МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ МЕТЕОЗАВИСИМЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧ АВИАЦИОННЫМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

А.Ю. Качалкин¹, Д.А. Гуськов¹, И.А. Жильчук²

¹ Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,
ajk_kgb@mail.ru

² Российский государственный гидрометеорологический университет, zhilchuk@rshu.ru

Рассмотрена модель линейного программирования, реализация которой позволяет обоснованно принимать решения по планированию подготовки экипажей армейской авиации в условиях влияния факторов внешней среды. Проведен анализ распределения повторяемости благоприятных условий погоды для выполнения авиационных задач в зависимости от уровня подготовки экипажей армейской авиации. Получено распределение авиационных задач по месяцам без учета и с учетом климатической повторяемости благоприятных метеорологических условий, коэффициента важности планируемых упражнений и планируемых авиационных ресурсов, количественно оценен вклад, вносимый в планирование отсутствием учета влияния метеорологических условий.

Ключевые слова: планирование, модель, метеорологические условия, принятие решений, армейская авиация, эффективность.

MODEL OF SUPPORTING THE ADOPTION OF METEO-DEPENDENT SOLUTIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF TASKS BY AVIATION FORMATIONS TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS

A.J. Kachalkin¹, D.A. Guskov¹, I.A. Zhilchuk²

¹ The Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and J.A. Gagarin

² Russian State Hydrometeorological University

The linear programming model has been considered, the implementation of which makes it possible to reasonably make decisions on planning training for army aviation crews under the influence of environmental factors. The analysis of the distribution of the repeatability of favorable weather conditions for the performance of aviation tasks, depending on the level of training of the crews of the army aviation, was carried out. The distribution of aviation tasks by months without taking into account and taking into account the climate repeatability of favorable meteorological conditions, the coefficient of importance of planned exercises and planned aviation resources is obtained, quantified the contribution made to the planning, due to the lack of consideration of the influence of meteorological conditions.

Keywords: planning, model, meteorological conditions, decision making, army aviation, efficiency.

Введение

Анализ последних десятилетий показывает [2], что армейская авиация (АА) решает многие авиационные задачи, в число которых входят воздушные перевозки, десантирование, поисково-спасательные работы. Сам же полет вертолета в атмосфере проходит при сложном взаимодействии летательного аппарата, экипажа и внешней среды. Поэтому целесообразно вертолет и экипаж рассматривать как единую сложную человеко-машинную систему, на которую воздействует внешняя среда — атмосфера.

Физическое состояние атмосферы, характеризующееся температурой, давлением и плотностью воздуха, оказывает на технические характеристики вертолета существенное влияние, которое особенно выражено на малой и предельно малой высоте, в плотных слоях атмосферы, где эти характеристики подвержены наибольшим изменениям во времени и пространстве [5]. При этом наиболее значительно влияние внешней среды сказывается на условиях выполнения полетов, которые во многом зависят от количества облаков, высоты их нижней границы и явлений погоды, приводящих к уменьшению дальности видимости. Высота облаков в сочетании с дальностью видимости образуют так называемый *минимум погоды*, т.е. условия при которых экипаж может осуществить безопасный взлет, выполнение полетного задания и посадку вертолета. Минимум, устанавливаемый экипажу, является одним из показателей уровня его подготовленности [8].

Для качественного выполнения задач армейской авиации и обеспечения безопасности полетов в различных физико-географических районах, днем и ночью, в простых и сложных метеорологических условиях необходим соответствующий уровень профессиональной подготовки летного состава.

В связи с этим в целях совершенствования профессиональных навыков, а также поддержания соответствующего уровня летной подготовки ее планирование в авиационных частях осуществляется для каждого экипажа по временным периодам, предусматривающим выполнение полетных упражнений (заданий) с учетом минимумов погоды, а также плана снабжения ресурсами, выделяемыми на полеты.

В настоящее время планирование происходит в соответствии с максимально возможным перерывом в летной работе по видам упражнений согласно курсу учебно-летной подготовки. На авиационных базах при планировании с заблаговременностью более трех суток, а в дивизиях — более пяти суток учет влияния факторов внешней среды, в качестве которых выступают метеорологические условия, ведется опосредованно [3]. Поэтому при планировании возникает задача заблаговременного, грамотного и обоснованного распределения упражнений подготовки на планируемый период в зависимости от факторов внешней среды с учетом сил и средств, выделяемых на полеты. В связи с этим в статье рассматривается модель, реализация которой позволяет осуществлять обоснованное планирование упражнений на год для экипажей армейской авиации с соответствующими минимумами с учетом метеорологических условий различной степени сложности, напрямую связанное с поэтапным распределением ресурсов.

Целью настоящей работы является повышение эффективности планирования подготовки экипажей армейской авиации на заданный период за счет учета влияния метеорологических факторов на основе использования статистических методов и методов теории управления.

Построение модели, методика ее применения

Для реализации цели настоящей работы осуществим планирование числа упражнений (заданий), необходимых для выполнения экипажами с q уровнями подготовки на p временных периодов, на которые выделяется ресурс в количестве $b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_p$ [1].

Задана матрица коэффициентов важности выполнения упражнений по программе подготовки согласно курсу учебно-летной подготовки: $\bar{K} = \|k_{ij}\|_{q \times p}$, где значение k_{ij} устанавливается органами военного управления методом экспертных оценок для каждого экипажа в зависимости от перерыва в летной работе по видам упражнений и характеризует расход ресурса экипажем с i -м уровнем подготовки ($i = 1, 2, \dots, q$), выделяемого на выполнение упражнений в j -м периоде.

Обозначим число упражнений, необходимых для выполнения экипажами i -го уровня, выполняющих полеты в j -м периоде, через x_{ij} . Таким образом, показатель эффективности, который требуется максимизировать, — число наиболее важных полетных упражнений, которые необходимо выполнить, и математическая модель задачи будет иметь следующий вид:

$$J = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p k_{ij} x_{ij} \xrightarrow{\max} \quad (1)$$

при ограничениях на ресурсы

$$\sum_i x_{ij} \leq b_j; j = 1, 2, \dots, p; i = 1, 2, \dots, q; x_{ij} \geq 0. \quad (2)$$

По аналогии с работой [6] для учета влияния метеорологических условий модель (1) представим в виде

$$J = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p k_{ij} P_{ij}(\xi) x_{ij} \xrightarrow{\max}, \quad (3)$$

где $P_{ij}(\xi)$ — повторяемость благоприятных метеорологических условий, рассчитываемая в зависимости от минимума экипажа и имеющая привязку к конкретному географическому району [7].

Поскольку учет влияния метеорологических условий интересует нас с точки зрения возможности выполнения экипажами полетных упражнений (заданий) и не ставится задачи выявления взаимозависимостей между количеством облаков,

высотой их нижней границы и видимостью, то их повторяемости считаем независимыми событиями. Тогда

$$P_{ij}(\xi) = P_{Nij} P_{\text{ВНГО}ij} P_{Vij}, \quad (4)$$

где P_{Nij} , $P_{\text{ВНГО}ij}$ и P_{Vij} — характерные для географического района ξ в j -м периоде климатические повторяемости соответственно количества облаков менее семи баллов, высоты нижней границы облаков и дальности видимости, не менее минимума экипажа с i -м уровнем подготовки.

Расчет средней абсолютной ошибки планирования Q_j (%) в течение j -го интервала времени (периода), вызванной отсутствием учета метеорологических условий, производится по формуле

$$Q_j = \sum_{i=1}^q \frac{|J_i - J_{iMY}|}{q} \cdot 100. \quad (5)$$

Общая средняя абсолютная ошибка планирования всего периода описывается выражением

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^q \frac{|J_{ij} - J_{ijMY}|}{q} \cdot 100, \quad (6)$$

где N — общее число временных периодов, для которых рассчитывается ошибка планирования.

Практическую реализацию (1) — (4) осуществим при условии годового планирования 1075 полетных упражнений для экипажей армейской авиации с тремя уровнями подготовки. При этом экипажам 1-, 2- и 3-го уровня необходимо выполнить 510, 315 и 250 упражнений соответственно. Для выполнения упражнений ежемесячно выделяется авиационное топливо согласно годовому плану довольствия авиационной базы, в количестве, позволяющем выполнить определенное число упражнений из расчета расхода одной единицы топлива на одно полетное упражнение (табл. 1).

Таблица 1

Количество авиационного топлива, поставляемого ежемесячно,
согласно годовому плану снабжения авиационной базы,
для выполнения полетных упражнений экипажами армейской авиации

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Количество топлива, ед.	105	100	55	75	65	80	165	90	70	115	90	65

Требуется выполнить годовое планирование упражнений для экипажей армейской авиации с тремя уровнями подготовки исходя из ежемесячных поставок топлива (согласно годовому плану снабжения) с учетом благоприятных метеорологических условий так, чтобы показатель эффективности принимал максимальное значение, а также выявить влияние, оказываемое метеорологическими условиями на процесс планирования.

Климатическая повторяемость благоприятных метеорологических условий с учетом минимумов экипажей для Мурманска [6] представлена на рис. 1.

Рис. 1. Распределение повторяемости благоприятных условий погоды в зависимости от минимумов экипажей для выполнения авиационных упражнений.

Из рис. 1 видно, что ежемесячно наблюдаются благоприятные условия для экипажей с минимумами 100×1, 200×2 и 300×3. Наиболее благоприятные условия наблюдаются в феврале, апреле и августе, наименее благоприятные — в июне и октябре.

Для выявления влияния метеорологических условий на распределение упражнений будем полагать, что у всех экипажей имеется большой перерыв в летной работе, т.е. коэффициент важности выполнения летных упражнений для каждого экипажа примем равным единице: $k_{ij} = 1$.

Результаты реализации модели

Результаты годового планирования упражнений для экипажей армейской авиации на основе модели (1) — (4) без учета влияния метеорологических условий приведены в табл. 2, а с учетом влияния повторяемости благоприятных метеорологических условий — в табл. 3. Величина среднегодовой ошибки планирования составляет $Q = 42\%$, и ее распределение по месяцам, вызванное отсутствием учета благоприятных метеорологических условий, представлено на рис. 2.

Анализ табл. 2, 3 и рис. 2 показывает, что эффективность планирования упражнений для экипажей армейской авиации в значительной степени зависит от факторов внешней среды, в качестве которых в примере выступают метеорологические условия. При этом можно констатировать следующее. В условиях годового планирования, когда факторы внешней среды (количество облаков, высота нижней границы облаков и видимость) на период планирования расчетными методами спрогнозировать не представляется возможным, необходимо использовать

известные априорные статистические параметры, характерные для данного физико-географического района. Это обеспечивает возможность оптимального выбора сроков выполнения полетных заданий, что существенно повышает качество подготовки экипажей армейской авиации.

Таблица 2

Распределение летных упражнений по программе подготовки на год по месяцам без учета метеорологических условий и плана годового снабжения керосином

Минимум экипажей	Месяц												Число упражнений
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
100×1	75	71	26	28	28	57	60	33	28	40	36	28	510
200×2	30	14	17	26	21	3	55	32	23	42	30	22	315
300×3	0	15	12	21	16	20	50	25	19	33	24	15	250
План снабжения керосином, ед.	105	100	55	75	65	80	165	90	70	115	90	65	1075

Таблица 3

Распределение летных упражнений по месяцам с учетом повторяемости благоприятных метеорологических условий и плана годового снабжения керосином

Минимум экипажей	Месяц												Число упражнений
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
100×1	0	0	0	0	0	80	165	90	0	115	60	0	510
200×2	20	0	55	75	0	0	0	0	70	0	30	65	315
300×3	85	100	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	250
План снабжения керосином, ед.	105	100	55	75	65	80	165	90	70	115	90	65	1075

Рис. 2. Распределение ошибки планирования (%) упражнений по месяцам, вызванной отсутствием учета благоприятных метеорологических условий.

Заключение

Таким образом, предлагаемая модель позволяет существенно повысить эффективность планирования упражнений для экипажей армейской авиации на заданный период времени в условиях влияния факторов внешней среды путем учета распределения их вероятностных параметров, наличие которых позволяет обоснованно принимать решения по планированию упражнений для экипажей армейской авиации.

Список литературы

1. Антонов А.В. Системный анализ. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2004. 446 с.
2. Усиков А.В., Бурутин Г.А., Гаврилов В.А., Таишыков С.Л. Военное искусство в локальных войнах и вооруженных конфликтах, вторая половина XX — начало XXI века / Под ред А.С. Рушина. М.: Воениздат, 2008. 764 с.
3. Добровольский В.И., Бесфамильный А.Ф. Курс учебно-лётной подготовки постоянного состава на вертолётах (КУЛП-ПС-В-87). М.: Изд-во ДОСААФ СССР, 1987. 86 с.
4. Качалкин А.Ю., Кузнецов И.Е., Страшко О.В. Методика поддержки принятия решения на применение авиации в условиях труднопрогнозируемых факторов внешней среды // Сборник научных трудов XVII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». 2017. Т. 2. С. 226—231.
5. Мазуров Г.И., Нестерук В.И. Метеорологические условия и полеты вертолетов. Л.: Гидрометеиздат, 1992. 253 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1—6. Вып. 2. Мурманская область. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 316 с.
7. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. М.: Воениздат, 1992. 486 с.
8. Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации (ФАППП ГА — 2004). М.: Воениздат, 2004. 265 с.