



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Исследование влияния сдвига ветра на полеты воздушных судов по
данным АМСГ аэропорта г. Сочи»

Исполнитель Моисеев А.Н.

Руководитель кандидат военных наук, доцент Голушко М.В.

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«18» июля 2016 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«25» мая 2016 г.	
 подпись	 расшифровка подписи

Туапсе
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Исследование влияния сдвига ветра на полеты воздушных судов по данным АМСГ аэропорта г. Сочи»

Исполнитель Моисеев А.Н.

Руководитель кандидат военных наук, доцент Голушко М.В.

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«____» _____ 2016 г.

Туапсе
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1 Природа сдвига ветра. Факторы, влияющие на его формирование	5
1.1 Физико-географические условия формирования ветра и его климатической характеристики в аэропорту г.Сочи	5
1.2 Факторы обуславливающие формирования сдвигов ветра	8
Глава 2 Методы распознавания и прогнозирования сдвига ветра	18
2.1 Методика распознавание сдвига ветра	18
2.2 Метод прогноза ветра в приземном слое.....	24
Глава 3 Результаты исследования, их оценка и предложение по совершенствованию метеообеспечения полетов	27
3.1 Анализ результатов исследования и их оценка	27
3.2 Особенности обеспечения метеоинформацией экипажей воздушных судов и пути его совершенствования.....	37
Заключение.....	44
Список используемой литературы	46
Приложение	48

Введение

Ветер с точки зрения синоптической метеорологии – это атмосферное явление, связанное с воздействием друг на друга воздушных масс, перемещающихся из области низкого или высокого атмосферного давления.

Данные об изменении ветра необходимы во многих отраслях народного хозяйства, но особенно востребованы в авиации. Параметр ветра – это один из основных факторов, который должен учитываться в авиации.

При пилотировании самолета в непосредственной близости от земной поверхности его экипаж должен иметь информацию не только о скорости и направлении ветра, но и о возможных резких изменениях этих параметров ветра вдоль траектории движения. Самолет пересекает самый нижний слой атмосферы в столь короткое время, что ограниченный запас высоты, скорости полета и приемистости двигателей не позволяют летчику своевременно реагировать на неожиданное изменение ветра. Отсутствие информации о резком усилении или ослаблении ветра в ряде случаев является одной из причин летных происшествий.

Характеристикой пространственной изменчивости ветра является сдвиг ветра – изменение направления и скорости ветра в пространстве, включая восходящие и нисходящие воздушные потоки. Сильные сдвиги ветра относят к опасным для авиации явлениям погоды.

Актуальность исследования обоснована тем, что сдвиги ветра входят в число опасных для авиации явлений погоды, могут угрожать безопасности и экономической эффективности полетов, а значит их дальнейшее изучение и совершенствование прогнозирования необходимо.

Объект исследования: ветер, синоптические образования и факторы, обуславливающие формирование ветра и его проявлений.

Предмет исследования: сдвиг ветра и его влияние на полеты в авиации.

Цель работы: изучить особенности синоптических образований сдвигов ветров, а также учет их в авиации для обеспечения полетов в аэропорту Сочи.

Исходя из цели работы, были сформулированы следующие **задачи**:

1. Рассмотреть основные понятия и особенности образования и проявления сдвига ветра (на примере АМСГ г. Сочи);
2. Проанализировать влияние сдвига ветра на полет самолета;
3. Рассмотреть основные методы прогнозирования ветра и сдвига ветра;
4. На основе имеющихся данных выявить предпосылки к образованию сдвига ветра на АМСГ г. Сочи для совершенствования прогнозирования явления;
5. Рассмотреть и проанализировать возможности современных метеоприборов по измерению вертикальной составляющей ветра и выявить тенденцию их развития.

Структура работы. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

В первой главе дается представление о физико-географических условиях формирования ветра и его климатической характеристики в аэропорту г. Сочи, а также о факторах, обуславливающих формирования сдвигов ветра.

Во второй главе рассматривается методика распознавание сдвига ветра и методика прогноза ветра в приземном слое.

В третьей главе представлены результаты исследования и оценка влияния сдвига ветра на воздушные суда. Особенности обеспечения метеоинформацией экипажей воздушных судов и пути их совершенствования.

Информационной и методической базой исследования явления сдвига ветра на АМСГ г. Сочи послужили метеорологические данные дневников погоды АВ-6 за 2014 и 2015.

Общий объем работы 47 машинописных страниц. Работа содержит 10 рисунков и 6 таблиц.

Глава 1 Природа сдвига ветра. Факторы, влияющие на его формирование

1.1 Физико-географические условия формирования ветра и его климатической характеристики в аэропорту г.Сочи

Аэродром Сочи (Адлер) расположен на восточном побережье Черного моря в зоне влажного субтропического климата, в формировании которого существенную роль играют:

- преобладающий перенос воздушных масс с запада на восток;
- защищенность территории с северо-запада, северо-востока и востока горными хребтами Главного Кавказского хребта;
- открытость территории с юго-запада, со стороны моря.

Орография района оказывает большое влияние на развитие атмосферных процессов. Широтное расположение Главного Кавказского хребта является существенной преградой для северных атмосферных течений. Главный Кавказский хребет защищает от вторжения холодных воздушных масс с севера и северо-востока, море существенно смягчает климат. Но иногда холодный воздух проникает на Черноморское побережье со стороны Черного моря, где он значительно прогревается над теплой водой поверхностью, что приводит и зимой и летом к развитию мощности конвективной облачности с грозами. Такая погода может носить затяжной характер, особенно зимой, т. к. воздушные массы приобретают дополнительную неустойчивость над теплым морем и при вынужденном подъеме по горным хребтам. При переваливании через хребет воздушные потоки приобретают восходящие и нисходящие движения.

Западные потоки на Черноморском побережье Кавказа в целом носят восходящий характер, с чем связано увеличение содержания влаги в воздухе и падение температуры.

Восточные потоки, сохраняя в основном свое направление, преобразуются в нисходящие движения (фены). С этим видом циркуляции связаны адиабатический нагрев воздуха и сильное падение относительной

влажности. Наряду с основными климатообразующими факторами для рассматриваемого района характерно большое число локальных процессов, которое определяют характер погоды в данном районе, нередко значительно отличный от остальных частей Черного моря [1, с. 208].

Зимой и в начале весны, в результате увеличения температурных контрастов в ВФЗ, происходит оживление циклонической деятельности над Черным морем. В декабре-марте наибольшее количество выходов южных циклонов, которые нередко регенерируют в этом районе. Выход южных циклонов сопровождается усилением юго-восточного ветра, осадками, нередко грозами. «Ныряющие» циклоны с Баренцева и Карского морей приносят похолодание на Черноморское побережье Кавказа.

Выход «ныряющих» циклонов сопровождается усилением северо-западных ветров продолжительными снегопадами, понижением температуры воздуха до отрицательных значений.

Весной наблюдаются условия погоды ниже минимума аэродрома. С марта по май, реже первая половина июня, чаще всего отмечаются случаи понижения ВНГО и ухудшение видимости до значений ниже минимума аэродрома. В преобладающем большинстве случаев эти явления связаны с выносом на береговую черту полей тумана и низкой облачности, сформировавшихся над акваторией Черного моря. Вынос осуществляется при ветрах юго-восточных, южных, юго-западных и западных румбов со скоростями 2-7 м/с.

Летом и осенью район Сочи наиболее часто находится в малоградиентных полях, циклоническая деятельность затухает, фронтальные разделы проходят севернее или размытыми. Также в этот период наличие температурных контрастов между сушей и морем определяется развитие бризовой циркуляции, которая нарушается только интенсивными циклоническими процессами. Местные факторы: пересеченный рельеф и наличие обширного водоема Черного моря сильно усложняют развитие атмосферных процессов [10, с. 34].

Чрезвычайно важную роль в «жизни» атмосферы играют мезомасштабные процессы (явления), охватывающие диапазон размеров от нескольких до сотен километров и времен существования - от минут до нескольких часов. К мезомасштабным процессам относятся, например, конвективные явления и, связанные с ними, облака, смерчи и шквалы, бризовые и горные ветры, волны препятствия и т.д. Мезоциркуляционные движения часто развиваются на фоне крупномасштабных потоков в зоне атмосферных фронтов.

Изменчивость метеорологических условий и, в частности, вероятность тех из них, которые являются опасными для авиации, на малых высотах гораздо значительнее, чем на больших.

Это обусловлено тем, что именно вблизи земли на погодные условия наибольшее влияние оказывают мезомасштабные локальные условия, (местные) связанные с неоднородностями подстилающей поверхности. При этом взаимодействие синоптических и мезомасштабных процессов напоминает постоянно качающиеся качели. Попеременно доминирует то влияние первых из этих явлений, то вторых.

Вклад мезомасштабных явлений в метеорологические условия особенно велик в пограничном слое атмосферы, т. е. на высотах, обычно не превышающих 1-2 км. Так, на участках с резким изменением шероховатости и (или) температуры почвы, например на границе леса и пашни, суши и водной поверхности, обычно возникают локальные циркуляции типа бризовых, приводящие к значительным изменениям ветра, его сдвигов, степени статической устойчивости атмосферы.

Большое влияние на характер движения воздуха оказывают неровности рельефа и даже не очень крупные участки с городской застройкой. Значительные изменения в полях ветра, температуры и турбулентности сопровождают мезомасштабные циркуляции, возникающие в зонах атмосферных фронтов, особенно при развитии конвекции и конвективных облаков [9, с. 318].

1.2 Факторы обуславливающие формирования сдвигов ветра

Анализ летных происшествий, обусловленных сдвигом ветра, показывает, что сложность ситуации определяется ее полной неожиданностью для экипажа. Характерными синоптическими ситуациями, при которых могут наблюдаться значительные сдвиги ветра, являются следующие:

- приближение и прохождение атмосферных фронтов;
- развитие грозово-градовых облаков;
- наличие на высотах 50-200 м задерживающих слоев (инверсии или изотермии).

В летний период возникают конвективно-неустойчивые слои, благодаря которым образуются конвективные облака. Особенно часто сильные сдвиги ветра возникают вблизи и под кучево-дождевыми (грозоградовыми) облаками. При выпадении ливневых осадков наблюдаются нисходящие потоки (относительно холодного) воздуха, которые, ударяясь о земную поверхность, расходятся в стороны и встречают поднимающиеся с большой скоростью потоки теплого воздуха, обусловленные активной конвекцией. Возникает порывистый ветер и шквалы, образуется зона сильных вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра и сильной турбулентности, называемая фронтом порывов (Gust Front). Косвенным признаком фронта порывов часто является наличие видимых на фоне кучево-дождевых облаков полос выпадающих осадков, не достигающих поверхности земли [14, с.172].

При наличии активной конвекции фронт порывов следует предполагать перед очагом радиоэха на расстоянии от 10 до 30 км. Сильные сдвиги ветра и турбулентность наблюдаются в нижних слоях атмосферы, если отмечаются крючкообразные и дугообразные формы очагов радиоэха (вдоль выпуклой стороны).

Одной из причин возникновения сдвигов ветра является прохождение активных атмосферных фронтов. Активными фронтами следует считать фронты, скорость которых 50 км/ч и более, и/или контрасты температур

воздушных масс в зоне фронта 7-8°C и более.

В зоне активных холодных фронтов возникают сильные горизонтальные и вертикальные сдвиги ветра, связанные с образованием кучево-дождевых облаков. В зоне теплых фронтов наблюдаются интенсивные инверсии, в этих условиях движения по вертикали ослаблены (слои как бы скользят один по другому с разной скоростью); резкие изменения ветра с высотой не только по скорости, но и по направлению также приводят к образованию сильных сдвигов ветра. Предфронтальное усиление ветра заметно уже в 200-300 км перед фронтом.

При сильной неустойчивости атмосферы, когда образуются кучево-дождевые облака большой вертикальной протяженности, в облаке и под ним возникает вихревое движение воздуха с горизонтальной осью, в которое вовлекается воздух из окружающего пространства. Такой горизонтальный вихрь создает при приближении кучево-дождевого облака очень сильные порывы ветра [11, с.87].

Резкое кратковременное усиление ветра на ограниченной территории, обычно наблюдающееся под передней частью кучево-дождевого облака называется шквалом. Скорость ветра при шквале увеличивается до 30 м/с и более, а продолжительность шквала достигает нескольких минут. Иногда шквалы следуют друг за другом с небольшими перерывами.

Сильные сдвиги ветра особенно часто возникают в зонах активной конвекции, при развитии мощных кучево-дождевых облаков. Сильно восходящие и нисходящие потоки, фронт порывистости на их границе, «шквальный ворот» способствуют резкому изменению вектора ветра как по горизонтали, так и по вертикали. Особую опасность при взлете или заходе на посадку вблизи фронтальных или внутримассовых мощных кучево-дождевых облаков представляет одновременное воздействие нисходящих потоков и увеличение попутной составляющей скорости ветра, в результате чего самолет «проваливается» [8, с. 19].

Подавляющее большинство летных пришествий, связанных со сдвигом

ветра, обусловлено фронтальной или внутримассовой грозовой деятельностью. При взлете и посадке гроза представляет для пилота особую опасность. Изменение погоды происходит так быстро, что экипаж воздушного судна может не получить достаточно точной информации о скорости и направлении ветра на каком либо участке траектории взлета или захода на посадку. Кроме этого, при полете около грозовых облаков, как правило, на самолет будет действовать не только вертикальный сдвиг ветра, но и вертикальные потоки воздуха, а также турбулентность. Увеличение попутной составляющей скорости ветра при подходе к ВПП (зона 2) и действия нисходящего потока воздуха вызывает отклонение самолета от глиссады и (или) уменьшение приборной скорости. Возможно приземление до ВПП, а в некоторых случаях даже сваливание самолета. Увеличение попутной (уменьшение встречной) составляющей скорости ветра и действия нисходящего потока воздуха могут вызвать искривление траектории набора вниз и резкое уменьшение приборной скорости. В некоторых случаях возможно сваливание самолета. Расчеты показывают, что нисходящий поток воздуха 5-6 м/с в сочетании со значительным сдвигом ветра может оказаться предельным для самолетов местных воздушных линий типа Як-40 даже при мгновенной приемистости двигателей. Насколько серьезна проблема сдвига ветра с точки зрения обеспечения безопасности полетов, показывают следующие примеры [3, с.75].

Влияние значительных сдвигов ветра на посадку самолета отчетливо наблюдалось на следующем примере: 24 июля 1975 г. самолет Б-727 выполнял заход на посадку в аэропорту Кеннеди. Метеорологическая обстановка характеризовалась приближением грозового фронта. Как показал анализ записей аварийного самописца, Б-727 при снижении точно выдерживая скорость, рекомендованную для полета по глиссаде - 260 км/ч. На высоте около 90 м приборная скорость вдруг резко уменьшилась до 225 км/ч (на 35 км/ч) и самолет стал отклоняться вниз от глиссады. Двигатели были переведены на взлетный режим, но действия экипажа запоздали, самолет продолжал снижаться и через 5,5 сек после дачи газа задел опоры огней подхода (106

пассажиров и 6 членов экипажа погибли). Последовательное увеличение режима работы двигателей до номинала, а затем до максимального не смогло в сложившихся условиях компенсировать потерю скорости и действие нисходящего потока воздуха. Поэтому небольшой вертикальный порыв привел к сваливанию самолета.

Под действием положительного сдвига ветра, равного 10-12 м/с на 100м, и ошибки экипажа, выразившейся в несвоевременном увеличении режима работы двигателей, самолет коснулся земли, не долетев 55 м. до ВПП. Приведенные примеры достаточно ярко иллюстрируют, какую опасность представляет неучет сдвига ветра вблизи земли и насколько важно пилоту уметь правильно и своевременно оценить обстановку и принять необходимые меры для борьбы с влиянием этого явления [4, с. 128].

В устойчивой воздушной массе слои инверсии и изотермии как бы обуславливают расслоение воздушных потоков, имеющих разные характеристики по плотности, скорости, направлению, что и является причиной образования умеренных и сильных сдвигов ветра.

Радиационные инверсии возникают при антициклонической погоде (в ночное время), при которой часто наблюдаются штиль или слабый ветер у земли, а выше слоя инверсии отличается очень сильный ветер, который принято называть ночным струйным течением. На высотах около 30-40м следует ожидать сильные вертикальные сдвиги ветра.

Орографические инверсии наблюдаются в горных районах или холмистой местности. Влияние орографии приводит к возникновению более сильных вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра, так как в горных районах может возникать орографическое струйное течение, связанное с фоновым явлением и местными ветрами.

Адвективные инверсии возникают в приземном слое в холодное время года при адвекции теплого воздуха с моря или крупных водоемов, также способствует образованию инверсии таяния снега. При этом наблюдается слабый ветер у земли и усиление ветра на высотах 100-200м (иногда 50-100м).

Эти условия также приводят к образованию сильных сдвигов ветра.

Летному составу следует быть внимательным к синоптическим ситуациям, при которых возникают различного типа инверсии в приземном слое атмосферы [16, с. 69].

Струйное течение – перенос воздуха в виде узкого течения с большими скоростями в верхней тропосфере и нижней стратосфере. Длина струйных течений – тысячи км, ширина – сотни км, вертикальная мощность – несколько км. Струйное течение имеет ось, где наблюдаются максимальные скорости ветра. Условно за нижний предел скорости для струйного течения принята скорость 30 м/с, на оси струи скорости могут превышать 50-100 м/с. Струйные течения были открыты сравнительно недавно – в 1945 г., при выполнении полетов в верхней тропосфере и стратосфере американскими ВВС в районе Японии.

Сдвиг ветра по вертикали в области струйного течения – около 5-10 м/с на 1 км по вертикали, и 10 м/с на 100 км по горизонтали. Зоны струйных течений – это зоны огромных запасов кинетической энергии атмосферы.

Изменение скорости и направления ветра могут усиливаться кроме того, за счет ветра, обусловленного разнообразием рельефа местности, городской застройки. Сдвиг ветра при таких условиях будет характеризоваться наличием так называемого низкостратосферного струйного течения (мезоструи), что является наиболее опасным условием для взлета и посадки [15, с. 237].

Эффект, который поверхность оказывает на ветер, в первую очередь зависит от вертикальной стабильности воздушной массы. Если холодный воздух находится над теплым, более теплый, и, следовательно, менее плотный воздух будет стремиться поменяться местами с более плотным, холодным. Теплый воздух поднимается, холодный опускается, слои перемешаются, вертикальная стабильность минимальна. Соответственно градиент скорости и сдвиг ветра тоже минимален или полностью отсутствует.

Если же теплый воздух находится над холодным, перемешивание незначительно, вертикальная стабильность максимальна. Чем больше

вертикальная стабильность воздуха, тем ярче выражены градиент скорости и сдвиг ветра. Степень вертикальной стабильности (следовательно, и степень сдвига и градиента скорости ветра) можно предсказать на основе следующих факторов:

Очень сильные сдвиги ветра отмечаются при значительных адвективных изменениях температуры. Повторяемость их выше при адвекции холода.

Влияет и разница температуры между водой и воздухом над ней: Чем холоднее вода и теплее воздух над ней, тем вероятнее возникновение вертикальной стабильности. Холодная вода, охлаждая ближайший слой воздуха, будет удерживать его у поверхности, т.е. под более теплым слоем. Весной, когда вода еще не успела прогреться, а воздух быстро прогревается под действием солнечных лучей, вероятность появления градиента скорости и сдвига ветра больше.

Над водой вертикальная стабильность больше, чем над землей. Рельеф поверхности земли редко бывает гладким. Впадины и возвышенности приводят к вертикальному перемешиванию воздушных масс. Кроме того, на земле могут быть зоны, температура которых резко отличается от соседних. Все это резко снижает вертикальную стабильность атмосферы. Температура воды более однородна и незначительно зависит от времени суток и, за редкими исключениями, ниже температуры воздуха, поэтому атмосфера над водой более стабильна. Конечно, острова и скалы тоже снижают равномерность движения воздуха и уменьшают вероятность возникновения градиента скорости и сдвига ветра [13, с. 224].

Значительное влияние оказывают и скорости ветра. При легком ветре не происходит значительное перемешивание воздуха в вертикальном направлении. Напротив, сильный, порывистый ветер может очень активно смещать воздушные массы и по вертикали. Поэтому градиент скорости и сдвиг ветра чаще наблюдается, когда ветер не рвет паруса.

Особенно велик сдвиг ветра в нижних слоях атмосферы, где воздух испытывает трение о земную поверхность и скорость ветра быстро растет с

высотой. Поэтому в нижних слоях атмосферы особенно велика турбулентность, причем она может развиваться в термически однородном потоке воздуха.

Всякое препятствие, стоящее на пути ветра, видоизменяет или, как часто говорят, возмущает поле ветра. Препятствия могут быть крупномасштабными, как горные системы и горные хребты, мезомасштабными, как отдельные долины, и мелкомасштабным и, как здания, лесные полосы и т.д. В соответствии с размерами препятствия и масштаб возмущений в поле ветра так же различен. В зависимости от размеров препятствия и от стратификации воздушного потока он либо обтекает препятствие с боков, либо переваливает через него сверху, либо обтекает его в нижних слоях и переваливает через него в верхних. Перетекание происходит тем легче, чем устойчивее стратификация воздуха, т.е. чем больше вертикальные градиенты температуры в атмосфере. Перетекание воздуха через препятствие приводит к очень важным метеорологическим следствиям. Вынужденный подъем, адиабатическое расширение воздуха, а следовательно, падение температуры и приближение к насыщению способствуют увеличению облаков и осадков на наветренных склонах гор и горных хребтов. Нисходящее движение на подветренных склонах способствует удалению воздуха от насыщения, что приводит к недостатку осадков.

Обтекая препятствие, ветер перед ним ослабевает, но с боковых сторон усиливается, особенно у выступов препятствий (мысы береговой линии, углы зданий и др.). Происходит это по тому, что линии тока с боковых сторон и у углов препятствий сужаются. Непосредственно за препятствием скорость ветра уменьшается, там наблюдается ветровая тень [17, с. 64].

Очень существенное усиление ветра происходит при попадании воздушного потока в суживающееся орографическое ложе, например между двумя сближающимися горными хребтами. При движении воздушного потока в таких условиях ему приходится протекать через все меньшее поперечное сечение. Так как сквозь уменьшающееся поперечное сечение должно пройти столько же воздуха, сколько его было вначале, то скорость должна все время

увеличиваться. Именно этим объясняются очень сильные ветры в некоторых районах. Тем же объясняется и усиление ветра в проливах между высокими островами и даже на городских улицах.

Иногда перед хребтами и за ними создаются так называемые наветренные и подветренные вихри. Эти вихри имеют горизонтальную ось, направленную параллельно хребту. Поэтому они создают в приземном слое атмосферы ветер, дующий от препятствия на наветренной стороне, и ветер, дующий к препятствию на подветренной стороне. В некоторых случаях дующий от препятствия на наветренной стороне ветер достигает штормовой силы.

Влияние поперечных лесных полос на микроклиматические условия полей связано в первую очередь с ослаблением ветра в приземном слое воздуха, которое вызывают лесные полосы. Воздух задерживается перед лесной полосой и перетекает через нее, скорость ветра ослабевает также при просачивании воздуха сквозь просветы в полосе. Поэтому непосредственно за полосой скорость ветра уменьшается. С удалением от полосы скорость ветра постепенно увеличивается.

Скорость ветра увеличивается в местах сужения долины, перевала или пролива. Очень сильные ветры возникают в узких проходах и ущельях, когда по ним устремляется поток воздуха из горных долин или котловин на равнину навстречу приближающемуся к горам циклону или фронту в хорошо выраженной ложбине.

В горной местности скорость ветра может быть увеличена долинным ветром, а на побережье морским бризом, если направление общего переноса воздуха совпадает с направлением этих местных ветров, и уменьшена при противоположных направлениях. Ночью при сохранении прежнего направления общего переноса воздуха горный ветер или бриз с суши на море будет оказывать влияние, обратное дневному.

Значительную роль в развитии бриза, например, на востоке Черного моря играет Кавказский хребет. Он препятствует распространению воздушных масс

севера и северо-востока на побережье к югу от Туапсе. Поэтому в районе Сочи и южнее наблюдается развитие бриза не только при малых барических градиентах, но и при сравнительно больших, когда они направлены с севера на юг или с северо-запада на юго-восток.

Явление сдвига ветра тесно связано с явлением турбулентности воздушных масс в приземном слое. Эта взаимосвязь сложна и противоречива, что часто обусловлено не только фактором трения воздуха, но и сложностью обтекания рельефа и сооружений, а также наличием зависимости хода температуры от высоты, т.е. явление инверсии или изотермии.

И между параметрами мезометеорологических и крупномасштабных процессов имеется большое количество прямых и обратных связей. Например, простое распределение температуры воздуха влияет на структуру поля ветра, которая, в свою очередь, определяющим образом влияет на турбулентность.

Последняя же сказывается на вертикальном и горизонтальном распределении температуры. Круг, как говорится, замыкается. Общеизвестна связь между горизонтальными градиентами ветра, вертикальными движениями, облачностью и осадками. Число таких примеров без труда можно умножить [7, с. 112].

Характерной особенностью преобладающей части мезомасштабных циркуляционных образований является то, что в них наиболее часто встречаются гораздо большие, чем при крупномасштабных процессах, вертикальные и горизонтальные градиенты (сдвиги) ветра, скорости вертикальных движений, интеко и их влияние на условия полетов. Наибольшая опасность связана с неожиданными для пилота мезомасштабными возмущениями в полях ветра и турбулентности на малых высотах, где из-за близости земли пилот не всегда успевает парировать их воздействие на характеристики полета.

При попадании самолета в зону интенсивной болтанки обычно рекомендуют уменьшать скорость полета, однако во всех случаях она не должна быть меньше скорости, при которой обеспечивается устойчивый полет.

Максимальный вклад (почти на порядок больше) в значение перегрузки дает первое слагаемое, которое отражает связь перегрузки с вертикальными движениями воздуха. Этим можно объяснить тот факт, что очень сильная болтанка наблюдается в грозовых облаках и в горных районах, для которых характерны большие скорости вертикальных токов.

При полете в одних и тех же метеорологических условиях разные типы самолетов могут испытывать болтанку различной интенсивности. Чем меньше крутизна самолета и больше удельная нагрузка G , тем меньшие перегрузки будет испытывать самолет (при прочих равных условиях)

Глава 2 Методы распознавания и прогнозирования сдвига ветра

2.1 Методика распознавание сдвига ветра

Анализ летных происшествий, обусловленным сдвигом ветра, показывает, что сложность ситуации определяется ее полной неожиданностью для экипажа. Характерными синоптическими ситуациями, при которых могут наблюдаться значительные сдвиги ветра, являются следующие:

- приближение и прохождение атмосферных фронтов;
- развитие грозово - градовых облаков;
- наличие на высотах 50-200 м задерживающих слоев (инверсии или изотермии).

К сожалению, количественная связь интенсивности сдвига ветра с погодными условиями пока еще не установлена – трудно спрогнозировать, какой величины сдвиг ветра можно ожидать в данное время в районе аэродрома. Для определения величины сдвига ветра в первом приближении во всех аэропортах проводятся шаропилотные измерения скорости и направления ветра на высоте 100 м и высоте круга. Зная ветер у земли и на высоте 100 м, можно определить среднюю величину и характер сдвига ветра и принять необходимое решение. Величина и характер (тип) сдвига ветра определяются по разности векторов скорости.

Для определения величины сдвига ветра в первом приближении во всех аэропортах проводятся шаропилотные измерения скорости и направления ветра на высоте 100 м и высоте круга. Зная ветер у земли и на высоте 100 м, можно определить среднюю величину и характер сдвига ветра и принять необходимое решение. Величина и характер (тип) сдвига ветра определяются по разности векторов скорости.

Перед заходом на посадку командир воздушного судна должен сравнить полученную информацию о ветре у земли на высоте 100м и оценить величину и характер сдвига ветра, чтобы установить, следует ли ему учитывать сдвиг ветра при заходе на посадку:

1. Сдвиг ветра менее 6 м/с на 100м высоты при заходе на посадку учитывать не следует. Заход выполнять на режимах, рекомендованных Руководством по летной эксплуатации самолета. При сдвиге ветра 6 м/с и более на 100м высоты, если продольная составляющая скорости ветра у земли меньше, чем на высоте 100м (положительный сдвиг), необходимо соответствующим увеличением режима работы двигателей повысить приборную скорость на 10-20 км/ч по сравнению с рекомендованной Руководством по летной эксплуатации и выдерживать увеличенную скорость в процессе последующего захода.
2. Этот запас скорости необходим для компенсации ее уменьшения после входа самолета в зону сдвига ветра. Если к моменту снижения на высоту принятия решения созданный запас скорости окажется исчерпанным, несмотря на увеличенный вплоть до номинала режим работы двигателей, необходимо уйти на второй круг.
3. При отсутствии информации о ветре на высоте 100м необходимо после пролета ДПРМ тщательно наблюдать за характером возможного изменения приборной скорости. Если при сохранении правильно подобранного режима двигателей появиться стремление к непрерывному уменьшению скорости по прибору, несмотря на выдерживание глиссады, это свидетельствует о входе самолета в зону положительного сдвига ветра. В этом случае действия экипажа должны быть такими же, как и при положительном сдвиге ветра 6 м/с и более на 100м высоты [5, с. 84].

Среди способов определения и обнаружения опасных сдвигов ветра (вертикальных, горизонтальных, вертикальных воздушных потоков) в нижнем слое атмосферы для оперативного обеспечения полетов имеются такие как:

- оценка вероятности усиления сдвигов ветра (диагноз, прогноз) по данным об общей метеорологической ситуации;
- измерения по данным стационарных датчиков в районе аэродрома и по данным метеорологических мачт;
- оценка смещения зон усиления ветра по сети микробарометрических

датчиков в районе аэродрома;

- высокоточные измерения микроструктуры поля ветра «с Земли» в районе аэродрома с помощью специальных акустических (сонар), радиоакустических (содар), лазерных и радиодоплеровских систем («Профайлер») для выявления зон усиления сдвигов ветра;
- оперативное автоматическое определение «попадания» самолета в условия усиления сдвигов ветра на основании специального анализа изменений параметров полета;
- дистанционное зондирование с борта ВС «вперед» лазерными и радио доплеровскими локаторами для заблаговременного определения зон усиления сдвигов ветра впереди летящего ВС [12, с.135].

Стоит отметить, что дистанционные приборы, не требующие использования дорогостоящих высотных мачт для проведения измерений, получают все большее распространение в последние годы. Наиболее отработанным средством дистанционного зондирования атмосферы являются акустические локаторы – содары. Ряд зарубежных фирм уже выпускает такое оборудование серийно. Известны факты использования подобного оборудования для оснащения аварийно-опасных объектов и для прогноза качества воздуха в городах. Вместе с тем не разработана методология определения метрологических характеристик таких приборов, не существует общепризнанных эталонных методов проверки и калибровки.

Так как содары измеряют скорость и направление ветра в значительном диапазоне высот, недоступных для обычных средств измерений, методика их калибровки и тестирования отличается от той, которая применяется для обычных анемометров. Для этого используют целый ряд самопроверок и самотестирования отдельных характеристик. Кроме того, могут быть использованы сравнения данных содара с данными радиозондов или баллонами нейтральной плавучести. Наиболее эффективным способом для этой цели является сверка данных измерений таких приборов с данными анемометров (механических или акустических), размещенных на мачтах или башнях.

Отмечается, что хотя акустическое зондирование является в принципе абсолютным методом измерения, в действительности наблюдаются значительные расхождения между данными разных содаров, использующих трехпозиционную систему зондирования. Сравнивались содары моделей PCS2000-64 фирмы «Metek», MFAS фирмы «Sintec», AV4000 фирмы «Aerovironment». Сравнения проводились в апреле 2004 г., использовалось 10-минутное осреднение для всех данных.

По результатам сравнения, до высоты 120 м среднеквадратичный разброс отклонений направления ветра составил около 10 гр. для всех типов приборов. Смещение направления ветра по данным указанных содаров относительно данных мачты составило соответственно 1, 6 и 7 гр. для высоты 116 м.

При измерении скорости ветра среднеквадратическое отклонение данных содара от данных мачты составило около 0,6 м/с, смещение – 0,2-0,4 м/с для всех моделей. Коэффициент линейной регрессии в среднем составлял около 0,97, 1,03 и 0,86. Из недостатков отмечен брак измерений при скорости ветра более 17 м/с.

Выпадение дождя приводило к ошибочно большим выбросам скорости ветра для моделей MFAS и AV4000. Модель PCS2000 при выпадении осадков программно исключала подобные данные. Непонятна причина, по которой наклон регрессии зависел от высоты, особенно у модели MFAS (0,98-1,03). Сделан вывод, что содар не «абсолютный» прибор и нужна его калибровка перед использованием, а также применение разных схем отбраковки ошибочных измерений.

Для этих же целей можно использовать результаты сравнения показаний содара и Высотной метеорологической мачты. Содар был установлен на крыше здания высотой 30 м на расстоянии примерно 600м от ВММ, чтобы исключить полностью возможное влияние отражений от ВММ на результаты измерения содаром. Для сравнения с анемометрами, установленными на ВММ, данные содара выбирались на тех же уровнях, на которых параметры ветра измеряются на ВММ.

Анализ проведенных измерений показывает, что хорошее совпадение скорости и направления ветра наблюдаются при нейтральной стратификации атмосферы и плавном увеличении скорости ветра с высотой до 15-20 м/с. При анализе была выделена группа случаев с малой высотой зондирования содара: намного ниже 300 м. Все они наблюдались в вечернее (с 18ч), ночное и утреннее (до 10ч) время. Как правило, это случаи инверсии температуры с низкой границей, так как приземные инверсии наблюдаются чаще всего в слое от 2 до 120м. При этом чем интенсивнее инверсия, тем ниже высота зондирования.

Объясняется это тем, что на границе инверсии отмечается большой градиент температуры, вызывающий отражение акустических сигналов.

В случае неустойчивых конвективных условий, характеризующихся большим градиентом скорости ветра в слое до 70-100 м, ветер увеличивается в слое от 8 до 73 м на 3 м/с, а в слое от 73 до 300 м – всего лишь на 1 м/с. Поворот ветра с высотой до 500 м практически отсутствует. Высота зондирования в конвективных условиях изменяется в пределах 300-500 м.

Плохое совпадение профилей скорости и направления ветра наблюдается в тех случаях, когда на высоте 8 м отмечается малая скорость ветра (<1 м/с). При этом в ряде случаев малая скорость ветра была во всем 300-метровом слое. Низкой облачности не отмечалось, облака были нижнего и среднего яруса с высотой нижней границы не ниже 700 м. Осадков в этих случаях также не выпадало.

На высоте 300 м среднее отклонение для всех диапазонов скорости ветра имеет систематическое смещение, т.е. в среднем измерения содара завышены относительно измерений акустического анемометра. Причем при более сильном ветре (больше 10 м/с) смещение меньше. Отклонения же между отдельными измерениями могут достигать 4 м/с. Наибольшее различие между измерениями направлений ветра обоими приборами как на высоте 121 м, так и на высоте 300 м существует при небольшой скорости ветра, в основном до 3 м/с.

Сравнение скорости ветра, измеренной содаром и анемометрами ВММ на четырех высотах, показывает, что в 30-50 % случаев расхождение между ними находится в диапазоне 0,4 – 0,5 м/с. При сравнении скорости ветра по измерениям акустическим анемометром ВО и содаром видно, что отклонения между отдельными измерениями при 95%-ном доверительном интервале могут достигать 2м/с на высоте 121 м и 4 м/с на высоте 300 м. При небольшой скорости ветра (меньшей 6 м/с) скорость ветра по содару больше, чем по датчикам ВММ на той же высоте. Начиная примерно с 10-14 м/с наоборот: скорость ветра по содару становится меньше измеренной на ВММ.

Поскольку с высотой число случаев большой скорости ветра увеличивается, то увеличивается и количество случаев с отрицательным значением разности между скоростью ветра по содару и датчикам ВММ. Так, коэффициент корреляции для скорости ветра равен 0,950, для направления – 0,994. Среднее отклонение для всех диапазонов скорости ветра близко к нулю.

Направления ветра по данным измерений содаром и анемометрами ВММ лучше согласуются друг с другом, нежели скорости ветра. В 55-65 % случаев эти различия находятся в диапазоне от -5 до 4 гр.

В целом проведенное сопоставление данных акустического зондирования и контактных методов измерений свидетельствует, что исследуемый содар обеспечивает надежную информацию о вертикальном распределении средней скорости ветра в рассмотренном диапазоне высот до 300 м, кроме случая сильных дождей и малой скорости ветра. В то же время очевидно слабое место таких приборов – это шумовое загрязнение атмосферы. Последнее связано с тем, что содары работают на частотах слышимых человеческим ухом диапазона.

Поэтому проводившиеся в нашей стране исследования и разработки по созданию бортовой аппаратуры определения сдвига ветра в полете для заблаговременного предупреждения экипажа являются весьма важными и перспективными (к ним относятся, например, работы Багдонаса Р.Ю., Бершадского Е.Я., Сванидзе Г.В., Черненко С.А., 1999г.), поскольку они

позволяют существенно повысить безопасность полетов в условиях усиления сдвигов ветра в нижних слоях атмосферы.

2.2 Метод прогноза ветра в приземном слое

Ветер является одной из самых изменчивых характеристик состояния атмосферы. Для авиации особенно важен прогноз сильного ветра в приземном слое, в том числе местных ветров, которые подразделяются на ветры с суточной периодичностью (бриз, горно-долинный ветер) [12, с.78].

А.И. Снитковский отмечает, что для краткосрочного прогноза сильного ветра у земли целесообразно применять три способа.

Первый способ предполагает использование фактических данных о ветре и распределении температуры в нижнем слое атмосферы толщиной 2 км. Этот способ рекомендуется для прогноза максимального среднего ветра и максимального порыва ветра у поверхности земли на ближайшие 8-10 ч от срока радиозондирования.

Второй способ прогноза сильных ветров предполагает наличие прогностической карты приземного барического поля заблаговременностью 24-36 ч. Третий способ прогноза сильного ветра заключается в использовании уравнений множественной регрессии, в которых предикторы определяются по прогностическим картам давления у поверхности земли и изобарической поверхности 850 гПа на 24-36 ч.

В приземном слое в условиях сложной орографии наблюдаются местные ветры (новороссийская бора, бакинский норд, урсатьевский ветер и др.), возникновение которых имеет свои особенности. Для каждого местного ветра разрабатываются локальные способы прогнозирования.

Прогноз ветра базируется на прогнозе градиента давления, на основании которого рассчитывается скорость геострофического ветра. Рассчитанная скорость геострофического ветра принимается как первое приближение реального ветра [18, с. 108].

Согласно методике, предложенной Е.П. Веселовым, для прогноза скорости ветра у поверхности земли на 24 ч можно использовать формулу вида:

$$V = V^1 + \Delta V_{кр} + \Delta V_{фр} + \Delta V_{нс} + \Delta V_{обм} + \Delta V_{кв}, \quad (1)$$

где, первое слагаемое (V^1) в правой части представляет основную слагающую скорости ветра. Она зависит от градиента давления и некоторых физико-географических условий. Другие слагаемые представляют собой следующие поправки:

$\Delta V_{кр}$ - на кривизну изобар,

$\Delta V_{фр}$ - на влияние атмосферных фронтов,

$\Delta V_{нс}$ - на нестационарность в поле давления,

$\Delta V_{обм}$ - на межуровневый обмен количеством движения,

$\Delta V_{кв}$ - на влияние нисходящих конвективных движений.

С помощью графика (рис.1) определяется величина V .

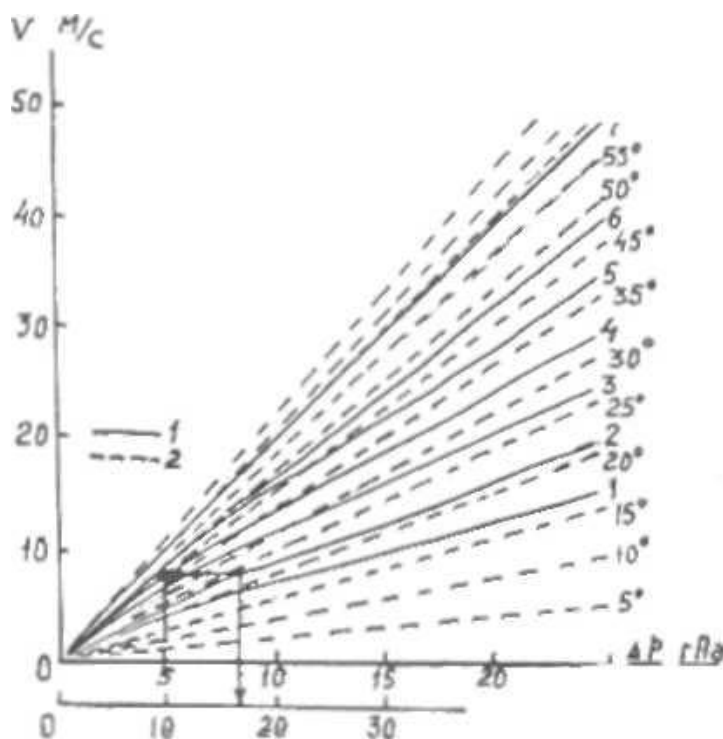


Рис. 1. График для расчета скорости приземного ветра при различных физико-географических условиях¹

¹ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

На рисунке отображена зависимость скорости ветра при следующих физико-географических условиях: равнина, низкие берега.

1 - при увеличении барического градиента со временем;

2 - при уменьшении Γ (от исходного срока до момента, J для которого рассчитан прогноз).

Невысокие (20 - 30 м) берега заливов, рек; ветер с берега или суша слева от потока воздуха; ветер поперек залива, долины равнинной реки или в направлении их расширения; длинные узкие заливы с большой шероховатостью (сильная изрезанность берегов, шхеры и т.д.)

Для обеспечения безопасности взлета и посадки ВС необходимо проводить оперативную оценку боковой составляющей ветра относительно оси ВПП.

В соответствии с требованиями НМО ГА экипажи воздушных судов должны быть обеспечены информацией о сдвиге ветра в нижних слоях атмосферы. Вертикальный сдвиг ветра нелинейно зависит от толщины слоя, для которого проводится его оценка. Поэтому переход от значений вертикального сдвига ветра, определенных для слоев одной толщины, к сдвигам ветра для слоев другой толщины должен осуществляться по специальным графикам, построенным с учетом статистических закономерностей распределения значений сдвига ветра.

Глава 3 Результаты исследования, их оценка и предложение по совершенствованию метеобеспечения полетов

По результатам обработки метеоинформации и дневников погоды был проведен анализ количественных проявлений СДВ в суточном ходе явления, с отражением данных в форме таблиц.

По данным таблиц были составлены графики по месяцам. На их основе сформированы графики годового хода явления сдвига ветра, в которых можно наблюдать суточный и годовой ход явления за 4 года, а также сделать сравнения по данным наблюдений между 2012, 2013, 2014 и 2015 годом (Приложение 1).

3.1 Анализ результатов исследования и их оценка

Изучение и исследование особенностей влияния ветра на полет Летательного Аппарата и его особенности в Сочи позволяет обратить внимание на влияние ветра на взлете и посадке и опасную специфику сдвига ветра для самолета после взлета и перед посадкой.

В ходе работы были рассмотрены количественные проявления явления сдвига ветра по месяцам и часам за два года, изучена их продолжительность и интенсивность, анализ сопутствующих явлений и синоптической ситуации.

На основе обработки этих данных, их систематизации и подсчета составлены таблицы, которые послужили основой для составления графиков, в которых можно наблюдать годовой ход явления в зависимости от времени суток и от месяца (суточный и годовой ход явления), а также сделать сравнения по данным наблюдений между 2014 и 2015 годом.

Рассмотрим суточный и годовой ход явления сдвига ветра на примере 2014 и 2015 года (табл.1-4, рис. 2-5).

Максимальные количества повторений явления сдвига ветра зафиксированы в промежутке между 8 и 18 часами при ЮВ и СЗ ветрах.

Таблица 1

Суточный ход явления сдвига ветра за 2014 г.²

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Сдвиг	14	15	18	27	36	45	48	37	25	15	14	13

Таблица 2

Суточный ход явления сдвига ветра за 2015 г.³

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
сдвиг	7	8	13	29	40	45	45	34	8	8	7	5

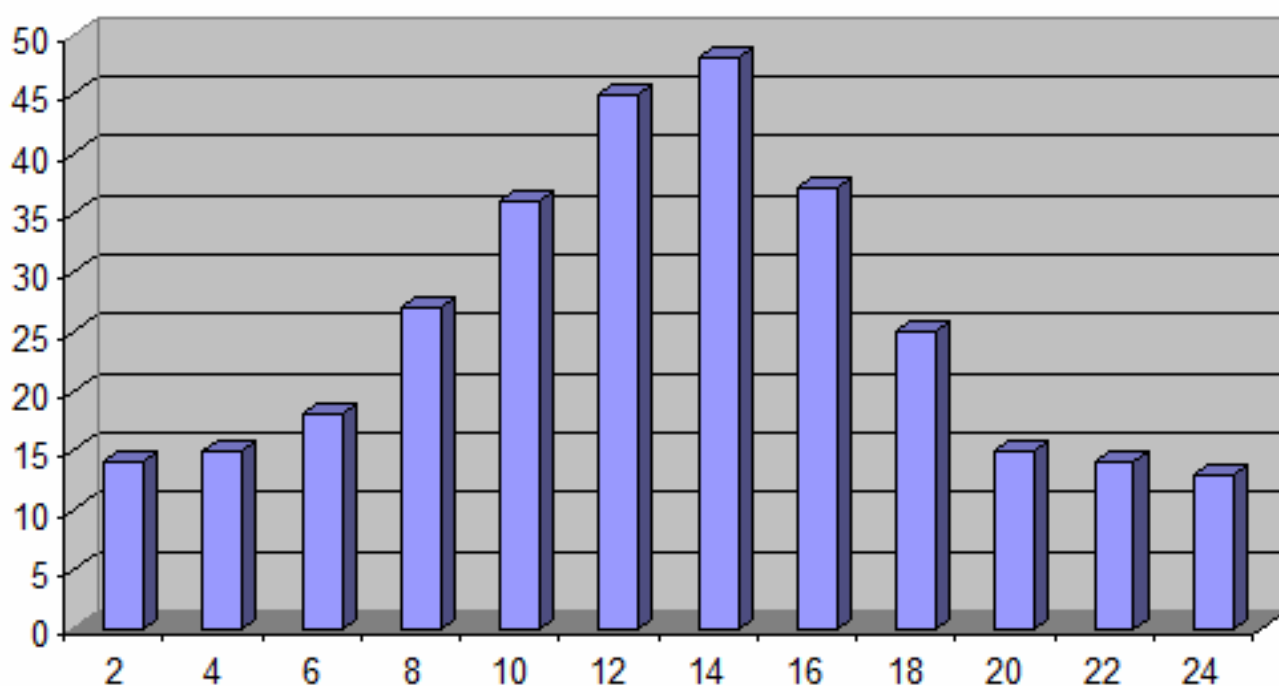


Рис. 2. Гистограмма суточной повторяемости явления сдвига ветра за 2014г.⁴

Максимальные количества повторений явления сдвига ветра зафиксированы в промежутке между 8 и 16 часами при ЮВ и СЗ ветрах.

² Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

³ То же

⁴ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

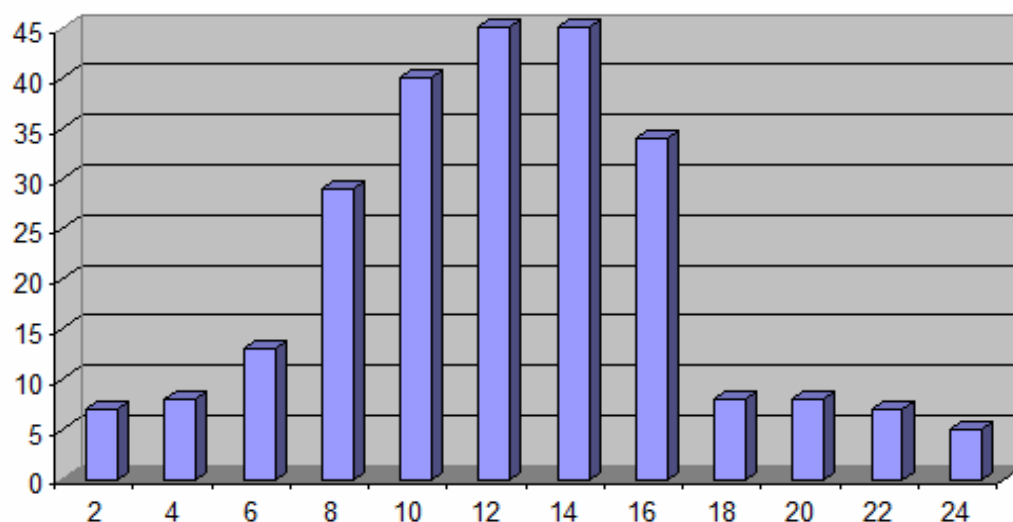


Рис. 3. Гистограмма суточной повторяемости явления сдвига ветра за 2015г.⁵

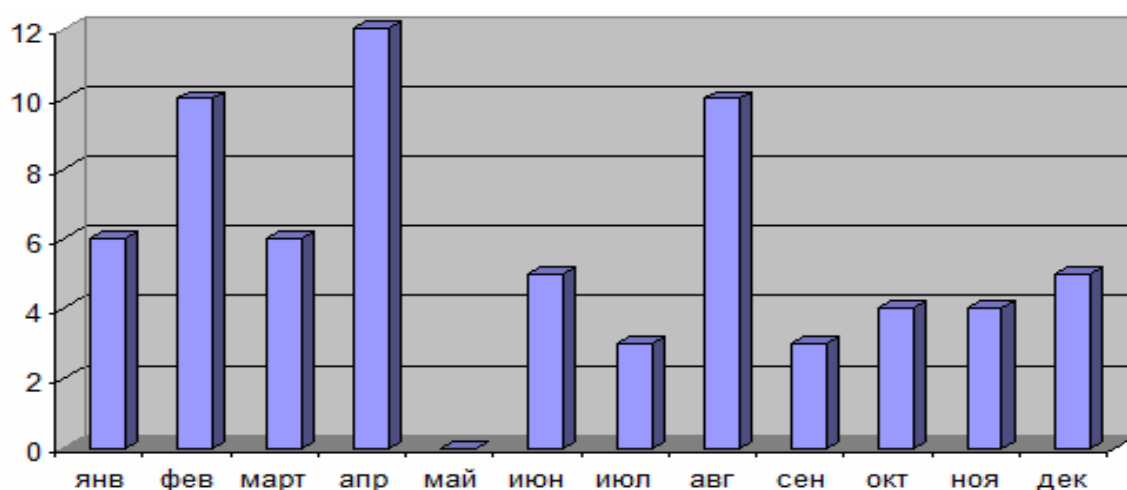


Рис. 4. Гистограмма годового хода явления сдвига ветра за 2014 г.⁶

Сравнительный анализ графиков показал, что максимальное количество суточных повторений приходится на промежуток между 10 и 16 часами.

Таблица 3

Годовой ход явления сдвига ветра за 2014 г.⁷

месяц	январь	февраль	март	апрель	май	Июнь	июль	Авг	сен	окт	ноя	дек
сдвиг	6	10	6	12	0	5	3	10	3	4	4	5

⁵ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

⁶ То же

⁷Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Анализ графика показывает, что наибольшее количество повторений явления сдвига ветра приходится на февраль, апрель и август. В мае явления сдвига ветра не были зафиксированы.

Таблица 4

Годовой ход явления сдвига ветра за 2015 г.⁸

месяц	янв	фев	март	апр	май	Июн	июл	Авг	сен	окт	ноя	дек
сдв	5	11	9	7	6	11	10	5	5	7	1	2

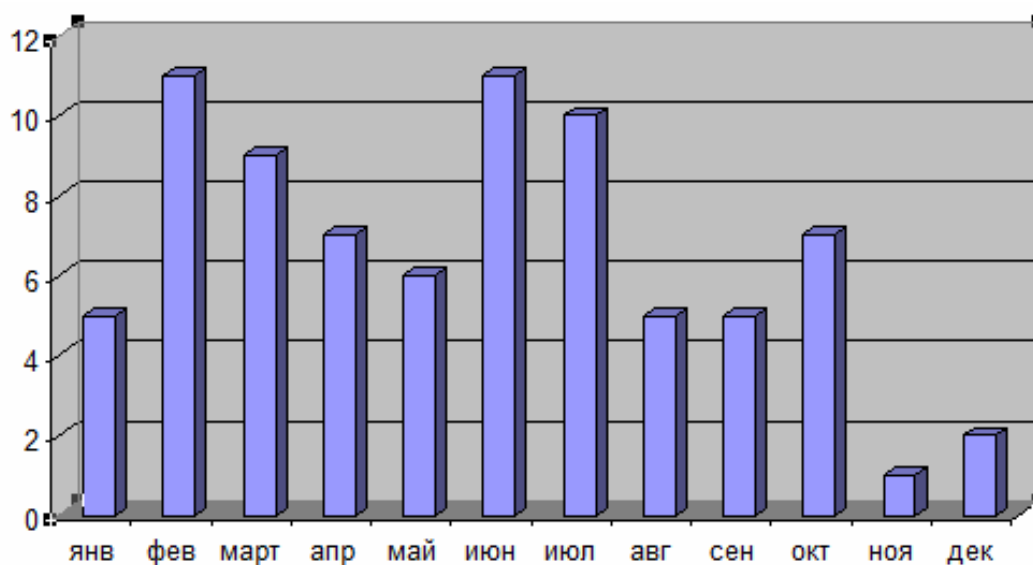


Рис. 5. Гистограмма годового хода явления сдвига ветра за 2015 г.⁹

В 2015 году наибольшее количество повторений явления сдвига ветра приходится на февраль, март и июнь, июль. Минимальное количество явлений сдвига ветра приходится на ноябрь.

Так же проводилась обработка данных о направлении ветра, сопутствующего явлению сдвига. После статистической обработки данных было получено процентное соотношение повторяемости сдвига ветра при различных направлениях ветра, а также выявлены направления ветра, при которых явление сдвига ветра наблюдается наиболее часто.

В дальнейшем на основании полученных результатов, проводимых ранее

⁸ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

⁹ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

по изучению и анализу данного явления за 2012-2013 год, было сделано обобщение (суммирование) имеющихся данных и их дальнейшее рассмотрение в качестве основы, для выявления особенностей и закономерностей явления сдвига ветра в аэропорту города Сочи.

По такому же принципу, что и в работе с данными за 2014 и 2015 год были составлены таблицы, которые в дальнейшем послужили основой для построения графиков суточного и годового хода за период 2012-2015 (табл. 5, рис. 6)

Таблица 5

Годовой ход количество явления ветра за 2012-2015 г.¹⁰

месяц	январь	фев	март	апр	май	июн	июль	Авг	сен	окт	ноя	дек
Колич. сдвига	105	174	114	129	41	104	71	97	76	90	45	105

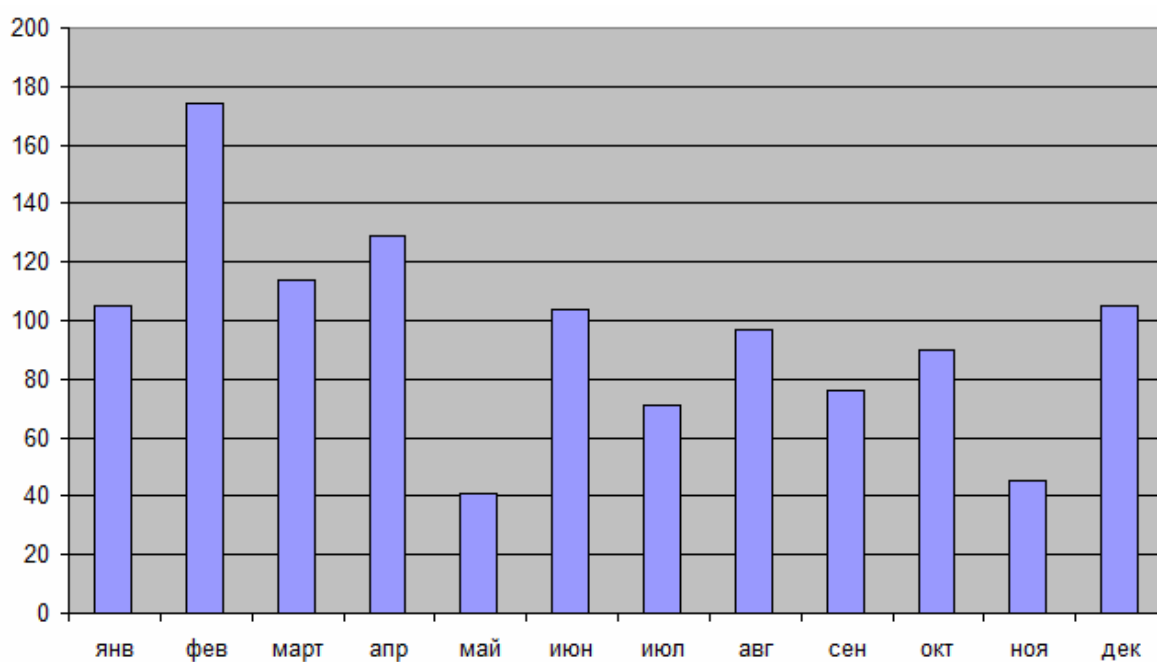


Рис. 6. Гистограмма годового хода явления сдвига ветра за 2012-2015 г.¹¹

Максимум явлений сдвигов, приходящийся на период с декабря по апрель, объясняется тем, что зимой и в начале весны, в результате увеличения

¹⁰ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

¹¹ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

температурных контрастов в ВФЗ, происходит оживление циклонической деятельности над Черным морем. В декабре-марте наибольшее количество выходов южных циклонов, которые нередко регенерируют в этом районе. Выход южных циклонов сопровождается усилением юго-восточного ветра, осадками, нередко грозами. «Ныряющие» циклоны с Баренцева и Карского морей приносят похолодание на Черноморское побережье Кавказа. Выход «ныряющих» циклонов сопровождается усилением северо-западных ветров.

Это видно и на «розе ветров» рис. 7.

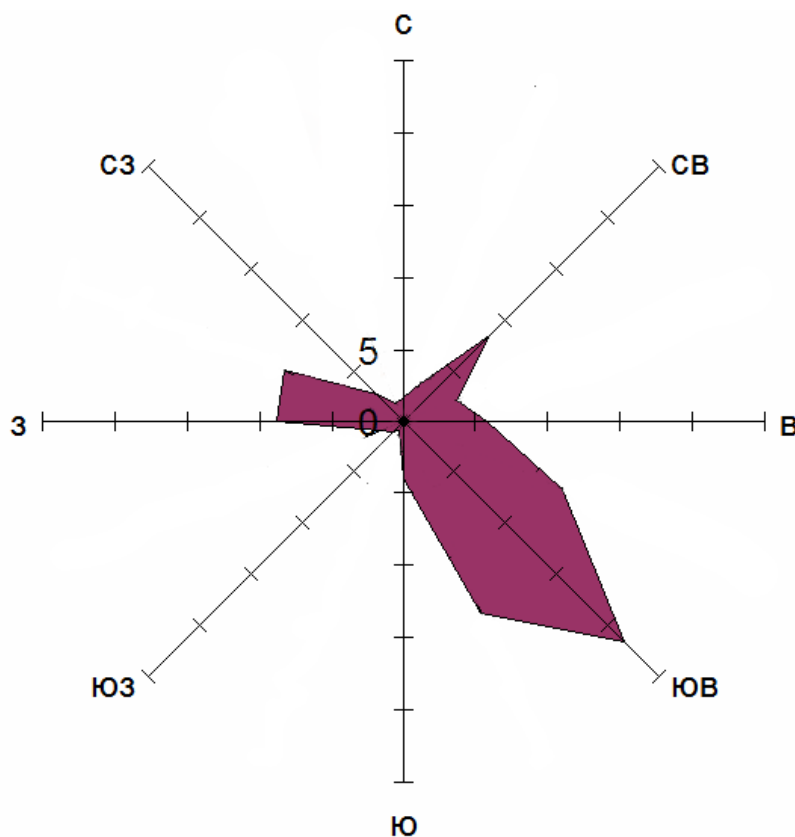


Рис. 7. Процентное соотношение повторяемости явления сдвига ветра при различных направлениях ветра¹²

Наибольшее количество повторения явления сдвига ветра приходится на направление ветра, соответствующее ЮВ сектору – практически половина наблюдаемых явлений – 49 %. Кроме того, была выявлена следующая особенность – при ЮВ ветре в большинстве случаев наблюдались осадки и

¹² Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

облачная погода, с интенсивным развитием конвективных процессов (табл. 6, рис. 8).

Таблица 6

Суточный ход явления ветра за 2012-2015 г.¹³

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
сдвиг	47	45	59	107	161	196	184	142	78	54	50	28

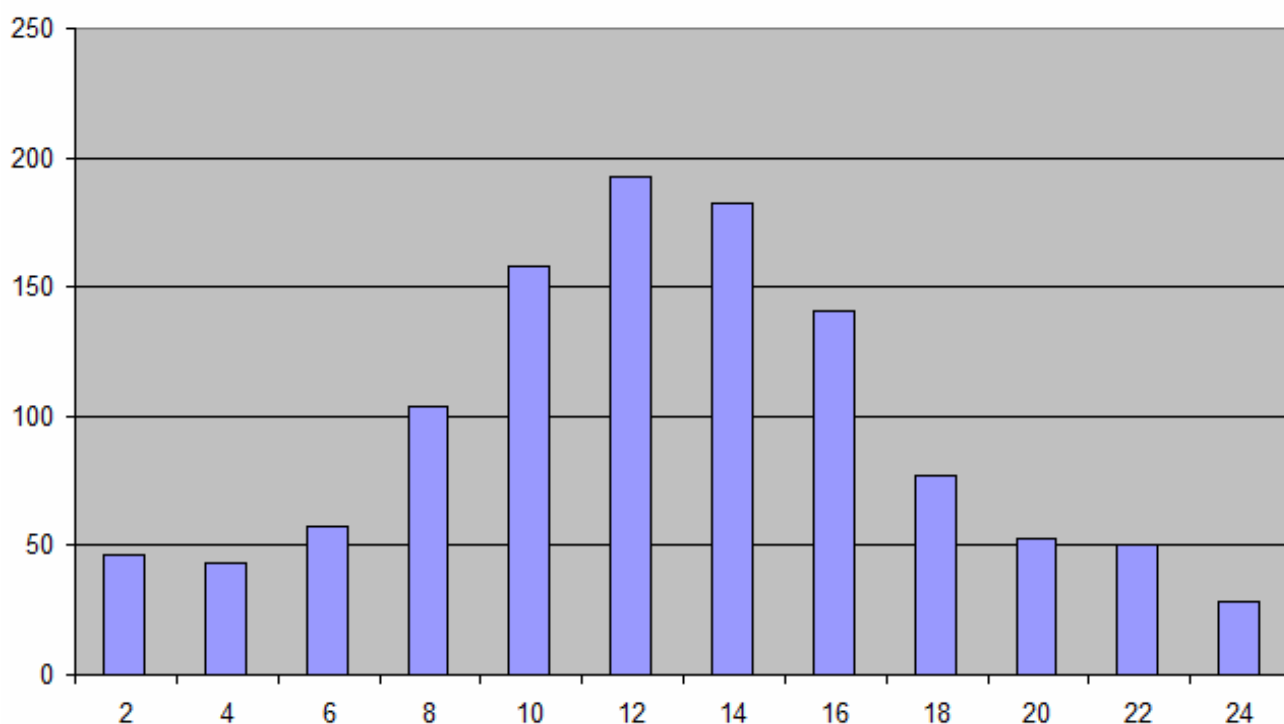


Рис. 8. Суточный ход явления ветра за 2012-2015 г.¹⁴

Особенно часто сильные сдвиги ветра возникают на небольших удалениях и под кучево-дождевыми (грозоградовыми) облаками. Возникает порывистый ветер и шквалы, образуется зона сильных вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра и сильной турбулентности. Косвенным признаком фронта порывов часто является наличие видимых на фоне кучево-дождевых облаков полос выпадающих осадков, не достигающих поверхности земли.

Причиной отсутствия сильных ветров с северного наплавления состоит в

¹³ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

¹⁴ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

том что Кавказский хребет защищает от вторжения холодных воздушных масс с севера и северо-востока, море существенно смягчает климат. Но иногда холодный воздух проникает на Черноморское побережье со стороны Черного моря, где он значительно прогревается над теплой водой поверхностью, что приводит и зимой и летом к развитию мощности конвективной облачности с грозами. Именно поэтому в летние месяцы так же можно наблюдать пики количества сдвигов ветра.

Еще один фактор, провоцирующий проявление сдвигов ветра - разница температуры между водой и воздухом над ней: чем холоднее вода и теплее воздух над ней, тем вероятнее возникновение вертикальной стабильности. Холодная вода, охлаждая ближайший слой воздуха, будет удерживать его у поверхности, т.е. под более теплым слоем.

Весной, когда вода еще не успела прогреться, а воздух быстро прогревается под действием солнечных лучей, вероятность появления градиента скорости и сдвига ветра больше.

Над водой вертикальная стабильность больше, чем над землей. Этим объясняются всплески количества сдвигов ветра зимой и в начале весны, а так же и ярко-выраженные минимумы, приходящиеся на май и ноябрь, когда не наблюдается большого температурного контраста «суша-море».

Этот же фактор объясняет и наличие суточного хода явления сдвига ветра.

В среднем за год максимумы явления фиксируются в промежутке между 8 и 16 часами. Но в течение года амплитуда повторений меняется. В холодное время года, с декабря по апрель наблюдается более сглаженный ход, количество явлений, наблюдаемых ночью и днем, незначительно отличаются. Продолжительность одного сдвига может по протяженности во времени достигать 10-12 часов и более, в то время как в теплые месяцы амплитуда максимальна (рис. 9,10).

В теплое время видно, что в ночное время количество явлений минимально, вследствие охлаждения суши и уменьшения температурного

контраста.

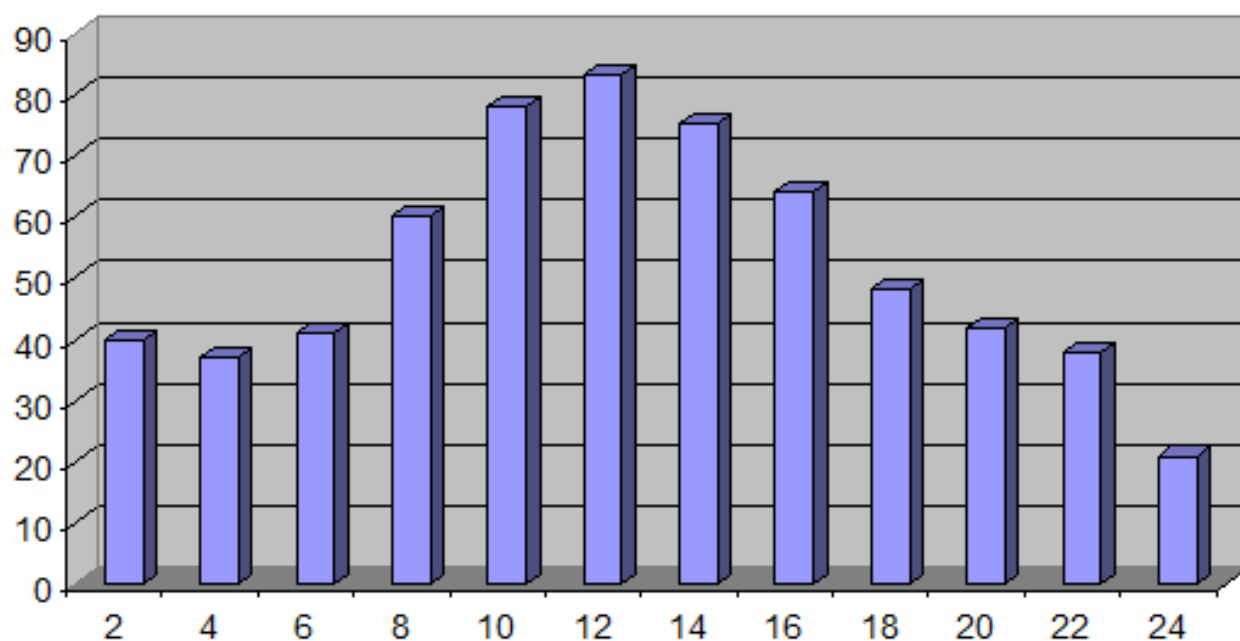


Рис. 9. График (гистограмма) суточного хода явления сдвига ветра за 2014г.¹⁵

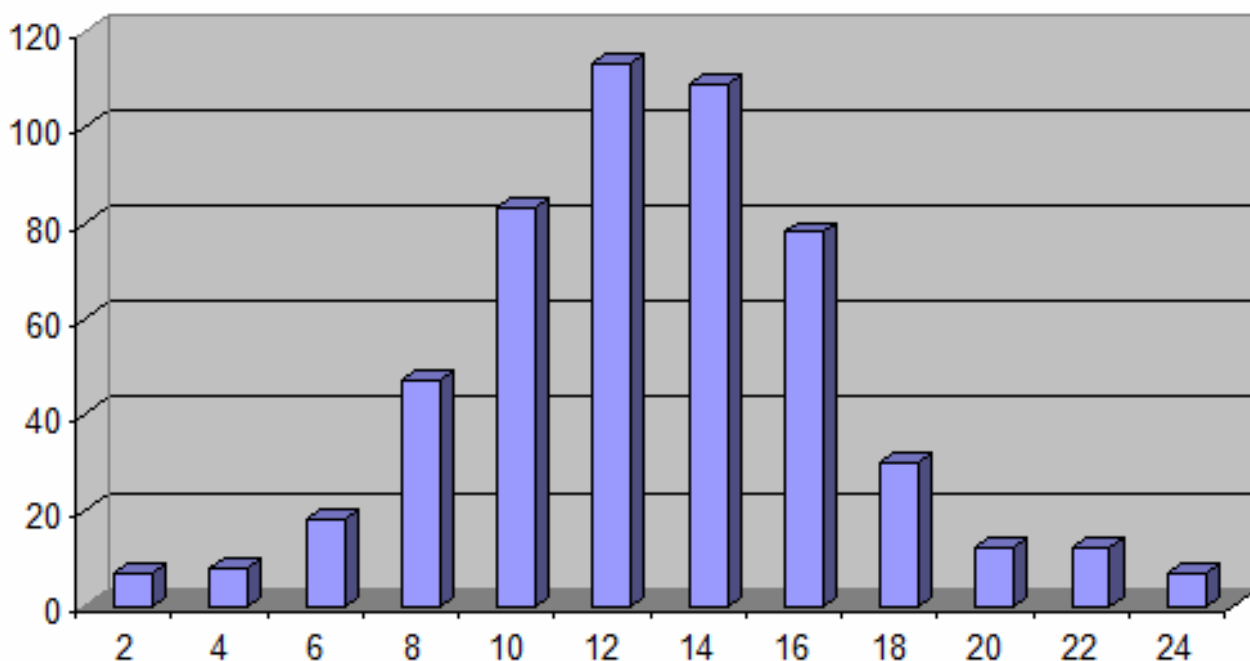


Рис. 10. График (гистограмма) суточного хода явления сдвига ветра за 2015г.¹⁶

Анализ графиков суточного хода и повторяемости явлений СДВ в 2014-

¹⁵ Рисунок составлен по данным, полученным в процессе исследования

¹⁶ То же

2015 позволяет отметить (выделить) следующие особенности (характерные результаты):

1. Возникновение, развитие и завершение СДВ преимущественно приходится на светлое время суток. В темное время суток явление СДВ наблюдается в холодное время при ЮВ ветрах и теплом воздухе (ночью от +14 до +20°C вместо обычных 2-4°C. Проявление СДВ в темное время суток (ночью), как правило, обусловлено явлениями изотермии и инверсии, когда при ЮВ ветре поступают воздушные массы с температурой 12-16°C, обычно ночью температура составляет 2-5°C в холодное время года.
2. Продолжительность явлений СДВ варьирует от 1-2 часов до 10-12 часов.
3. Максимум повторяемости приходится на интервал времени от 10 до 16 часов (МСК).
4. Анализ годового хода интенсивности явления СДВ позволяет отметить, что максимум повторений СДВ отмечается в холодные месяцы (декабрь - март) и достигает количественно до 24 явлений СДВ, при этом порядка 50% из них имеют место при действии юго-восточного ветра. Минимум явлений СДВ приходится на переходное время (май, ноябрь).
5. Максимум явлений СДВ и проявляется в холодное время в районе аэропорта города Сочи в основном с проявлением существенного контраста температур воздуха и поверхности моря (разность температуры достигает 10-12°).
6. Можно отметить, что турбулентность (болтанка) – является сопутствующим фактором СДВ и в некоторой степени может быть предвестником СДВ для экипажей. Однако сопоставление суточного хода явлений турбулентности и СДВ за июль, август, сентябрь 2012 года, с такими же явлениями в июне, июле, августе, сентябре 2013 года показывает, что число явлений СДВ превосходит количество явлений турбулентности, и в таких условиях явление СДВ для экипажа будет внезапным.

3.2 Особенности обеспечения метеоинформацией экипажей воздушных судов и пути его совершенствования

Главной задачей метеорологического обслуживания гражданской авиации является обеспечение безопасности, регулярности и эффективности полетов путем представления экипажам воздушных судов, органам управления воздушным движением и другим органам, связанным с планированием и обеспечением полетов, метеорологической информации, необходимой для выполнения их функций.

Широко известно, то, что пассажирские и транспортные полеты в основном производятся в верхней тропосфере, но зависимость авиации от метеорологических условий в нижних слоях тропосферы и, особенно на высотах, меньших 1-2 км, не меньше. Это связано не только с тем очевидным фактом, что при каждом полете летательный аппарат вынужден взлетать и садиться, но и с бурным развитием авиации спецприменения (сельскохозяйственной, лесной, медицинской и т. д.). Все возрастает и количество полетов по местным воздушным линиям, которые чаще всего осуществляются на высотах, не превышающих 2-3 км над поверхностью земли.

Оперативно-производственные метеоподразделения несут ответственность за полноту, качество и своевременность метеорологического обеспечения ГА. Объем и порядок обеспечения потребителей метеоинформацией на каждом конкретном аэродроме определяется «Инструкцией по метеообеспечению полетов» на данном аэродроме.

Метеорологического обеспечения полетов воздушных судов на аэродромах совместного базирования осуществляется в соответствии с этими требованиями. При наличии на одном аэродроме метеорологических органов Росгидромета и Вооруженных Сил России начальники указанных органов и предприятия ГА совместно разрабатывают порядок взаимодействия, в котором отражаются вопросы согласования результатов наблюдений и прогнозов

погоды эксплуатации и ремонта технических средств, совместного использования средств связи для получения метеорологической информации и т. д.

Непосредственно метеорологическое обеспечения экипажей воздушных судов на аэродромах совместного базирования осуществляется метеорологическими органами по их ведомственной принадлежности.

АМЦ и АМСГ с синоптической частью выполняют следующие функции:

- 1) проводят постоянные наблюдения за метеорологическими условиями на аэродроме;
- 2) составляют прогнозы погоды и предупреждения по аэродрому, маршрутам и районам полетов, а также по приписным аэродромам;
- 3) обмениваются метеорологической информацией с другими метеорологическими органами;
- 4) контролируют информационную работу закрепленных оперативных сетевых подразделений, привлеченных к подаче метеорологической информации для гражданской авиации;
- 5) обеспечивают органы УВД информацией о вулканической деятельности, предшествующей извержению, вулканическом извержении или облаке вулканического пепла.

Поскольку это явление требует дальнейших исследований, а также существенного повышения возможностей по измерению вертикальной составляющей ветра. Измерения вертикальной составляющей ветра необходимо проводить регулярно с высокой дискретностью особенно при обеспечении очень важных этапов полетов (взлет, посадка), проходящих в условиях дефицита времени для действия экипажа. Мировой опыт полетов воздушных судов и летных происшествий показывают, что инциденты имеют место, прежде всего на малых и средних высотах в районе аэродромов в условиях сложной взаимосвязей синоптических и мезопроцессов.

Это обстоятельство отмеченных сложных взаимосвязей снижает показатели надежности прогнозов и в связи с этим возрастает роль и значение

наблюдений за параметрами метеозаэлеметов «фактической» погоды на аэродроме и в районе аэродрома. Важно своевременно обнаружить ухудшение параметров (элементов) погоды, в том числе такого трудно прогнозируемого, как вертикальная составляющая ветра, для надежного регулярного и своевременного предоставления метеоинформации потребителям на аэродроме предназначенные автоматизированные метеорологические информационные системы (АМИС, КРАМС). Аэродромы крупных городов, как правило, оснащаются автоматизированными метеорологическими системами.

В приземном слое атмосферы для измерения характеристик ветра применяются стационарные приборы - анеморумбометры, флюгеры, анемометры, анеморумбографы. Датчики приборов для измерения ветра устанавливаются на метеорологических площадках на высоте 9-12 м над поверхностью земли.

Положение акустического анеморумбометра выбирается из соображений обеспечения информации наиболее важного и сложного этапа полета воздушных судов, каким является посадка и взлет. Для этого важно учесть положение полосы (зоны посадки) приземление самолетов ($D=200-300$) от порога ВПП и предпочтительно иметь информацию о турбулентности потока на нескольких уровнях от высоты выравнивания, высоты выдерживания по глиссаде снижения самолетов, т. е. высота уравнения акустических датчиков на уровнях метеомачт $h_1=4-6$ м и $h_2=10-12$ м. На этой высоте опасны порывы приводящие к крену самолета. При выборе местоположения АМК-03, возможно, возникнет необходимость учесть местоположения высоких сооружений и других препятствий, провоцирующих возникновение механической турбулентности.

В настоящее время сформировалось представление, что доплеровские лидары, предназначенные для измерения распределения скорости ветра, являются необходимым элементом оснащения различных метеорологических служб. Так, например, системы обеспечения вихревой безопасности, внедрение которых требуется согласно нормативным документам ICAO [1] на всех

аэродромах, предполагают, наряду с бортовыми средствами, комплекс наземного лидарного оборудования.

Практически во всех крупных аэропортах используются доплеровские метеорадары, обеспечивающие обнаружение ряда опасных особенностей ветрового поля. Однако радары, в которых применяется явление обратного рассеяния электромагнитного излучения радиодиапазона на атмосферном аэрозоле, требуют высокой плотности аэрозоля, и поэтому далеко не всегда способны осуществлять детектирование опасных особенностей ветрового поля и измерение параметров вихревых следов летательных аппаратов в «чистой» атмосфере.

Местоположение акустического локатора обусловлено необходимостью обеспечения информацией диспетчеров органов управления воздушным движением и летных экипажей на таком важном этапе полета каким являются процесс перехода от полета и пилотирования по приборам на визуальном полет по информации визуального наблюдения земной поверхности вертикально или наклонной дальности видимости, что имеет место при выполнении посадки в условиях минимума погоды. Визуальное обнаружение земли пилотами в этом случае происходит на высотах от 200-300м до высот 30-40 м. Таким образом, этому диапазону высот соответствует стандартное местоположение дальней и ближней приводной радиостанции. Как правило, на этих точках уже установлены типовые метеоприборы измеряющие нижнюю границу облаков (ИВО-1М, РВО-2М, СТ-25)

Выбор местоположения метеорологического доплеровского радиолокатора обусловлен необходимостью обеспечить - минимальные углы закрытия зоны обзора МРЛ на малых высотах на углах места диаграммы, направленности параболической антенны и организовывать на лучшей из нескольких господствующих высотах.

Зоны видимости МРЛ с учетом горного рельефа для различных высот облаков проводится по специальной компьютерной программе. В основу расчета положена формула дальности радиовидимости:

$$D=3,62 (\sqrt{H_{ант} + H_{преп}}), \quad (4)$$

где $H_{ант}$ - высота антенны МРЛ над уровнем моря,

$H_{преп}$ - высота той точки препятствий расположенных выше точки стояния МРЛ.

Информацию о высоте препятствий снимают графическим методом с обычных крупномасштабных карт или используют современные технологии и базы данных с цифровых карт местности.

Использование для зондирования атмосферной среды оптического излучения видимого и ближнего ИК диапазона позволяет существенно расширить возможности дистанционного мониторинга атмосферы и проводить измерения при существенно меньших концентрациях аэрозоля, чем метеорадары. Это особенно актуально для решения задач вихревой безопасности в авиации, поскольку в благоприятных для полетов погодных условиях видимость хорошая и концентрация фонового аэрозоля мала.

Таким образом, получив усовершенствованную информационную систему (АМИС, КРАМС) с возможностью измерения составляющей ветра метеорологическая служба может приступить к сбору и обработке этой информации и предоставлению ее заинтересованным потребителям метеоинформации. Потребители (диспетчеры органов УВД) воспринимают эту информацию, дают ей количественную и качественную оценку информации, проводят анализ с точки зрения безопасности полета воздушных судов, принимают решения о порядке проведения полета на основной аэродром или ухода на запасной аэродром с безопасными метеорологическими условиями. Логическая последовательность порядка проведения анализа параметров ветра, определяется логической последовательностью этапов полета (от взлета до посадки). И включает в себя анализ условий безопасности при разбеге, в момент отрыва от ВПП и набора высоты с убором шасси и закрылков. Далее выполняется полет по маршруту с учетом метеообстановки по его этапам. При

подходе к аэродрому посадки осуществляется оценка метеоусловий до высоты предпосадочного маневра. С высоты предпосадочного маневра осуществляется заход на посадку и осуществляется выбор ошибок по курсу и глиссаде снижения. К моменту выхода на высоту принятия решения уточняется метеоусловие на посадку и принимается решение на посадку, а также оцениваются условия в зоне приземления на ВПП и осуществляется приземление с пробегом по полосе и ее освобождением.

Одним из элементов подготовки экипажа к полету является предполетная метеорологическая подготовка о метеоусловиях и явлениях сдвига ветра, которая проводится на АМСГ перед вылетом. В ней должны принимать участие командир воздушного судна, второй пилот и штурман.

Первым этапом подготовки является самостоятельное ознакомление с метеорологической обстановкой по маршруту (району) полета, в аэропорту вылета, посадки и на запасных аэродромах. С этой целью экипаж изучает имеющиеся на АМСГ аэросиноптические материалы (приземные и высотные карты, вертикальные разрезы атмосферы и др.), данные о фактическом и ожидаемом состоянии погоды с учетом времени вылета и продолжительности полета.

В результате изучения указанных материалов экипаж должен составить себе общее представление о метеорологической обстановке, обратив особое внимание на участки маршрута (района полетов) с наиболее неблагоприятными метеорологическими условиями [2, с.200].

Вторым этапом подготовки является получение экипажем метеорологической консультации у синоптика АМСГ, которая является важнейшим элементом подготовки к полету. Она должна конкретизировать условия погоды предстоящего полета. Консультация включает характеристику воздушных масс, атмосферных фронтов, барических систем, определяющих метеоусловия по всей трассе полета, включая аэропорт вылета, посадки и запасные аэродромы. Особое внимание обращается на те синоптические процессы, которые будут вызывать на том или ином участке маршрута,

существенное ухудшение метеоусловий, включая грозы. При консультации используются данные, полученные с бортов летательных аппаратов, радиолокационная и спутниковая информация.

Консультация сопровождается иллюстрацией синоптических и аэрологических карт, вертикальных разрезов атмосферы за ближайшие сроки наблюдений, прогностических авиационных карт погоды (АКП), а также карт радиолокационного обзора и спутниковых снимков в аэропортах, где имеются МРЛ и организован прием спутниковой информации. При этом используются карты соответствующих уровней АТ с учетом эшелона полета летательного аппарата (для самолетов карты АТ-500, 400, 300, 200мбар). В период консультации экипаж должен дополнительно уточнить возможные направления обхода зон с грозовой деятельностью.

Третьим этапом является получение экипажем полетной метеодokumentации, или ознакомление с ней. На основании самостоятельного ознакомления с материалами, экипаж должен четко себе представлять: метеорологические условия полета по маршруту (району) полета на аэродромах вылета, посадки и запасных наличие зон с опасными метеоявлениями, пространственного расположения и возможностью их обхода. В результате предполетной метеорологической подготовки экипаж принимает решение на вылет.

Передача метеорологической информации экипажам летательных аппаратов осуществляется как перед вылетом, так и в период полета. Она передается по самолетным радиоканалам, по УКВ и КВ радиоканалам вещания метеоинформации.

Заключение

Сдвиг ветра постоянно существует в природе и большей частью не оказывает заметного влияния на динамику полета самолета. Однако в некоторых случаях наблюдаются весьма значительные величины сдвига ветра, которые могут оказывать влияние на летательные аппараты любого класса, что достаточно подтверждается статистикой летных происшествий. Реальную опасность (в связи с отсутствием надежных способов измерений) представляет даже умеренный сдвиг ветра на малой высоте при взлете и заходе на посадку, когда у самолета существенно сокращаются запасы по высоте и скорости.

Практически на всех аэродромах существует проблема определения сдвигов ветра. Поэтому часто сдвиги ветра на аэродроме не выявляют, однако всегда прогнозируют. Сдвиги ветра (умеренные или сильные) указываются в прогнозе тогда, когда по синоптической обстановке в районе аэродрома ожидается или наблюдается:

- атмосферные фронты, особенно холодные фронты второго рода;
- зоны развития кучево-дождевой облачности;
- задерживающие слои (инверсия или изотермия);
- горно-долинные или стоковые ветры, а также фен (для горных районов);
- низкотропосферные струйные течения (мезоструи).

Но точный прогноз данного явления произвести практически невозможно.

Подавляющее большинство летных происшествий, связанных со сдвигом ветра, обусловлено фронтальной или внутримассовой грозовой деятельностью.

Анализ графиков годового и суточного хода и повторяемости явлений сдвига ветра в 2012-2015 позволяет сделать следующие **выводы**:

1. Анализ годового хода интенсивности явления сдвиг ветра позволяет отметить, что максимум повторений сдвига ветра отмечается в холодные месяцы (декабрь - март) и достигает количественно до 24 явлений сдвига ветра, при этом порядка 50% из них имеют место при действии юго-

восточного ветра. Минимум явлений сдвига ветра приходится на переходное время (май, ноябрь).

2. Возникновение, развитие и завершение сдвиг ветра преимущественно приходится на светлое время суток. В темное время суток явление сдвиг ветра наблюдается в холодное время года при ЮВ ветрах поступающий теплом воздухе (ночью от +14 до +20°C вместо обычных 2-4°C. Проявление сдвига ветра в темное время суток (ночью), как правило, обусловлено явлениями изотермии и инверсии. Продолжительность явлений сдвига ветра варьирует от 1-2 часов до 10-12 часов.
3. Максимум повторяемости приходится на интервал времени от 10 до 16 часов(МСК).
4. Максимум явлений сдвиг ветра проявляется в холодное время в районе аэропорта города Сочи в основном с возникновением существенного контраста температур воздуха и поверхности моря (разность температуры достигает 10-12°).

Рекомендации и предложения:

- для совершенствования обеспечения метеоинформацией служб движения и пилотов воздушных судов о сдвиге ветра рекомендую разместить информационные табло в помещениях штурманской службы на аэродроме. Использовать возможность по обработке и отображению информации обладают автоматические метеорологические станции АМИС-РФ.

Список используемой литературы

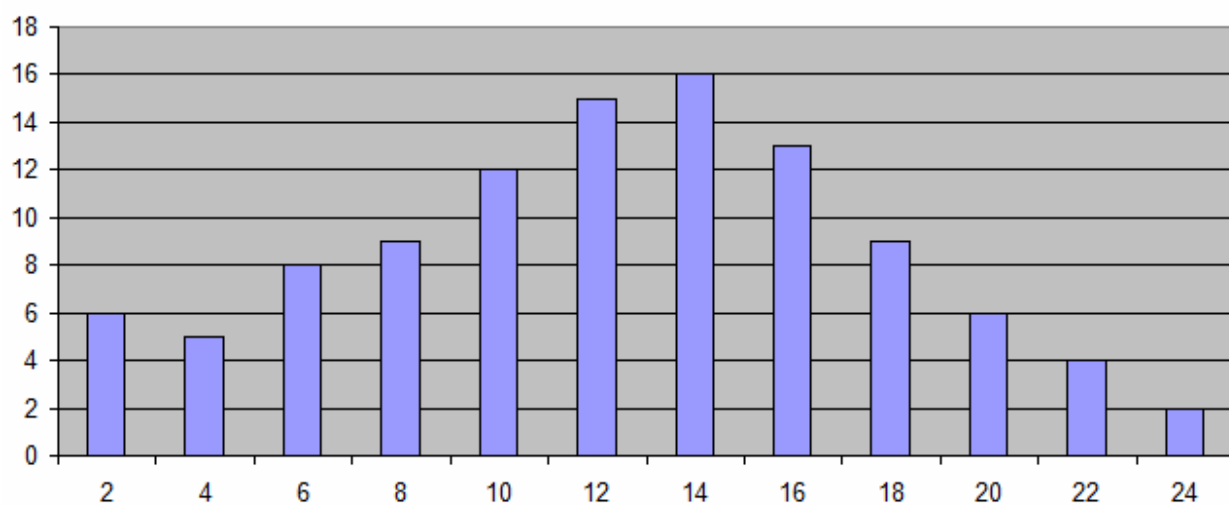
1. Алисов, Б.П. Климатология / Б.П. Алисов, Б.В. Полтараус. - 2-е изд., перераб. - М.: МГУ, 1974. - 300 с.
2. Анапольская Л.Е. Режим скоростей ветра на территории СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1961. - 199 с.
3. Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология. СПб.: Гидрометеиздат, 1981. – 304 с.
4. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. - 328 с.
5. Богаткин О.Г. Графический способ прогноза болтанки самолетов. // Труды ЛГМИ, 1986. – Вып. 34. – С. 84-87.
6. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз для авиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. - 272с.
7. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Авиационные прогнозы погоды. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2003. - 164с.
8. Вельнинцев Н.Ф. Конвекция в нестационарном пограничном слое со сдвигом ветра // Метеорология и гидрология, 2005. - № 6. – С. 15-28.
9. Воробьев В.И., Князев А.П. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 581 с.
- 10.Кадинская И. Местные особенности и аэросиноптические условия возникновения сильных ветров в районе аэропорта. – Адлер: ГМБ Сочи, 2013. – 130 с.
- 11.Калинин Н.А., Смирнова А.А. Исследования радиолокационных характеристик для распознавания опасных явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью // Метеорология и гидрология, 2005. - № 1. – С. 84-95.
- 12.Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений. – СПб.: Гидрометиздат, 1985. – 456 с.
- 13.Локащенко М.А., Перепелкин В.Г., Семенова Н.В. Доплеровские

- содарные измерения вертикальной составляющей скорости ветра // Метеорология и гидрология, 2003. - № 7. – С. 40-50.
- 14.Мамиконова С. В., Ларин В. В., Дубинский Г. П., Гуральник И. И. Метеорология. – СПб.: Гидрометеиздат, 1982. – 334 с.
- 15.Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
- 16.Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации (НМО ГА). – СПб.: Гидрометеиздат, 1995. - 354с.
- 17.Наставление по производству полетов в гражданской авиации (НПП ГА). – М.: Воздушный транспорт, 1985. - 164с.
- 18.Пчелко И.Г. Аэросиноптические условия болтанки самолетов в верхних слоях тропосферы и нижней стратосферы. – СПб.: Гидрометиздат, 1962. – 92 с.
- 19.Стерлядкин В.В., Горелик А.Г., Щукин Г.Г. Обзор методов и средств ветрового зондирования атмосферы. [Электронный ресурс]. URL: http://www.mivlgu.ru/conf/armand2013/lection-2013/pdf/lec_2.pdf (дата обращения: 12.05.2016).

Графики годового хода явления сдвига ветра за 2012- 2015 гг. в разрезе
месяцев

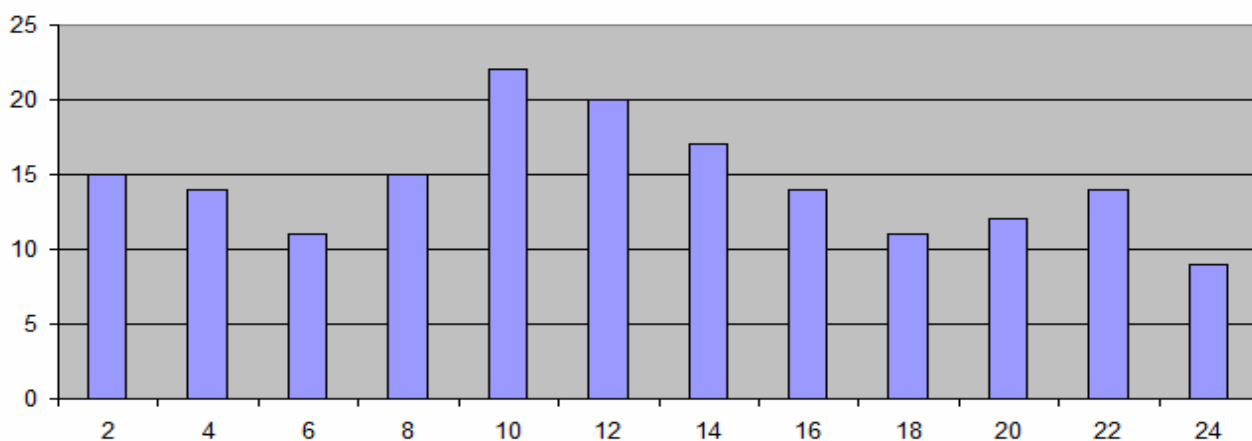
январь

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	2	1	3	3	7	7	6	5	5	4	2	0
2013	2	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1
2014	1	1	1	1	1	4	4	2	2	1	1	1
2015	1	1	2	4	3	3	4	3	0	0	0	0
сумма	6	5	8	9	12	15	16	13	9	6	4	2



февраль

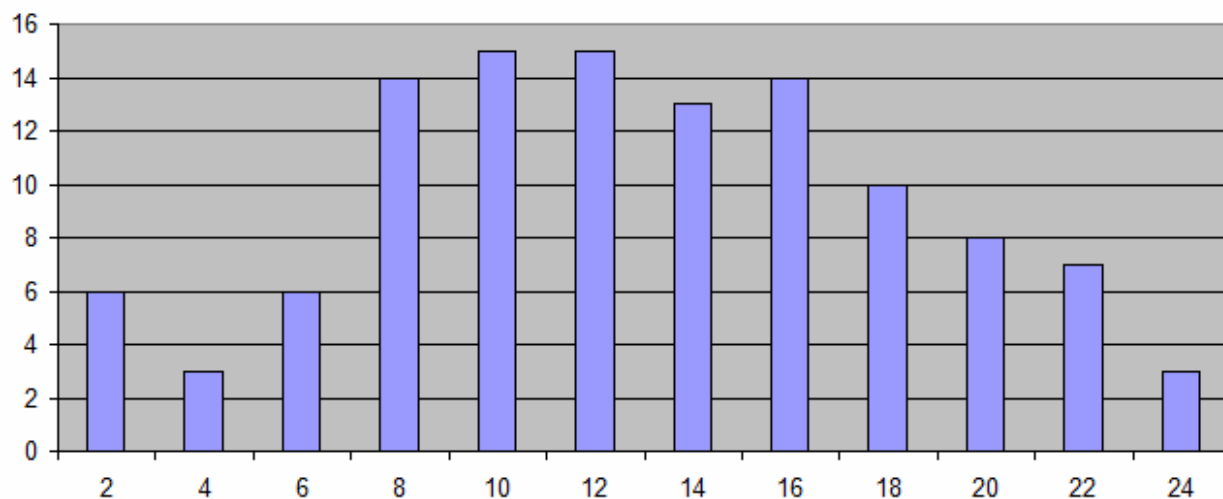
часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	2	2	2	4	3	3	2	3	3	2	2	0
2013	5	4	1	2	5	5	5	5	4	4	4	4
2014	4	4	4	5	7	7	5	3	2	3	4	3
2015	4	4	4	4	7	5	5	3	2	3	4	2
сумма	15	14	11	15	22	20	17	14	11	12	14	9



Продолжение приложения

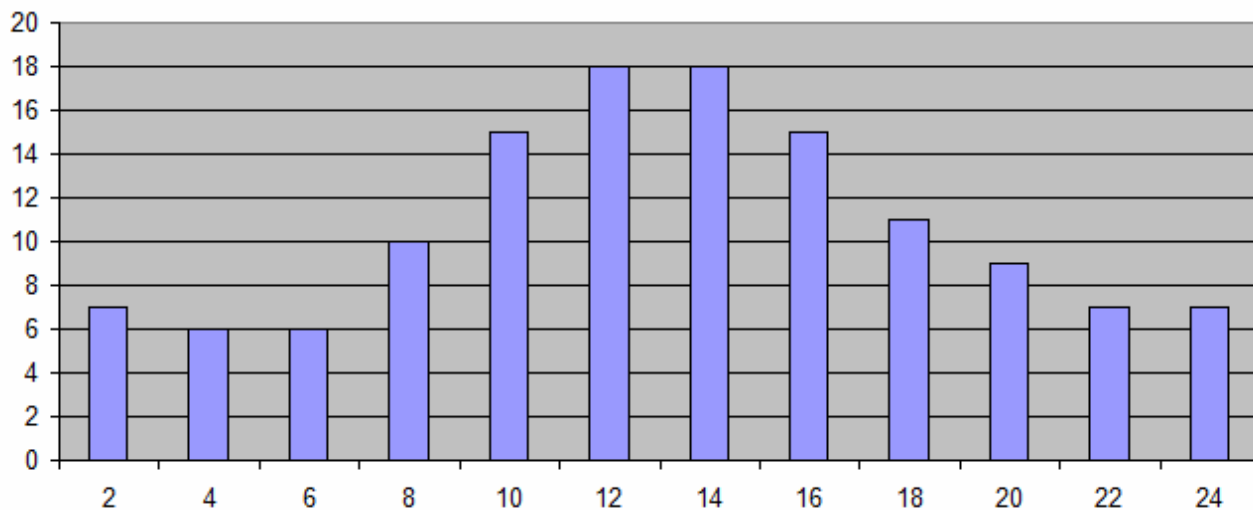
март

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	3	1	1	3	4	5	5	5	4	4	4	0
2013	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2014	1	1	3	4	5	5	4	4	3	1	1	1
2015	1	1	2	6	5	4	3	4	2	2	1	1
сумма	6	3	6	14	15	15	13	14	10	8	7	3



апрель

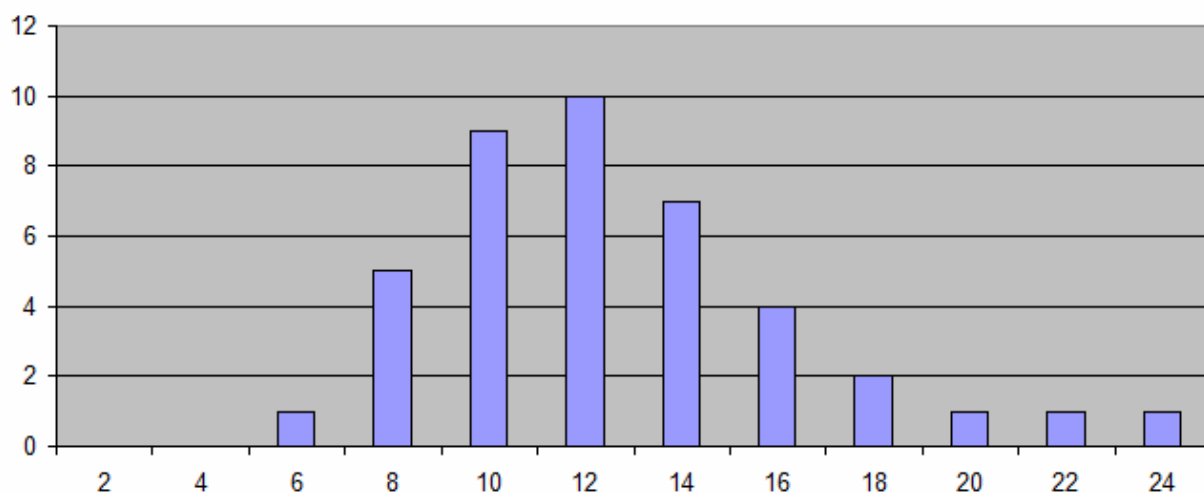
часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	0	2	4	4	3	1	0	0	0	0
2013	1	0	2	2	3	4	4	2	1	1	1	1
2014	5	4	2	4	3	6	7	9	8	6	5	5
2015	1	2	2	2	5	4	4	3	2	2	1	1
сумма	7	6	6	10	15	18	18	15	11	9	7	7



Продолжение приложения

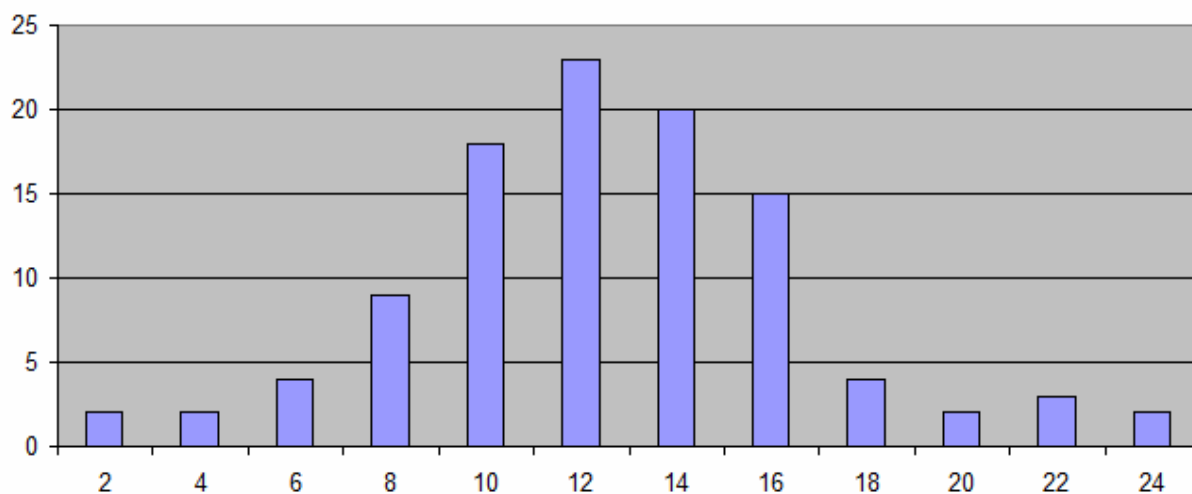
май

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	0	1	2	3	2	0	1	0	0	0
2013	0	0	0	2	4	3	2	1	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	1	2	3	4	3	3	1	1	1	1
сумма	0	0	1	5	9	10	7	4	2	1	1	1



июнь

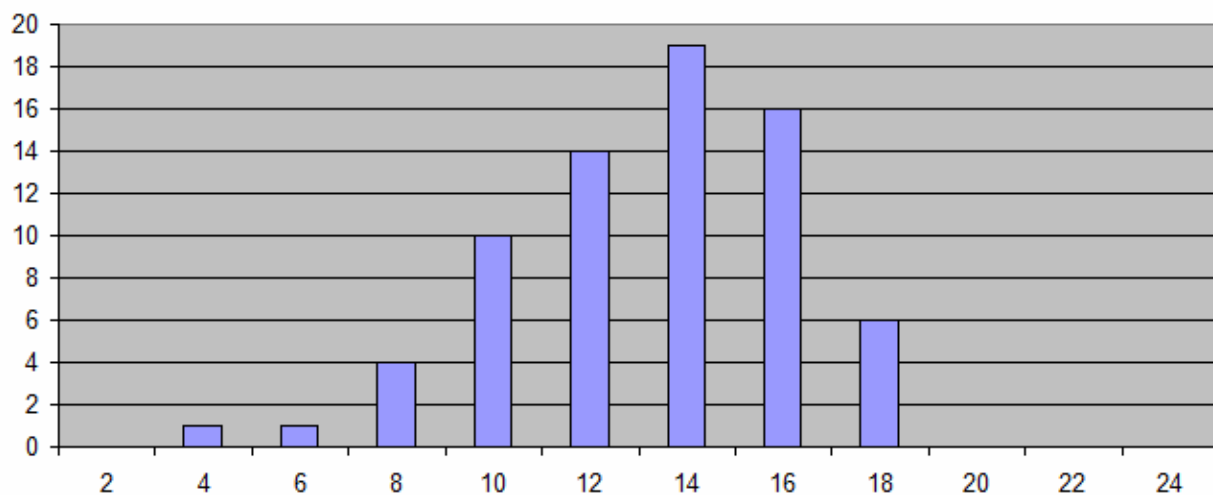
часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0
2013	2	2	3	3	6	8	7	6	2	2	3	2
2014	0	0	0	1	4	5	5	3	2	0	0	0
2015	0	0	1	5	6	8	6	4	0	0	0	0
сумма	2	2	4	9	18	23	20	15	4	2	3	2



Продолжение приложения

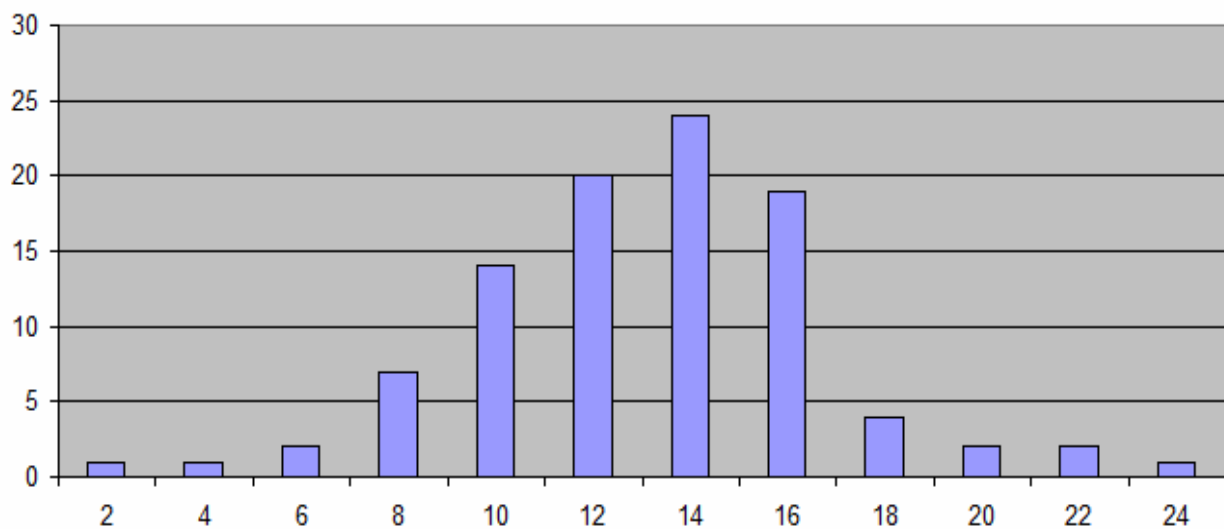
июль

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	0	0	3	3	4	2	1	0	0	0
2013	0	0	0	1	2	5	6	5	3	0	0	0
2014	0	1	1	1	1	1	2	2	1	0	0	0
2015	0	0	0	2	4	5	7	7	1	0	0	0
сумма	0	1	1	4	10	14	19	16	6	0	0	0



август

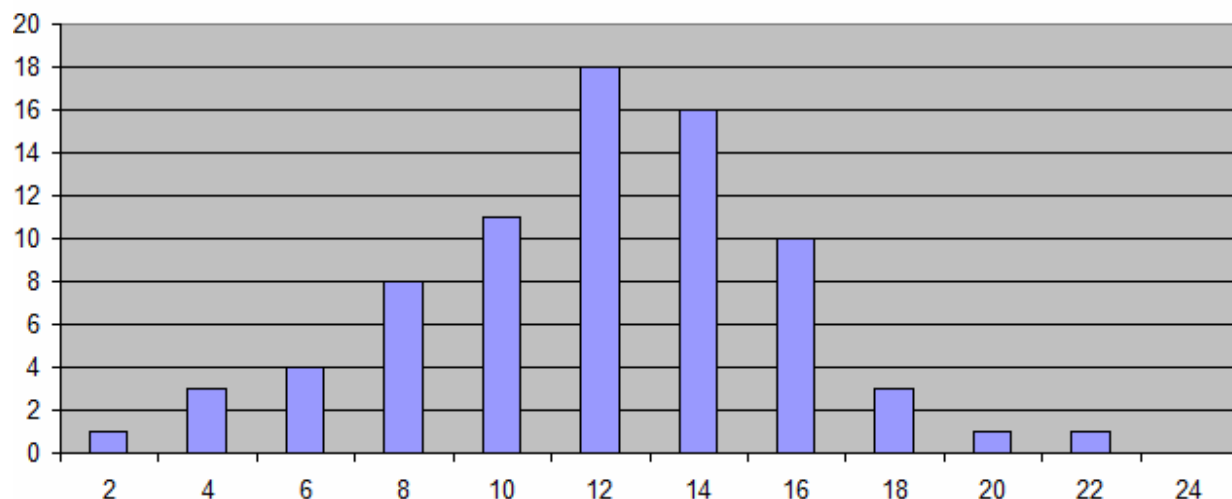
часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	0	2	4	5	3	3	1	1	1	0
2013	0	0	0	3	5	7	8	5	1	0	0	0
2014	1	1	2	2	4	6	9	7	2	1	1	1
2015	0	0	0	0	1	2	4	4	0	0	0	0
сумма	1	1	2	7	14	20	24	19	4	2	2	1



Продолжение приложения

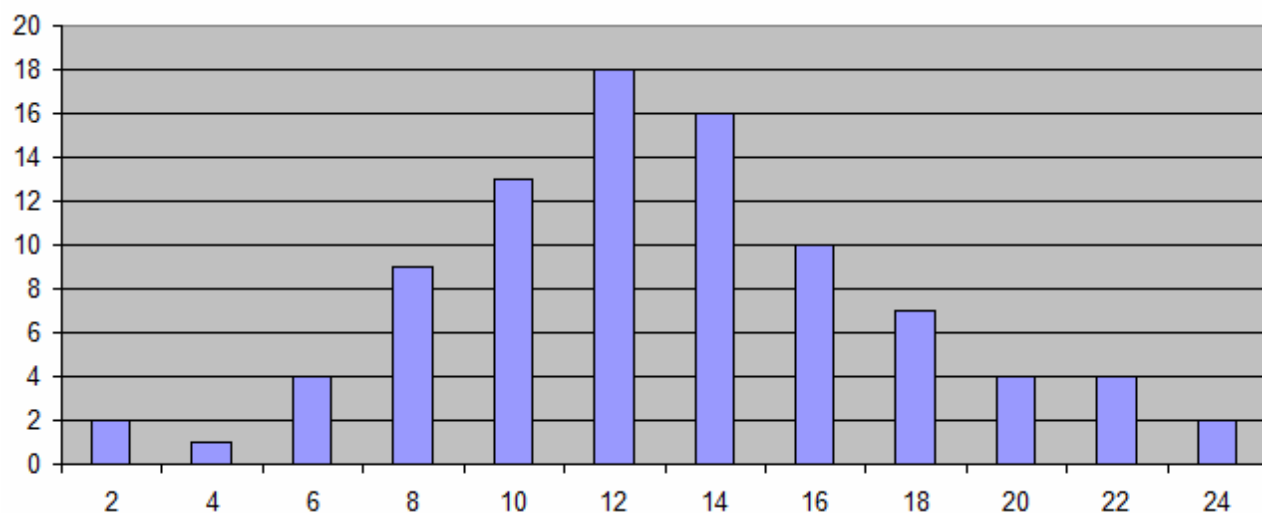
сентябрь

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	1	1	0	2	4	5	5	4	2	1	1	0
2013	0	1	2	3	5	6	5	4	1	0	0	0
2014	0	1	1	2	2	3	2	1	0	0	0	0
2015	0	0	1	1	0	4	4	1	0	0	0	0
сумма	1	3	4	8	11	18	16	10	3	1	1	0



октябрь

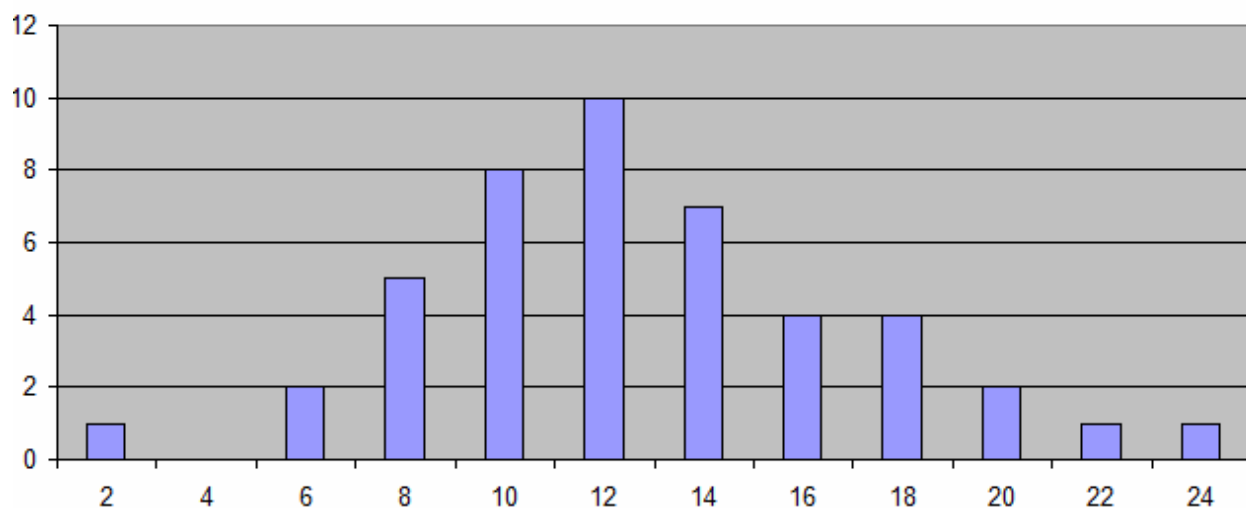
часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	0	2	2	2	2	1	1	0	0	0
2013	1	1	2	2	3	7	6	3	3	3	3	1
2014	1	0	2	2	3	4	4	4	3	1	1	1
2015	0	0	0	3	5	5	4	2	0	0	0	0
сумма	2	1	4	9	13	18	16	10	7	4	4	2



Продолжение приложения

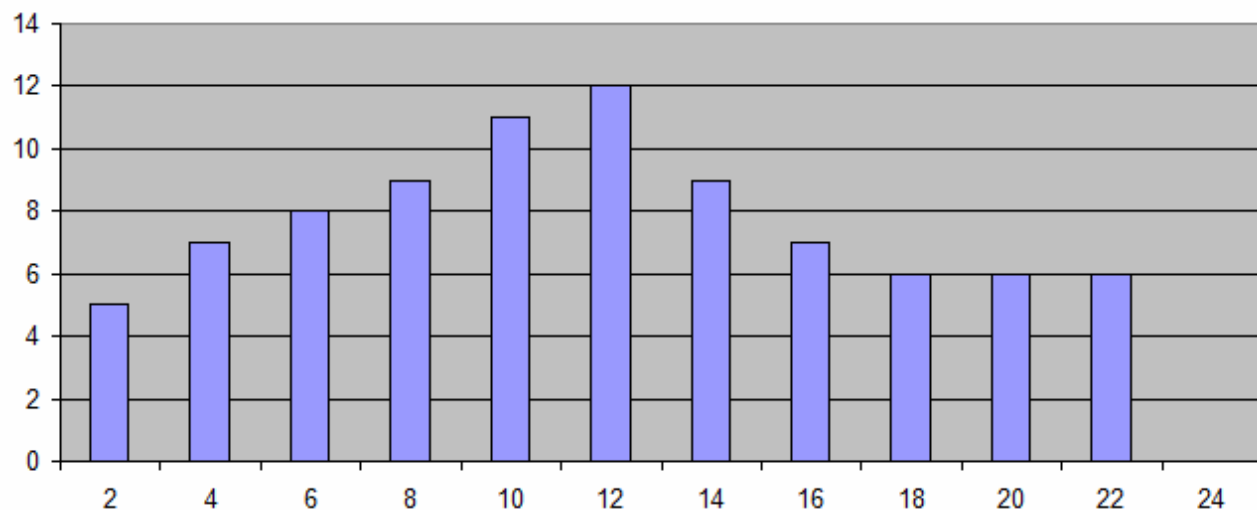
ноябрь

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	0	0	1	1	3	4	2	2	2	0	0	0
2013	0	0	1	2	1	2	1	1	0	0	0	0
2014	1	0	0	2	3	3	3	1	2	2	1	1
2015	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
сумма	1	0	2	5	8	10	7	4	4	2	1	1



декабрь

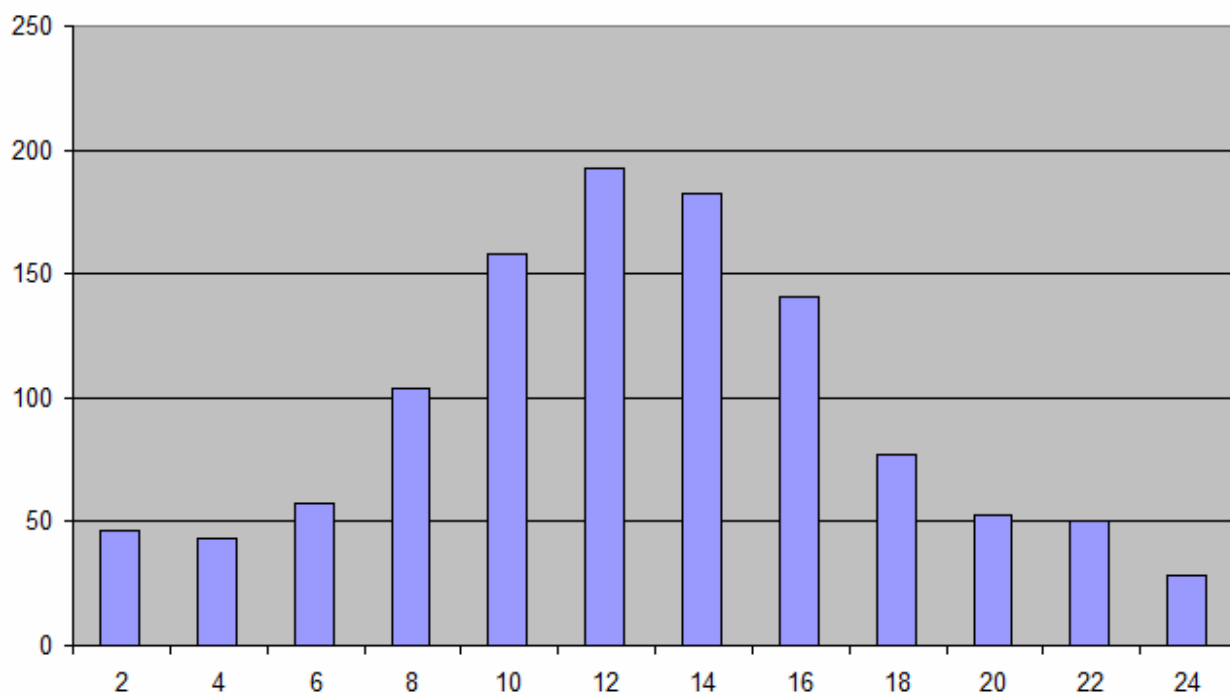
часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2012	3	3	3	3	4	4	3	2	2	4	4	0
2013	2	2	3	3	4	4	3	3	4	2	2	0
2014	0	2	2	3	3	4	3	2	0	0	0	0
2015	1	2	2	3	3	3	2	1	1	1	0	0
сумма	6	9	10	12	14	15	11	8	7	7	6	0



Продолжение приложения

годовые суммы

часы	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
сдвиг	47	45	59	107	161	196	184	142	78	54	50	28



месяц	янв	фев	март	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
сдвиг	105	174	114	129	41	104	71	97	76	90	45	105

