электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

#10, октябрь 2015

УДК 629.7.07

Алгоритм оптимизации загрузки транспортных воздушных судов

***Бороновский Е.Г.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Теплофизика»

Научный руководитель: Чирков А.Ю., д.ф.-м.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Теплофизика»
chirkov@bmstu.ru

1. Введение

Современная авиация занимает одну из главных ролей в транспортной логистике человечества. Огромное количество грузов и пассажиров перебрасывается по воздух по всему земному шару, и с каждым днем расстояние и объем перевозок только увеличивается. Но каким бы не был современный самолет, нельзя просто загрузить как попало весь груз в него, здесь возникает такая проблема как правильность распределения загрузки внутри воздушных судов (ВС). Центровка ВС – один из основных инструментов обеспечения безопасности полета [1–3]. Правильно сбалансированный самолет требует для своего управления меньше сил, более отзывчив на команды штурвала, обладает меньшим лобовым сопротивлением, и как следствие меньшим расходом топлива [4–7].

Авиационная отрасль подчинена расписанию, на все операции по загрузке – выгрузке, заправке, посадке – высадки пассажиров и т.д. отведено строго определенное количество минут, вследствие чего диспетчеру по центровке ВС не хватает времени для полного изучения загрузки и максимально точной центровке самолета. В таких ситуациях необходима автоматическая система, которая могла бы сама произвести первичную центровку ВС на основе имеющихся данных. Получив необходимые данные, система произведет расчеты двух типов: в первом случает центровка будет произведена по всем правилам центровки ВС принятым в авиационное области, а во втором случае с целью получения максимально возможной правильной центровке. Далее человек сможет изучить эти рекомендации и на основе их произвести уже окончательный вариант. Положительный эффект от такой системы, в существенном уменьшении количества

времени на центровку самолета, так как первоначальные вычисления и распределение груза будет выполнено программой [8].

2. Основные ограничения и допущения

В данном разделе опишем несколько условий и понятий, который понадобятся в дальнейшем. В качестве примера будем центровать самолет типа А319, так данный самолет наиболее прост из всего самолетного парка авиакомпании, но в тоже время в отличии от В737-800, позволяет осуществлять загрузку двух типов (валом и в контейнерах).

Немного информации о типе А319. Данный самолет является уменьшенной версией базовой модели А320. За счет исключения секции фюзеляжа между крыльями и хвостовым оперением, уменьшенная версия А320 стала более рентабельной для рейсов малой протяженности при не полной грузовой или пассажирской загрузке. А319 позволяет авиакомпании легче реагировать на сезонные спады свойственный различным направлениям, за счет использования экономически выгодных типов ВС. В таблице приведено сравнение двух типов ВС: А320 и А319.

Как видно из таблицы, А319 лишь незначительно проигрывает А320 в дальности, пассажиро- и грузовместимости.

На рис. 1 представлена схема грузовых отсеков А319.

В данной работе рассматривается центровка самолета без топлива, т.к. этот этап необходимо выполнять после того как будет отцентрована загрузка. Загрузка на 51 позицию (так называемый Балк) принимается за константу, из-за того, что различное расположение полезной нагрузки в данном отсеке не дает погрешности больше 0,05% от итогового значения. Рассадка пассажиров в салоне принимается так, как если бы все занятые и пустые кресла были равномерно распределены по фюзеляжу, и для каждого класса бронирования (бизнес и эконом) принимается своя рассадка. Такое допущение даст нам погрешность около 1,5-2% от итогового значения, что на данном этапе допустимо, в реальных программах учитывается расположение каждого занятого кресла в салоне, но для этого необходимо удаленное соединение с программой регистрации пассажиров.

Таблица

Таблица сравнения базовых характеристик A320 и A319

	A320	A319
Кол-во в парке авиакомпании	63	7
Длина, м	37,57	33,84
Размах крыла, м	34,1	34,1
Крейсерская скорость, км/ч	830	830
Кол-во пассажиров	140 или 158	116
Максимальный взлетный вес, т	75,5	70
Максимальная высота полета, км	12,1	12,1
Максимальная дальность, км	4000	3500
Кол-во багажных отсеков	2+1	2+1
Кол-во грузовых позиций	7+1	4+1

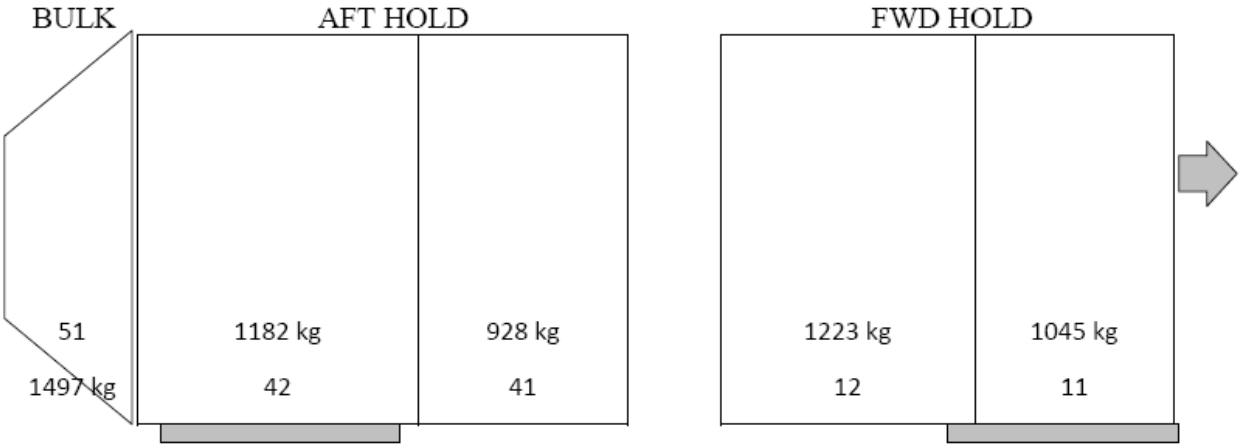


Рис. 1. Схема грузовых отсеков A319

3. Алгоритм распределения загрузки

В данном разделе изучим работу алгоритма распределения загрузки. В алгоритм из основного ядра программы поступает несколько обработанных ранее типов данных:

1. Экипаж для данного рейса (кол-во пилотов и бортпроводников).
2. Вес пустого снаряженного самолета и его центровка без загрузки для стандартного экипажа (Стандартный экипаж для A319 – 2 пилота и 5 бортпроводников).
3. Кол-во пассажиров по классам бронирования.
4. Обработанный ранее массив данных о загрузке.

Для начала необходимо скорректировать вес пустого снаряженного самолета и его центровку без загрузки по кол-ву экипажа для данного рейса. К примеру 2 пилота и 4 бортпроводника, следовательно надо сделать поправку на одного проводника, т.к. стандартный экипаж для данного типа 2/5.

Далее учитывается кол-во пассажиров по классам и производиться виртуальная погрузка груза в балк. После этого алгоритм начинает вычислять предварительный центровочный индекс *IB* по формуле:

$$IB = DOI + (IOA * W_{OA}) + (IOB * W_{OB}) + (I51 * W_{51}),$$

где *DOI* – центровка пустого самолета, скорректированная по экипажу, *IOA*, *IOB*, *I*51 – корректировочный индекс на каждый килограмм загрузки, W_{OA}, W_{OB}, W_{51}- вес пассажиров для каждого класса бронирования и вес груза в балке.

Теперь рассчитаем предварительный процент САХ (%*MAC*) для данной загрузки по формуле:

$$\%MAC = \frac{\frac{C \cdot (I - K)}{W} + Ref.Sta - LEMAC}{\frac{MAC}{100}},$$

где *C* – константа, используемая для преобразования значений моментов в индексные значения, *I* – значение скорректированного индекса, W – актуальный вес самолета + вес всей загрузки, *K* – константа, используемая чтобы избежать негативных цифр индекса, *Ref.Sta* – выбранная точка или ось отсчета, относительно которой производятся все расчеты, *LEMAC* – горизонтальное расстояние от начальной точки отсчета до передней кромки крыла, *MAC* – длина средней аэродинамической хорды крыла. При данном расчете учитывается так же вес нераспределенной загрузки, так как САХ - функция веса.

Введем параметр необходимой коррекции *k*, который покажет, как нам надо разместить оставшуюся загрузку, чтобы получить значение центровки близкое к оптимальной для данного типа ВС. Формула поясняет простой расчет параметра *k*:

$$k = \left((\text{Оптимальный САХ} - \text{Предварительный САХ}) * \frac{100}{MAC} - Ref.Sta + LEMAC\right) * {}^{W}I_{C} + K.$$

После определения необходимой коррекции, начинается основная часть работы алгоритма. Необходимо распределить оставшуюся загрузку таким образом, чтобы сумма всех индексов от каждой грузовой позиции давала значение равное значению необходимой коррекции.

Так как современные вычислительные средства достигли огромных скоростей вычисления, а также малое количество грузовых ячеек, которые надо заполнить, приводит

к тому, что в данном случае лучший вариант решения проблемы - это последовательный перебор всех возможных вариантов для определения лучшего. Предварительно обработанный массив данных о загрузке содержит всего 4 единицы груза, остальное было либо выгружено или перераспределено в балк ранее. Имея 4 грузовых позиции, которые нужно занять 4 единицами груза, получаем количество вариантов загрузки равное $n! = 4! = 24$.

К примеру, для A320, у которого грузовых ячеек 7, кол-во решений будет равно $n! = 7! = 5040$, для A321 с 10 позициями $n! = 10! = 3628800$ вариантов.

На рис. 2 показана приблизительная схема работы алгоритма перебора вариантов.

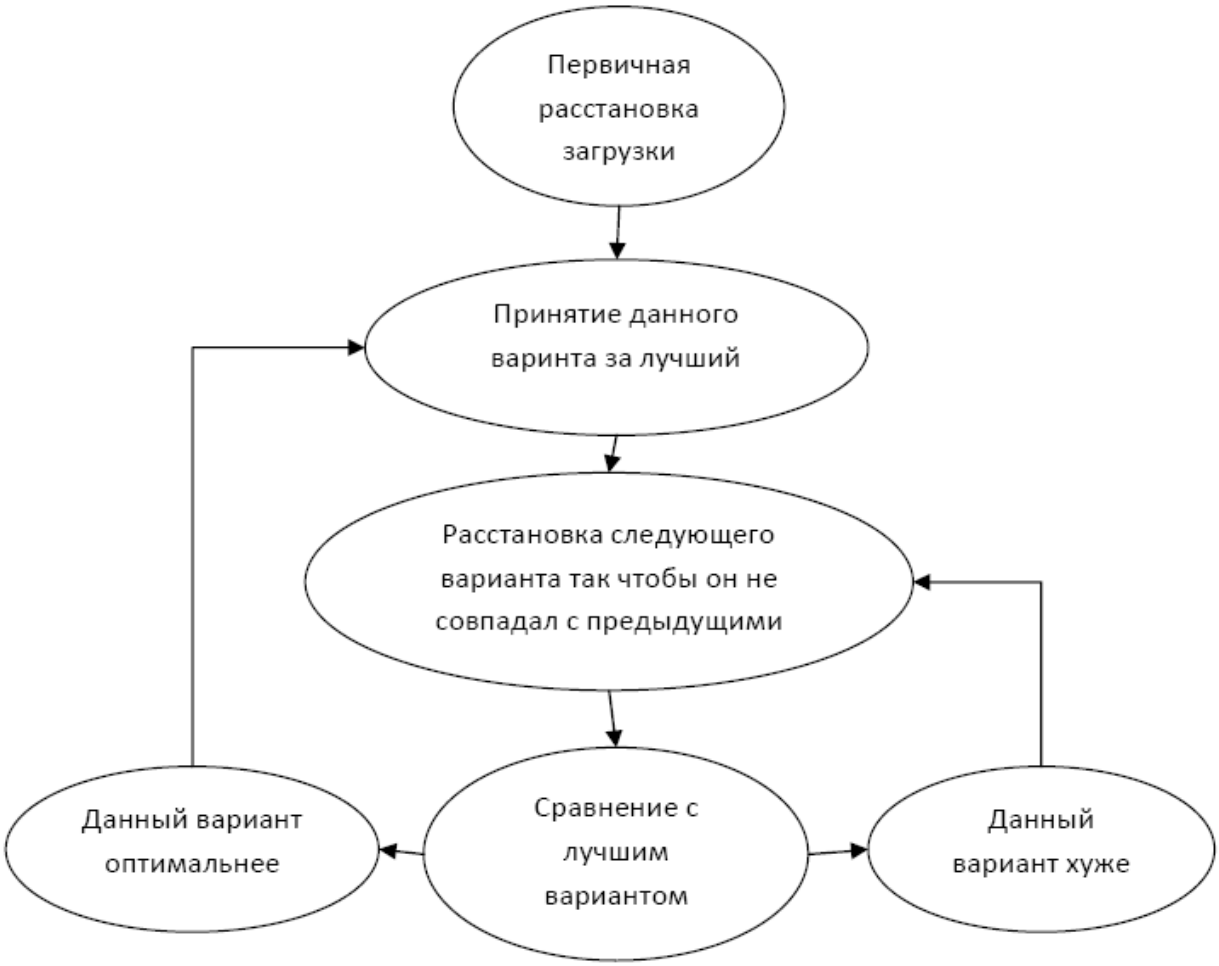


Рис. 2. Схема работы алгоритма перебора вариантов

После того как будет определена лучшая загрузка, необходимо только рассчитать итоговый процент CAX и оформить данные указывающие на какой позиции что погружено.

Среднее время для определения оптимальной загрузки для A320 равняется около 40 секунд, ровно столько необходимо программе, чтобы перебрать свыше пяти тысяч вариантов.

4. Заключение

В рамках данной статьи был рассмотрен основной принцип работы алгоритма распределения загрузки. Применение программы на основе данного алгоритма позволит сократить время и стоимость обслуживания ВС. Загрузив данный алгоритм в бортовую вычислительную систему, самолет сможет производить центровку своей загрузки сам. Летчикам останется только проверить его решение и подкорректировать его.

Список литературы

1. Технический справочник по центровке ВС типа А320 (Weight and Balance manual). Франция, Airbus Industry, 2010. 174 с.
2. Скрипниченко С.Ю. Теоретические основы и практические методы оптимизации режимов полета воздушных судов гражданской авиации с целью повышения экономичности их эксплуатации. М.: Министерство транспорта Российской Федерации государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, 2005. 409 с.
3. Марченко Д.С. Центровка воздушного судна: мировая практика, актуальные проблемы, перспективы развития. Режим доступа: http://www.ato.ru/content/centrovka-vozdushnogo-sudna-mirovaya-praktika-aktualnye-problemy-perspektivy-razvitiya (дата обращения: 15.04.2015).
4. Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. 80 с.
5. Макаревский А.И., Француз Т.А. Силы, действующие на самолет в полете. М.: Бюро новой техники НКАП, 1943. 64 с.
6. Пышнов В.С. Аэродинамика самолета. В 4 ч. Ч. 2. Л.: Редакция авиационной литературы, 1935. 180 с.
7. Чумак П.И., Кривокрысенко В.Ф. Расчет и проектирование СЛА. Режим доступа: http://stroimsamolet.ru/010.php (дата обращения: 15.04.2015).
8. Бороновский Е.Г. Автоматическая центровка воздушных судов // Первая научно-практическая конференция молодых ученых «Задачи современной информатики»: труды. М.: ИПИ РАН, 2014. С. 48–52.