

УДК: 623.543; 34.096

DOI: 10.53816/20753608_2022_2_67

**ПОДХОД К НАЗНАЧЕНИЮ РАЗМЕРОВ РАЙОНОВ ПАДЕНИЯ
ОТДЕЛЯЕМЫХ ЧАСТЕЙ И АВАРИЙНЫХ ТРАСС
ПРИ ПУСКАХ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ ДАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**AN APPROACH TO ASSIGNMENT THE SIZE OF THE SEPARATED
ELEMENTS FALL AREA AND CRASH TRACK
FOR LONG-RANGE BALLISTIC MISSILES LAUNCHES**

По представлению чл.-корр. РАН В.В. Бетанова

С.И. Миняев

Московский институт теплотехники

S.I. Minyaev

Сделан обзор актуальной правовой базы и современных научно-методических публикаций, посвященных вопросу назначения размеров (эквивалентно — уровней априорной вероятности) районов падения (РП) отделяемых частей (ОЧ) и аварийных трасс (АТ) при проведении практических пусков баллистических ракет дальнего действия (БРДД). Сформулированы математические постановки соответствующих задач, учитывающие как технические характеристики БРДД, так и стоимостные характеристики аренды земельных участков. Предложен новый расчетный подход к их решению, основанный на:

- декларативном задании минимальных размеров РП и АТ;
- назначении реальных размеров РП и ТА, не меньших минимальных, минимизирующих сумму плановых и внеплановых затрат арендатора.

Приведенные расчетные примеры подкрепляют рациональность предлагаемого подхода и в дальнейшем могут быть использованы в процессе формирования и анализа рекомендаций по совершенствованию соответствующей правовой базы.

Ключевые слова: баллистическая ракета, район падения, отделяющаяся часть, аварийная трасса.

The review of actual legal framework and modern scientific-methodical publications, which dedicated for question of assignment sizes (equivalent to a priori probability level) of separated elements (SE) fall areas (FA) and crash tracks (CT) in a long-range ballistic missiles (LRBM) practice launches, was made.

Mathematically stated relevant problems, whose take into account LRBM technical properties, as well as plot of land rent cost specifications. A new numerical approach for theirs solve was proposed, which is based on:

- declarative assignment of minimal sizes of FA and CT;
- assignment real sizes of FA and CT, greater than minimal, which minimized the sum of planned and unplanned tenant cost.

Given numerical examples amplify rationality of proposed approach and, in future, may be used in a process of generation and analysis of recommendations, which dedicated for improvement of the legal framework.

Keywords: ballistic missile, fall area, separated element, crash track.

Введение

Одним из важных вопросов организации пусков БРДД [1, стр. 7–8] (как боевых, так и исследовательских — для которых объектом испытаний является только выводимая с определенными траекторными параметрами полезная нагрузка) является обеспечение падения ОЧ в выделенные районы (ВР), расположенные вдоль трассы¹, в процессе нормального полета.

В свободном доступе по данному вопросу находятся в основном научно-технические работы по тематике ракет космического назначения (РКН) [2–5].

Правовое регулирование данного вопроса осуществляется:

- на территории Российской Федерации (РФ) на основании Постановления Правительства РФ № 536 от 31.05.1995 «О порядке и условиях эпизодического использования районов падения отделяющихся частей ракет» [6] (с учетом Постановления Правительства РФ № 350 от 24.03.1998 «О внесении изменений и дополнений в Постановление Правительства РФ № 536 от 31.05.1995» [7]);
- вне территории РФ на основании [8, 9] и др. (для РКН — на основании [10]).

Еще одним и не менее важным является вопрос обеспечения безопасности населения и окружающей среды при возникновении нештатных ситуаций (НШС) в процессе полета — т.е. обеспечение падения БРДД или её фрагментов в пределах АТ.

Схематично взаимное расположение РП и АТ приведено на рис. 1.

Данный вопрос в научно-технической литературе, и, опять же — только применительно к РКН — освещен значительно меньше [11], а его правовое регулирование (на территории РФ и, опять же, применительно к РКН) ограничивается ст. 25 Закона РФ № 5663-1 от 20.08.1993 «О космической деятельности»².

Вместе с тем действующие редакции всех указанных документов не содержат требований к уровням априорных вероятностей попадания ОЧ в пределы ВР или АТ, что (как следует из изложенного далее) свидетельствует об актуальности совершенствования соответствующей правовой базы.

В настоящей статье сделана попытка рационализировать (расчетно обосновать) один из возможных подходов к разрешению указанного проблемного правового вопроса.

Для ясности и однозначности изложения приводятся следующие обозначения и определения:

- ОЗЭ — общий Земной эллипсоид [13], используемый в качестве модели поверхности Земли;
- трасса — проекция расчетной траектории баллистической ракеты (БР) на поверхность Земли (с «началом» в точке старта (ТС) и «окончанием», в т.н. точке прицеливания носителя (ТПН));
- ЗСК — Земная система координат [14];
- $O_j LB$ — целевая системы координат (ЦСК) j -й ОЧ (ступени с отработавшей двигательной установкой (ДУ)) при нормальном полете БР — ЗСК с центром O_j в номинальной

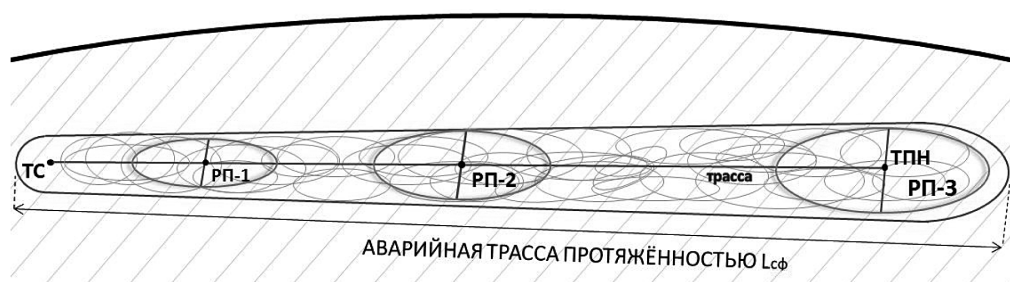


Рис. 1. Взаимное расположение РП и АТ

¹ Трассы БРДД традиционно имеют протяженность $L_{сф}$ в несколько тысяч километров и, т.о., лишь незначительные их участки принадлежат ВР, в пределах которых гарантированно отсутствуют объекты потенциального ущерба (ОПУ).

² Неполнота правовой базы, связанной с возникновением НШС, наблюдается и в других (в частности — экологических [12]) вопросах организации пусков БРДД и РКН.

[15, стр. 97–98] (т.е. полученной при моделировании полета БР без учета каких-либо случайных возмущающих факторов) точке падения (ТП) ОЧ, ось $O_j L$ которой направлена вдоль проекции скорости ОЧ в любой ЗСК на касательную плоскость к поверхности ОЗЭ в точке O_j , а ось $O_j B$ также лежит в касательной плоскости к поверхности ОЗЭ в точке O_j и дополняет систему до правой при наблюдении «изнутри» Земли;

– ΔL_j — случайная величина (с.в.) отклонения ТП (ОТП) ОЧ от точки O_j вдоль оси $O_j L$ за счет воздействия случайных возмущающих факторов³, км;

– ΔB_j — с.в. ОТП ОЧ от точки O_j вдоль оси $O_j B$ за счет воздействия случайных возмущающих факторов³, км;

– РП⁴ j -й ОЧ — участок поверхности Земли эллиптической формы с полуосями $k\sigma_{Lj}$ и $k\sigma_{Bj}$, где σ_{Lj} — среднее квадратическое отклонение (СКО) с.в. ΔL_j , σ_{Bj} — СКО с.в. ΔB_j , параметр k определяет априорную вероятность $P_{РП}$ попадания ОЧ в рассчитанный для неё РП;

– ВР⁴ — участок поверхности Земли в форме многоугольника, в пределах которого допускается расположение РП;

– $O_i^* L B$ — ЦСК i -го фрагмента при аварии на активном участке траектории (АУТ) полета БР в момент времени τ (вариант $i=0$ соответ-

ствует БР без фрагментации при условии заедования системы аварийного выключения двигателей (АВД) [10, стр. 10] или узла отсечки тяги [16, стр. 17]; варианты $i \neq 0$ соответствуют фрагментам БР после её преднамеренного разрушения путем заедования системы аварийного подрыва ракеты (АПР) [17, стр. 478]) — ЗСК с центром O_i^* в номинальной ТП i -го фрагмента, ось $O_i^* L$ которой направлена вдоль проекции скорости i -го фрагмента в любой ЗСК на касательную плоскость к поверхности ОЗЭ в точке O_i^* , а ось $O_i^* B$ также лежит в касательной плоскости к поверхности ОЗЭ в точке O_i^* и дополняет систему до правой при наблюдении «изнутри» Земли;

– ΔL_i^* — с.в. ОТП i -го фрагмента от точки O_i^* вдоль оси $O_i^* L$ за счет воздействия случайных возмущающих факторов³, км;

– ΔB_i^* — с.в. ОТП i -го фрагмента от точки O_i^* вдоль оси $O_i^* B$ за счет воздействия случайных возмущающих факторов³, км;

– аварийный район падения (АРП)⁴ i -го фрагмента БР — РП с полуосями $\hat{k}\sigma_{Li}^*$ и $\hat{k}\sigma_{Bi}^*$, где σ_{Li}^* — СКО с.в. ΔL_i^* , σ_{Bi}^* — СКО с.в. ΔB_i^* , параметр $\hat{k}$ определяет условную (т.е. при условии того, что произошла НШС) априорную вероятность $P_{АРП}$ попадания i -го фрагмента БР в рассчитанный для него АРП;

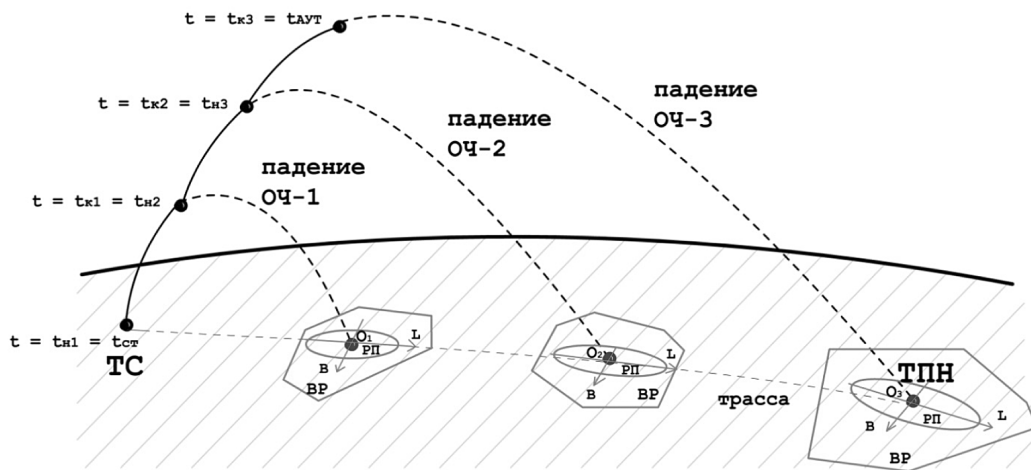


Рис. 2. Расположение ЦСК j -х ОЧ и их РП в пределах ВР вдоль трассы при нормальном полете (трёхступенчатой, т.е. $j \in \{1; 2; 3\}$) БР

³ Случайные возмущающие факторы, а следовательно, и с.в. ΔL_j и ΔB_j , ΔL_i^* и ΔB_i^* полагаются независимыми и нормально распределенными.

⁴ Размеры РП, ВР и АРП считаются настолько малыми, что позволяют в их пределах принимать плоскость в качестве модели поверхности Земли.

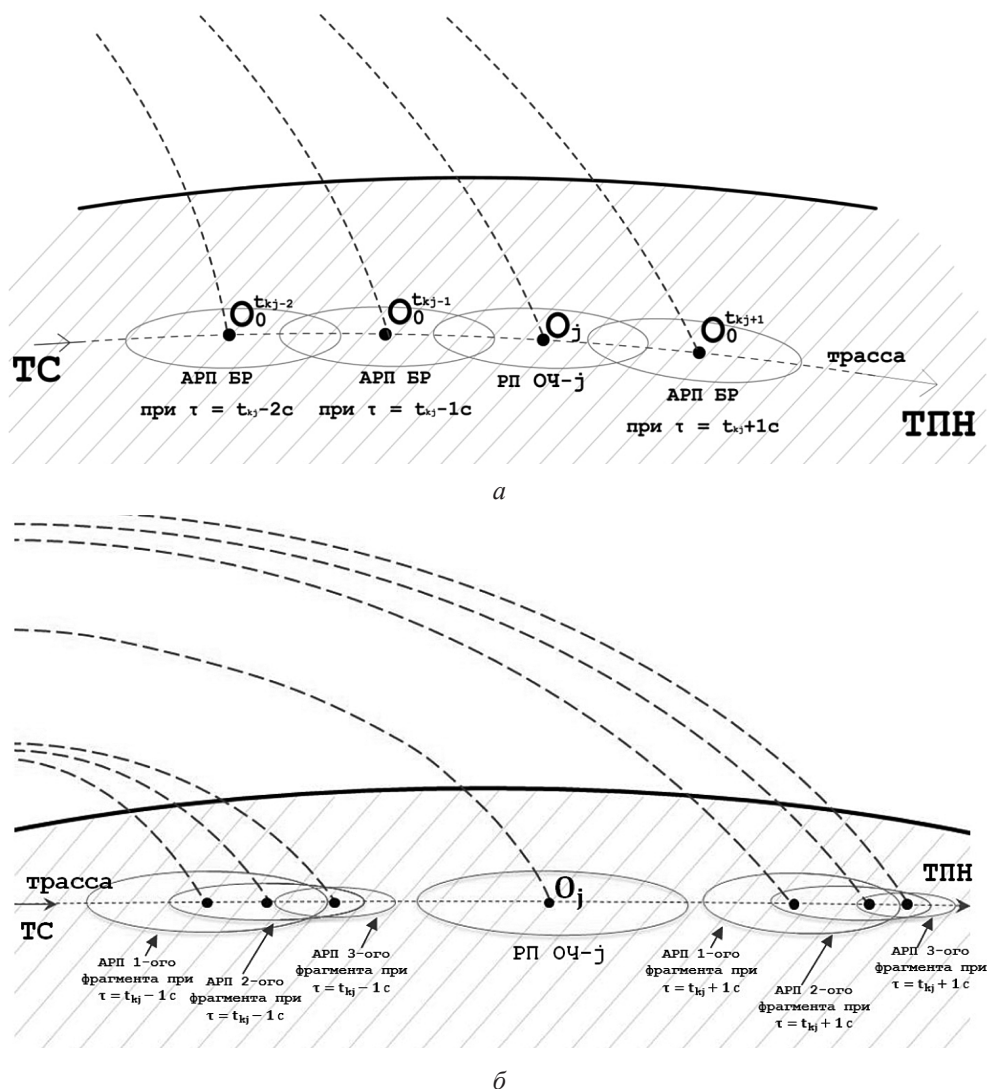


Рис. 3. Взаимное расположение РП при нормальном полете БР и АРП при аварии на АУТ полета БР:
а — без её фрагментации; б — с её фрагментацией⁵

— АТ — объединение всех (т.е. при $\tau \in [t_{CT}; t_{AUT}]$, где t_{CT} — момент старта, t_{AUT} — момент окончания АУТ) АРП для $i = 0$ (т.е. без фрагментации) или для $i \in \{1; 2; \dots; n\}$ (т.е. с фрагментацией на n фрагментов).

Схематично соответствующие поясняющие иллюстрации приведены на рис. 2 (для РП), рис. 3, а (для АРП без фрагментации БР) и рис. 3, б (для АРП с фрагментацией БР).

Далее в работе везде, где это не является принципиальным, нижние индексы « j » (номер

ОЧ при нормальном полете) и « i » (номер фрагмента при возникновении НШС на АУТ) для всех выше введенных величин опускаются.

С учетом приведенных обозначений и определений сущность правовой проблематики и актуальность настоящей работы заключается в том, что отсутствие требований к уровню априорной вероятности P_{RP} (или, что эквивалентно, к параметру k) попадания ОЧ в РП при нормальном полете БРДД на практике может приводить к проблемным ситуациям при:

⁵ Схематично учтена общая закономерность: с уменьшением баллистического коэффициента σ_x фрагмента его номинальная ТП удаляется от ТС [18, стр. 340], а размеры АРП сокращаются.

– назначении размеров $k\sigma_L$ и $k\sigma_B$ РП ОЧ, и, как следствие, компенсационных выплат и других затрат в договорах между арендатором (организацией, осуществляющей пуск) и арендодателем (региональными властями)⁶;

– назначении размеров $k\sigma_L$ и $k\sigma_B$ РП ОЧ в баллистических расчетах, выполняемых предприятием-разработчиком БРДД для пусков (по требованиям, аналогичным предъявляемым к РКН [20])⁴.

Полностью аналогичные проблемные ситуации могут возникать и в отношении назначения вероятности $P_{\text{АРП}}$ (или, что эквивалентно, параметра $\hat{k}$) для случая возникновения НШС в полете БРДД.

Далее в работе:

– приведены и обоснованы математические постановки задач назначения рациональных размеров РП и АТ;

– приведены сравнительные результаты их решения для различных сочетаний исходных данных (ИД);

– 4 сделаны выводы о проделанной работе.

Математические постановки задач

Задачи назначения рациональных значений параметров k и $\hat{k}$ формулируются и решаются независимо (в т.ч. потому, что соответствующие

правовые ситуации являются взаимно альтернативными)⁷.

Предлагается подход к формализации задачи назначения параметра k на основе введения и минимизации значения некоторой функции $\Sigma(k)$ суммарных плановых и внеплановых затрат, связанных с использованием РП (вне зависимости от того, какая организация/ведомство в качестве арендатора понесет эти затраты, по какой причине, в каком соотношении и т.д.)⁸.

Указанная функция $\Sigma(k)$ выбрана в виде:

$$\Sigma(k) = \Sigma_1(k) + \Sigma_2(k), \quad (1)$$

где $\Sigma_1(k) = STC$ — плановые компенсационные выплаты (по аналогии с документом [7], действующим для РКН) за использование РП, млн руб.;

$S = \pi k^2 \sigma_L \sigma_B$ — площадь РП⁹ эллиптической формы, км²;

T — время использования РП, год;

C — ставка налога на землю, млн руб./год/км²;

$\Sigma_2(k) = Fe^{-\frac{k^2}{2}}$ — математическое ожидание (м.о.) внеплановых компенсационных выплат в случае непопадания ОЧ в пределы РП, б/р;

F — величина компенсационных выплат за непопадание ОЧ в РП¹⁰, млн руб.;

⁶ Используя аналогию с документом [7], действующим для РКН, и, к примеру, значения $\sigma_L = 4,457$ км и $\sigma_B = 0,997$ км для боковых блоков РКН [19], легко получить:

– $P_{\text{РП}} \approx 0,974$ при $k = 2,7$;

– $P_{\text{РП}} \approx 0,865$ при $k = 2,0$ (т.е. линейные размеры РП сократились в 1,35 раза, а его площадь и соответствующие плановые компенсационные выплаты — в 1,8225 раза, при этом сокращение уровня априорной вероятности $P_{\text{РП}}$ может показаться «приемлемым»).

⁷ Здесь и везде далее, исходя из физического смысла, рассуждения ведутся только для случая $k > 0$ и $\hat{k} > 0$.

⁸ Автор полагает, что этот подход можно считать согласованным с общей направленностью правового регулирования на «стабилизацию и упорядочение» общественных отношений [21, стр. 81].

⁹ В работе предполагается, что для случая размещения в пределах ВР одного РП их площади прямо пропорциональны. Т.о., принципиальная разница между вариантами использования в качестве S площади ВР или площади РП отсутствует. Второй вариант выбран исключительно для большей наглядности и отсутствия необходимости вводить в расчетах некий дополнительный коэффициент пропорциональности.

Вместе с тем возможный случай размещения в пределах ВР нескольких РП [22] в настоящей работе не рассматривается.

¹⁰ Важно отметить, что в рамках данной работы величина F является фиксированной и не зависит от того, привело ли падение ОЧ вне РП к каким-либо разрушениям/загрязнениям и т.д. В противном случае технически задача существенно усложняется, т.к. требуется учет дополнительных ИД в объеме затрат на компенсацию возможного ущерба каким-либо ОПУ, располагающимся вне РП.

$e^{-\frac{k^2}{2}}$ — вероятность непопадания ОЧ в РП эллиптической формы с полуосями $k\sigma_L$ и $k\sigma_B$, б/р [15, стр. 403–404].

С учетом изложенного математическая постановка задачи весьма проста и заключается в поиске точки минимума k^* функции (1) при $k \geq k_{\min}$ (ограничивающий параметр $k_{\min}$ выбирается на основе экспертных оценок, общественного мнения или иного схожего источника на основании первоочередного учета положений ст. 2 Конституции РФ, в соответствии с которыми защита жизни и здоровья граждан имеет безусловный приоритет над любыми другими правоотношениями, в т.ч. возникающими между арендатором и арендодателем РП).

Задача назначения параметра $\hat{k}$, по мнению автора, отличается от задачи назначения k по следующим обстоятельствам:

- она формулируется и решается только в условиях фиксации в полете факта возникновения НШС (срабатывания по какой-либо причине АВД, узла отсечки тяги или АПР), переводящих правовую ситуацию в статус аварийной;

- ставка налога на землю $\hat{C}$, используемая при расчете плановых компенсационных выплат, должна быть больше ставки C , поскольку в пределах АТ почти наверняка (см. примечание 1) будут находиться какие-либо ОПУ, и, т.о., задействование АТ при проведении пусков может быть связано с временной приостановкой производств, использования дорог и т.п.;

- плановые компенсационные выплаты должны быть тем меньше, чем выше текущий уровень P надежности БРДД в полете [23, стр. 103, 153];

- использование АТ является всегда периодическим.

В остальном для формализации задачи назначения параметра $\hat{k}$ используется указанный выше подход, для чего вводятся:

$$\hat{\Sigma}(\hat{k}) = \hat{\Sigma}_1(\hat{k}) + \hat{\Sigma}_2(\hat{k}), \quad (2)$$

где $\hat{\Sigma}_1(k) = (1 - P)\hat{S}\hat{T}\hat{C}$ — плановые компенсационные выплаты за использование АТ;

$$\begin{aligned} \hat{S} \approx \hat{k}((\sigma_{Bi}^{t_{H1}} + \sigma_{Bi}^{t_{H2}})L_{\text{сф1}} + (\sigma_{Bi}^{t_{H2}} + \sigma_{Bi}^{t_{H3}})L_{\text{сф2}} + \\ + (\sigma_{Bi}^{t_{H3}} + \sigma_{Bi}^{t_{\kappa3}})L_{\text{сф3}}), \text{ км}^2 \end{aligned}$$

площадь АТ, пропорциональная размерам АРП при $\tau = t_{H1}$, $\tau = t_{H2}$, $\tau = t_{H3}$ и $\tau = t_{\kappa3}$ вдоль соответствующих осей $O_i^T B$ для i -х фрагментов с максимальными σ_x , а также расстояниям $L_{\text{сф1}}$ от $O_i^{t_{H1}}$ до $O_i^{t_{H2}}$, $L_{\text{сф2}}$ от $O_i^{t_{H2}}$ до $O_i^{t_{H3}}$ и $L_{\text{сф3}}$ от $O_i^{t_{H3}}$ до $O_i^{t_{\kappa3}}$;

$\hat{T}$ — время использования АТ, год;

$\hat{C}$ — ставка налога на землю, млн руб/год/км²;

$\hat{\Sigma}_2(k) = \hat{F}e^{-\frac{k^2}{2}}$ — м.о. внеплановых компенсационных выплат в случае непопадания ОЧ в пределы АТ, б/р;

$\hat{F}$ — величина компенсационных выплат за непопадание ОЧ в АТ, млн руб.

С учетом изложенного математическая постановка и этой задачи весьма проста и заключается в поиске точки минимума $\hat{k}^*$ функции (2) при аналогичных ограничениях $\hat{k} \geq \hat{k}_{\min}$.

Сравнительный анализ результатов решения задач назначения размеров РП и АТ

Производная функции (1) имеет вид:

$$\Sigma'(k) = 2\pi k \sigma_L \sigma_B TC - F k e^{-\frac{k^2}{2}},$$

и, т.о., уравнение $\Sigma'(k) = 0$ имеет простое и единственное аналитическое решение k^* , являющееся точкой минимума функции (1) при $k \in [k_{\min}; +\infty)$:

$$k^* = \begin{cases} \sqrt{2 \ln \frac{F}{2\pi \sigma_L \sigma_B TC}} & \text{при } \frac{F}{2\pi \sigma_L \sigma_B TC} > 1 \text{ и } \sqrt{2 \ln \frac{F}{2\pi \sigma_L \sigma_B TC}} > k_{\min}, \\ k_{\min} & \text{иначе.} \end{cases} \quad (3)$$

Т.о., поставленная в предыдущем разделе задача при любых сценариях (сочетаниях ИД) имеет простое аналитическое решение. В качестве примера в табл. 1 приведены расчеты по нескольким (трем) условно типовым сценариям назначения рационального параметра k .

Производная функции (2) имеет вид:

$$\Sigma'(\hat{k}) = \hat{A} - \hat{F} \hat{k} e^{-\frac{\hat{k}^2}{2}},$$

где, для удобства,

Таблица 1

Результаты назначения параметра k при различных сценариях

ИД				Условное описание сценария	k^*	S	$P_{\text{рп}}$	$\Sigma(k^*)$
C	T	F	$k_{\min}$					
1,0	1,0	40,0	1,7941	постоянная дорогая аренда; рациональное значение k меньше $k_{\min}$	1,7941	40,4	0,8	65,6
0,2	1,0	40,0	1,7941	постоянная аренда умеренной стоимости	2,0370	52,1	0,8744	15,5
0,2	0,25	100,0	1,7941	большие внеплановые компенсации; эпизодическая аренда умеренной стоимости	2,9588	110,0	0,9874	6,8

Примечания:

- S рассчитана из условий $\sigma_L = 4,0$ км и $\sigma_B = 1,0$ км;
- $k_{\min}$ выбрано по уровню вероятности 0,8 (например, на основе фактора общественного мнения о безопасности пусков).

$$\hat{A} = (1-P) \left(\begin{aligned} & \left((\sigma_{Bi}^{t_{H1}} + \sigma_{Bi}^{t_{H2}}) L_{\text{сф1}} + \right. \\ & \left. + (\sigma_{Bi}^{t_{H2}} + \sigma_{Bi}^{t_{H3}}) L_{\text{сф2}} + \right. \\ & \left. + (\sigma_{Bi}^{t_{H3}} + \sigma_{Bi}^{t_{\kappa3}}) L_{\text{сф3}} \right) \hat{T} \hat{C}, \end{aligned} \right)$$

и, т.о., уравнение $\Sigma'(k) = 0$ не имеет простого аналитического решения $\hat{k}^*$. Однако следующие несложные аналитические выкладки позволяют определить количество и взаимное расположение его корней в зависимости от соотношения числовых коэффициентов $\hat{A}$ и $\hat{F}$:

$$\begin{aligned} \Sigma''(\hat{k}) &= \hat{F} e^{-\frac{\hat{k}^2}{2}} (\hat{k}^2 - 1) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Sigma''(\hat{k}) = 0 \Leftrightarrow \hat{k} = 1. \end{aligned}$$

Т.к.

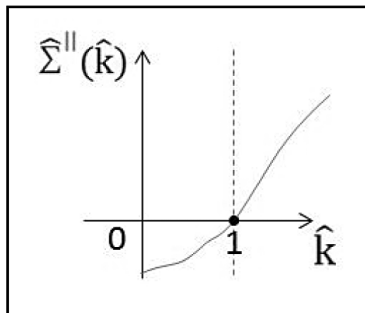
$$\begin{cases} \Sigma''(\hat{k}) > 0 \text{ при } \hat{k} > 1, \\ \Sigma''(\hat{k}) < 0 \text{ при } \hat{k} < 1, \end{cases}$$

(рис. 4, а) $\Rightarrow$ уравнение $\Sigma'(\hat{k}) = 0$ имеет с учетом того, что $\Sigma'(0) = \hat{A} > 0$)

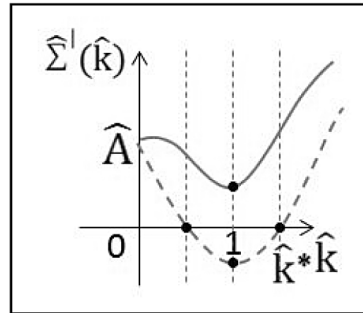
$$\begin{cases} 0 \text{ корней при } \Sigma'(1) = \hat{A} - \frac{\hat{F}}{\sqrt{e}} > 0, \\ 1 \text{ корень при } \Sigma'(1) = \hat{A} - \frac{\hat{F}}{\sqrt{e}} = 0, \\ 2 \text{ корня при } \Sigma'(\hat{k}) = \hat{A} - \frac{\hat{F}}{\sqrt{e}} < 0, \end{cases}$$

(рис. 4, б), причем точка минимума $\hat{k}^*$ функции (2) существует только в случае 2 корней (рис. 4, в).

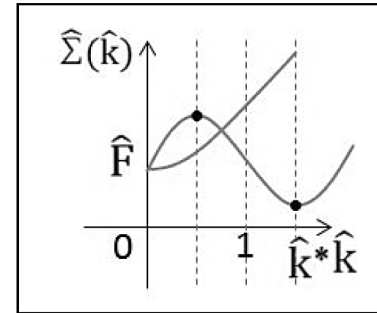
Т.о., поставленная задача при любых сценариях (сочетаниях ИД) имеет численно-аналитическое решение. В качестве примера в табл. 2 приведены расчеты по нескольким (трем) условно типовым сценариям назначения рационального параметра $\hat{k}$ (численное решение уравнения (2) реализовывалось в среде Maple).



а



б



в

Рис. 4. К вопросу графо-аналитического исследования функции $\hat{\Sigma}(\hat{k})$

Таблица 2

Результаты назначения параметра $\hat{k}$ при различных сценариях

ИД					Условное описание сценария	$\hat{k}^*$	$\hat{S}$	P_{AT}	$\hat{\Sigma}(\hat{k}^*)$
$\hat{C}$	$\hat{T}$	$\hat{F}$	$\hat{k}_{min}$	P					
3,0	0,083	40,0	1,7941	0,925	низкая надежность; дорогая аренда; рациональное значение $\hat{k}$ меньше $\hat{k}_{min}$	1,7941	47023,4	0,8	886,2
0,6	0,083	40,0	1,7941	0,975	средняя надежность; аренда умеренной стоимости; рациональное значение $\hat{k}$ меньше $\hat{k}_{min}$	1,7941	47023,4	0,8	66,5
0,6	0,083	100,0	1,7941	0,994	высокая надежность; аренда умеренной стоимости; большие внеплановые компенсации	2,6545	69575,4	0,9705	23,7

Примечания:

- $\hat{S}$ рассчитана из условий $L_{сф1} = 100,0$ км, $L_{сф2} = 400,0$ км, $L_{сф3} = 1500,0$ км, $\sigma_{Bi}^{I_{H1}} = 0,1$ км, $\sigma_{Bi}^{I_{H2}} = 1,5$ км, $\sigma_{Bi}^{I_{H3}} = 5,5$ км, $\sigma_{Bi}^{k3} = 10,0$ км;
- $\hat{T} = 0,083$ года (соответствует одному месяцу);
- $\hat{k}_{min}$ выбрано по уровню вероятности 0,8 (например, на основе фактора общественного мнения о безопасности пусков);
- $\hat{F} = F$, т.к. не усматривается зависимость компенсационных выплат от того, связаны ли они с непопаданием ОЧ в РП или в АТ.

Выводы

На основе комплексного анализа результатов аналогичных расчетов (табл. 1 и 2) по существенно более представительному набору сценариев могут быть сформулированы следующие рекомендации по совершенствованию правовой базы, регулирующей порядок назначения размеров РП при нормальном полете БРДД и АТ при возникновении НШС:

- декларативно задавать минимальный размер (минимальный уровень вероятности);
- допускать назначение реального размера, не меньшего минимального, исходя из предложенного подхода минимизации плановых и внеплановых затрат арендатора.

В заключение отмечается, что любой не декларативный, а технически обоснованный (в частности — соответствующий предложенному в настоящей работе подходу) порядок назначения размеров РП и АТ сопряжен с дополнительными организационно-техническими вопросами, вытекающими, в т.ч., из конфликта интересов арендатора и арендодателя, среди которых можно выделить необходимость наличия единого, взаимосогласованного и дос-

тупного обоим сторонам способа проведения/ проверки всех расчетов (при этом ограничивающие факторы могут быть связаны с защитой охраняемой законом тайны, а также с техническими и профессиональными возможностями сторон).

Литература

1. Аппазов Р.Ф., Лавров С.С., Мишин В.П. Баллистика управляемых ракет дальнего действия. — М.: Наука, 1966. 307 с.
2. Арсеньев В.Н., Фадеев А.С., Казаков Р.Р. Обеспечение падения отработавших частей ракеты-носителя в заданные районы при пусках с новых стартовых площадок // Электронный журнал «Труды МАИ», рубрика «Космическая техника и технологии». 2012. Выпуск № 58. 10 с.
3. Аверкиев Н.Ф., Булекбаев Д.А. Метод поиска оптимальной программы движения ракет-носителей для оптимизации площади рассеивания отделяемых частей // Журнал «Известия ВУЗов. Приборостроение». 2013. Т. 56. № 7. С. 10–12.
4. Гунькина Н.С., Совершаева С.Л. Нормативно-правовые вопросы использования терри-

торий в качестве районов падения отделяющихся частей ракеты-носителя // Журнал «Экология человека». 2003. № 5. С. 46–50.

5. Скребцова Н.В. Медико-экологическое обоснование мониторинга здоровья на территориях влияния ракетно-космической деятельности // Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, 2006 г. 227 с.

6. Постановление Правительства РФ № 536 от 31.05.1995 «О порядке и условиях эпизодического использования районов падения отделяющихся частей ракет».

7. Постановление Правительства РФ № 350 от 24.03.1998 «О внесении изменений и дополнений в Постановление Правительства РФ № 536 от 31.05.1995 «О порядке и условиях эпизодического использования районов падения отделяющихся частей ракет».

8. Соглашение между Российской Федерацией и Республикой Казахстан о порядке использования 929 Государственного летно-испытательного центра (объекты и боевые поля, размещенные на территории Республики Казахстан) Министерства обороны Российской Федерации от 20 января 1995 года (с изменениями на 16 апреля 2015 года).

9. Соглашение между Российской Федерацией и Республикой Казахстан об условиях использования и аренды испытательного полигона Сары-Шаган и обеспечения жизнедеятельности г. Приозерска от 18 октября 1996 года (с изменениями на 16 апреля 2015 года).

10. Договор аренды комплекса «Байконур» между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан (с изменениями на 09.11.2017). Ратифицирован ФЗ РФ № 77 от 17.05.1995.

11. Патент на изобретение RU 2476357 С2. Способ бортового контроля для аварийного прекращения полета ракеты. Володин В.А., Альтшулер А.Ш., Соломаха С.Г. и др.

12. Епифанов И.К., Кондратьев А.Д., Дорошина С.В. Экологический ущерб при аварии ракет-носителей на активном участке по-

лета // Журнал «Угрозы и безопасность». 2009. № 24 (57). С. 53–57.

13. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11). Справочный документ. — М.: ВТУ ГШ ВС РФ. 2020. 52 с.

14. ГОСТ 20058-80 Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения. — М.: Издательство Стандартов. 1981. 52 с.

15. Лысенко Л.Н. Наведение баллистических ракет: учебное пособие. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 445 с.

16. Николаев Ю.М., Панин С.Д., Соломонов Ю.С., Сычев М.П. Основы проектирования твердотопливных управляемых баллистических ракет. Часть II: учебное пособие. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 140 с.

17. Военный энциклопедический словарь ракетных войск стратегического назначения. — М.: БРЭ, 1999. 634 с.

18. Системы управления летательными аппаратами: учебник. Под общей редакцией Г.Н. Лебедева. — М.: Изд-во МАИ, 2007. 756 с.

19. Побережский С.Ю. Программный комплекс по определению области разброса отработавших ступеней перспективных средств выведения // Журнал «Инновации и инвестиции», 2019. № 11. С. 204–208.

20. ГОСТ 25645.301-83 Расчеты баллистические искусственных спутников Земли. Методика расчета затрат топлива на маневрирование. — М.: Издательство Стандартов. 1984. 148 с.

21. Шаблова Е.Г., Жевняк О.В., Шишулина Т.П. Правоведение: учеб. пособие. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 192 с.

22. Куреев В.Д., Миняев С.И., Черниченко В.Б. Внешнебаллистическая проработка возможностей сокращения числа используемых выделенных районов при проведении пусков исследовательских ракет // Научно-технический сборник «Труды МИТ». 2021. Том 21. Часть 1. С. 114–122.

23. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов: учеб. пособие для втузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1987. 400 с.