

*Кондрацкий Е.О.,*

*курсант*

*4 курс, факультет подготовки авиационных специалистов*

*Ульяновский институт гражданской авиации*

*им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*Россия, г. Ульяновск*

*Бутузова Е.А.,*

*кандидат педагогических наук,*

*доцент кафедры естественно-научных дисциплин*

*факультет подготовки авиационных специалистов*

*Ульяновский институт гражданской авиации*

*им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева*

*Россия, г. Ульяновск*

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА  
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ  
ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

*Аннотация:* статья посвящена проблеме поисково-спасательных работ, в уточнении содержания количества поисково-спасательных формирований. Предложенный метод оптимизации состава воздушных судов на основе минимизации финансовых затрат, параметров надежности и минимизации времени может позволить решить задачи поисково-спасательных операций более оптимальным способом.

*Ключевые слова:* поисково-спасательные работы, оперативное планирование, минимизация времени, минимизация затрат, воздушное судно.

*Annotation:* the article is devoted to the problem of search and rescue operations, in clarifying the content of the number of search and rescue formations.

*The proposed method of optimizing the composition of aircraft based on minimizing financial costs, reliability parameters and minimizing time can allow solving the tasks of search and rescue operations in a more optimal way.*

**Keywords:** *search and rescue operations, operational planning, time minimization, cost minimization, aircraft.*

На сегодняшний день авиация достигла своего максимального темпа развития, регулярно разрабатываются и вносятся изменения или поправки в деятельность авиаперевозчиков, конструкторов воздушных судов (ВС) и других сфер, связанных с авиацией. Данная работа проводится с целью повышения безопасности и регулярности полетов. Благодаря этому, количество авиационных происшествий с каждым годом уменьшается, согласно отчетов Росавиации, а следовательно уменьшается потребность в содержании большого количества поисково-спасательных формирований, так как финансовые затраты не являются полностью оправданными.

При доскональном изучении отчетов об авиационных происшествиях было выявлено, что в некоторых случаях, для проведения ПСР привлекались коммерческие ВС.

*Актуальность* данной темы заключается в том, что при получении информации по нештатной ситуации перед лицом, принимающим решение, возникает задача по определению необходимого и достаточного состава поисковых сил и средств, привлекаемых к выполнению ПСР.

*Практическая значимость* исследования заключается в том, что настоящий метод оптимизации состава воздушных судов на основе минимизации финансовых затрат, параметров надежности и минимизации времени позволяет получить численные значения состава ВС на этапе оперативного планирования и обеспечить исключение необоснованного привлечения ВС, нецелесообразных для решения задач поисково-спасательных операций.

Примем, что объектом поиска является спасательный плот на 15 человек, с 8 пострадавшими. Поиски проводятся на площади 4000 км<sup>2</sup>, над водной поверхностью, штатным ПСВС Ми-8МТВ. Имеется возможность привлечения ВС R44. Максимальная продолжительность работы без дозаправки Ми-8МТВ составляет 5,88 ч., а R44 – 3, 45 ч. Себестоимость часа работ, для Ми-8МТВ – 200000 руб., для R44 – 35000 руб. Фактическая площадь визуального обследования Ми-8МТВ – 4045,55 км<sup>2</sup>, R44 – 2252,61 км<sup>2</sup>. Также, в связи с тем, что поиск и спасение производится над водной гладью, только Ми-8МТВ сможет принять на борт максимальное количество человек (24). при помощи подъемно-спусковой лебедки.

Таким образом, общие суммарные затраты, которые нужно минимизировать, в формализованном виде записываются как:

$$W = \sum_{i=1}^x C_i(A_i) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_i(A_i)$  – значениями себестоимости часа эксплуатации, руб.

При выполнении ограничений вида:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^x S_i(A_i) &\geq S_x \\ \sum_{i=1}^k q_{ci}(A_i) &\geq Q_c \\ \sum_{i=1}^k q_{ri}(A_i) &\geq Q_s \\ \sum_{i=1}^k q_{pi}(A_i) &\geq Q_{\Pi} \\ \sum_{i=1}^k q_{ei}(A_i) &\geq Q_h \end{aligned}$$

где  $S_x$  – площадь обследования;  $s_i(A_i)$  – показатель площади обследования ПСВС;  $Q_c$  – необходимость работы с подъемно-спусковым устройством типа

СПГ или ЛПГ;  $q_{ci}(A_i)$  – показатель ВС работать со спусковыми устройствами;  $Q_s$  – необходимость работать в горной местности;  $q_{гi}$  – показатель возможности ВС при эксплуатации в горной местности;  $Q_{п}$  – необходимость десантирования парашютным способом;  $q_{пi}$  – показатель возможности ВС осуществлять десантирование парашютным способом;  $Q_h$  – необходимость эвакуировать пострадавших;  $q_{ci}$  – показатель числа пассажиров ВС [3].

Подставляя исходные данные формулу (1), получаем целевую функцию, которая будет иметь вид:

$$W = 5,88 * 200000X_1 + 3,45 * 5000 \rightarrow \min$$

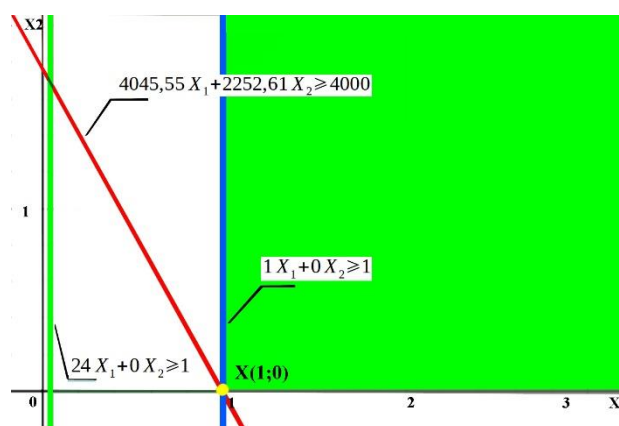
Анализируя исходные данные, можно сделать вывод о том, что при проведении ПСР на воде, приземление задействованных по заданию ВС невозможно, что в свою очередь усложняет проведение ПСР. В связи с этим потребуется применение лебедочной системы подъема пострадавших на борт ВС, а также для спуска и подъема спасателей-аквалангистов. В добавок к этому возможно понадобится ВС с возможностью десантировать грузовые контейнеры для пострадавших. Учитывая летно-технические характеристики ВС, можно сказать, что для выполнения данных задач подходит только Ми-8МТВ, однако R44 можно использовать с целью поиска пострадавших. Исходя из вышеизложенного, определяем систему ограничений:

$$4045,55X_1 + 2252,61X_2 \geq 4000$$

$$1X_1 + 0X_2 \geq 1$$

$$24X_1 + 0X_2 \geq 1$$

где  $X_1$  и  $X_2$  – значения первого и второго ВС, неотрицательные целые числа. Построим графическое решение задачи (рисунок 1).



**Рисунок 1. Решение задачи определения состава ВС по финансовой экономичности**

Выделенная (зеленым) площадь – это область допустимых решений, которые удовлетворяют ограничениям по площади обследования, применению лебедки и количеству пострадавших. Точкой  $X(1;0)$  обозначено целочисленное неотрицательное значение  $X_1$  и  $X_2$  с минимальным значением целевой функции.

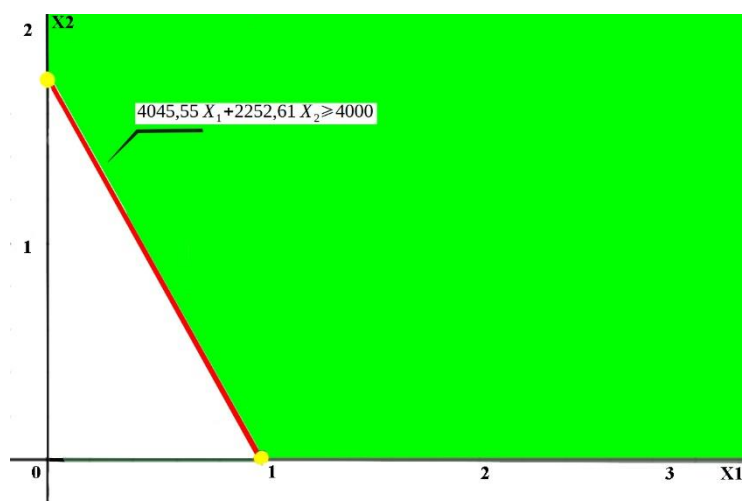
При заданных условиях оптимальным решением будет применение одного вертолета типа «Ми-8МТВ». При таком решении финансовые затраты примут минимальное значение:  $W=1\,176\,000$  руб.

Однако, исходя из логических рассуждений, оптимальным вариантом для поиска плота является 2 вертолета типа R44, которые в течение 3,45 часов, способны полностью произвести обзор заданной области, данное время превышает минимальное расчетное время поиска (2,98 ч.) на 0,47 часа, но при этом на выполнение данной работы израсходуется 241,5 тысяч рублей. После обнаружения плота, по сигналу, необходимо привести в действие Ми-8МТВ, для проведения операции спасания. Зная точные координаты, ВС «напрямик» отправится к месту проведения спасательных работ, а исходя из скорости перебазирования данного ВС и с учетом времени подъемно-спусковых работ, длительность эксплуатации Ми-8МТВ составит приблизительно 1,5 часа.

Стоимость эксплуатации составит 300 тысяч рублей. Общая стоимость ПСР составит 541,5 тысячу рублей, что в 2 раза дешевле, а время проведения ПСР стало на 1 час меньше, чем в полученном ранее решении, следовательно оно является не совсем корректным (рисунок 2).

Причиной такого значимого изменения в стоимости проведения ПСР послужило разделение этапов поиска и спасания на 2 независимых, на каждом из которых привлекались наиболее эффективные и выгодные силы и средства.

Из проведенного во второй главе расчета были выявлены условия для поиска пострадавших.

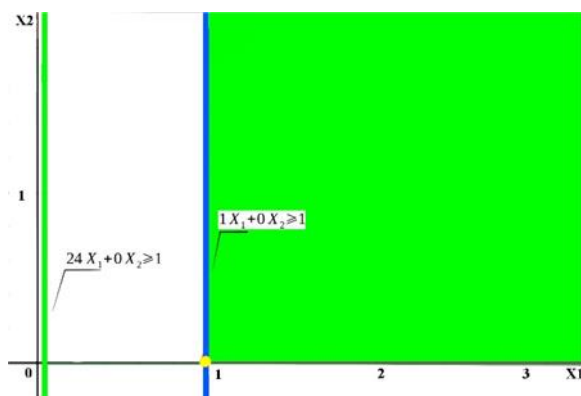


**Рисунок 2. Оптимальный подбор ВС по финансовой экономичности для поиска**

На рисунке 2 представлено оптимальное решение по финансовой экономичности, с учетом возможностей обследования заданной области ВС, наименьшая стоимость проведения поисковых работ, будет в одной из точек пересечения прямой с осями, в зависимости от стоимости летного часа. В данном случае таковой является точка  $(0; 2)$ . Для проведения подсчета необходимо брать целочисленные значения. Все решения, находящиеся в

зеленой области будут являться также возможными, но не оптимальными по финансовой экономичности.

Для операция спасания также были выявлены необходимые условия и составлены уравнения. Оптимальным решением будет являться точка (целочисленное значение), находящаяся в области допустимых значений (выделенной зеленым), удовлетворяющая заданным условиям (рисунок 3). В данном случае таковой является точка (1;0).



**Рисунок 3. Оптимальный подбор ВС по финансовой экономичности для спасания**

Таким образом, причиной такого значимого изменения в стоимости проведения ПСР послужило разделение этапов поиска и спасания на два независимых, на каждом из которых привлекались наиболее эффективные и выгодные силы и средства.

#### **Используемые источники:**

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 264 с.
2. Руководство по летной эксплуатации R44. – Лос-Анджелес, 2005.
3. Руководство по летной эксплуатации Ми-8МТВ. – Москва, 2005.