

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАНЕВРЕННОГО ЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕГО СТАРТОВОЙ МАССЫ.

Д.В. Кучумов, В.С. Сафронов, И.К. Туркин

В статье приведена методика оценки эффективности снижения стартовой массы ЛА для увеличения максимальной горизонтальной дальности (при условии выполнения ими ТТЗ и сохранении неизменных внешних форм, полученных в результате проектных исследований) путём внедрения в конструкцию ЛА элементов из композиционных материалов на этапе модификации. Полученные в результате расчётов зависимости позволяют оценить целесообразность модификации готового ЛА с целью повышения его эффективности.

Эффективность операции по выполнению задачи равна вероятности попадания в цель. Поскольку вероятность попадания и вероятность не попадания (т.е. вероятность преодоления целью системы) составляют полную группу событий, то их сумма равна 1. Поэтому, исходя из

$$P(0) = \bar{P}_{\text{нво}} = e^{-\lambda^3 t} = e^{-\lambda P t} \quad (1.1)$$

эффективность операции по выполнению задачи считается по формуле:

$$W = P_{\text{сбит}} = 1 - e^{-\lambda P} \quad (1.2)$$

где $e^{-\lambda P}$ - вероятность преодоления цели системы противодействия ;

λt - число ЛА, выпускаемых по цели;

λ - интенсивность пусков, т.е. число ЛА выпускаемых по цели в единицу времени;

t - время, в течении которого ведутся пуски.

Пуски по цели ведутся, когда цель находится в зоне пусков, т.к. вероятность попадания в цель ЛА вне зоны пуска равна 0. Следовательно, в качестве времени t нужно брать $t_{\text{пуск}}$ - время, в течение которого цель находится в зоне пуска.

$$t_{\text{пуск}} = t_1 + t_2 + t_3 \quad (1.3)$$

Здесь:

t_1 - время полета цели от начала зоны пусков до начала зоны попадания. Поскольку 1-ый ЛА может «встретиться» с целью в точке $A(D_{\text{max}}, H)$, а цель летит с постоянной скоростью, то t_1 - время полета ЛА до данной точки, т.е. $t_{\text{ЛА}}$.

t_2 - время полёта цели от координаты D_{max} до координаты $X=0$ – точки расположения комплекса. Очевидно, что:

$$t_2 = D_{\text{max}} / V_{\text{ц}} \quad (1.4)$$

t_3 - время полета цели от координаты $X=0$ до $X_{пред}$ - предельной координаты по оси X , пролет цели которой делает бессмысленный запуск следующего ЛА .

Поскольку последний ЛА может «встретиться» с целью не далее точки

$B(D_{max}, H)$, а время полёта ЛА до этой точки так же равно $t_{ЛА}$, то справедливо соотношение:

$$(D_{max} - X_{пред}) / V_y = t_{ЛА}, \quad (1.5)$$

откуда:

$$X_{пред} = D_{max} - t_{ЛА} V_y, \quad (1.6)$$

следовательно:

$$t_3 = X_{пред} / V_y = (D_{max} - t_{ЛА} V_y) / V_y = D_{max} / V_y - t_{ЛА} = t_2 - t_{ЛА}. \quad (1.7)$$

Отметим, что если координата $X_{пред}$ лежит на положительной области оси Ox , то время t_3 получается отрицательным и в формуле (1.3) вычитается из общей суммы.

Скорее всего, интенсивность пусков λ определяется непосредственно перед операцией и зависит от вида цели, размера ущерба, который цель может нанести охраняемому объекту, количества ЛА в комплексе и т.д.

Т.е. будем исходить из того, что λ нам не известна.

В этом случае мы можем:

1. Построить зависимость эффективности операции по выполнению задачи для всех рассматриваемых вариантов ЛА:

$$W = 1 - e^{-\lambda t_{пуск} \cdot P} = W(\lambda) \quad (1.8), \text{ где}$$

P - вероятность попадания в цель одним ЛА ($P_{0,7}=0,7$; $P_{0,2}=0,2$).

2. Построить зависимость изменения эффективности операции по выполнению задачи (в процентах) для всех модернизированных вариантов ЛА по сравнению с исходным от интенсивности пусков, считая, что для сравнения 2-х вариантов интенсивность пусков берется одинаковой.

$$\Delta W_i(\lambda) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} * 100\% \quad (1.9)$$

где W_1 - эффективность исходного («металлического») варианта ЛА;

W_2 - эффективность модернизированного варианта ЛА.

Далее приведены результаты расчета для маневренного ЛА со следующими характеристиками:

Стартовая масса ЛА кг 206

Масса планера ЛА кг 152,256

1) Время нахождения цели в зоне пуска в для всех вариантов ЛА:

$\Delta m, \%$	0	20	40	60	80
$t_{\text{пуск}}, \text{с}$	85,88	91,88	99,56	106,84	113,02

где $\Delta m\%$ - процент снижения массы конструкции.

2) Зависимость эффективности операции по выполнению задачи от интенсивности пусков для всех вариантов ЛА:

Рис.1.1 (для $\Delta m = 0\%$ -ЛА с металлической конструкцией) при различных вероятностях попадания в цель Р.

Рис.1.2, 1.3, 1.4 (для $\Delta m = 20\%$; $\Delta m = 40\%$; $\Delta m = 60\%$ соответственно - ЛА с комбинированной конструкцией.) для различных вероятностей попадания в цель Р.

Рис.1.5 (для $\Delta m = 80\%$ -ЛА с конструкцией из композита)

3) Изменение эффективности операции по выполнению задачи (в процентах) для всех модернизированных вариантов ЛА по сравнению с исходным от интенсивности пусков:

Рис.1.6, 1.7, (для $\Delta m = 20\%$; $\Delta m = 40\%$; $\Delta m = 60\%$ соответственно - ЛА с комбинированной конструкцией) для различных вероятностей цели Р.

Рис.1.8 (для $\Delta m = 80\%$ -ЛА с конструкцией из композита) для различных вероятностей попадания в цель Р.

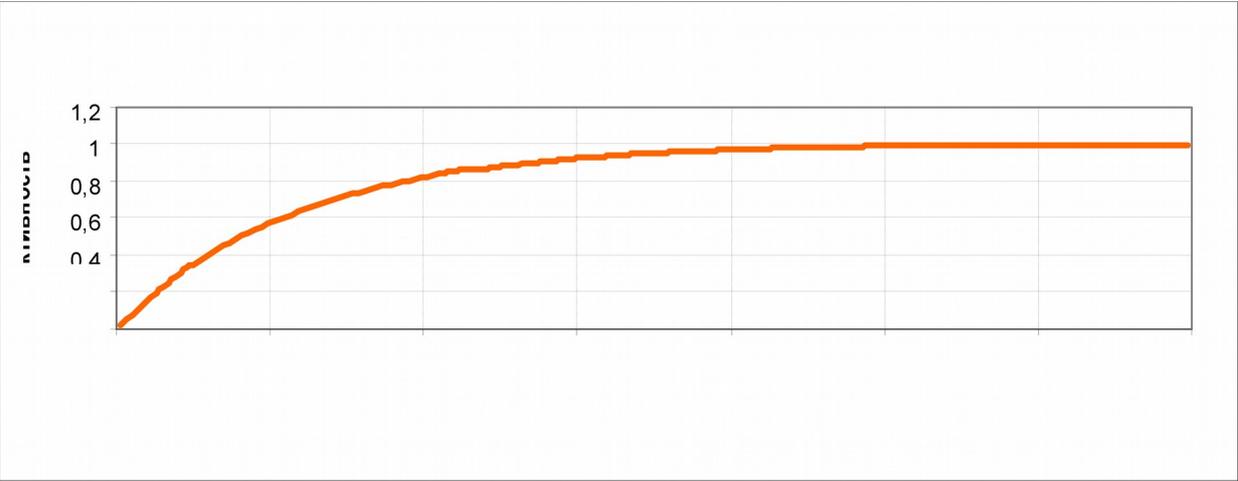
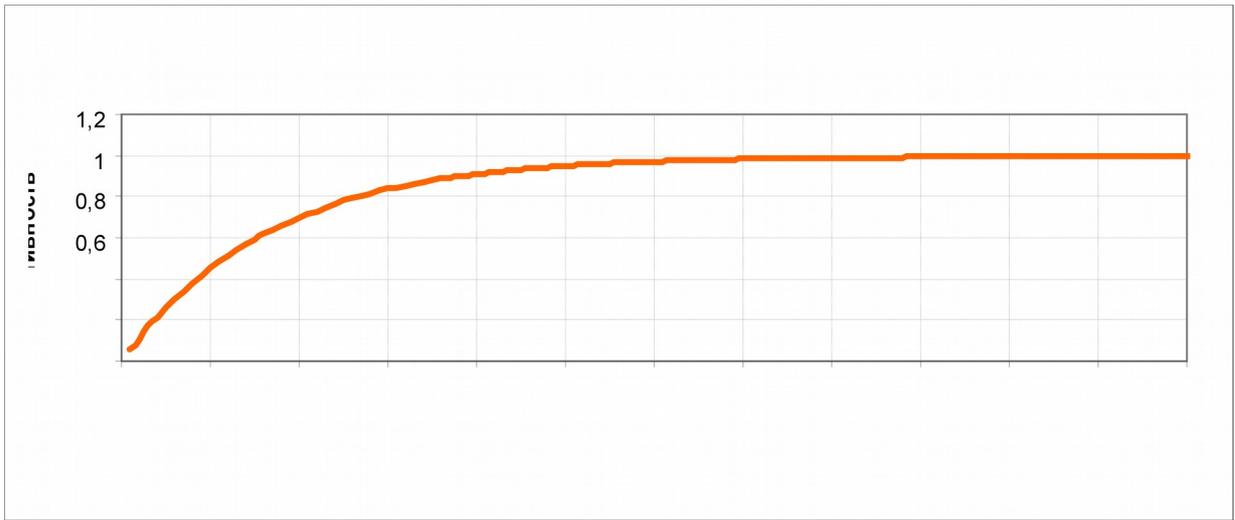
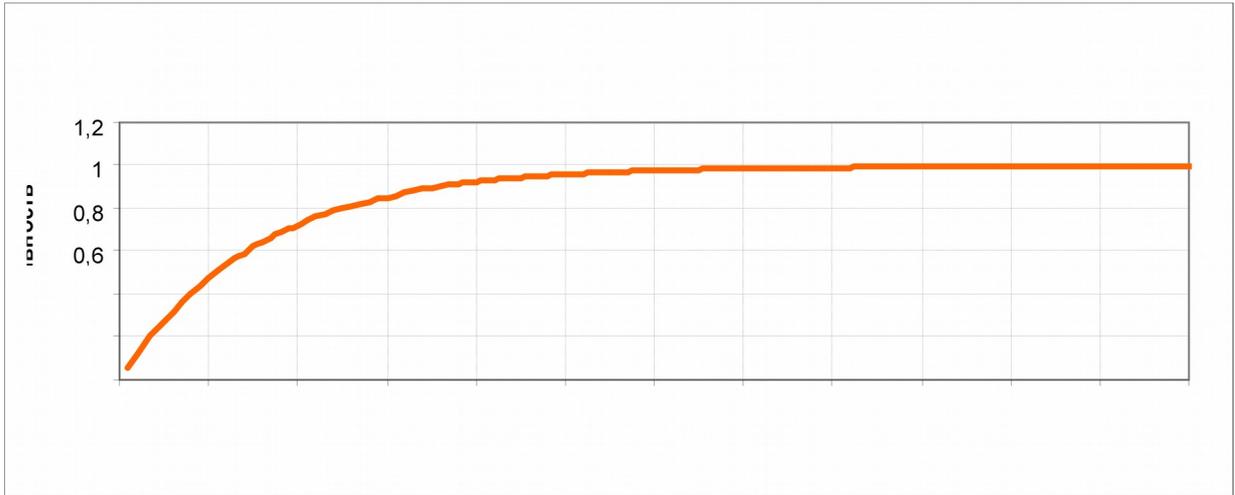


Рис.1.1



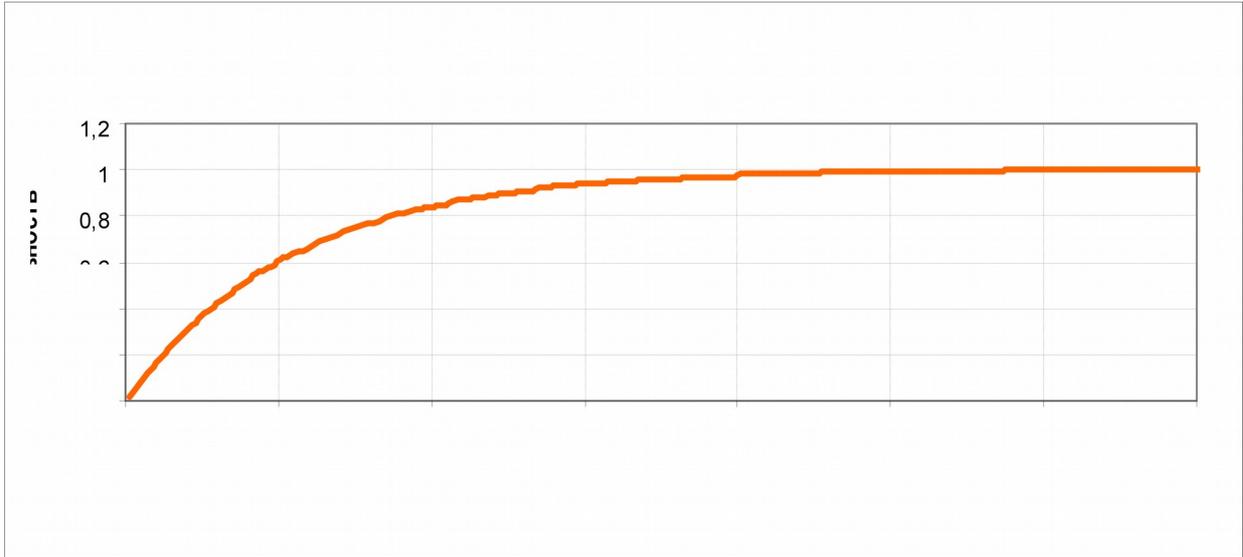


Рис. 1.2

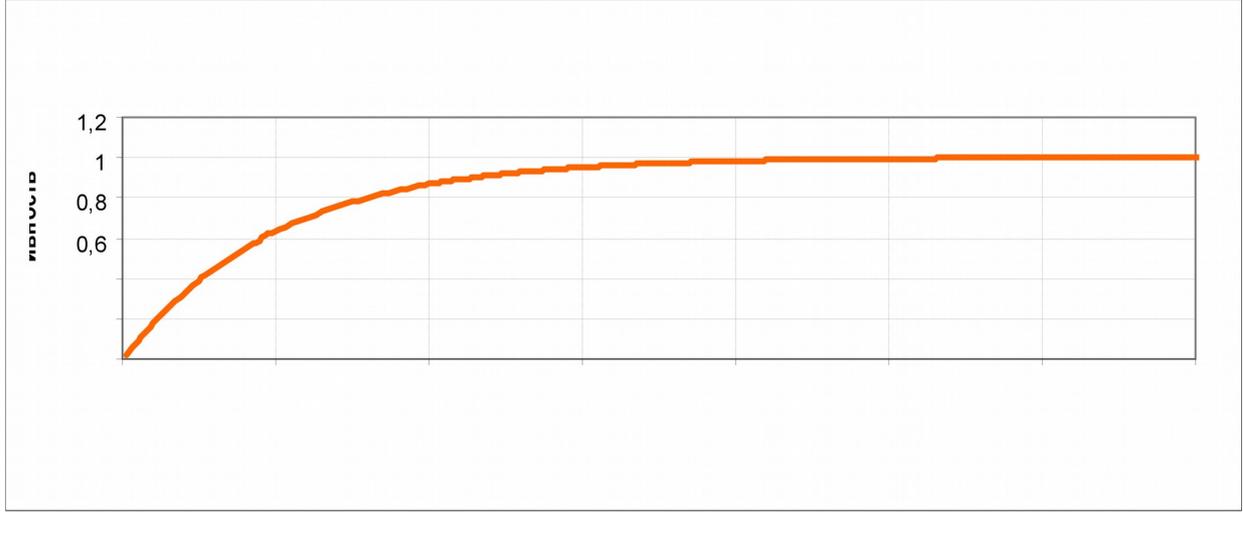
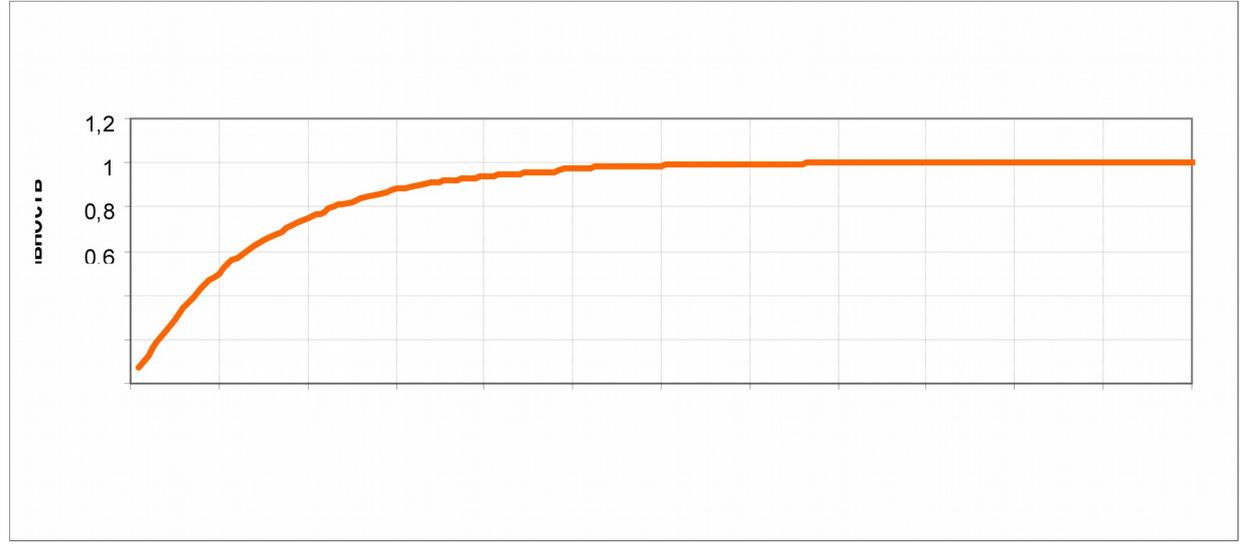


Рис. 1.3

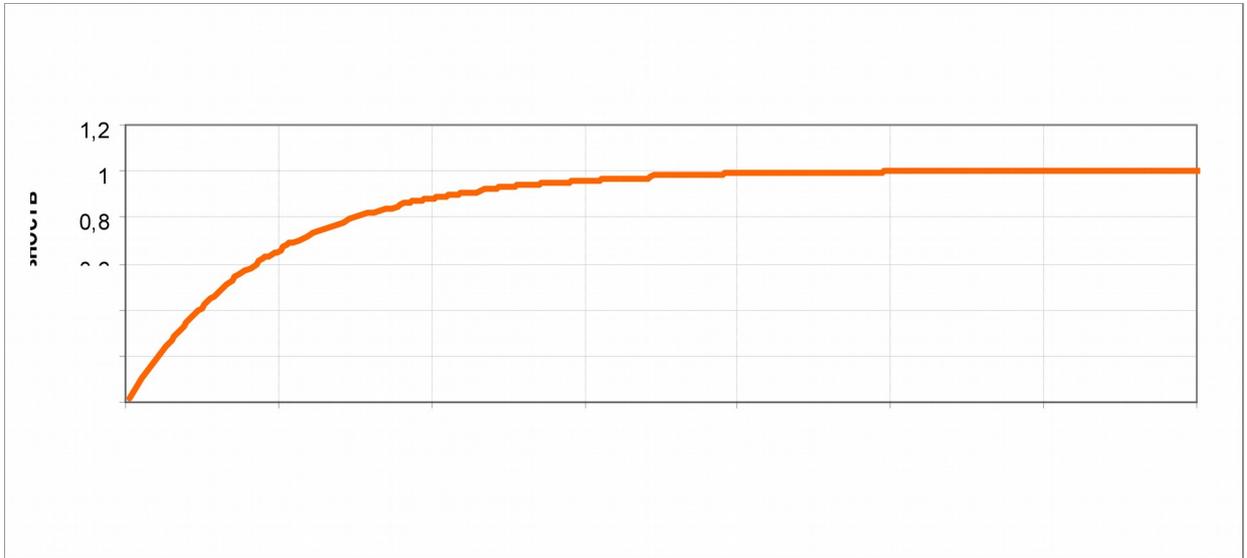
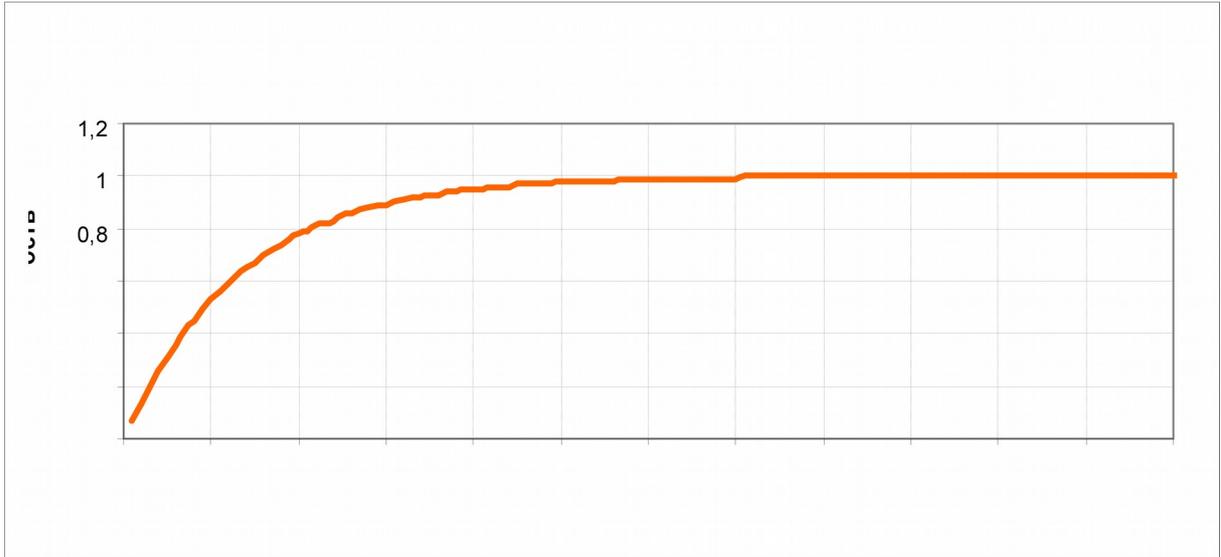
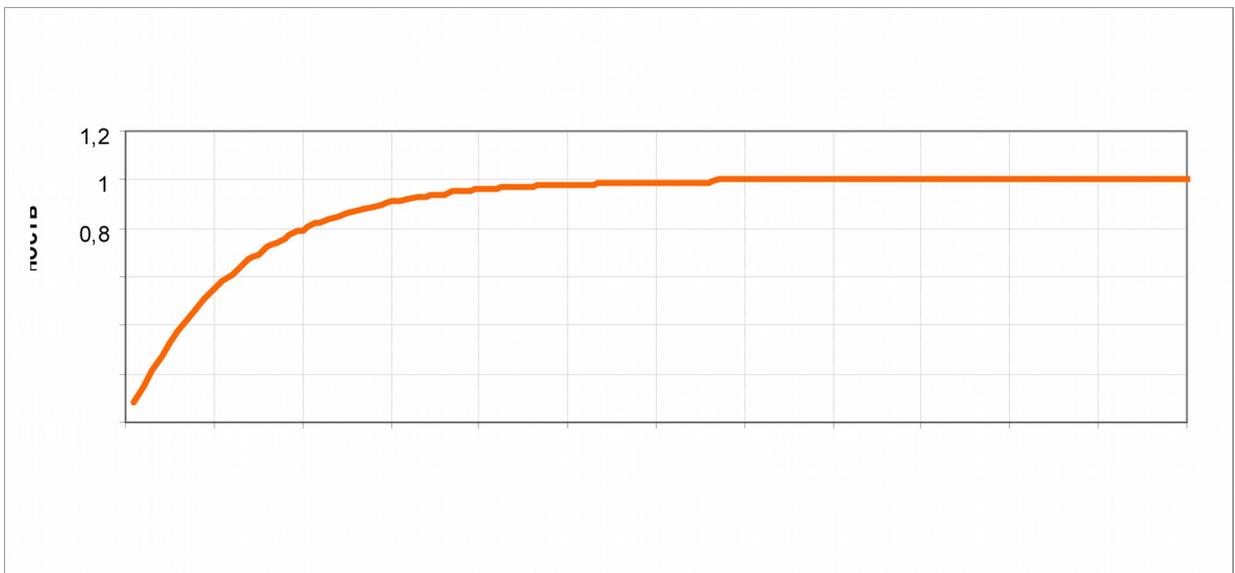


Рис. 1.4



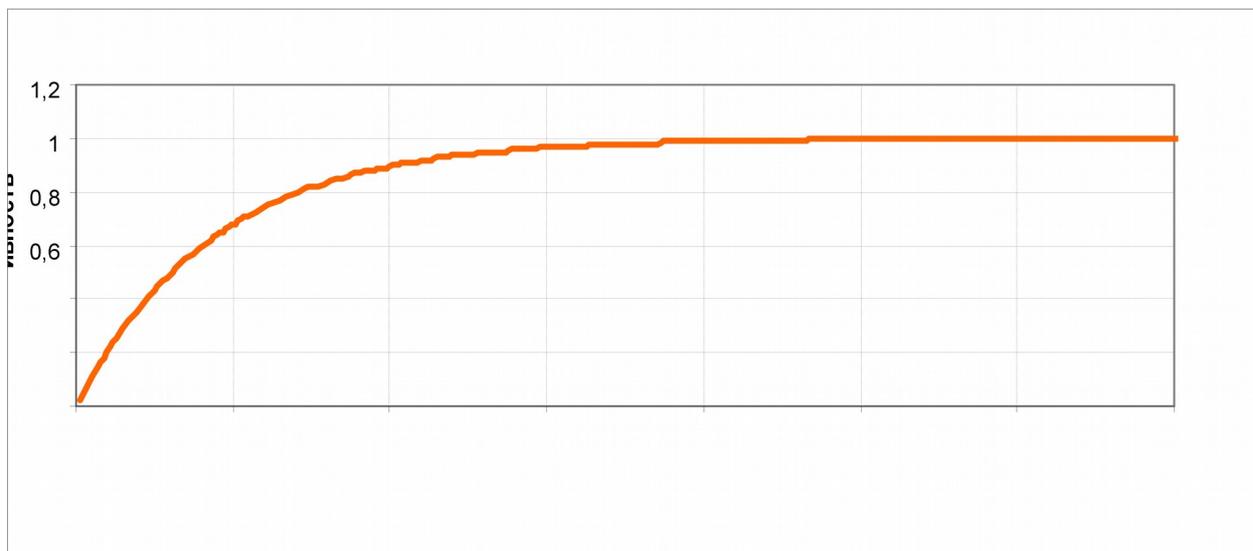


Рис. 1.5

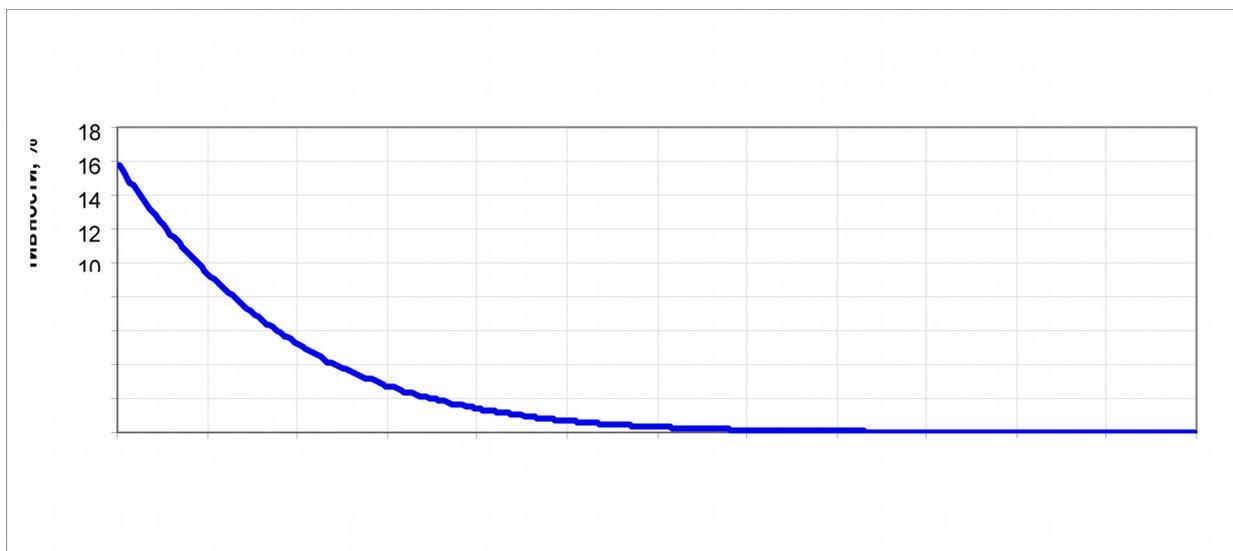
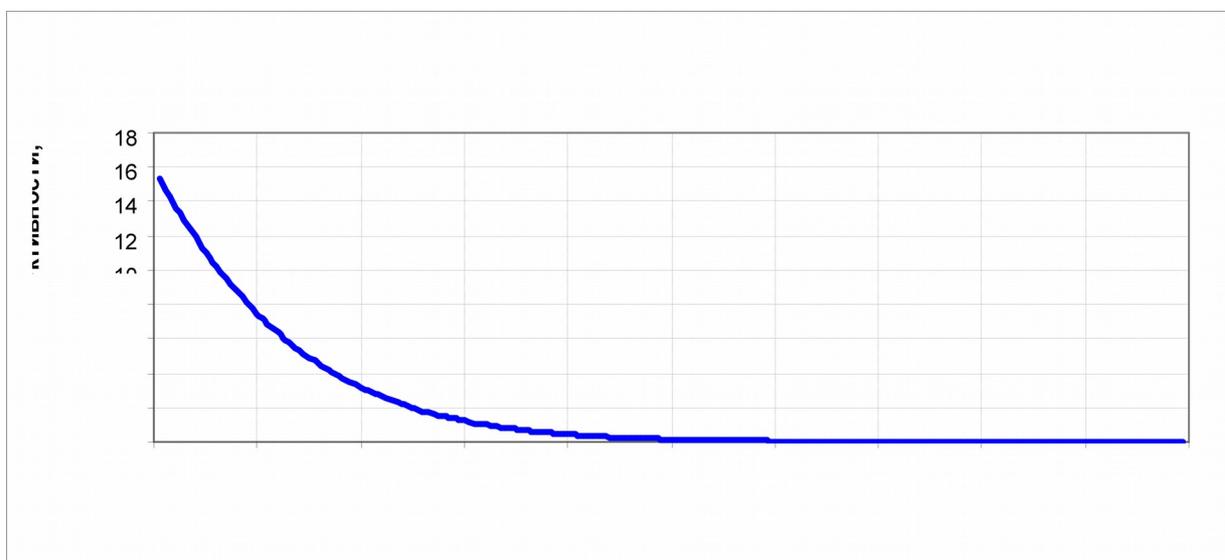


Рис. 1.6

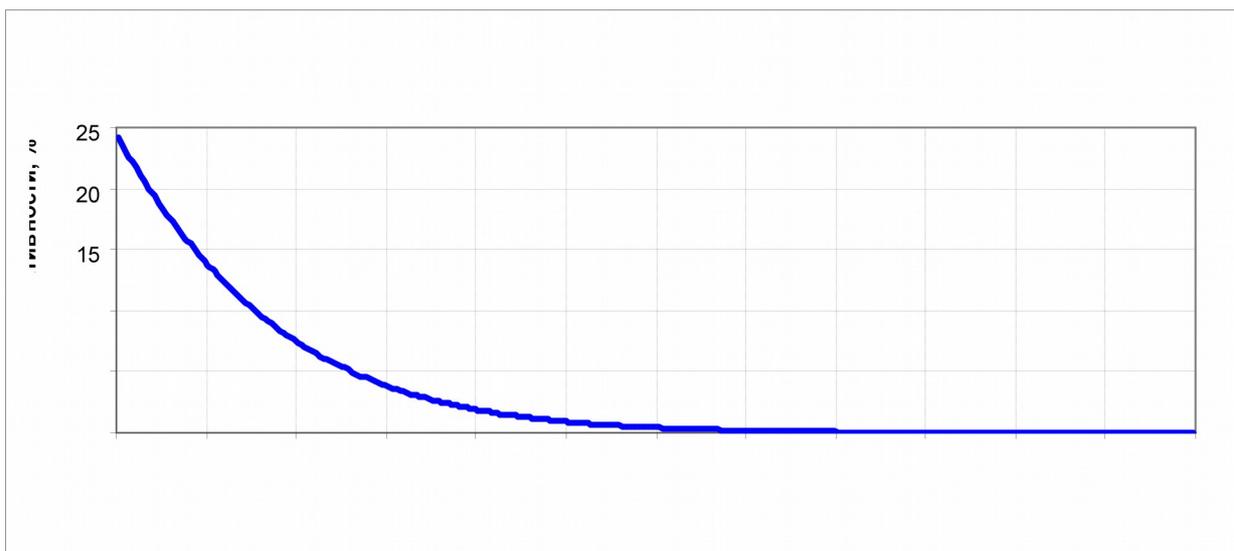
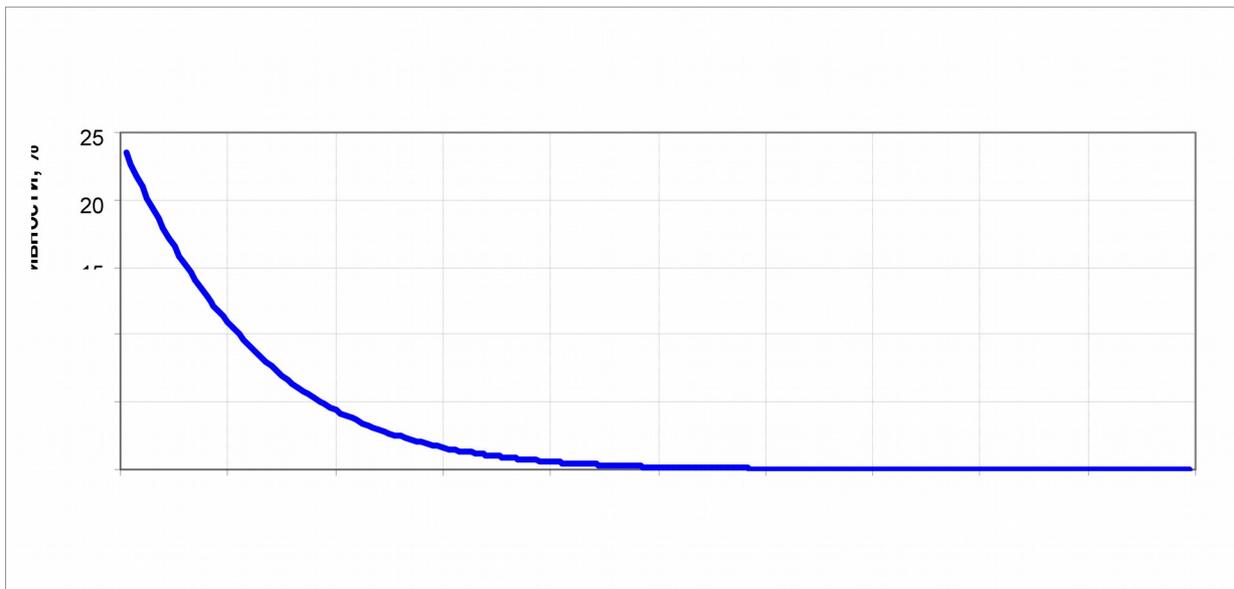


Рис. 1.7

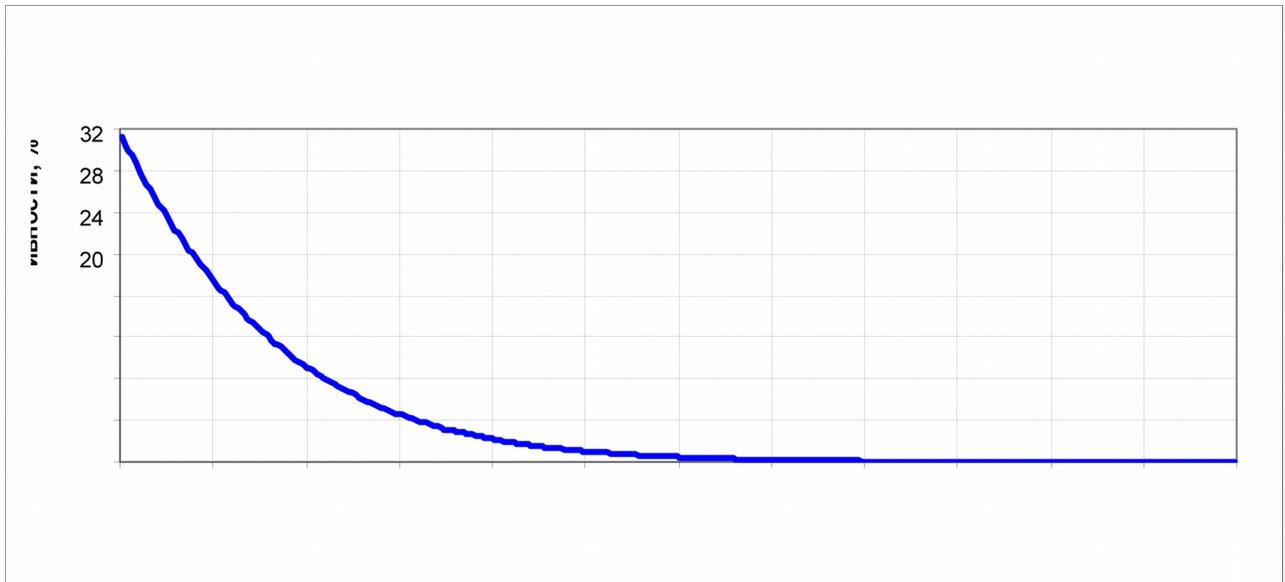
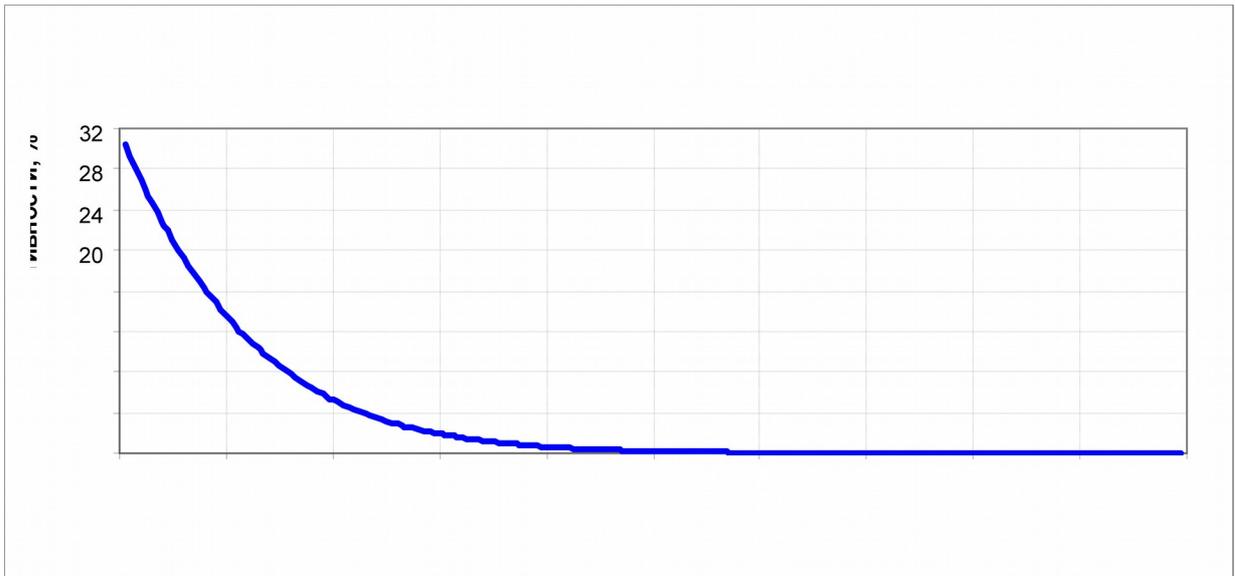


Рис. 1.8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зная характеристики эффективности операции по выполнению задачи с применением каждого из рассматриваемых вариантов ЛА, можно провести оценку эффективности снижения их стартовой массы для увеличения максимальной горизонтальной дальности (при условии выполнения ими Тактико-технического задания и сохранении неизменных внешних форм, полученных в результате проектных исследований) путём внедрения в конструкцию ЛА элементов из композиционных материалов.

Полученные в результате расчётов зависимости позволяют оценить целесообразность модификации готового ЛА с целью повышения его эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Ананьев Е.А., Болховитинов В.Ф., Лисицкий П.Е. Конструкция и боевая эффективность. – М.: Изд-во, Машиностроение, 1975.-стр. 375.
 2. Коломыцев. П.Т. Композиционные материалы в военной авиации. – М.: Изд-во, Машиностроение, 1985.-стр. 295.
 3. Парафесь С.Г., Сафронов В.С., Туркин И.К. Задачи оптимального проектирования конструкций беспилотных ЛА. - М.: Изд-во, МАИ, 2004.- стр. 178
 4. Костров В.И., Туркин И.К. Расчет элементов деформируемых конструкций. – М.: Изд-во МАИ, 2002.-399 с.
 5. Туркин И.К. Элементы конструкций ЛА с применением композиционных материалов. – М.: Изд-во МАИ, 1996.-95 с.
 6. Лисицкий П.Е. Экономическая оценка ЛА в стадии эскизного проектирования. М. ВВИА, 1978г. -43 с.
-

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Игорь Константинович Туркин, д.т.н., профессор кафедры Авиационно-ракетные системы Московский авиационный институт (государственный технический университет).
Вячеслав Семенович Сафронов, к.т.н., доцент кафедры Авиационно-ракетные системы Московский авиационный институт (государственный технический университет).
Денис Викторович Кучумов, аспирант кафедры Авиационно-ракетные системы Московский авиационный институт (государственный технический университет).