

А.В. Краморенко, доктор технических наук, старший научный сотрудник  
А.Н. Скакун

## Концептуальный подход к оценке эффективности авиатранспортировки спасательных глубоководных аппаратов

*Статья посвящена обоснованию подхода к оценке эффективности мобильных спасательных глубоководных аппаратов. В статье рассмотрен алгоритм оценки эффективности мобильных СГА на основе нормального закона распределения.*

При обосновании облика и характеристик вооружения и военной техники (ВВТ) широкое применение нашел критерий «эффективность-стоимость». Аварийно-спасательная техника, и, в частности, спасательные глубоководные аппараты, существенно отличаются от боевой техники в силу редкого применения по прямому назначению в условиях неопределенности, связанной с конкретной и никогда не повторяющейся аварийной ситуацией. В этой связи требуется нестандартный подход к определению эффективности, который позволяет выполнить оценки при минимальном количестве статистических данных. Статья содержит описание нового подхода к оценке сравнительной эффективности спасательного глубоководного аппарата (СГА), обладающего свойством авиатранспортабельности.

Спасательные глубоководные аппараты, состоящие на вооружении Военно-Морского Флота Российской Федерации, предназначены для спасания экипажей аварийных подводных лодок, лежащих на грунте. Они позволяют вывести экипаж подводной лодки самым безопасным «сухим» способом, при котором спасаемые непосредственно переходят внутрь СГА, состыковавшегося с подводной лодкой. В спасательной операции, как правило, требуется наращивание сил. По этой причине вся спасательная техника создается в мобильном исполнении. В 2015 году на вооружение ВМФ принят авиатранспортабельный СГА проекта 18271 «Бестер-1»<sup>1</sup> (рисунок 1).

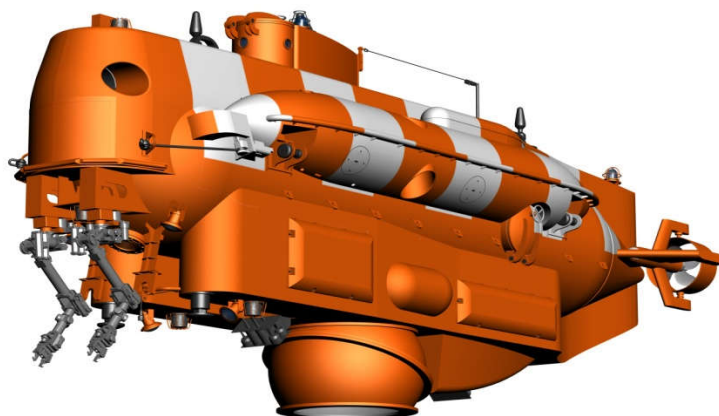


Рисунок 1 – СГА «Бестер-1»

Он является развитием первого авиатранспортабельного СГА проекта 18270 «Бестер»<sup>2</sup>.

В настоящее время в ВМФ накоплен опыт авиатранспортировки СГА, в том числе при фактической аварии в 2005 году. Он показывает, что основным является фактор времени. Продолжи-

1 Инструкция по подготовке к авто- и авиатранспортировке СГА проекта 18271 «Бестер-1», АО «ЦКБ Лазурит». – Нижний Новгород, 2015.

2 Руководство по авиатранспортировке СГА проекта 18270 «Бестер». – Ломоносов: 40 ГНИИ МО РФ, 1996.

тельность транспортировки зависит от конструктивных решений, принятых при проектировании СГА. Эти решения оказывают влияние на всю технологию транспортировки. Технологические операции, выполняемые при авиатранспортировке (рисунок 2) представлены в таблице 1, в которую включены данные для СГА «Бестер», «Бестер-1» и перспективного СГА.



Рисунок 2 – Загрузка СГА «Бестер-1» в самолет Ан-124

При этом учитывалось, что СГА «Бестер-1» имеет улучшенные технические характеристики по сравнению с СГА «Бестер», а перспективный СГА будет спроектирован с применением иных технических решений, направленных на значительное уменьшение массогабаритных характеристик, а также исключение технологических операций по демонтажу и монтажу выступающих частей.

Таблица 1 – Продолжительность транспортировки СГА различных проектов

№ п/п	Технологическая операция	Продолжительность выполнения, часы					
		СГА «Бестер»		СГА «Бестер-1»		Перспективный СГА	
		min	max	min	max	min	max
1	Перевод устройств и систем в транспортное состояние	2	5	1	3	1	2
2	Выгрузка СГА с судно-носителя	1	2	1	2	1	2
3	Демонтаж оборудования СГА, подготовка к транспортировке	14	20	17	25	2	4
4	Установка СГА на железнодорожную платформу	4	8	0	0	0	0
5	Железнодорожная транспортировка	4	12	0	0	0	0
6	Погрузка на автоприцеп	2	5	1	3	1	2
7	Автотранспортировка на аэродром вылета	1	4	5	9	5	8
8	Загрузка СГА в самолет	3	8	2	5	2	5
9	Перелет	6	12	6	12	6	12
10	Выгрузка СГА из самолета	3	8	2	5	2	5
11	Погрузка на автоприцеп	2	5	0	0	0	0
12	Автотранспортировка в порт погрузки на судно-носитель	4	10	2	4	2	4
13	Монтаж демонтированного оборудования	14	20	17	25	2	4
14	Погрузка СГА на судно-носитель	2	4	2	4	1	2
15	Сумма	62	123	56	93	25	50

С целью оценки эффективности принятых в перспективном СГА решений предлагается новый научный подход, разработанный в НИИ спасения и подводных технологий ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» [1, 2]. Он основан на вероятностной оценке срока окончания транспортировки, которая дается на основании анализа временных интервалов. Интервалы назначаются экспертами с учетом практического опыта и характеристик применяемых технических средств. Определяется минимальная и максимальная продолжительность каждой технологиче-

ской операции, сумма которых дает временной интервал всего комплекса работ. На основании предельной теоремы А.М. Ляпунова [3] с учетом воздействия на выполняемые работы большого количества равнозначных факторов в первом приближении принято, что действует нормальный закон распределения случайной величины срока окончания транспортировки. Таким образом, на временном интервале строятся функции плотности вероятности и распределения вероятности для нормального закона распределения. Графики функций плотности вероятности, построенные для временных интервалов, назначенных для транспортировки СГА «Бестер», СГА «Бестер-1» и перспективного СГА, представлены на рисунке 3.

$f(x)$  – плотность вероятности

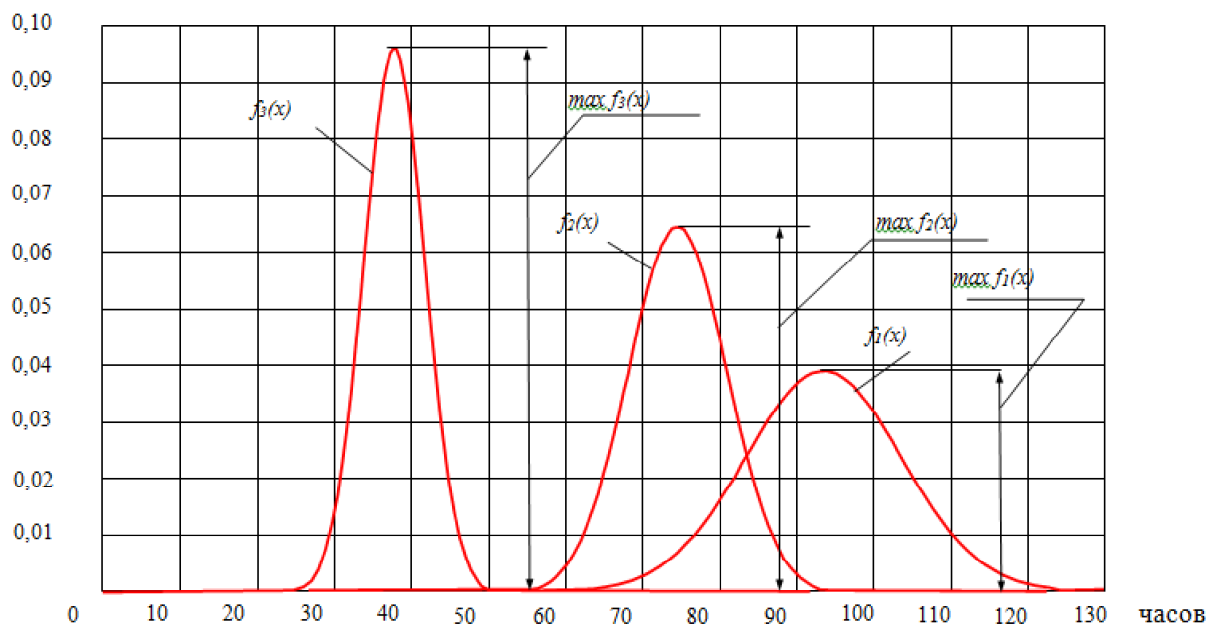


Рисунок 3 – Функции плотности вероятности продолжительности авиатранспортировки СГА различных проектов:

$f_1(x)$  – СГА «Бестер»;  $f_2(x)$  – СГА «Бестер-1»;  $f_3(x)$  – перспективный СГА

Графики на рисунке 3 позволяют наглядно оценить эффективность принятых технических решений при создании каждого из рассматриваемых СГА с точки зрения обеспечения его транспортабельности. Для этого используется сравнительный показатель эффективности [4], вычисляемый по формуле:

$$C_e = \frac{f_i(\tilde{x})}{f_j(\tilde{x})},$$

где  $f_i(\tilde{x})$ ,  $f_j(\tilde{x})$  – плотности вероятности срока окончания транспортировки сравниваемых СГА, вычисленные в точках математического ожидания.

Соотношение плотностей вероятности показывает, что эффективность перспективного СГА по сравнению с СГА «Бестер-1» и «Бестер» выше в 1,47 и в 2,41 раза, соответственно. О степени превосходства СГА нового проекта можно также судить визуально по смещению графика плотности вероятности к началу координат по оси абсцисс (ось времени).

Специфика выполнения спасательных работ заключается в стремлении всех, без исключения, участников максимально сократить временные интервалы отдельных технологических операций и всех работ в целом. В этой связи более уместным является применение вместо нормального закона распределения закона распределения Релея. Алгоритм вычисления сравни-

тельной эффективности остается прежним.

**Выводы:**

1. Расчет сравнительной эффективности на основе анализа временных интервалов показал явное преимущество перспективного СГА с точки зрения обеспечения его мобильности (возможности авиатранспортировки) за счет уменьшения массогабаритных характеристик и исключения технологических операций по монтажу и демонтажу выступающих частей.

2. Рассмотренный подход определения сравнительной эффективности позволяет оценивать технические решения, заложенные как в существующие, так и в перспективные образцы ВВТ. В совокупности со стоимостными показателями появляется возможность сравнивать их по критерию «эффективность-стоимость».

**Список использованных источников**

1. Технологические карты выполнения типовых работ при подъеме затонувших объектов с малых глубин: Практическое пособие. – М.: Красная Звезда, 2014. – 496 с.

2. Агеев А.С., Краморенко А.В. Оценка эффективности технических средств судоподъема на основе анализа временных интервалов / в сб. «Труды ВМПИ». – СПб.–Пушкин: ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», 2016.

3. Динер И.Я. Методы исследования операций. Выпуск 1. Основы теории вероятностей. Случайные события и случайные величины. – Л.: ВМА, 1969. – 150 с.