

УДК 656.74

## РАЗРАБОТКА НАИЛУЧШЕГО МАРШРУТА ОБЛЁТА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ УТЕЧЕК НА ГАЗОПРОВОДАХ

Калинина К. П., Потапов В. И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Воздушный транспорт является универсальным видом транспорта, способным перевозить различные виды грузов и пассажиров.

Особыми лётно-техническими характеристиками обладают вертолёты. Вертикальная посадка и взлёт, высокая маневренность, возможность зависания и перевозки грузов на внешней подвеске, большой диапазон скоростей обеспечивают вертолётам преимущества перед самолётами и наземным транспортом.

Важной отраслью производства любого региона является газодобывающая отрасль промышленности. Для безопасной эксплуатации газотранспортных систем необходим регулярный мониторинг газопроводов с целью своевременного обнаружения утечек газа. Перспективным является дистанционный метод обнаружения утечек природного газа посредством прибора, установленного на борту вертолёта.

Для решения задачи мониторинга магистрального газопровода активно используется вертолётный локатор утечки газа «ЛУГ-1», который устанавливается на борт вертолёта, широко используемого в данной отрасли, – Ми-8.

Локатор устанавливается над люком нижней подвески вертолёта. Обследование проводится на высоте полёта вертолёта 60-90 м при скорости 80-120 км/час.

В ходе работы решена задача выбора оптимального маршрута вертолёта при мониторинге газопровода с использованием вертолётного лазерного локатора утечек газа согласно схеме расположения магистрального газопровода в самарском регионе. Оптимальный маршрут предполагает минимальную протяжённость пути для минимизации затрат на данную операцию.

Для определения маршрута решается задача линейного программирования и используется алгоритм задачи Коммивояжера.

Предложено решение данной задачи с учётом эксплуатационных ограничений вертолёта и технических характеристик средства дистанционного обнаружения утечек газа.

Вся сеть магистрального газопровода разбивается на отдельные участки. Задаётся направление облёта участка при обследовании путём обозначения начала и конца каждого из участков. Для решения задачи определяется протяжённость каждого участка и рассчитываются расстояния между участками, а также длина пути от участков до базовой точки, необходимой для заправки, в качестве которой выбран аэродром Бобровка.

Математическая модель определения наилучшего маршрута облёта существующих газопроводов реализована в программной среде Microsoft Excel и ILOG OPL. Результатом решения задачи является оптимальная последовательность облёта участков магистрального газопровода.

Сеть магистрального газопровода, разделённая на 15 участков, представлена на рисунке 1.

Ни один из предложенных и подходящих для данной цели летальный аппарат не способен облететь и обследовать полученный маршрут за один вылет. Следовательно, необходимо разбить имеющийся маршрут на несколько частей. Количество вылетов зависит от технических характеристик летального аппарата.



Рис. 1

Проанализированы перспективы использования других вертолётов, имеющих меньшую грузоподъёмность и меньший расход топлива, а также сверхлёгких летальных аппаратов на примере дельталёта Форсаж.

В сравнительной таблице представлены итоги расчётов: временные затраты, расход топлива и суммарная стоимость выполнения операции при обследовании маршрута несколькими вертолётами и дельталётом Форсаж.

Таблица 1

Показатель	Летательный аппарат									
	Ми-8	Ми-2	Ми-34С1	Ка-26	Ка-226	Ансат	R22	R44	EC 135	Дельталет Форсаж
Количество вылетов	2	4	4	4	4	4	5	4	3	15
Затраты на топливо, тыс.руб	183,8	83,5	15,1	188,3	57,8	63,7	39,4	43,8	36,5	9,5
Затраты времени, ч	11,78	12,70	12,99	14,84	12,64	11,87	14,15	12,42	11,82	24,48
Стоимость ЛА, млн. руб	323,8	20,4	175,0	12,0	249,0	350,0	23,3	30,8	512,3	0,9
Стоимость обследования, тыс.руб	754,2	202,6	108,0	308,5	478,1	566,2	139,9	147,2	733,7	85,7

В случае, если критерием эффективности выступает минимизация денежных расходов на операцию обследования, то эффективным представляется использование дельталёта Форсаж. Если основной критерий – затрачиваемое время, то из предложенных летальных аппаратов необходимо использовать вертолет Ми-8, который способен за минимальное время выполнить обследование.

Наилучшее сочетание время-стоимость показал вертолет Ми-34С1.

Наиболее перспективно использование дельталёта Форсаж при мониторинге газопроводов – отводов протяжённостью 10-50 км.