

УДК 551.501.1

Доктор геогр. наук
Доктор геогр. наукА.В. Чердниченко *
В.С. Чердниченко **
Ю.А. Пивненко **
В.С. Цапенко ***
Л.З. Коржумбаева *****СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАБЛЮДЕНИЙ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ СО
СТАЦИОНАРНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ НА
МЕТЕОПЛОЩАДКЕ КУЙГАН***АВТОМАТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ, ТЕМ-
ПЕРАТУРА ВОЗДУХА, ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ, ВЛАЖНОСТЬ
ВОЗДУХА, СЕЗОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ, КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ,
СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА, РАСХОЖДЕНИЯ ПАРА-
МЕТРОВ, ДАТЧИК*

*Представлены результаты сравнения измерений метеорологиче-
ских параметров между метеорологическими станциями, ав-
томатической и обычной (стационарная метеоплощадка). Выска-
зано предположение о возможных причинах имеющихся расхожде-
ний, для каждого параметра.*

Современную Национальную гидрометеорологическую службу трудно представить без новейших автоматизированных систем мониторинга. Это касается в первую очередь цифровых электронных средств измерения первичной информации (датчиков) в таких областях как загрязнение воздуха, аэрологическая, метеорологическая и др. Модернизация наземной метеорологической сети направлена на увеличение ее плотности, а также на повышение точности измеряемых параметров, используемых для выпуска прогностической продукции [1]. Важным фактором при выборе электронных автоматизированных средств измерений должно быть качество получаемой информации, ее достоверность и сопоставимость со средствами измерений, которые применяются на стандартных метеорологических площадках [1, 2, 9, 10].

* КазНИИЭК, г. Алматы

** КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

*** Казгидромет, г. Алматы

Сегодня на рынке имеется достаточно большой выбор профессиональных цифровых автоматических метеорологических электронных средств измерений, логгеров сбора и обработки информации, специальных программ, которые отличаются друг от друга не только ценами, но и качеством измерений и обработки [2, 15].

Для потребителей гидрометеорологической информации, весьма важно использовать данные и информацию, которая отвечает всем технически нормам и требованиям Наставления [9]. Такой подход не является капризом, это важно для прогнозирования и оценки различных метеорологических условий и моделирования ситуаций, а также сопоставления рядов при проведении научного анализа, сравнимости полученных результатов с данными ведущих мировых центров [3, 4, 7, 11].

Преследуя перечисленные цели, коллектив авторов по заданию РГП «Казгидромет», проводил сравнительный анализ данных метеорологических наблюдений, полученных стандартными инструментальными методами и автоматическими метеостанциями.

Необходимо было выяснить, насколько сравнимы между собой результаты измерений, если имеются различия, то по каким параметрам, каковы величины расхождений и по возможности обнаружить и указать причины таких отклонений.

Для анализа использовались наблюдения автоматической станции и измерений на стационарной метеоплощадке в поселке Куйган. Автоматическая станция оснащена автоматизированным метеорологическим комплексом AMS-111 фирмы Microstep Mis (Словения). Для этих станций имелся сравнительный ряд данных за 2,5 года.

В комплект автоматизированного комплекса входит [12]:

- Обогреваемый датчик количества осадков MRH3;
- Внешний датчик температуры и влажности воздуха HydroClip S3C03- PT100;
- Комбинированный датчик ветра Thies Clima;
- Датчик атмосферного давления Model 270;
- Блок управления AMS111;
- Метеорологическая мачта;
- Комплект ПЭВМ (С программным сопровождением производителя).

Были рассмотрены данные по температуре воздуха (максимум, минимум, средняя), температуре подстилающей поверхности, относительной влажности воздуха, количеству осадков и скорости ветра. Сравнения

выполнялись по данным измерений во все сезоны, за период 2010...2011 гг.

Метеостанция Куйган располагает следующими приборами:

- Анеморумбометр М63М-1 (пульт МВ 1) 2004 г.у. высота мачты 10 м
- Температура воздуха, термометр ТМ-3, ТМ-4;
- Температура почвы – ТМ-1, ТМ-2, ТМ-3;
- Измерение влажности воздуха в теплый период до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, применяется психрометрическая пара ТМ-4, в холодный период при температуре воздуха ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ применяется волосной гигрометр МВ-1 [9].

При сравнении предполагалась, что наблюдения производятся по программе с соблюдением правил Наставления [9], а все приборы прошли своевременную поверку [5, 13, 14].

В процессе выявления наличия отклонений, за эталон были приняты данные, полученные посредством стандартных наблюдений на метеорологической станции (М). Таким образом, были рассчитаны значения разности (Δ), которые показывают отклонение метеорологических величин на автоматической метеорологической станции (АМС) относительно М ($\Delta = \text{М} - \text{АМС}$). Соответственно, значение Δ со знаком плюс говорит о том, что АМС занижает метеорологическую величину, а Δ со знаком минус – что она завышена относительно значения, полученного на М.

Рассмотрим результаты сравнения по отдельным параметрам.

Температура воздуха. Максимальная повторяемость разностей для срочной температуры соответствовала значению $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для максимальной температуры воздуха данное значение соответствовало $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ для 2010 и 2011 года соответственно. Для минимальной температуры воздуха $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в 2010, и в 2011 году. Таким образом, значение параметров температуры воздуха в большинстве случаев сдвинуто относительно нуля влево и большая их часть имеет знак (-) минус, а это значит, что большинство значений по температуре воздуха для АМС завышены относительно М.

Теперь перейдем к анализу результатов, полученных при анализе суточного хода. Необходимо отметить, что при осреднении были исключены значения, имеющие грубые скачки, а значения Δ усреднялись по срокам. Для удобства восприятия и анализа полученных значений синоптические сроки были взяты по местному времени, изначально же они соответствовали общепринятому Всемирному времени – UTC.

На рис. 1 представлен суточный ход отклонений $\Delta t_{\text{в}}$ по сезонам за 2010 и 2011 годы.

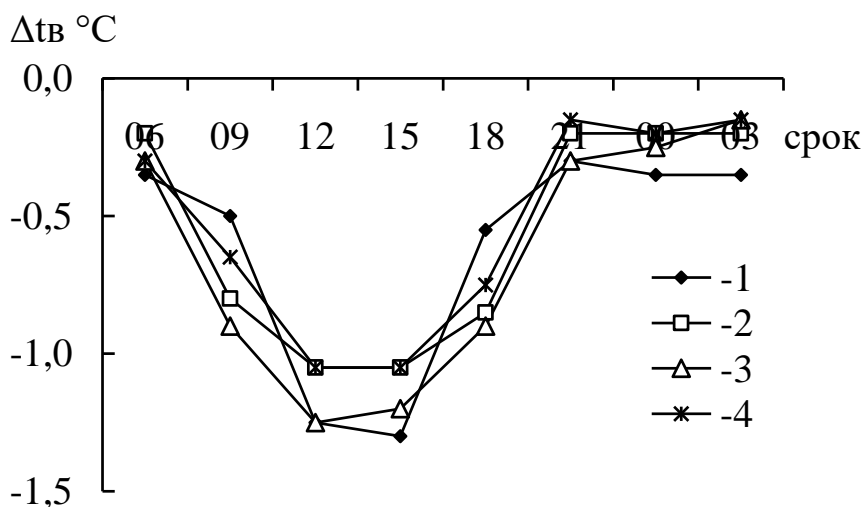


Рис. 1. Суточный ход $\Delta t_{\text{в}}$ по сезонам за 2010 и 2011 годы. 1 – зима, 2 – весна, 3 – лето, 4 – осень.

В соответствии с представленным суточным ходом по разности температур можно отметить, что значение $\Delta t_{\text{в}}$ непосредственно повторяет традиционный суточный ход, но в зеркальном отображении – максимум приходится на сроки 12 и 15 ч. Зависимость величины отклонения от температуры в данном случае прослеживается очень хорошо. Максимальное отклонение, отмеченное нами, равно $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, оно наиболее ярко выражено зимой и летом.

Минимальные значения $\Delta t_{\text{в}}$, отмечаемые в сроки 12 и 15 ч, наблюдаются осенью и весной. В целом же в суточном ходе минимум $\Delta t_{\text{в}}$ приходится на ночные сроки (рис. 1).

Резкие изменения разности значения минимальной температуры наблюдается в 15 ч и они наиболее характерны для зимы и осени. У максимальной же температуры наблюдается наиболее широкое распределение значительных отклонений в сроки от 12 до 21 ч, и отмечаются во все сезоны. Интересным является факт, что в суточном ходе в среднем за год для срочной и максимальной температуры воздуха максимальное отклонение меняется от $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура почвы. Суточный ход температуры почвы за исследуемый период, имеет следующее распределение – максимальное отклонение приходится на 12 ч, наибольшее значение в годовом ходе наблюда-

ется весной (-2,6 °С), летом, величина максимального отклонения составляет -2,1 °С. Зимой и осенью максимум отклонений средних температур почв приходится на утренний (06 ч) и ночной (03 ч) сроки, также отмечается значительная разность в 21 ч. (рис. 2).

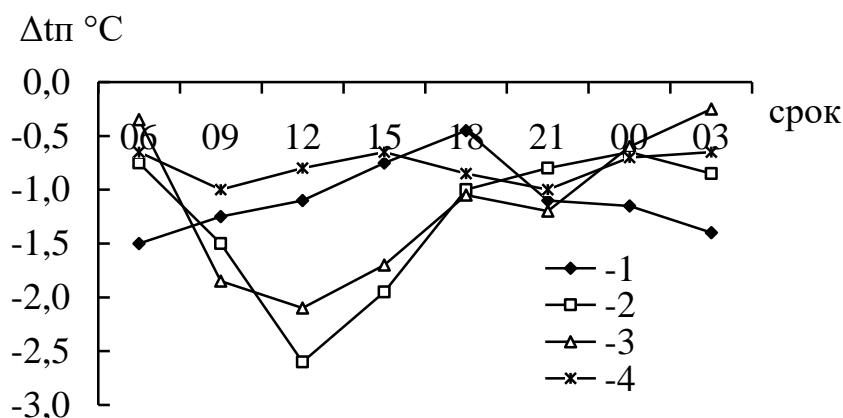


Рис. 2. Суточный ход Δt_n по сезонам за 2010 и 2011 годы. 1 – зима, 2 – весна, 3 – лето, 4 – осень.

При определении величины разностей для экстремальных значений за год, оказалось, что показания меняются в диапазоне от -0,4 °С до +0,2 °С. По данным за 2011 г. величины Δt_n по максимальным значениям полностью совпали, однако для минимальных значений отклонение составило +0,2 °С, т.е. данные АМС завышены относительно обычной М.

Относительная влажность. Для этой характеристики сравнивались показания не только средних значений по сезонам и срокам, но и для измеряемых пределов. Как правило, такие сравнения позволяют существенно сузить поиск причин имеющихся расхождений (рис. 3).

На рис. 3, можно видеть, что при малых значениях влажности АМС занижает величину относительно М, а при больших наоборот, значительно завышает их. Наименьшая разность при этом наблюдаются в диапазоне от 51 % до 70 %.

При анализе показаний относительной влажности по сезонам, обнаружено, что в 2010 г. во все сезоны, кроме зимы, наблюдается занижение значений влажности на АМС, причем прослеживается сравнительно ровный ход без ярко выраженного максимума (рис. 4). В весенний период наблюдается определенная тенденция к уменьшению отклонений в

срок 21 ч, а затем незначительный рост. Зимой же максимальное отклонение хорошо выражено в сроки 18 ч, 21 ч, разница здесь составляет -3 %.

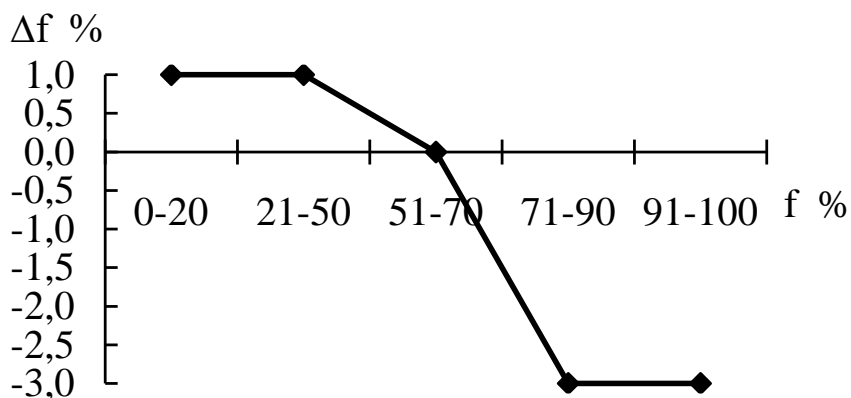


Рис. 3. Зависимость отклонений от значений относительной влажности.

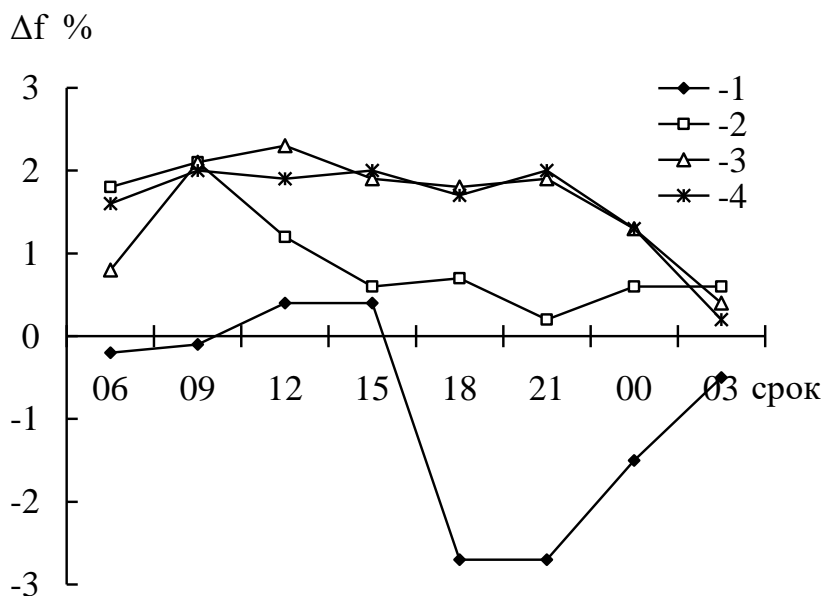


Рис. 4. Суточный ход Δf по сезонам 2010 год. 1 – зима, 2 – весна, 3 – лето, 4 – осень.

В 2011 году (рис. 5) суточный ход отклонений в зимний период очень схож с 2010 годом. Однако, максимальное отклонение относительной влажности равно 6 %, оно наблюдается в осенний период в сроки 03, 06 ч, а в зимний период в срок 21 ч.

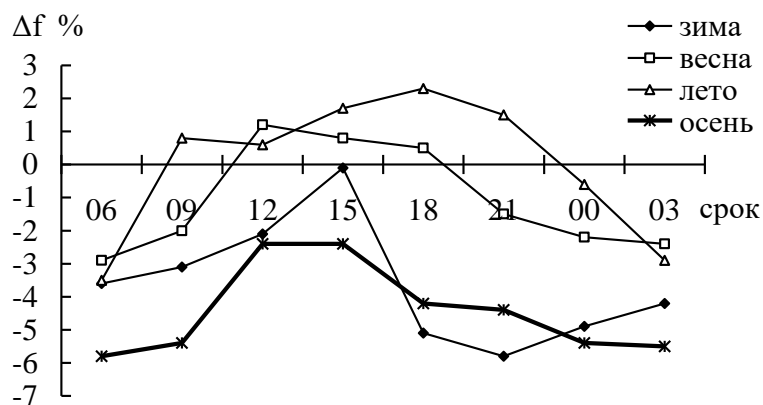


Рис. 5. Суточный ход Δf по сезонам 2011 год. 1 – зима, 2 – весна, 3 – лето, 4 – осень.

Осадки. При сравнительном анализе разностей по осадкам, были отдельно рассмотрены твердые и жидкие осадки (рис. 6).

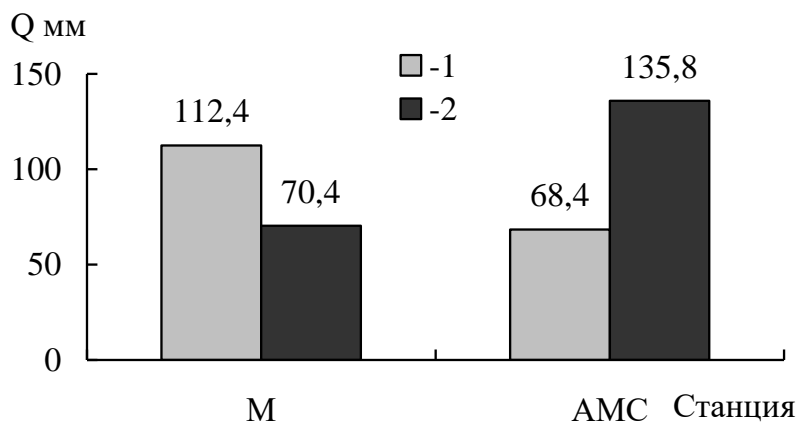


Рис. 6. Суммарные величины осадков за два года по МС и АМС. 1 – жидкие осадки, 2 – твердые осадки.

Можно видеть, что количество жидких осадков датчик АМС занижает по отношению к М, а твердые осадки наоборот завышает. Так же помимо этого по твердым осадкам АМС зарегистрировало еще дополнительно 91 мм. Таким образом, по твердым и по жидким осадкам мы имеем значительные расхождения в результатах измерений, что, конечно же, недопустимо.

К сожалению, в рамках работы мы не анализировали качество регистрации различных типов осадков по интенсивности, однако в дальнейшем такая работа предполагается.

Скорость ветра. Для этой характеристики рассматривалось соответствие значений характеристики между станциями по измеряемым диапазонам скорости ветра. Здесь данные по М и АМС имеют наибольший процент соответствий. При этом максимальное среднее отклонение в суточном ходе равно $-0,7$ м/с, это небольшая разница, согласно правилам поверки, допуск между двумя приборами может быть не более 1 м/с. Установившейся определенным образом зависимости хода разности ΔV от времени суток не имеется (рис. 7).

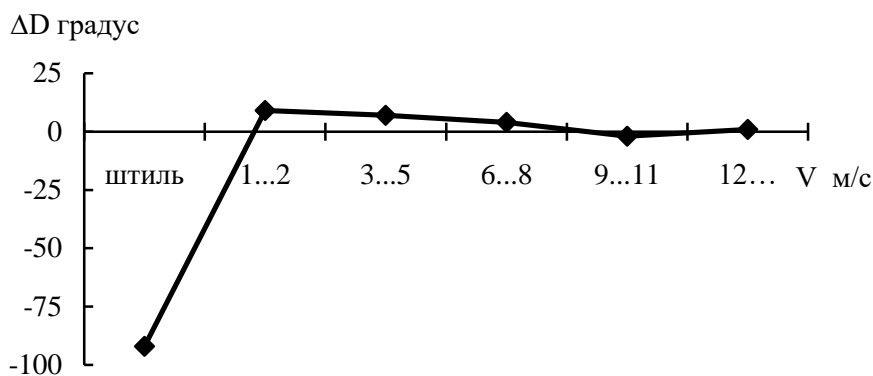


Рис. 7. Зависимость ΔD от скорости ветра.

Наибольшие отклонения в направлении наблюдаются при малых скоростях. Отметим, что при этом значения для АМС завышены, а при больших значениях скорости величина отклонения незначительно занижается, а при скорости ветра 9 м/с – сводится к минимуму. К сожалению, имеются расхождения при условиях, близких к штилевым.

Возможные причины занижения/завышения измеряемых характеристик АМС-111 по сравнению с приборами М Куйган.

Для температуры воздуха, атмосферный сигнал представляет собой сочетание медленных изменений, обусловленных суточным циклом, с возможными периодами возмущения в атмосфере и быстрыми изменениями, связанными с турбулентностью и осадками. Поэтому в зависимости от скорости ветра, типа радиационной защиты инерция датчика АМС может быть значительной и стать причиной запаздывания, показаний датчика относительно атмосферного сигнала или же наоборот. Это в свою очередь, приводит к временным отклонениям в измерении, составляющим несколько градусов, что и прослеживается в рассмотренном суточном ходе [3, 8, 11]. Кроме того, погрешности радиационной защиты (РЗ) (производители РЗ обязаны указывать пределы погрешности) должны учиты-

ваться сопровождаемым программным обеспечением (СПО) АМС при обработке и выдаче результатов измерения температуры воздуха, что вероятно не было сделано в СПО AMS-111.

Причинами, влияющими на расхождения в показаниях электронного датчика температуры почвы и напочвенных термометров, может быть облачность, осадки, различные радиационные условия земной поверхности. Степень их влияния определяется термоизоляционными характеристиками датчика. Помимо этого на такой ход могут повлиять и технические неполадки, связанные с выходом из строя датчиков, либо искажение данных при их передаче.

Возможно, что и зимой, и осенью сохраняются некие условия, дающие отклонения для температуры почвы, которые имеют своеобразный суточный ход. Чтобы это понять, возможно, необходимо более глубоко изучить технические стороны установки и эксплуатации электронного датчика и соблюдение методических указаний по правильной установке датчиков.

Факторы, влияющие на нарушение суточного хода влажности, могут быть различны, начиная от чувствительности датчика и заканчивая его инерцией. Кроме того, есть вероятность, что значения относительной влажности хорошо сопоставимы с психрометрической парой и плохо с волосным гигрометром при низких температурах (тогда, требуется поверить волосной гигрометр). Здесь также может играть определенную роль сочетание таких характеристик как влажность – температура, что и приводят к нарушению суточного хода влажности. Если же рассмотреть с технической стороны данный вопрос, то на величину отклонения может повлиять пыль, обмерзание, либо забивание сетки датчика, также пониженное вторичное электропитание из-за нестабильности промышленной электрической сети – относится ко всем датчикам (при условии их подключения к электрической сети).

Вероятной причиной расхождения в показаниях по количеству осадков между станциями, могут быть особенности конструкции датчика осадков АМС. Как уже отмечалось, упомянутый датчик имеет обогрев, т.е. твердые осадки растапливаются в приемной части и попадают на чашечный измерительный элемент. Таким образом, выдувание снега из приемной части не успевает происходить, в то время как для осадкомера Третьякова такие случаи возможны, несмотря на ветровую защиту [6].

В летнее время ситуация несколько иная, занижение показаний АМС по отношению к М может быть вызвано тем, что измерительный лотковый (чашечный) механизм имеет одну особенность. Для того чтобы он сработал, должна полностью наполниться емкость чашки равная 2,5 мм осадков. В случае если дождь закончился, а чашка не полная, то весь объем, который остался в чашке, так и останется не учтенным в сумме выпавших осадков. В результате мы имеем большую разность неучтенных осадков, которые сказываются на общей сумме за теплое время и приводят к большой разнице в показаниях между станциями. Кроме того, разница в расхождении количества осадков может быть вызвана разной высотой установки приемной поверхности измерительных элементов. У осадкомера Третьякова высота, как правило, составляет 2 м, у всех зарубежных станций эта высота колеблется от 0,4 до 1 м от уровня поверхности.

Возможные причины отклонений в измерении скорости и, особенно, в направлении ветра могут быть связаны с различием в конструкции датчиков измерения параметров ветра. В АМС скорость и направление измеряются отдельными датчиками [12]. Скорость измеряется цифровым чашечным анемометром. Чашки (3 шт) имеют небольшую приемную площадь и при малых скоростях ветра крутящий момент может не соответствовать реальной скорости ветра, что может вызвать занижение результатов измерений. Так же занижение результатов при малых скоростях ветра может быть вызвано повышенным трением в подшипниках анемометра (используются необслуживаемые подшипники закрытого типа), что может увеличить порог срабатывания. При более высоких скоростях ветра крутящий момент, прилагаемый к чашечкам или винту, пропорционален скорости в квадрате, поэтому он быстро и намного превышает силу сопротивления, соответствующую стартовому порогу.

Для измерения направления ветра, используется легкая, инерционная флюгарка [12]. Она реагирует на малейшее изменение надуваемого (направляемого) на нее потока воздуха. А датчик М63М-1, сам по себе проектировался как механизм, усредняющий слабые колебания направления ветра [5, 13, 14], поэтому расхождения здесь могут быть объяснены именно конструктивными особенностями приемных элементов. Ими и обусловлены такие большие различия в случаях штиля.

Кроме того, известно, что в анеморумбометре М63М-1 используются измерительные пульты МВ1-2-М1 и МВ1-2, где скорость обновления информации по направлению 16 с и 8 с – соответственно. В АМС логгер можно за-

программировать так, что он будет выдавать результаты измерений на компьютер от 1 с и на табло осредненные значения за 1 ч, 10 мин и пр.

В осенне-зимний период занижение результатов так же может быть из-за обмерзания вала анемометра вследствие недостаточного обогрева или не своевременного его включения.

К сожалению, необходимо отметить, что не всегда базовая комплектация автоматической станции является оптимальной и удачной. Для этого как раз необходимо проводить подобные сравнительные анализы. Так, в Акмолинской области после проведенных сравнений из-за недостоверности данных отказались от использования лотковых (чашечных) датчиков количества осадков и используют датчики количества осадков весового типа.

При длительной эксплуатации автоматической метеорологической станции в районе оз. Сорбулак так же было замечено, что при продолжительном отсутствии прямой солнечной радиации в совокупности с низкими температурами (ниже -15°C) станция работает в автономном режиме не более 3...3,5 суток. После этого она отключается, либо частично (с последующем полным восстановлением рабочего цикла и сохранением накопленных данных и времени исчисления) или отключается полностью (без восстановления данных и работоспособности).

Обнаруженные расхождения для некоторых параметров имеют недопустимые значения, в первую очередь для значений температуры воздуха и почвы. Сегодня, когда мы говорим об изменении климата на 1°C , за 50 лет, строим возможные сценарии его изменения закладывая в модель допуск по температуре $1...1,5^{\circ}\text{C}$, такие расхождения просто недожны иметь места. Это касается и других характеристик, особенно количества осадков.

По этой причине должно соблюдаться и проверяться на соответствие ГОСТам всё поставляемое оборудование, и возможно, что РГП «Казгидромету» необходимо иметь свои технические средства и свои технические критерии отбора оборудования, с тем чтобы обеспечить качество и непрерывность рядов наблюдений, а так же соблюдать методологию установки электронных устройств и их правильный запуск на месте с соблюдением всех стандартов и необходимых установок (высота над уровнем моря, географические координаты, магнитное склонение и пр.).

Думается, что Руководству РГП «Казгидромет» необходимо следовать соображениям не только экономии, при проведении закупа оборудования, но и руководствоваться качеством поставляемой продукции. Так, проведенный анализ работы станций Vaisala, установленных в Акмолин-

ской области, не дает поводов для особого беспокойства, поскольку фактически исключают вмешательство специалистов в получение измеренных данных. Нам представляется, что исследования, подобные данному, необходимо проводить для каждого типа оборудования, каждой станции в каждой климатической зоне. В дальнейшем это позволит исключать или не применять не отвечающее особенностям климата или другим требованиям оборудование.

Авторы статьи выражают глубокую признательность и благодарность В.Л. Вакарю (ведущему инженеру РГП «Казавиамет», 1991...2007 гг) за оказанную помощь (консультации и идеи) в написании статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аргучинцева А.В. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2007. – 106 с.
2. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 287 с.
3. Жексенбаева А.К. Лабораторный практикум по метеорологии. – Алматы: КазНУ им. аль-Фараби, 2012. – 136 с.
4. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – Л.: Наука, 1967. – 88 с.
5. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 456 с.
6. Кедров Иванский В.Н. Метеорологические приборы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1947. – 640 с.
7. Кондратюк В.И. Модернизация метеорологической сети Росгидромета //Труды ГГО. – 2011. – № 564. – С. 19-39.
8. Моргунов В.К. Конспект лекций по курсу Климатология и метеорология – Новосибирск: Новосибирская Академия водного транспорта, 2003. – Ч. 3. – 399 с.
9. Наставления по гидрометеорологическим станциям и постам. Ч. 1. – Алматы: РГП «Казгидромет», 2002. – 456 с.
10. Руководство по автоматическим системам метеорологического наблюдения на аэродромах. // Международная организация гражданской авиации: ИКАО, 2011. – Издание второе. – 113 с.
11. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть 1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 703 с.

12. Руководство по эксплуатации. Автоматическая метеорологическая станция AMS111. ТОО «Адал – ТЕМ» 2009 г. – 31с.
13. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 372 с.
14. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 392 с.
15. Торопов П.А., Терентьев Б.А. Гидрометеорологический мониторинг в экосистемах ООПТ Алтае-Саянского экорегиона. – М.: WWF России, 2011. – 132 с.

Поступила 8.12.2012

Геогр. ғылымд. доктора А.В. Чередниченко
Геогр. ғылымд. доктора В.С. Чередниченко
Ю.А. Пивненко
В.С. Цапенко
Л.З. Коржумбаева

**АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ СТАНЦИЯ
БАҚЫЛАУЛАРЫМЕН ҚҰЙҒАН МЕТЕОАЛАҢЫНДАҒЫ
СТАЦИОНАР БАҚЫЛАУЛАРЫН САЛЫСТЫРУ ТАЛДАУЫ**

Метеорологиялық, автоматтық және кәдімгі станциялар арасында метеорологиялық параметрлерінің өлшеулерін салыстыру нәтижелері берілген. Әр параметр үшін қолда бар қайшылықтардың мүмкін себептері туралы болжам айтылды.