



УДК 355/359.07  
ГРНТИ 78.19.13

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ КОНФЛИКТА ПРОТИВОБОРСТВУЮЩИХ СТОРОН ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА ВЕДЕНИЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

*В.Л. ЛЁН*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*В.А. МАЛЫШЕВ, доктор технических наук, профессор*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье предложен вариант повышения оперативности принятия решения командующим армии Военно-воздушных сил и противовоздушной обороны на боевые действия за счет совершенствования работы должностных лиц полного боевого расчета командного пункта. Предложена модель конфликта работы полного боевого расчета командного пункта армии военно-воздушных сил и противовоздушной обороны при формировании алгоритма на этапе принятия решения на боевые действия, в основе которой заложен графоаналитический метод сетевого планирования, опирающийся на математический аппарат теории графов.

*Ключевые слова:* принятие решения, управление, комплекс средств автоматизации, автоматизированная система управления войсками, боевые действия.

## THE WARRING PARTIES CONFLICT CONSTRUCTING MODELS METHODOLOGY TO ASSESS THE DECISION MAKING EFFICIENCY TO CONDUCT COMBAT OPERATIONS IN THE TROOP COMMAND SYSTEM

*V.L. LEN*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*V.A. MALYSHEV, Doctor of Technical sciences, Professor*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The article offers an option to increase the efficiency of decision-making by the of The Air Force and Air Defense commander for combat operations by improving the command post full combat calculation officials work. The proposed conflict model of the Air Force and Air Defence army command post combat crew during the algorithm formation in the decision phase of fighting, which is based upon the network planning graphic-analytical method, based on the graph theory mathematical tool.

*Keywords:* decision-making, management, automation tools complex, automated troop command system, combat operations.

**Введение.** Опыт современных военных конфликтов свидетельствует о том, что эффективность решения любой задачи управления зависит не только от результатов решения взаимосвязанных с ней задач, но и от того, как осуществляется работа в штабе, какие используются способы управления и алгоритмы работы. В свою очередь, алгоритмы работы и способы управления тесно связаны с оснащённостью ее органов и пунктов управления новейшими автоматизированными системами [1].

**Актуальность.** Поиск эффективных способов применения автоматизированных систем управления войсками, обеспечивающих своевременное принятие решения на боевые действия



в условиях быстроменяющейся обстановки является важной и актуальной задачей, одним из возможных путей решения которой связано с разработкой новых подходов к информационному обеспечению современных систем управления.

На современном этапе развития вооружения и военной техники, средств управления и систем поддержки и принятия решения из совокупности правил военного управления необходимо выделить правило соотношения потребного и располагаемого времени при решении задач управления. Это правило показывает одно из главнейших требований к управлению – это результативность. Если в мирное время при заблаговременной подготовке требования к результативности (оперативности) принятия решения и планирования боевых действий не так критичны, то в ходе военных действий и при подготовке боевых действий, и при управлении ходом боевых действий баланс времени по отношению к действиям противника приобретает первостепенное значение.

С этой точки зрения необходимо рассматривать два типа времени – располагаемое и потребное, которые в процессе ведения боевых действий находятся в диссонансе между собой, так как каждая из участвующих в конфликте сторон имеет тенденцию опередить другую.

В настоящее время, опыт современных военных конфликтов свидетельствует о том, что результативность управления существенно зависит от алгоритмов и применяемых методов работы военнослужащих при определении замысла и выработке решения на боевые действия, планировании боевых действий, подготовки и поддержания взаимодействия между формированиями.

В качестве основного показателя эффективности системы управления предлагается использовать оперативность функционирования системы, обеспечивающую упреждение в действиях противоположной стороны [2].

Оперативность функционирования системы управления характеризуется вероятностью своевременного выполнения задач управления. Применение в исследовании данного показателя вызвано необходимостью реализации требований закона управления войсками – о соответствии потребного и располагаемого времени при решении задач управления [3]. При подготовке боевых действий необходим тщательный учет баланса времени. Он производится путем сопоставления потребного времени  $T_n$  и времени располагаемого  $T_p$ . Благоприятный баланс времени обеспечивается лишь в том случае, когда потребное время не превышает располагаемого:

$$T_n < T_p. \quad (1)$$

Для исследования конфликтов различной степени сложности представляют особый интерес Марковские и полумарковские случайные процессы [4]. Так, с использованием полумарковских случайных процессов с конечным или счетным множеством состояний можно описать процессы конфликта различных воинских формирований [5].

Построение моделей, обеспечивающих получение количественных оценок возможностей упреждающего принятия решения на ведение боевых действий, требует специального задания конструкций полумарковского процесса и составления уравнений, описывающих эти процессы.

Рассмотрим конфликт между сторонами  $A$  и  $B$ , одной из составляющих которого является принятие решения объединения ВВС на ведение боевых действий. При этом будем понимать под стороной  $A$  – собственные ВВС, а под стороной  $B$  – силы противника. Очевидно, что в ходе конфликта преимуществом будет обладать та сторона, которая при равенстве прочих условий, в том числе качества (обоснованности) решения, успешно завершит процесс принятия решения за меньшее время. Следовательно, вероятность своевременного выполнения задач управления в данном случае можно определить как вероятность упреждения в принятии решения одной стороной над другой.



Обозначим через  $T_a$  среднее время, затраченное на принятие решения стороны  $A$ , а через  $T_b$  среднее время, затраченное на принятие решения стороны  $B$ .

Для любой из сторон в случае последовательного выполнения задач управления, такое время можно вычислить по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^z (T_{ij}^n + T_{ij}^p), \quad (2)$$

где  $q$  – количество этапов принятия решения;  $z$  – количество решаемых задач в каждом этапе, то есть задач вида ОТР, ИРЗ и т.д.;  $T_{ij}^n$  – среднее время получения  $j$ -ой задачи  $i$ -го этапа;  $T_{ij}^p$  – среднее время решения  $j$ -ой задачи  $i$ -го этапа.

Для нахождения вероятностей упреждения при принятии решений одной стороны над другой, воспользуемся теорией полумарковских случайных процессов [6].

Обозначим через  $P(A > B, t)$  [ $P(B > A, t)$ ] вероятность того, что к моменту времени  $t$  сторона  $A$  [ $B$ ] примет решение на боевые действия, а сторона  $B$  [ $A$ ] нет (символ  $>$  обозначает превосходство одной стороны над другой). Применительно к выбранным показателям, граф, отражающий динамику конфликта, будет иметь вид, представленный на рисунке 1.

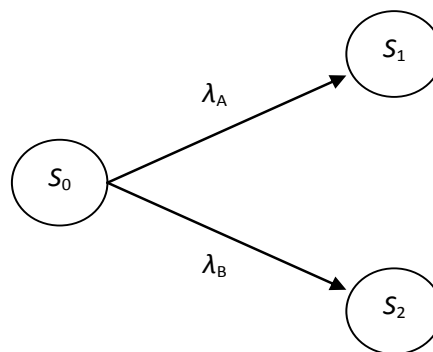


Рисунок 1 – Граф состояний процесса принятия решений при конфликте сторон

$S_0$  – состояние, когда ни одна из сторон не приняла решение;  $S_1$  – состояние, когда сторона  $A$  приняла решение;  $S_2$  – состояние, когда сторона  $B$  приняла решение.

Для нахождения указанных показателей процесса принятия решения введем в рассмотрение функции  $H_j^+(t)$  и  $H_j^-(t)$ , обозначающие среднее число переходов конфликтного процесса в интервале времени  $(0, t)$ , после каждого из которых процесс попадает в состояние  $S_j$  и покидает состояние  $S_0$  соответственно [7].

Дифференциалы приведенных функций  $dH_j^+(t)$  и  $dH_j^-(t)$  интерпретируются, как вероятности того, что в интервале времени  $[t, t + dt]$  произойдут соответствующие переходы.

$$dH_0^+(t) = \tilde{P}_0(t), \quad dH_0^-(t) = P_{01} \int_0^t \phi_{01}(t-\tau) \tilde{P}_0(\tau) d\tau + P_{02} \int_0^t \phi_{02}(t-\tau) \tilde{P}_0(\tau) d\tau; \quad (3)$$

$$dH_1^+(t) = \tilde{P}_1(t), \quad dH_1^-(t) = 0; \quad (4)$$

$$dH_2^+(t) = \tilde{P}_2(t), \quad dH_2^-(t) = 0. \quad (5)$$



Вероятности нахождения в том или ином состоянии, соответствующем вершинам графа, могут быть определены с помощью равенства

$$P_i(t) = \int_0^t \{dH_i^+(U) - dH_i^-(U)\} dU. \tag{6}$$

Применяя к (5) преобразование Лапласа с учетом (6) можем записать:

$$\begin{cases} P_0(S) = \frac{1}{S} P_{0H} [1 - P_{01}\phi_{01}(S) - P_{02}\phi_{02}(S)] \\ P_1(S) = \frac{1}{S} [P_{1H} + P_{0H}P_{01}\phi_{01}(S)] \\ P_2(S) = \frac{1}{S} [P_{2H} + P_{0H}P_{02}\phi_{02}(S)] \end{cases}, \tag{7}$$

где  $P_{iH}(i = \bar{1}, \bar{H})$  – вероятность нахождения системы в начальный момент времени в состоянии  $S_0$ .

Следовательно, порядок решения системы уравнений (7), в соответствии с приведенной на рисунке 2 структурой модели конфликта, заключается в определении преобразования Лапласа функций плотности вероятности  $\phi_j(t)$ , вычислении значений вероятностей состояний противоборствующих систем в операторной форме, и получении вероятностей  $P_i(t), i = \bar{0}, \bar{2}$  способом обратного преобразования Лапласа.

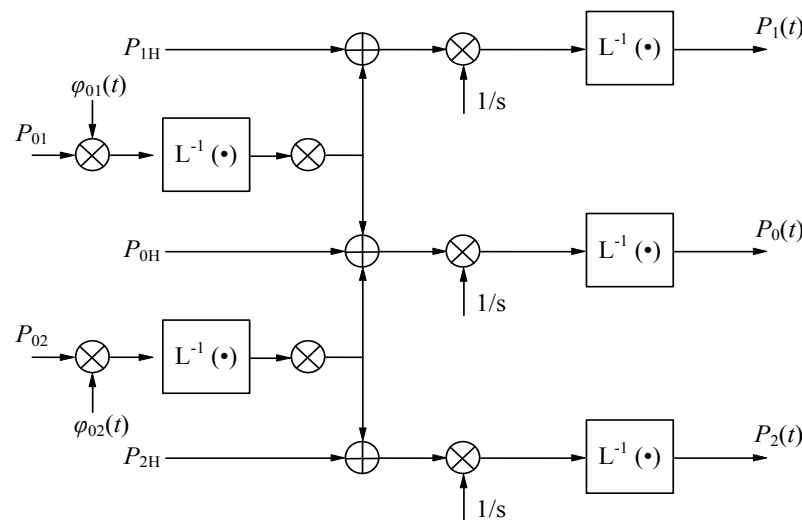


Рисунок 2 – Модель конфликта сторон при принятии решения на боевые действия

Проведем оценку исхода конфликта для случая экспоненциальных законов распределения времени выполнения задачи принятия решения:

$$\begin{aligned} F_{A(B)}(t) &= 1 - e^{-\lambda_{A(B)}t}; \\ \phi_{A(B)}(t) &= \lambda_{A(B)} \cdot e^{-\lambda_{A(B)}t}, \end{aligned} \tag{8}$$

где  $\lambda_{A(B)} = 1/T_{A(B)}$ ;  $T_{A(B)}$  – среднее время выполнения задачи принятия решения стороной  $A$  ( $B$ ).



С учетом необходимости выполнения требования нормировки функций плотности вероятности переходов конфликтующих систем в различные состояния (рисунок 2) [8] следующие функции плотности вероятности переходов и соответствующие им преобразования Лапласа имеют вид:

$$\phi_{01}(t) = \frac{\phi_A(t) \cdot (1 - F_B(t))}{P_{01}}; \quad L\{\phi_{01}(t)\} = \phi_{01}(s) = \frac{\lambda_A}{P_{01} \cdot (s + \lambda_A + \lambda_B)}, \quad (9)$$

$$\phi_{02}(t) = \frac{\phi_B(t) \cdot (1 - F_A(t))}{P_{02}}; \quad L\{\phi_{02}(t)\} = \phi_{02}(s) = \frac{\lambda_B}{P_{02} \cdot (s + \lambda_A + \lambda_B)}. \quad (10)$$

Далее, с учетом (3) – (5) и (9) – (10), и в соответствии с приведенной на рисунке 2 структурой модели конфликта, получаем в операторной форме вероятности нахождения конфликтующих систем в различных состояниях:

$$P_0(s) = \frac{1}{s} \cdot \left[ 1 - \frac{\lambda_A}{s + \lambda_A + \lambda_B} - \frac{\lambda_B}{s + \lambda_A + \lambda_B} \right]; \quad (11)$$

$$P_1(s) = \frac{\lambda_A}{s \cdot (s + \lambda_A + \lambda_B)} \cdot \left[ 1 - \frac{\lambda_B}{s + \lambda_B} \right]; \quad (12)$$

$$P_2(s) = \frac{\lambda_B}{s \cdot (s + \lambda_A + \lambda_B)} \cdot \left[ 1 - \frac{\lambda_A}{s + \lambda_A} \right] \quad (13)$$

и соответствующие им обратные преобразования Лапласа:

$$L^{-1}\{P_0(s)\} = P_0(t) = e^{-(\lambda_A + \lambda_B)t}; \quad (14)$$

$$L^{-1}\{P_1(s)\} = P_1(t) = e^{-\lambda_B t} - e^{-(\lambda_A + \lambda_B)t}; \quad (15)$$

$$L^{-1}\{P_2(s)\} = P_2(t) = e^{-\lambda_A t} - e^{-(\lambda_A + \lambda_B)t}. \quad (16)$$

На рисунке 3 приведены графики зависимостей упреждающего выполнения информационных задач противоборствующими сторонами, построенные на основании (15) и (16).

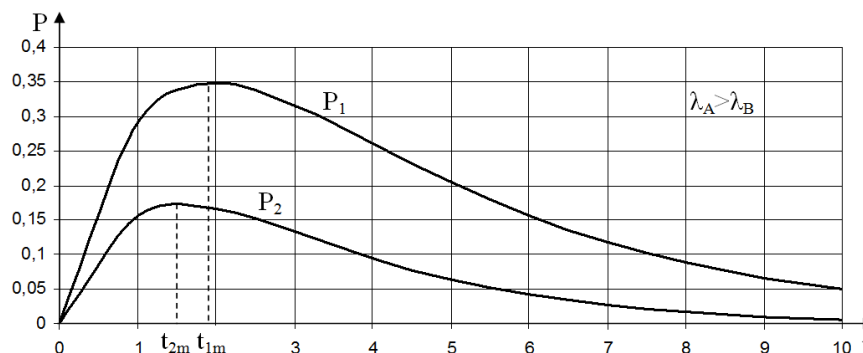


Рисунок 3 – Вероятность упреждающего выполнения задачи принятия решения противоборствующими сторонами



Как видно из рисунка 3, существуют моменты времени  $t_{1m}$  и  $t_{2m}$ , в которых вероятности  $P(A > B, t) = P_1(t)$  и  $P(B > A, t) = P_2(t)$  принимают максимальное значение. Вычисляя производные от (15) и (16), и приравнявая их к нулю, находим моменты времени  $t_{1m}$  и  $t_{2m}$ :

$$t_{1m} = \frac{1}{\lambda_A} \cdot \ln \left\{ \frac{\lambda_A + \lambda_B}{\lambda_A} \right\}; \tag{17}$$

$$t_{2m} = \frac{1}{\lambda_B} \cdot \ln \left\{ \frac{\lambda_A + \lambda_B}{\lambda_B} \right\}, \tag{18}$$

а также соответствующие им максимальные значения вероятностей упреждающего выполнения информационных задач противоборствующими сторонами:

$$P_{\max}(S_1) = \frac{\lambda_A}{\lambda_A + \lambda_B} \cdot \left[ \frac{\lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B} \right]^{\lambda_B/\lambda_A} = \frac{q}{q+1} \cdot \left[ \frac{1}{q+1} \right]^{1/q}; \tag{19}$$

$$P_{\max}(S_2) = \frac{\lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B} \cdot \left[ \frac{\lambda_A}{\lambda_A + \lambda_B} \right]^{\lambda_A/\lambda_B} = \frac{1}{q+1} \cdot \left[ \frac{q}{q+1} \right]^q, \tag{20}$$

где  $q = \lambda_A/\lambda_B$ .

На рисунке 4 приведены графики зависимостей  $P_{\max}(S_1)$  и  $P_{\max}(S_2)$  от величины отношения  $q = \lambda_A/\lambda_B$ , а на рисунке 5 – график отношения исследуемых вероятностей.

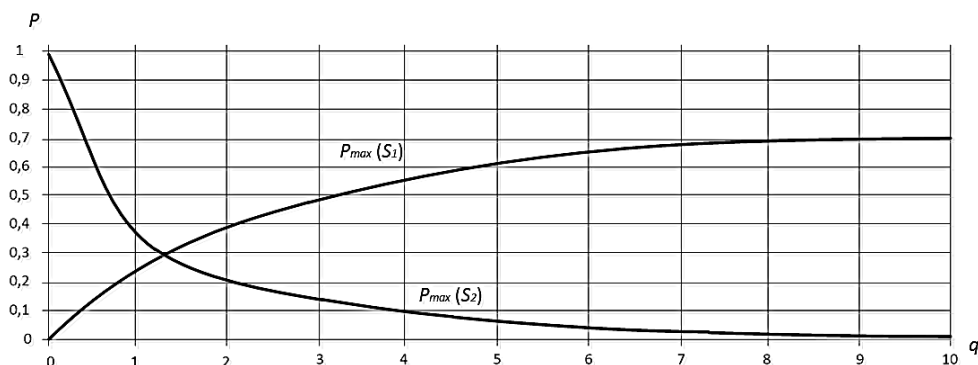


Рисунок 4 – Зависимости  $P_{\max}(S_1)$  и  $P_{\max}(S_2)$  от величины отношения  $q = \lambda_A/\lambda_B$



Рисунок 5 – Зависимость отношения вероятностей  $P_{\max}(S_1)$  и  $P_{\max}(S_2)$  от величины отношения  $q = \lambda_A/\lambda_B$



Полученные результаты хорошо согласуются с логическими заключениями и позволяют проанализировать возможные исходы при ведении конфликта сторон. Также приведенные зависимости позволяют рассчитать вероятностный выигрыш каждой стороны при сокращении времени принятия решений, что позволяет оценить эффективность системы управления.

Представление работ в виде ориентированного графа состояний позволило аналитически строго разработать математическую модель рассматриваемого процесса принятия решения на БД в виде передаточных функций, где передаточные звенья имеют физическое представление, вытекающее из прямых интегро-дифференциальных уравнений, описывающих процесс принятия решения как полумарковский. Использование приближенного описания звеньев в ходе анализа позволило получить аналитические выражения для передаточных функций всех этапов.

**Выводы.** Предложенная методика построения моделей конфликта противоборствующих сторон позволяет оценить принятое решение на ведение боевых действий в системе управления войсками в ходе работы должностных лиц полного боевого расчета командного пункта и выполнить требования по своевременности (оперативности) принятия решения за счет усовершенствованного алгоритма работы должностных лиц полного боевого расчета командного пункта, что позволяет сократить продолжительность цикла управления и тем самым повысить эффективность принятия решения командующим армии Военно-воздушных сил.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сендеров В.Л. Методы принятия управленческих решений: учебное пособие / В.Л. Сендеров, Т.И. Юрченко, Ю.В. Воронцова, Е.Ю. Бровицина. М.: ИНФРА-М, 2016. 227 с.
2. Губарев В.А., Козирацкий Ю.Л., Шляхин В.М. Особенности моделирования сложного коалиционного конфликта в условиях противодействия. «Конфликт в спектре электромагнитных волн» 1997 г., № 6: приложение к журналу «Радиотехника».
3. Гульбис С.И. Классификация показателей эффективности систем управления войсками // Наука и военная безопасность. 2008, № 4. С. 28–31.
4. Ильичев А.М., Козирацкий А.Ю., Лысиков В.Ф. Аналитическая модель информационного конфликта на этапе поиска и обнаружения. «Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн» 1999 г., № 8 – приложение к журналу «Радиотехника».
5. Жиров А.Ю. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле: учебник / А.Ю. Жиров и др. Монино: ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1991. 512 с.
6. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука. 1987, 180 с.
7. Зубов Н.П. Информационно-расчетное обеспечение выработки решения командующего армией ВВС и ПВО на операцию (боевые действия) // Военная мысль. № 1 (77), 2017. С. 25–27.
8. Коновалов Б.И. Теория авиационного управления: учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев. СПб.: Издательство «Лань», 2010. 219 с.

#### REFERENCES

1. Senderov V.L. Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij: uchebnoe posobie / V.L. Senderov, T.I. Yurchenko, Yu.V. Voroncova, E.Yu. Brovicina. M.: INFRA-M, 2016. 227 p.
2. Gubarev V.A., Kozirackij Yu.L., Shlyahin V.M. Osobennosti modelirovaniya slozhnogo koalicionnogo konflikta v usloviyah protivodejstviya. «Konflikt v spektre `elektromagnitnyh voln» 1997 g., № 6: prilozhenie k zhurnalnu «Radiotehnika».
3. Gul'bis S.I. Klassifikaciya pokazatelej `effektivnosti sistem upravleniya vojskami // Nauka i voennaya bezopasnost'. 2008, № 4. pp. 28–31.
4. Il'ichev A.M., Kozirackij A.Yu., Lysikov V.F. Analiticheskaya model' informacionnogo konflikta na `etape poiska i obnaruzheniya. «Informacionnyj konflikt v spektre `elektromagnitnyh voln» 1999 g., № 8 – prilozhenie k zhurnalnu «Radiotehnika».



5. Zhiron A.Yu. Osnovy i primeneniye metodov prikladnoy matematiki v voennom dele: uchebnyk / A.Yu. Zhiron i dr. Monino: VVA im. Yu.A. Gagarina, 1991. 512 p.

6. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. Vvedeniye v teoriyu massovogo obsluzhivaniya. M.: Nauka. 1987, 180 p.

7. Zubov N.P. Informacionno-raschetnoye obespecheniye vyrabotki resheniya komanduyushego armiej VVS i PVO na operaciyu (boevye dejstviya) // Voennaya mysl'. № 1 (77), 2017. pp. 25–27.

8. Konovalov B.I. Teoriya aviacionnogo upravleniya: uchebnoye posobie / B.I. Konovalov, Yu.M. Lebedev. SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2010. 219 p.

© Лён В.Л., Малышев В.А., 2020

Лён Владислав Леонидович, начальник командного факультета, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, lenvlad72@gmail.com.

Малышев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общевойсковых дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vamaalyshev@list.ru.