

УДК 629.7.054.07

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЕТА

Михаил Дмитриевич ТУМАЕВ

ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики»

E-mail: inbox@aomiea.ru

В докладе рассматривается поведение параметров ветра при выполнении полета на маршруте. На основе данных испытательного полета среднемагистрального самолета приводятся графики поведения параметров и оцениваются маршрутные параметры.

Ключевые слова: влияние параметров ветра, зональная навигация.

WIND EFFECT ON FLIGHT OPERATIONS

Mikhail D. TUMAEV

'Moscow Institute of Electromechanics and Automatics' PJSC

E-mail: inbox@aomiea.ru

The report considers wind parameters behavior during en-route operations. Parameters behavior graphs are given and flight path parameters are estimated based on the data of medium-haul aircraft test flight.

Keywords: wind effect, area navigation.

Метеорологические условия, такие как температура, давление, влажность, ветер и т. д. оказывают значительное влияние на выполнение полета. Знание метеорологических условий в полете является одним из факторов его успешного выполнения, т. е. позволяют обеспечить безопасность, регулярность и экономическую эффективность полета воздушного судна (ВС). Среди всех характеристик состояний атмосферы ветер оказывает существенное влияние на движение ВС на всех этапах полета [1].

Ветром называется движение воздуха относительно земной поверхности. Особое влияние ветер оказывает на взлет и посадку ВС, за счет чего может значительно изменяться длина разбега при взлете и длина пробега при посадке. Что определяется изменением температуры и давления в приземных слоях атмосферы.

Современная авиация имеет высокие скорости, а полеты выполняются на больших высотах, где наблюдаются большие скорости ветра, что требует его учета. С учетом ветра выбирается не только маршрут, но и его профиль, что позволяет сэкономить топливо и уменьшить продолжительность полета.

Для решения задач самолетовождения воздушные суда используют широкий спектр навигационных систем, включая инерциальную навигационную систему (ИНС), систему воздушных сигналов (СВС), спутниковую навигационную систему (СНС) и другие. Однако ядром ПНК является система самолетовождения (ФМС) Flight Management System (FMS), которая решает различные задачи, такие как прием, обработку и выдачу данных от взаимодействующего оборудования, расчет и поддержание высоты, формирование плана полета и управление сигналами для выдерживания заданных параметров. На рис. 1 представлена упрощенная схема навигационного комплекса [2].

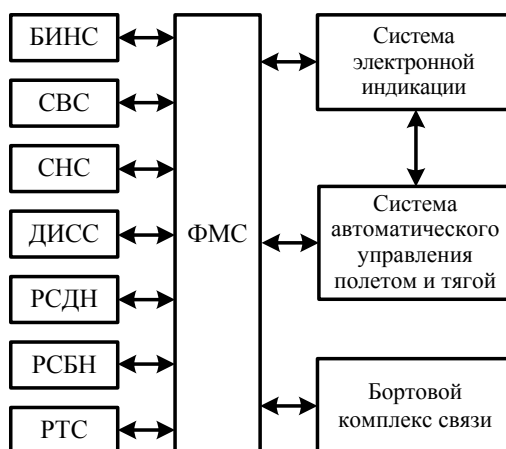


Рис. 1. Упрощенная схема навигационного комплекса

БИНС — бесплатформенная инерциальная навигационная система
 СВС — система воздушных сигналов
 СНС — спутниковая навигационная система
 ДИСС — Доплеровский измеритель скорости и сноса
 РСДН — радиосистема дальней навигации
 РСБН — радиосистема ближней навигации
 РТС — радиотехническая система

Системы воздушных сигналов широко используются для определения различных параметров движения самолетов в воздушной среде, таких как барометрическая высота, скорость полета, число Маха. Кроме того, они могут измерять температуру наружного воздуха, давления и относительную плотность воздуха [3].

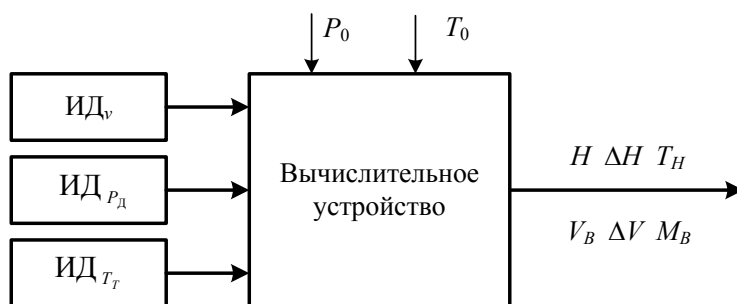


Рис. 2. Схема системы воздушных сигналов

На рис. 2 представлена схема системы воздушных сигналов, где ИД_v, ИД_{P_д}, ИД_{T_т} — датчики, измеряющие соответствующие плотности на высоте, динамическое давление набегающего потока и статическое давление в атмосфере у поверхности земли, температуру соответственно. Стрелкой на рис. 2 показаны выдаваемые электрические сигналы параметров (H, V, M, T_H). Эти сигналы используются для определения текущих параметров полета.

Ветер — это физический процесс перемещения воздуха от области с более высоким давлением к области с более низким давлением, возникающий вследствие разницы в температуре и давлении. Воздушные массы, движущиеся под влиянием ветра, создают сложную аэродинамическую среду, которая оказывает воздействие на самолеты, летающие в атмосфере. Одним из важных параметров, определяющих успешность полета, является скорость полета, которая измеряется относительно поверхности Земли [4].

Скорости разделяются на истинную, приборную и путевую. Истинная воздушная скорость определяется как скорость самолета относительно окружающего воздуха, а индикаторная (приборная) скорость измеряется при помощи бортовых инструментов.

Однако для оценки эффективности полета, особенно на больших расстояниях, наиболее важной является путевая скорость [5].

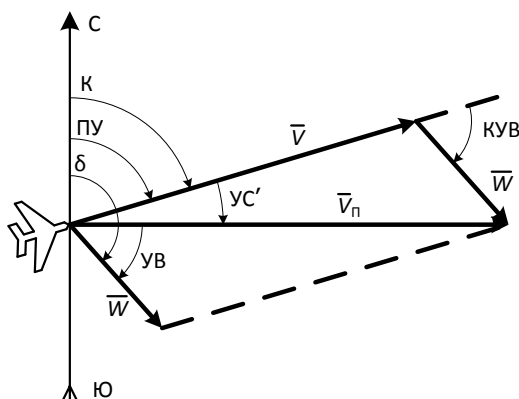


Рис. 3. Навигационный треугольник скоростей

Путевая скорость определяется как сумма векторов скорости самолета относительно воздуха и скорости ветра. Таким образом, при полете против ветра путевая скорость снижается, а при полете по ветру — увеличивается. Именно путевая скорость характеризует реальную скорость передвижения самолета относительно земной поверхности, и поэтому ее учет является критически важным для планирования и выполнения полетов.

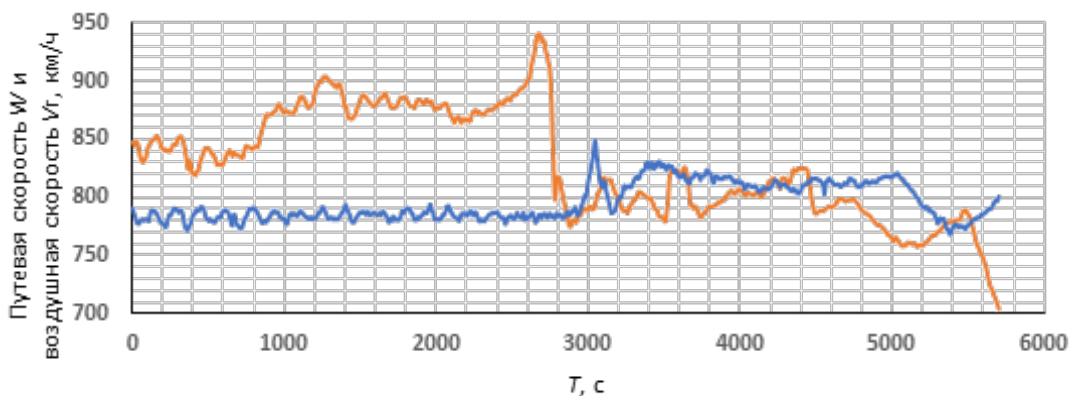


Рис. 4. Графики зависимости путевой и воздушной скорости от времени

В данном исследовании были проанализированы результаты летных испытаний среднемагистрального самолета, направленные на изучение влияния ветра на путевую скорость. Данные о путевой скорости были получены с помощью датчиков БИНС и СНС, тогда как истинная скорость определялась с использованием данных СВС. Анализ

графиков показал, что воздушная скорость наблюдала лишь небольшие колебания, в то время как путевая скорость изменялась значительно. В ходе исследования графиков установлено, что на первой половине маршрута ветер дул в попутном направлении, а на второй половине — встречном, что привело к заметному изменению путевой скорости.

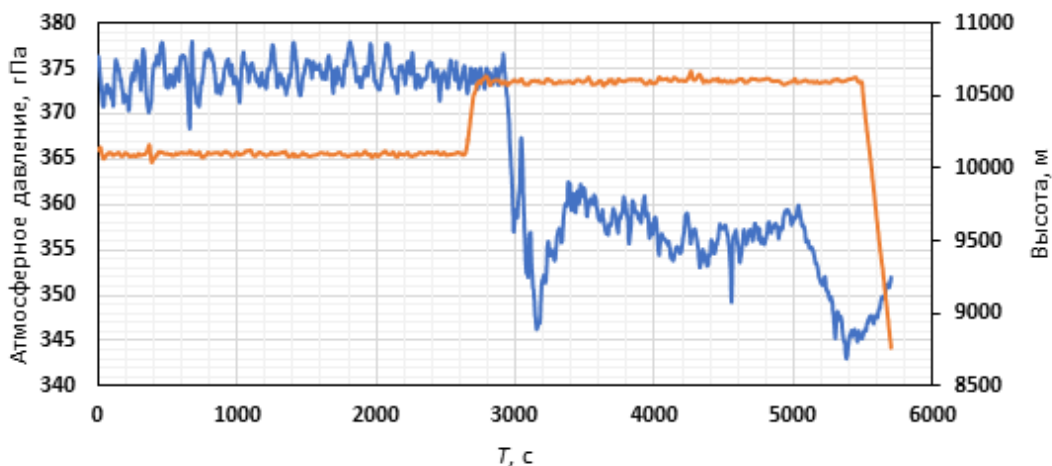


Рис. 5. Графики зависимости атмосферного давления и высоты от времени

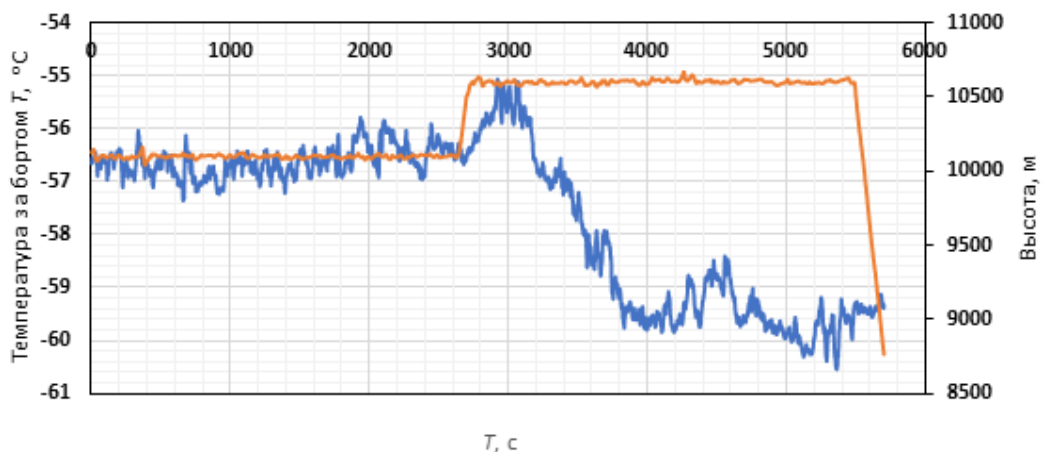


Рис. 6. Графики зависимости температуры за бортом и высоты от времени

На рис. 6 представлены графики, отображающие зависимость температуры, атмосферного давления и скорости ветра от высоты полета. Можно заметить, что при увеличении высоты полета самолета все три параметра снижаются. Данное явление объясняется изменением характеристик атмосферы на разных высотах, что приводит к изменению параметров воздуха.

Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности прогнозирования параметров ветра на различных этапах полета и корректировании маршрута в соответствии с полученными результатами. Это особенно важно для обеспечения безопасности полетов и оптимизации их эффективности.

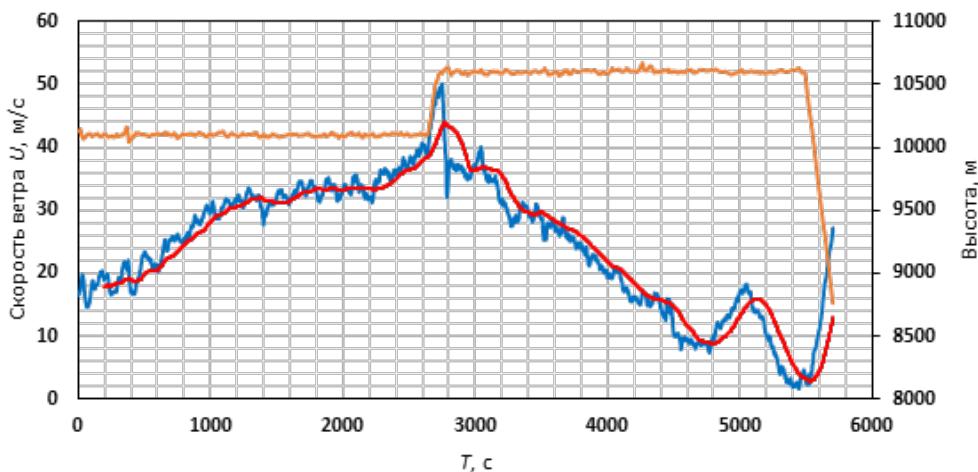


Рис. 7. Графики зависимости скорости ветра и высоты от времени

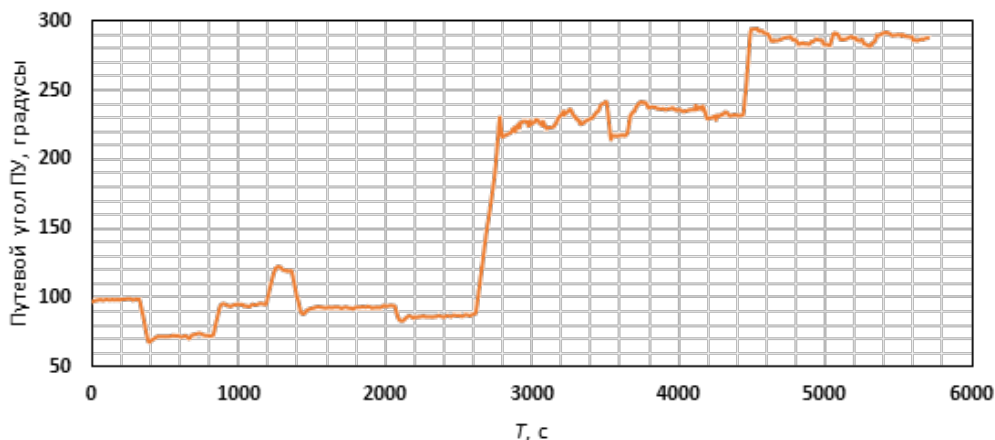


Рис. 8. График зависимости путевого угла (ПУ) от времени

Для более точной оценки поведения скорости и направления ветра при движении самолета были построены соответствующие графики. Анализ полученных данных позволяет установить, что скорость ветра изменяется не только в зависимости от высоты полета, но также оказывается подвержена влиянию различных факторов, таких как развороты.

На рис. 7 представлена зависимость скорости ветра (U) и высоты полета (H) от времени. Видно, что зашумленность сигнала скорости ветра связана с нестабильностью воздушной среды и шумовой составляющей датчиков. Однако осредненный на t -секундном интервале график, показанный красным цветом, позволяет лучше видеть реальные изменения скорости ветра на маршруте, скорость ветра резко меняется при изменении высоты полета и путевого угла (рис. 8).

Анализ данных, полученных при помощи построенных графиков, может быть полезен для определения оптимальной высоты полета и принятия мер по повышению безопасности полетов.

Современные требования к структуре воздушного пространства и обслуживанию воздушного движения предъявляются с целью повышения безопасности и эффективности полетов. В этом контексте особое значение приобретает метод зональной навигации (RNAV — Area Navigation), который позволяет воздушным судам выполнять полет по заданной пространственной траектории.

В целом, данное исследование является важным шагом в развитии авиационной индустрии и может привести к новым достижениям в области управления полетом. Благодаря использованию новейших технологий и методик, можно рассчитывать на более точный анализ данных и более точную оценку влияния ветра на работу самолета, что, в свою очередь, может значительно повысить безопасность полетов и улучшить экономические показатели авиаперевозок.

Литература

1. *Кузнецов А. Г., Зайцева Н. А.* К вопросу анализа концепции организации воздушного пространства. // Навигация и управление летательными аппаратами. Выпуск 27, 2019-4. – С. 41.
2. *Зайцева Н. А., Калинина И. В., Добрянин Е. А.* О выдерживании времени прибытия в контрольную точку. // Навигация и управление летательными аппаратами. Выпуск 39, 2022-4. – С. 75.
3. *Шакина Н.П.* Прогнозирование метеорологических условий для авиации [Текст]: научно-методическое пособие / Н. П. Шакина, А. Р. Иванова; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральное государственное бюджетное учреждение "Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации". – Москва: Гидрометцентр России, 2016. – 306 с, [4] с.: ил., табл., цв. ил., табл.; 24 см.; ISBN 978-5-9908623-2-6: 600 экз.
4. *Сафонова Т. В.* Авиационная метеорология: учебное пособие / Т. В. Сафонова; М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Ульяновское высш. авиационное училище гражданской авиации (ин-т). – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2009. – 240 с.: ил., карт., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-7514-0184-9.
5. RTCA DO-283A. Minimum Operational Performance Standards for Required Navigation Performance for Area Navigation. RTCA, Inc. Washington, 2015.