13	4	12	5	10	6	12	6	12	5	13	13	7	3
12	11	4	12	16	13	16	13	5	11	4	13	10	8	2
13	9	2	12	15	12	4	12	11	12	12	12	10	13	5
14	9	2	8	6	10	2	12	4	13	12	13	10	12	7
15	11	3	12	10	12	5	12	11	7	1	13	10	11	4
16	12	4	9	5	8	2	12	3	10	3	8	4	8	2
17	13	10	11	14	7	1	11	10	12	5	7	2	8	4
18	10	3	11	13	5	4	12	10	13	13	12	4	12	5
19	11	10	11	12	12	12	13	11	12	10	12	4	12	3
20	9	2	11	10	9	3	9	2	9	4	10	2	8	3
21	5	0	9	5	11	3	7	1	11	6	10	4	8	4
22	8	2	10	5	10	3	8	4	5	2	12	3	8	3
23	10	4	11	6	10	2	8	1	5	3	13	10	8	4
24	10	4	10	5	10	4	12	5	9	2	8	3	12	4
25	10	3	8	4	9	3	13	4	11	3	13	12	11	5
26	9	3	8	4	11	3	12	3	14	13	9	3	10	2
27	8	3	8	4	12	14	8	2	11	10	10	6	10	4
28	10	3	8	4	11	3	11	5	12	14	10	2	9	5
29	12	14	8	3	8	4	13	5			9	10	12	4
30	13	16	8	3	11	4	13	3			8	5	14	4
31	12	14			12	4	13	11			8	3		

Приложение 4. Скорость ветра за 2023-2024 гг

День	Прогноз/Факт явления "ВЕТЕР" по месяцам 2023-2024 гг													
	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Апрель	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	11	12	12	2	8	5	8	4	12	10	6	2	9	3
2	11	10	12	4	5	1	8	2	12	14	8	3	12	11
3	11	4	11	4	5	1	8	3	13	5	8	4	12	14
4	13	14	12	11	5	2	9	4	11	3	8	4	12	14
5	10	1	12	3	5	1	8	5	9	3	9	5	12	13
6	11	14	8	4	7	1	8	5	7	4	8	3	12	11
7	11	16	8	1	5	2	8	2	10	4	8	3	12	3
8	12	13	9	2	10	4	12	5	7	4	10	3	12	10
9	13	10	7	2	10	4	13	12	7	4	8	3	8	1
10	9	5	10	3	10	4	10	10	3	2	8	3	12	11
11	13	3	9	2	12	4	12	13	8	4	9	4	12	16
12	13	18	13	13	10	4	10	3	10	4	8	2	12	14
13	12	12	13	10	9	4	9	2	13	6	9	2	8	2
14	12	11	9	4	8	4	10	2	13	10	12	4	10	10
15	12	11	8	5	7	2	8	3	9	2	12	4	12	10
16	13	3	8	5	10	3	11	5	12	11	11	4	8	3
17	11	10	5	5	13	12	11	4	12	12	13	14	8	5
18	10	5	7	2	12	10	12	12	18	14	12	13	9	4
19	10	11	7	2	12	14	12	4	8	3	7	2	12	12
20	11	10	5	2	13	16	10	3	9	2	8	1	12	3
21	7	5	9	3	10	2	10	4	8	3	8	2	10	5
22	10	5	9	2	13	11	13	12	9	3	10	2	13	11
23	8	4	12	11	11	3	12	12	13	11	12	11	12	3
24	7	3	9	5	9	2	10	2	13	5	9	2	10	3
25	10	4	8	4	8	4	9	5	12	12	7	3	12	10
26	10	20	7	3	7	3	8	5	9	2	8	3	9	3
27	11	4	12	15	4	1	6	2	5	2	8	3	7	4
28	9	5	12	13	9	3	11	3	5	3	10	5	9	10
29	8	4	11	4	9	4	12	3	8	3	11	4	10	10
30	10	3	12	10	9	6	12	3			11	11	12	12
31	11	5			9	10	9	2			8	3		