

УДК 355.4:35.075:519.676

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.43.4.019](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.019)

## Математическая модель процесса принятия решения группой управления при конфликтном взаимодействии требований по оперативности и обоснованности решения

В.А. Малышев✉, Д.В. Митрофанов, М.Н. Сиделёв

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация*

**Резюме.** В статье представлена математическая модель процесса принятия решения группой управления при конфликтном взаимодействии требований по оперативности и обоснованности решения. Представленная математическая модель отражает физические и практические особенности процесса принятия решения группой управления и учитывает основные воздействующие на него факторы. Для моделирования процесса принятия решения определены: этапы принятия решения; показатель, характеризующий уровень подготовки должностных лиц группы; показатель, характеризующий качество информационного обеспечения; показатель, характеризующий новизну задачи; показатель, характеризующий масштабность действий, показатель, характеризующий автоматизацию процесса. В модели введен коэффициент эффективности принятия решения, позволяющий связать два основных показателя оптимального решения: обоснованность (через среднее время разработки и анализа нескольких вариантов решения) и оперативность (через отношение суммарного среднего времени принятия решения и выделенного времени) с дальнейшей возможностью учета влияния качества принятого решения на последующий процесс планирования. Введен коэффициент устаревания принятого решения, позволяющий оценить актуальность принятого решения через некоторый промежуток времени. С использованием математической модели получены аналитические выражения, которые дают возможность оценить эффективность принятия решения с учетом средних времен этапов принятия решения и коэффициента качества работы группы управления.

**Ключевые слова:** группа управления, процесс принятия решения, обоснованность принятия решения, оперативность принятия решения, коэффициент качества работы группы боевого управления, вероятность принятия обоснованного и оперативного решения, коэффициент эффективности принятия решения.

**Для цитирования:** Малышев В.А., Митрофанов Д.В., Сиделёв М.Н. Математическая модель процесса принятия решения группой управления при конфликтном взаимодействии требований по оперативности и обоснованности решения. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1470> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.019

## A mathematical model of the decision-making process by a command group in the case of conflict interaction of the requirements for the efficiency and validity of the decision

V.A. Malyshev✉, D.V. Mitrofanov, M.N. Sidelev

*Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin”, Voronezh, the Russian Federation*

**Abstract.** The article presents a mathematical model of the decision-making process by a command group in the context of conflict interaction of the requirements for the efficiency and validity of the

decision. The proposed mathematical model reflects the physical and practical features of the decision-making process by the command group and takes into account the main factors influencing it. To model the decision-making process, the following are defined: stages of decision-making; the indicator characterizing the qualification of the officials included in the group; the indicator characterizing the quality of information support; an indicator characterizing the novelty of the task; the indicator characterizing the scale of activities, the indicator characterizing process automation. The model introduces a decision-making efficiency coefficient, which helps to link two main indicators of an optimal solution: validity (through the average time of development and analysis of several decision options) and efficiency (through the ratio of the total average decision-making time and the allocated time); this makes it possible to account for the influence of the quality of the decision made for the subsequent planning process. A coefficient of adopted decision obsolescence has been introduced, which helps to assess the relevance of the adopted decision after a certain period of time. Using a mathematical model, analytical expressions are obtained that make it possible to evaluate the effectiveness of decision-making while taking into account the average time of the decision-making stages and the quality factor of the command group.

**Keywords:** command group, decision-making process, validity of decision-making, efficiency of decision-making, quality factor of the combat control group, probability of making a well-founded and prompt decision, decision-making efficiency factor.

**For citation:** Malyshev V.A., Mitrofanov D.V., Sidelev M.N. A mathematical model of the decision-making process by a command group in the case of conflict interaction of the requirements for the efficiency and validity of the decision. *Modeling, Optimization and Information Technology*. URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1470> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.019 (In Russ.).

## Введение

Выработка и принятие решения – многоэтапный процесс деятельности группы управления, и его оптимизация осуществляется на всех этапах этого процесса, при определении каждого элемента решения. Практический подход к нахождению рационального решения состоит в том, чтобы научиться оптимальным образом определять важные элементы решения и согласовывать их между собой. При этом под рациональным решением следует понимать такое решение, которое приводит к выполнению поставленной задачи с наибольшей эффективностью при наличии допустимого риска (в общем случае – разного по значению) в отношении его элементов в условиях приоритета противоположной стороны в выборе варианта действий.

Универсальных методов разработки способов, вариантов действий нет. Решающая роль здесь всегда принадлежит личностным качествам лица, принимающего решение (ЛПР), его профессиональным знаниям, творческим способностям, опыту и интуиции. Условия обстановки (наличие сил и средств, местность и т. д.) ограничивают выбор способов действий, а исходные данные неопределенны. Всегда существует «за» и «против». Тем не менее, логический анализ, практические расчеты, моделирование позволяют оценить рациональность каждого элемента и решения в целом, их соответствие основным требованиям и принципам тактики действий, возможность реализации, эффективность, а мастерское исполнение решения приводит к успешному выполнению поставленной задачи [1-3].

## Актуальность

Нахождение наиболее эффективного решения, как известно, сводится к выбору варианта из совокупности возможных путем сравнительной оценки их эффективности. Задача выработки и принятия решения на действия в процессе конфликта весьма специфична. Её решение в такой постановке практически осуществить трудно, хотя на различных этапах оптимизации решений этот методический подход широко

используется. Можно, конечно, задавшись различными вариантами действий противоположной стороны и своих, составить матрицу эффективности и найти совокупность рациональных вариантов решений, каждый из которых соответствует вполне определенному варианту действий противника. Но как выбрать из этой совокупности вариантов один из них, где гарантия, что противник не будет действовать по совершенно иному варианту?

Каждое решение на конкретные действия в той или иной мере сопряжено с риском. Однако риск – это не действия наудачу в надежде на благоприятный исход конфликтного взаимодействия. Напротив, в основе их должно быть умение обнаруживать скрытые факторы обстановки, распознавая намерения противника, упредить его, навязать ему свою волю [4].

**Цель работы** – разработать математическую модель процесса принятия решения группой управления (ГУ), отражающую физические и практические особенности процесса принятия решения и учитывающую основные воздействующие на него факторы.

Эффективность принятия решения можно оценить по двум основным показателям: обоснованности (рациональности) и оперативности (своевременности) [5]. Обоснованность принятия решения отражает эффективность разработки и анализа нескольких вариантов решения, учитывающих возможные значимые факторы. В ходе принятия решения ЛПР рассматривает несколько альтернативных вариантов решения, разработанных должностными лицами группы управления, и выбирает из них наиболее рациональный. На практике заблаговременно накапливается определенный опыт решения тех или иных задач, нарабатываются определенные варианты, и на их основе – базовые варианты. Анализ процесса принятия решения показывает определенную зависимость между анализируемым числом вариантов решения и показателями, характеризующими уровень профессиональной подготовки должностных лиц, разрабатывающих варианты и ЛПР, качество информационного обеспечения, новизну задачи и масштаб действий [6]. Количество разрабатываемых вариантов может быть различным, по опыту оно находится в пределах от 2 до 4 вариантов. До рассмотрения всех предложенных вариантов решение принято быть не может.

Оперативность принятия решения отражает отношение потребного и выделенного времени. С точки зрения конфликтного взаимодействия, эти времена находятся в противоречии между собой, поскольку каждая из противоборствующих сторон стремится упредить другую. Благоприятный баланс времени обеспечивается лишь в том случае, когда потребное время не превышает выделенного.

- 1 этап – уяснение задачи;
- 2 этап – определение необходимой для принятия решения информации;
- 3 этап – сбор необходимой информации;
- 4 этап – анализ полученной информации;
- 5 этап – принятия решения ЛПР.

Каждый из определенных этапов требует затрат определенного времени. Учитывая, что все эти времена не являются детерминированными, корректно рассматривать средние времена:

- 1)  $\bar{T}_1$  – среднее время уяснения задачи;
- 2)  $\bar{T}_2$  – среднее время определения необходимой информации;
- 3)  $\bar{T}_3$  – среднее время сбора информации;
- 4)  $\bar{T}_4$  – среднее время анализа информации;
- 5)  $\bar{T}_5$  – среднее время принятия решения ЛПР.

Значения указанных средних времен, исходя из интенсивностей оцениваемых процессов, и суммарное среднее время принятия решения (а также суммарную интенсивность процесса принятия решения) можно определять в соответствии с методическим подходом, разработанным в [7].

В общем случае:

$$\bar{T}_{\Sigma} = \bar{T}_1 + \bar{T}_2 + \bar{T}_3 + \bar{T}_4 + \bar{T}_5. \quad (1)$$

Указанное время зависит от ряда факторов: квалификации (профессионализма, опыта, слаженности работы) должностных лиц ГУ и ЛПР, полноты имеющихся исходных данных, необходимого количества разрабатываемых вариантов решения, степени оснащения системы управления средствами автоматизации и др. [4].

Примем, что объективно существует некоторое минимально возможное допустимое время  $T_{\text{доп}}$  ( $T_{\text{доп}} \leq \bar{T}_{\Sigma}$ ) для качественной разработки  $N$  вариантов решения, которое может быть достигнуто в конкретных условиях [5].

В соответствии с потребностями обстановки надсистемой на принятие решения выделяется определенный промежуток времени  $T_{\text{выд}}$ , после которого своевременность принятого решения будет снижаться вследствие устаревания информации в условиях изменяющейся обстановки [8, 9].

Очевидно, что условием своевременности принятого решения будет временное соотношение (2).

$$T_{\text{доп}} \leq \bar{T}_{\Sigma} \leq T_{\text{выд}}, \quad (2)$$

при этом оперативность будет тем выше, чем больше  $\bar{T}_{\Sigma}$  приближается к  $T_{\text{доп}}$ .

Тогда оперативность решения нельзя рассматривать как процесс уменьшения времени на принятие решения. Оперативность входит в конфликт с обоснованностью при  $T_{\Sigma} < T_{\text{доп}}$ .

Анализ процесса принятия решения показал, что при его моделировании эффективность принятия решения можно оценить некоторой непрерывной функцией  $K_9(T)$ , которая должна удовлетворять следующим условиям:

1) в интервале времени от 0 до  $\bar{T}_{\Sigma}$  возрастать, достигая в приближении к значению  $\bar{T}_{\Sigma}$  некоторое значение в диапазоне от 0 до 1;

2) в точке  $\bar{T}_{\Sigma}$  скачкообразно принимать некоторое максимальное значение, большее 1. Величина этого максимального значения будет определяться эффективностью работы группы управления и численно быть большей значения функции  $K_9(T_{\text{выд}})$ ;

3) в интервале времени от  $\bar{T}_{\Sigma}$  до  $T_{\text{выд}}$  убывать, принимая в точке  $T_{\text{выд}}$  значение, равное 1;

4) в интервале времени от  $T_{\text{выд}}$  до бесконечности – убывать, стремясь к нулю.

Вид зависимостей в восходящей (от 0 до  $\bar{T}_{\Sigma}$ ) и нисходящей (больше  $\bar{T}_{\Sigma}$ ) ветвях графика в общем случае может быть различным, и даже составным, включающим различные выражения для промежутков времени от  $\bar{T}_1$  до  $\bar{T}_5$ .

Для проведения экспресс-моделирования процесса принятия решения функцию  $K_9(T)$  описать зависимости линейными уравнениями. В этом случае выражение для восходящей ветви графика зависимости будет иметь линейно-возрастающий вид:

$$K_9 = at \text{ для } 0 \leq t \leq \bar{T}_{\Sigma}. \quad (3)$$

Параметр  $a$  в выражении (3) определяет крутизну зависимости и по сути является коэффициентом качества работы ГУ.

Максимальное значение  $K_{эmax}$  в момент времени  $\bar{T}_\Sigma$  будет определяться выражением (4).

$$K_{эmax} = aT_{выд}. \quad (4)$$

Выражение для нисходящей ветви (для случая, когда  $T_{выд} > \bar{T}_\Sigma$ ) определим из уравнения прямой, проходящей через две заданные точки (5).

$$\frac{t - \bar{T}_\Sigma}{T_{выд} - \bar{T}_\Sigma} = \frac{K_э(t) - aT_{выд}}{1 - aT_{выд}}. \quad (5)$$

Преобразовав выражение к каноническому виду уравнения прямой с угловым коэффициентом, получим

$$K_э(t) = k_{уст}t + b = \frac{1 - aT_{выд}}{T_{выд} - \bar{T}_\Sigma}t + \left( aT_{выд} - \frac{\bar{T}_\Sigma(1 - aT_{выд})}{T_{выд} - \bar{T}_\Sigma} \right), \quad (6)$$

где  $k_{уст} = \frac{1 - aT_{выд}}{T_{выд} - \bar{T}_\Sigma}$  – коэффициент устаревания принятого решения.

В случае, когда  $T_{выд} \leq \bar{T}_\Sigma$  (ГУ не успевает обеспечить принятие решения в выделенное время), максимальное значение  $K_э$  (меньшее 1) будет достигаться в момент времени  $T_{выд}$  и далее убывать, стремясь к нулю. В этом случае коэффициент устаревания принятого решения необходимо определять отдельно.

Таким образом, общее выражение простой модели процесса принятия решения и определения коэффициента эффективности принятия решения будет иметь вид:

$$K_э = \begin{cases} at & \text{для } 0 \leq t \leq \bar{T}_\Sigma; \\ K_{эmax} & \text{для } t = \bar{T}_\Sigma \quad (K_{эmax} = aT_{выд}); \\ \frac{1 - aT_{выд}}{T_{выд} - \bar{T}_\Sigma}t + \left( aT_{выд} - \frac{\bar{T}_\Sigma(1 - aT_{выд})}{T_{выд} - \bar{T}_\Sigma} \right) & \text{для } t > \bar{T}_\Sigma. \end{cases} \quad (7)$$

На Рисунке 1 представлен график зависимости  $K_э$  от времени для следующих исходных данных:  $a = 0,2$ ,  $T_{выд} = 10$  ч,  $\bar{T}_\Sigma = 5$  ч.

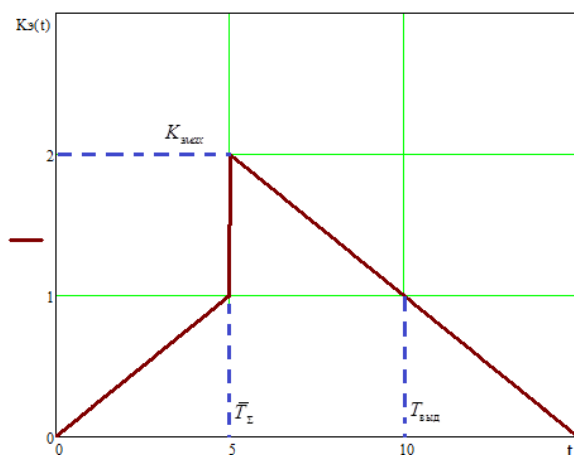


Рисунок 1 – График зависимости  $K_э$  от времени при описании процесса принятия решения линейными уравнениями

Figure 1 – Graph of dependence on time when describing the decision-making process with linear equations

Очевидно, что в большинстве практических случаев линейная модель (7) дает достаточно грубое приближение и не обеспечивает соответствия физике протекания

процесса принятия решения. Поэтому для моделирования процесса принятия решения с учетом исследований других авторов и практического опыта примем, что этот процесс описывается экспоненциальными законами [10].

В этом случае выражение для восходящей ветви графика зависимости эмпирически можно определить как

$$K_3 = a(e^{\lambda t} - 1) \text{ для } 0 \leq t \leq \bar{T}_\Sigma, \quad (8)$$

где  $\lambda$  – интенсивность работы ГУ по принятию решения;  $a$  – коэффициент качества работы ГУ (от 0 до 1).

Коэффициент качества работы ГУ в общем случае является функцией ряда показателей:

$$a = F(k_{\text{подг}}, k_{\text{и.о.}}, k_{\text{ст.пр.}}, k_M, k_{\text{авт}}), \quad (9)$$

где  $k_{\text{подг}}$  – показатель, характеризующий уровень подготовки должностных лиц боевого расчета;  $k_{\text{и.о.}}$  – показатель, характеризующий качество информационного обеспечения;  $k_{\text{ст.пр.}}$  – показатель, характеризующий новизну задачи;  $k_M$  – показатель, характеризующий масштабность действий,  $k_{\text{авт}}$  – показатель, характеризующий автоматизацию процесса [11].

Максимальное значение  $K_{3\text{max}}$  в момент времени  $\bar{T}_\Sigma$  будет определяться выражением

$$K_{3\text{max}} = a(e^{\lambda T_{\text{выд}}} - 1). \quad (10)$$

Выражение для нисходящей ветви (для случая, когда  $T_{\text{выд}} > \bar{T}_\Sigma$ ), исходя из приведенных рассуждений, будет иметь следующий вид:

$$K_3 = a(e^{\lambda T_{\text{выд}}} - 1)e^{k_{\text{уст}}(t - \bar{T}_\Sigma)}, \quad (11)$$

Коэффициент устаревания принятого решения определим из выражения для экспоненты, проходящей через две заданные точки ( $K_{3\text{max}}$  в момент времени  $\bar{T}_\Sigma$  и  $K_3 = 1$  в момент времени  $T_{\text{выд}}$ ):

$$k_{\text{уст}} = \frac{\ln(a(e^{\lambda T_{\text{выд}}} - 1))}{\bar{T}_\Sigma - T_{\text{выд}}}. \quad (12)$$

Тогда общая модель процесса принятия решения в виде функции для определения коэффициента эффективности принятия решения будет иметь вид:

$$K_3(t) = \begin{cases} a(e^{\lambda t} - 1) \text{ для } 0 \leq t \leq \bar{T}_\Sigma; \\ a(e^{\lambda T_{\text{выд}}} - 1) \text{ для } t = \bar{T}_\Sigma; \\ a(e^{\lambda T_{\text{выд}}} - 1)e^{k_{\text{уст}}(t - \bar{T}_\Sigma)} \text{ для } t > \bar{T}_\Sigma. \end{cases} \quad (13)$$

Аналогично, в случае, когда  $T_{\text{выд}} \leq \bar{T}_\Sigma$  (ГУ не успевает обеспечить принятие решения в выделенное время), максимальное значение  $K_3$  (меньшее 1) будет достигаться в момент времени  $T_{\text{выд}}$  и далее убывать, стремясь к нулю. В этом случае коэффициент устаревания принятого решения необходимо определять отдельно.

## Результаты

На Рисунке 2а представлены графики зависимости  $K_3$  от времени для следующих исходных данных:  $T_{\text{выд}} = 10$  ч,  $\bar{T}_\Sigma = 5$  ч,  $a = 0,01; 0,05; 0,1$ ,  $\lambda = 0,5$ ; на Рисунке 2б представлены аналогичные графики для  $T_{\text{выд}} = 10$  ч,  $\bar{T}_\Sigma = 5$  ч,  $a = 0,05$ ,  $\lambda =$

0,3; 0,4; 0,5. На Рисунке 3 представлены графики зависимости  $K_9$  от времени для следующих исходных данных:  $T_{\text{выд}} = 10$  ч;  $a = 0,05$ ;  $\lambda = 0,5$ ;  $\bar{T}_\Sigma = 2, 5, 9$  ч.

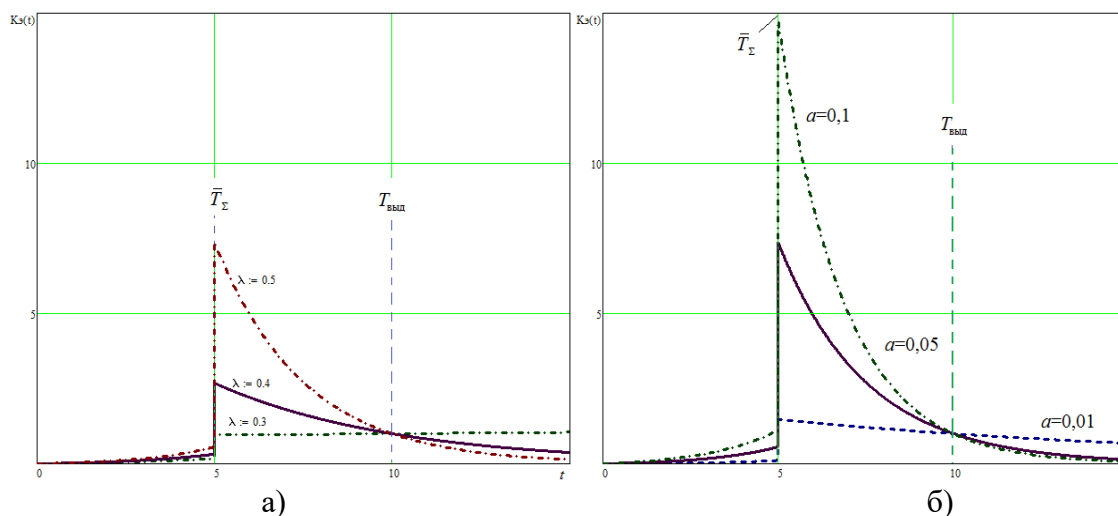


Рисунок 2 – Графики зависимости  $K_9(t)$  при  $T_{\text{выд}} = 10$  ч,  $\bar{T}_\Sigma = 5$  ч: а –  $a = 0,01; 0,05; 0,1$ ,  $\lambda = 0,5; 26 - a = 0,05$ ,  $\lambda = 0,3; 0,4; 0,5$   
 Figure 2 – Dependency graphs  $K_9(t)$  at  $T_{\text{выд}} = 10$  t,  $\bar{T}_\Sigma = 5$  t: а –  $a = 0,01; 0,05; 0,1$ ,  $\lambda = 0,5$ ;  $26 - a = 0,05$ ,  $\lambda = 0,3; 0,4; 0,5$

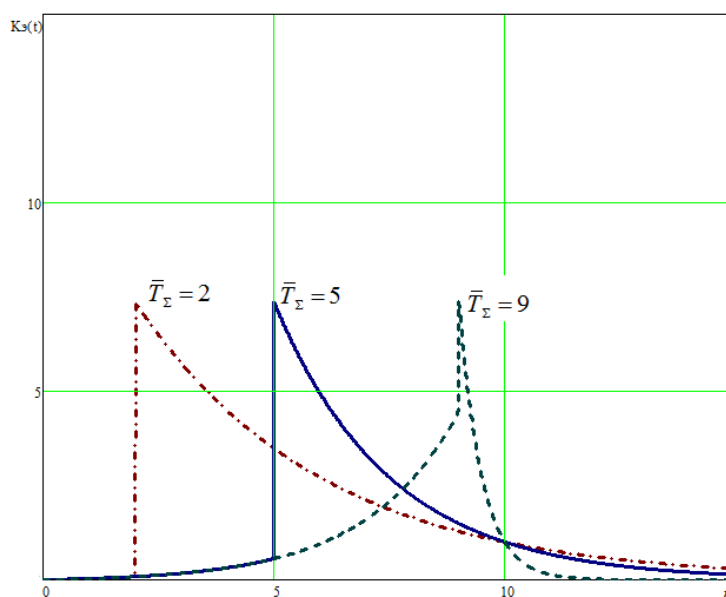


Рисунок 3 – Графики зависимости  $K_9(t)$  при  $T_{\text{выд}} = 10$  ч;  $a = 0,05$ ;  $\lambda = 0,5$ ;  $\bar{T}_\Sigma = 2, 5, 9$  ч  
 Figure 3 – Dependency graphs  $K_9(t)$  at  $T_{\text{выд}} = 10$  t;  $a = 0,05$ ;  $\lambda = 0,5$ ;  $\bar{T}_\Sigma = 2, 5, 9$  t

Согласно теории принятия решения, кроме показателя оперативности принятия решения, обоснованность принятого решения можно оценить вероятностью качественного принятия решения  $P_{\text{кр}}$  или вероятностью оптимального решения. Считая, что качественные события образуют некоторый пуассоновский поток событий [12, 13], данную вероятность можно определить по формуле:

$$P_{\text{оп}} = 1 - e^{-\alpha_k k_9}, \quad (14)$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент качества подготовки вариантов решения;  $k_9$  – коэффициент

эффективности принятия решения.

Согласно (14), вероятность принятия качественного решения при увеличении времени стремится к 1, при этом скорость приближения определяется коэффициентами  $\alpha_k$  и  $k_3$ . Значение  $\alpha_k$  будет определяться качеством работы должностных лиц ГУ и набором различных факторов, в первую очередь – наличием подготовки должностных лиц ГУ и укомплектованностью личным составом, качеством информационного обеспечения и т.п. Значение коэффициента  $k_3$  определяется подготовкой и личными качествами ЛПР и качеством средств автоматизации.

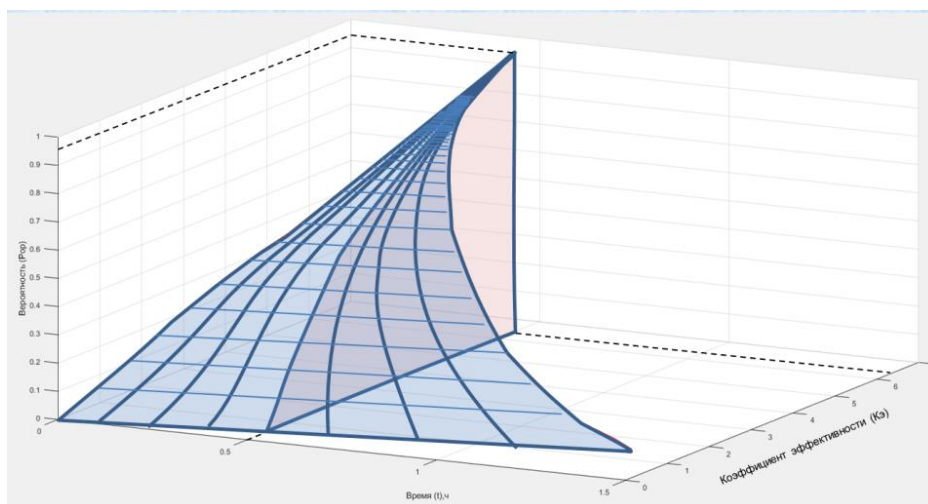


Рисунок 4 – График зависимости  $P_0$  от  $K_3(t)$  и  $t$  при  $\alpha_k = 0,1$  и  $T_\Sigma = 0,5$   
 Figure 3 – Dependency graphs  $P_0$  from  $K_3(t)$  and  $t$  at  $\alpha_k = 0,1$  and  $T_\Sigma = 0,5$

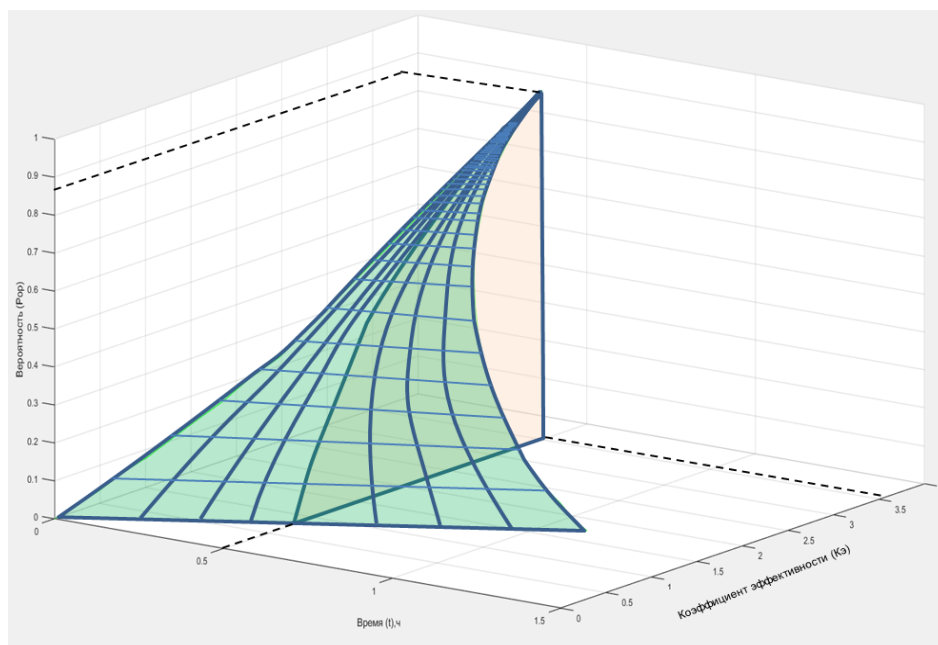


Рисунок 5 – График зависимости  $P_0$  от  $K_3(t)$  и  $t$  при  $\alpha_k = 0,05$  и  $T_\Sigma = 0$   
 Figure 5 – Dependency graph  $P_0$  from  $K_3(t)$  and  $t$  at  $\alpha_k = 0,05$  and  $T_\Sigma = 0,5$

Для представления процесса принятия решения в виде (14) вероятность принятия обоснованного и оперативного (оптимального) решения  $P_0$  представлена на Рисунках 4-6 при различных значениях:  $\alpha_k = 0,1$ ;  $\alpha_k = 0,05$ ;  $\alpha_k = 0,01$ .



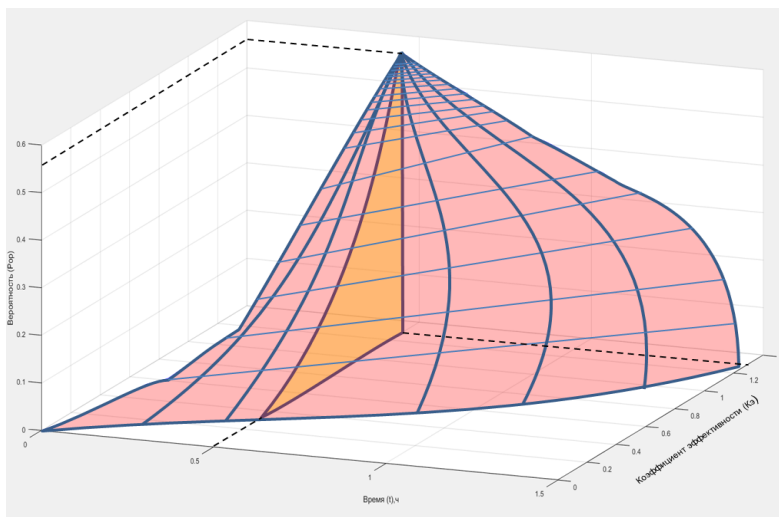


Рисунок 6 – График зависимости  $P_0$  от  $K_3(t)$  и  $t$  при  $\alpha_k=0,01$  и  $T_\Sigma=0,5$   
Figure 5 – Dependency graph  $P_0$  from  $K_3(t)$  and  $t$  at  $\alpha_k=0,01$  и  $T_\Sigma=0,5$

Из анализа графиков следует, что максимальное значение вероятности  $P_0$  при одинаковом допустимом времени на принятие решения достигается при значении  $K_3(t)$ , значительно большем 1. Это свидетельствует о необходимости совершенствования работы ГУ как в сторону обеспечения обоснованности решения, так и в сторону оперативности, при соблюдении необходимого компромисса.

### Выводы

Таким образом, разработана математическая модель процесса принятия решения ГУ, отражающая физические и практические особенности процесса принятия решения и учитывающая основные воздействующие на него факторы. В модели введен коэффициент эффективности принятия решения, позволяющий связать два основных показателя оптимального решения: обоснованность (через среднее время разработки и анализа нескольких вариантов решения) и оперативность (через отношение суммарного среднего времени принятия решения и выделенного времени) с дальнейшей возможностью учета влияния качества принятого решения на последующий процесс планирования. Введен коэффициент устаревания принятого решения, позволяющий оценить актуальность принятого решения через некоторый промежуток времени. Полученные аналитические выражения модели дают возможность оценить эффективность принятия решения с учетом средних времен этапов принятия решения и коэффициента качества работы ГУ. Анализ полученных зависимостей свидетельствует об адекватности модели процесса принятия решения и возможности его применения для анализа эффективности принятия решения.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dezfuli H. et all. *NASA Risk-Informed Decision Making Handbook. Version 1.0 – NASA/SP-2010-576*. Books Express Publishing; 2010. 128 p.
2. McGregor L. Improving the quality and speed of decision making. *Journal of change management*. 2010;2(4):344–356.
3. Flueler T., Blowers A. Quality in decision making process. Insights, COVARN 2 WPs project. 2007. pp. 13–15.
4. Риск – благородное дело? *На страже Родины*. СПб.: РИЦ «Красная звезда»; 2003. 8 с.

5. Халин В.Г. *Теория принятия решений в 2 т. Том 1.* Учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт; 2023. 250 с.
6. Бурмистров С.К. *Справочник офицера воздушно-космической обороны.* Тверь: ВАВКО; 2005. 564 с.
7. Ткаченко П.Н., Куцев Л.Н., Мещеряков Г.А. *Математические модели боевых действий.* М.: Сов. Радио; 1969. 240 с.
8. Алексеев О.Г., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. *Марковские модели боя.* М.: Воениздат; 1985. 85 с.
9. Иванов П.И., Жиров А.Ю., Соболевская З.Т. *Основы и применение методов прикладной математики в военном деле.* Мононо: ВВА; 1991. 512 с.
10. Озерский М.Д., Исаев В.Г., Гончаров В.В. *Методическое пособие для решения задач по дисциплине «Основы теории надежности».* М.; Берлин: Директ-Медиа; 2020. 44 с.
11. Вентцель Е.С. *Исследование операций: задачи, принципы, методология.* 2-е изд., стер. М.: Наука; 1988. 208 с.
12. Вентцель Е.С. *Теория вероятностей.* Учебник для студентов вузов. 9-е изд. М.: Издательский центр «Академия»; 2003. 576 с.
13. Кобелев Н.Б., Половников В.А., Девятков В.В. *Имитационное моделирование.* М.: КУРС. ИНФРА-М; 2015. 368 с.

#### REFERENCES

1. Dezfuli H. et all]. *NASA Risk-Informed Decision Making Handbook. Version 1.0 – NASA/SP-2010-576.* Books Express Publishing; 2010. 128 p.
2. McGregor L. Improving the quality and speed of decision making. *Journal of change management.* 2010;2(4):344–356.
3. Flueler T., Blowers A. Quality in decision making process. Insights, COVARN 2 WPs project. 2007. pp. 13–15.
4. Risk – blagorodnoe delo? *Na strazhe Rodiny.* Saint Petersburg, RITs Krasnaya zvezda; 2003. 8 p. (In Russ.).
5. Khalin V.G. *Teoriya prinyatiya reshenii v 2 t. Tom 1.* Uchebnik i praktikum dlya vuzov. Moscow, Izdatel'stvo Yurait; 2023. 250 p. (In Russ.).
6. Burmistrov S.K. *Spravochnik ofitsera vozdushno-kosmicheskoi oborony.* Tver', VAVKO; 2005. 564 p. (In Russ.).
7. Tkachenko P.N., Kutsev L.N., Meshcheryakov G.A. *Matematicheskie modeli boevykh deistvii.* Moscow, Sov. Radio; 1969. 240 p. (In Russ.).
8. Alekseev O.G., Anisimov V.G., Anisimov E.G. *Markovskie modeli boya.* Moscow, Voenizdat; 1985. 85 p. (In Russ.).
9. Ivanov P.I., Zhiron A.Yu., Sobolevskaya Z.T. *Osnovy i primeneniye metodov prikladnoi matematiki v voennom dele.* Monino, VVA; 1991. 512 p. (In Russ.).
10. Ozerskii M.D., Isaev V.G., Goncharov V.V. *Metodicheskoe posobie dlya resheniya zadach po distsipline “Osnovy teorii nadezhnosti”.* Moscow; Berlin: Direkt-Media; 2020. 44 p. (In Russ.).
11. Venttsel' E.S. *Issledovanie operatsii: zadachi, printsipy, metodologiya.* 2<sup>nd</sup> ed., stereotyped. Moscow, Nauka; 1988. 208 p. (In Russ.).
12. Venttsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei.* Uchebnik dlya studentov vuzov. 9th ed. Moscow, Izdatel'skii tsentr “Akademiya”; 2003. 576 p. (In Russ.).
13. Kobelev N.B., Polovnikov V.A., Devyatkov V.V. *Imitatsionnoye modelirovaniye.* Moscow, KURS. INFRA-M; 2015. 368 p. (In Russ.).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Мальшев Владимир Александрович**, доктор технических наук, профессор, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [vamalyshev@list.ru](mailto:vamalyshev@list.ru)

**Митрофанов Дмитрий Викторович**, кандидат педагогических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [mitrofanovd@mail.ru](mailto:mitrofanovd@mail.ru)

**Сиделёв Максим Николаевич**, старший преподаватель, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [maxx\\_07@mail.ru](mailto:maxx_07@mail.ru)

**Vladimir A. Malyshev**, Doctor of Technical Sciences, Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin”, Voronezh, the Russian Federation.

**Dmitry V. Mitrofanov**, Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant Professor, Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin”, Voronezh, the Russian Federation.

**Maksim N. Sidelev**, Senior Lecturer, Military Educational and Scientific Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin”. Voronezh, the Russian Federation, Voronezh, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 16.11.2023; принята к публикации 05.12.2023.*

*The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 16.11.2023; accepted for publication 05.12.2023.*