

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»

УДК 656.7

doi:10.18720/SPBPU/2/id25-286

Хабибуллина Лия Марсовна

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

liya.khabibullina@spbpu.com

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЭКИПАЖЕЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСПИСАНИЯ АВИАКОМПАНИИ С УЧЕТОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Аннотация. Данная статья посвящена разработке многоэтапного алгоритма расчета численности экипажей авиакомпаний, необходимой для выполнения рейсового расписания с учетом законодательных ограничений на рабочее время и отдых. Выявлено, что неэффективное распределение человеческих ресурсов приводит к превышению операционных затрат и рискам нарушения трудовых норм. Актуальность работы обусловлена необходимостью соблюдения строгих регуляторных требований при одновременной минимизации расходов на персонал. Предложенный алгоритм включает поэтапный расчет суточной, недельной и годовой потребности в экипажах с учетом максимальной летной нагрузки, подготовительного времени, отпускных периодов, а также распределения по типам воздушных судов. Разработанный подход может быть интегрирован в системы планирования авиакомпаний для повышения точности распределения экипажей и снижения эксплуатационных издержек при сохранении требований безопасности и эффективности авиаперевозок.

Ключевые слова: алгоритм расчета экипажей, планирование авиаграфика, распределение ресурсов, экипаж воздушного судна.

Liya M. Khabibullina

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

liya.khabibullina@spbpu.com

AN ALGORITHM FOR CALCULATING CREWS TO FULFIL THE AIRLINE'S SCHEDULE TAKING INTO ACCOUNT LEGAL RESTRICTIONS

Abstract. This article is devoted to the development of a multi-stage algorithm for calculating the number of airline crews required to complete a flight schedule, taking into account legal restrictions on working hours and rest. It is revealed that inefficient allocation of human resources leads to excess of operating costs and risks of violation of labor standards. The urgency of the work is due to the need to comply with strict regulatory requirements while minimizing personnel costs. The

proposed algorithm includes a step-by-step calculation of the daily, weekly and annual crew requirements, taking into account the maximum flight load, preparation time, vacation periods, as well as distribution by aircraft type. The developed approach can be integrated into airline planning systems to improve the accuracy of crew allocation and reduce operating costs while maintaining safety and efficiency requirements for air transportation.

Keywords: aircraft crew, aviation planning, crew calculation algorithm, resource allocation.

Введение

Отрасль гражданской авиации регулируется строгими нормами, включая подготовку к полетам и обеспечение безопасности. Эти требования закреплены в Приказах Минтранса России № 128 (2009) и № 139 (2005) [1, 2]. Помимо соблюдения законодательства, авиакомпаниям сталкиваются с необходимостью оптимизации затрат на персонал, так как расходы на заработную плату и социальные отчисления составляют существенную долю операционных издержек авиакомпаний [3]. Целью оптимизации является не только сбалансированная нагрузка на экипаж, но и повышение производительности труда для сокращения затрат на сотрудника при формировании среднесрочных и долгосрочных планов полетов.

Процесс разработки расписания принято разделять на три этапа: формирование, объединение и составление списка экипажа [4]. Предлагаемый алгоритм ориентирован на решение первой задачи – покрытие запланированных рейсов минимальным числом членов летного состава при сокращении оплачиваемого времени, не связанного непосредственно с полетами.

Целью исследования является разработка алгоритма для расчета количества экипажей, необходимого для выполнения расписания авиакомпании с соблюдением законодательных ограничений на рабочее время и отдых. Для ее достижения требуется формализовать требования нормативов рабочего времени экипажей, включая учет отпускных периодов, описать этапы выполнения алгоритма, а также разработать его структуру и логику для практического применения.

Методы исследования

В рамках исследования был проведен анализ нормативных актов и законов в области регулирования организации труда и отдыха экипажей гражданских авиаперевозок [1, 2, 5]. Разрабатываемый алгоритм базируется на терминологии и ограничениях, предварительно отобранных в ходе изучения нормативной базы и используемых в качестве входных данных для решения алгоритмической задачи (таблица 1).

Таблица 1

Входные данные алгоритма подсчета бригад экипажа для выполнения расписания авиакомпаний

№	Тип требования	Значение
1.	Длительность предполетной подготовки	N
2.	Максимальная продолжительность полетных смен в зависимости от количества посадок и времени суток (дневные/ночные рейсы)	D
3.	Нормативное недельное рабочее время для летного экипажа	W
4.	Нормативная длительность полетного времени за календарный год	Y
5.	Нормативная длительность отпускного периода	V

Согласно Воздушному кодексу РФ [5], экипаж делится на летный (КВС, второй пилот) и кабинный (бортпроводники). Для обоих типов установлена единая максимальная продолжительность рабочего времени, включающая полеты, наземную работу и служебные перемещения. Нормы регулируют суточные, недельные (на основе 7-дневного цикла) и годовые нагрузки, а также отдых – 70 дней в году, исключая праздники [2].

Результаты

Алгоритм расчета основан на поэтапном определении необходимого числа экипажей с учетом суточных, недельных, годовых нормативов рабочего времени и требований к отпускным периодам, а также особенностей состава экипажей в зависимости от типа самолетов.

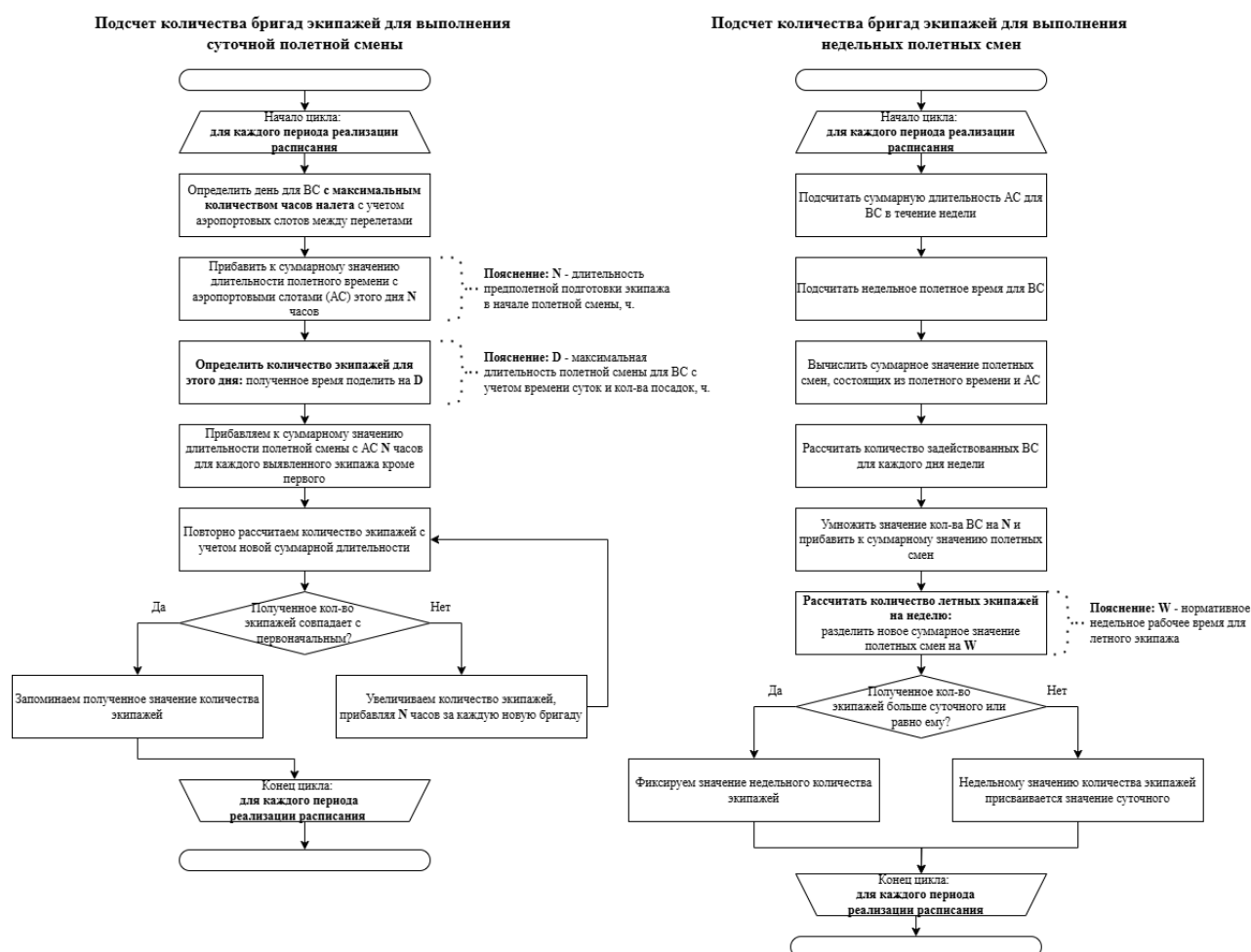


Рисунок 1 – Алгоритмы расчета экипажа для выполнения суточной и недельной полетных смен

На первом этапе (рисунок 1) вычисляется суточная потребность в экипажах на основе данных о дне с максимальной нагрузкой в каждом периоде сезонного расписания, где воздушные суда набирают наибольшее количество летных часов. К этому значению добавляется время предполетной подготовки экипажа (N часов), и полученная сумма делится на максимальную длительность полетной смены (D часов) (ночной или дневной – в зависимости от типов рейсов, которые преимущественно выполняет конкретная авиакомпания). Если во время расчета обнаруживается необходимость более одного экипажа, выполняется итеративная корректировка: к исходному времени добавляется произведение количества экипажей и времени подготовки, после чего расчет повторяется до стабилизации результата.

После расчета экипажей для воздушного судна на сутки рассчитывается недельная потребность. Учитывается суммарное время пребывания ВС вне базового аэропорта, которое прибавляется к недельному налету. Для каждого дня недели определяется количество ВС, выполнивших хотя бы один рейс, умножается на время подготовки (N) и добавляется к общему налету. Полученное значение

делится на нормативную недельную нагрузку летного экипажа (W часов). Нормативное время для летного экипажа меньше, чем для кабинного, и использование этого ограничения покроет требования всех видов экипажей. Если результат меньше суточной потребности, выбирается большее значение.

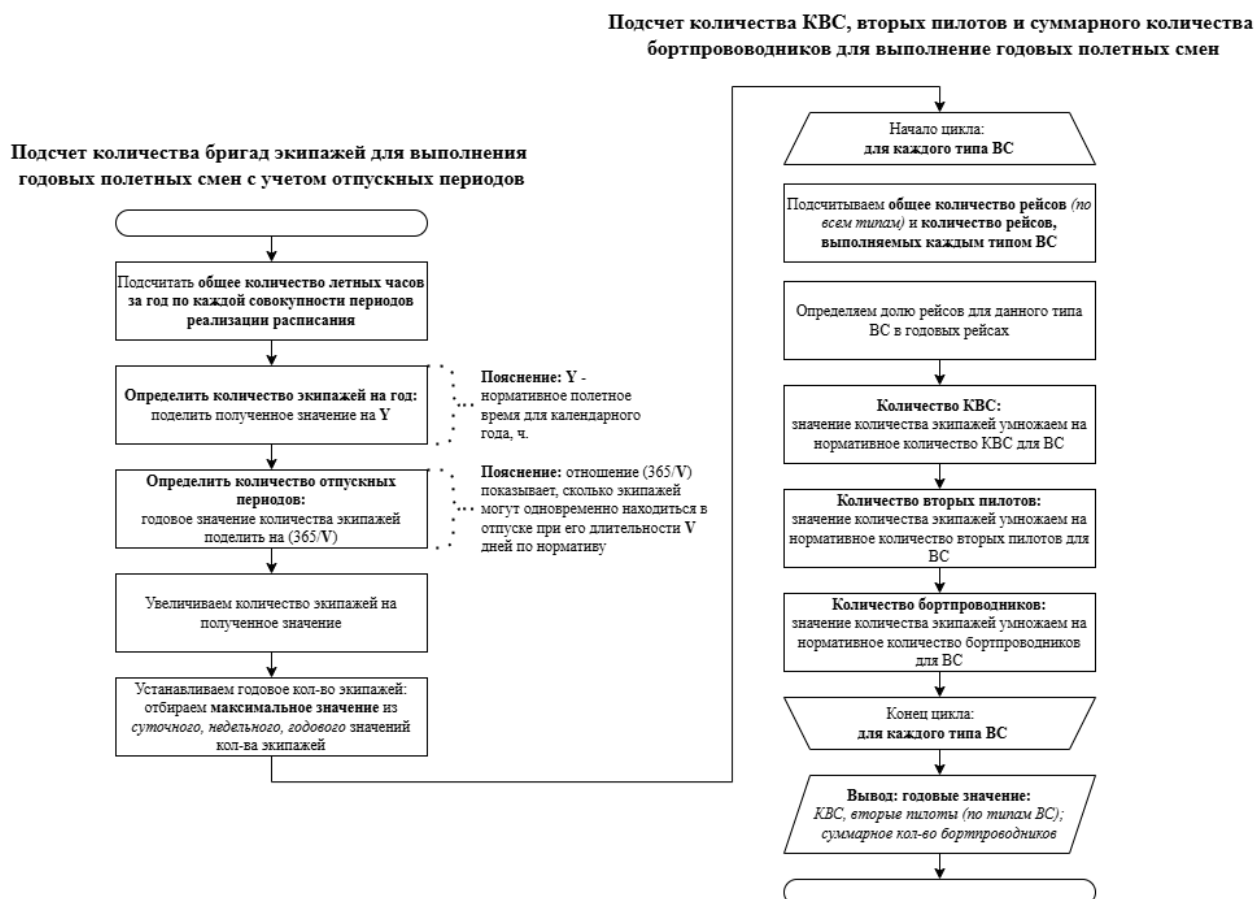


Рисунок 2 – Алгоритмы расчета экипажа для выполнения годовых полетных смен и подсчет количества КВС, вторых пилотов и бортпроводников

На этапе годового расчета количества бригад экипажей (рисунок 2) в алгоритме происходит деление суммарного налета за год на нормативное годовое время (Y часов). Отдельно учитывается необходимость покрытия отпусков: годовая численность экипажей увеличивается на количество групп, уходящих в отпуск одновременно. Так, при суммарной длительности отпуска V дней, минимальное количество экипажей, одновременно отсутствующих, вычисляется как $\frac{365}{V}$, определяемое делением на нормативную длительность отпуска. Итоговое количество экипажей выбирается как максимальное из суточного, недельного и годового значений.

После 2 этапов алгоритма определяется состав экипажей. Для каждого типа ВС вычисляется доля рейсов в годовом плане, на основе которой распределяются

должности: командиры, вторые пилоты и бортпроводники. Общее количество бортпроводников агрегируется по всем типам ВС.

Алгоритм обеспечивает комплексный учет эксплуатационных ограничений, нормативов рабочего времени и сезонной нагрузки, гарантируя соответствие требованиям безопасности и эффективности авиационных перевозок.

Заключение

Результатом работы алгоритма являются данные по достаточной для выполнения расписания численности экипажей каждого типа, необходимые для планирования ресурсов авиакомпаний. Предложенный подход подсчета может быть внедрен в системы оперативного планирования авиакомпаний, что позволит оптимизировать распределение персонала, сократить операционные расходы и сохранить стандарты безопасности полетов.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 075-03-2025-256 от 16.01.2025).

Библиографический список

1. Приказ Минтранса РФ от 31.07.2009 N 128 (ред. от 29.05.2023). Об утверждении Федеральных авиационных правил "Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации".
2. Приказ Минтранса РФ от 21.11.2005 N 139. Об утверждении Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха членов экипажей воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации.
3. Селиверстов Д. А. Влияние низкотарифных авиакомпаний на структуру рынка гражданских перевозок : дис. – М.: МГИМО, 2017.
4. Graf V. et al. Dynamic model of contingency flight crew planning extending to crew formation //Mathematics. – 2021. – Т. 9. – №. 17.
5. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ (ред. от 08.08.2024, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025).