

УДК 004.4

АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ УЧИТЫВАЕМЫХ И НЕУЧИТЫВАЕМЫХ ОТКАЗОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ АВИОНИКИ

© 2017 А.В. Гурьянов¹, О.А. Кузнецова¹, А.В. Шукалов², И.О. Жаринов², В.А. Нечаев²¹ АО «ОКБ «Электроавтоматика», г. Санкт-Петербург² Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Статья поступила в редакцию 02.03.2017

Рассматривается задача разработки алгоритма классификации отказов изделий авиационной промышленности на учитываемые и неучитываемые отказы. Статистика по отказам является основополагающей для выполнения работ по оценке показателей надежности изделий, ранее выпущенные на предприятии и находящиеся в эксплуатации. Исходными данными для алгоритма являются сообщения эксплуатирующих организаций и документально подтвержденные результаты исследования дефекта у изготовителя. Принцип классификации основан на анализе причин, повлекших проявление в эксплуатации одного из видов дефекта оборудования (конструктивный, производственный, эксплуатационный). Результатом работы алгоритма является разделение всех подтвержденных отказов на два класса: учитываемые и неучитываемые при оценке надежности при выпуске новой партии изделий и при оценке надежности изделий в эксплуатации.

Ключевые слова: *надежность, авионика, отказ, алгоритм, классификация*

Работы по оценке показателей надежности (безотказность, отказобезопасность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость) изделий авионики сопровождают изделие на протяжении всех этапов жизненного цикла. Методы и методики выполняемых оценок и контроля показателей надежности на этапах жизненного цикла изделий имеют существенные отличия и определяются [1-4]: текущим этапом жизненного цикла изделия, функциональной структурой (наличием резервирования) и наличием исходных данных. В общем случае при опытно-конструкторской разработке изделий авионики в части оценки показателей надежности выполняются [5-7]:

- приближенная оценка допустимых значений показателей безотказности при согласовании технического задания;
- уточненная оценка достигнутых показателей безотказности до начала предварительных испытаний;
- испытания на безотказность изделий авионики на этапе предварительных испытаний;
- испытания на безотказность изделий авионики на этапе межведомственных испытаний;

- анализ соответствия показателей безотказности изделий авионики требованиям технического задания на этапе присвоения документации литеры О₁.

Для изделий, выпуск которых планируется не в единичных экземплярах, как правило, в соответствии с требованиями технического задания выполняются расчеты количества запасных частей предприятия в составе групповых комплектов, предоставляемых для изделий в эксплуатации [8].

На этапах производства изделия авионики основная задача в части обеспечения надежности — оценка и контроль достигнутых значений. Оценка показателей надежности изделия выполняется обработкой статистических данных периодических испытаний изделия на надежность в целом или испытаний его составных частей, а оценка самого изделия расчетно-экспериментальным методом [9]. В процессе эксплуатации изделия ведется непрерывный анализ статистических данных об отказах изделий для контроля надежности и определения, при эксплуатации «по состоянию», наступления предельного состояния изделия, т.е. состояния, когда дальнейшая эксплуатация изделия недопустима или может привести к возникновению опасных ситуаций или/и является экономически нецелесообразной. На основе результатов статистического анализа ведется [10] разработка мероприятий, позволяющих продлить срок службы изделий. Для выполнения работ по оценке показателей надежности изделий авионики необходимы исходные данные, представленные в конструкторских документах [11]: техническое задание; схема деления изделия на составные части; схемы электрические принципиальные, функциональные, соединения; перечни элементов входящих устройств; техническое условие.

Гурьянов Андрей Владимирович, генеральный директор. E-mail: postmaster@elavt.spb.ru

Кузнецова Ольга Александровна, начальник отдела. E-mail: kuzola@ya.ru

Шукалов Анатолий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры Машинного проектирования бортовой электронно-вычислительной аппаратуры. E-mail: aviation78@mail.ru

Жаринов Игорь Олегович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой Машинного проектирования бортовой электронно-вычислительной аппаратуры. E-mail: igor_rabota@pisem.net

Нечаев Владимир Анатольевич, старший преподаватель кафедры Машинного проектирования бортовой электронно-вычислительной аппаратуры. E-mail: nil-12@mail.ru

Цель работы: представление результатов исследований по разработке алгоритма классификации отказов изделий авионики на учитываемые и неучитываемые отказы, на основании которых производится оценка показателей надежности.

Алгоритм классификации отказов. В современном надежно-ориентированном приборостроении получили широкое практическое применение различные программные средства, позволяющие автоматизировать работу разработчиков, связанную с оценкой показателей надежности проектируемых изделий. К числу зарубежных наиболее распространенных надежно-ориентированных программных средств проектирования можно отнести: RELEX (Relax software Corporation, США); A.L.D.Group (Израиль); Risk Spectrum (Relcon AB, Швеция); ISOGRAPH (Великобритания). Российские программные средства, предназначенные для надежно-ориентированного проектирования изделий, представлены на отечественном рынке следующими программными комплексами:

- программный комплекс АСПН (Автоматизированная система расчета надежности), обеспечивающий разработчику функцию автоматизированной поддержки для оценки показателей надежности изделий;

- программный комплекс РОКЗЭРСИЗ (Расчет оптимальных комплектов запасных элементов для ремонта сложных изделий), используемый при оценке оптимальных комплектов запасных частей изделий для эксплуатации;

- программный комплекс АКСОНИКА, обеспечивающий наряду с расчетами показателей надежности проектируемых изделий, также автоматизированную поддержку функций сквозного проектирования изделий.

Указанные программные комплексы, размещенные на технических средствах проектирования разработчиков (инструментальные ЭВМ), позволяют создавать специализированные информационные системы, предназначенные для надежно-ориентированного проектирования изделий радиоэлектронной промышленности. При всем многообразии функций указанных программных комплексов, предоставляемых разработчикам в процессе проектирования, вопросы учета статистических данных об отказах изделий, полученных не в результате прогнозирования, а из эксплуатации, не получили развития в данных программах на достаточном уровне.

Подтвержденным отказом изделия авионики является выявленный в нем и зафиксированный документально дефект (один или несколько), повлекший несоответствие изделия установленным требованиям. На практике различают:

- конструктивный дефект — дефект изделия, соответствующего всем требованиям конструкторской и технологической документации, выявленный в процессе производства или эксплуатации изделия и обусловленный несовершенством конструкции;

- производственный дефект — дефект изделия, обусловленный несовершенством технологической документации или отклонением от конструкторской и технологической документации, выявленный в процессе производства или эксплуатации изделия;

- эксплуатационный дефект — дефект изделия, обусловленный несоблюдением потребителем условий и правил эксплуатации (применения), хранения и транспортирования изделия.

Обобщение информации о местах эксплуатации изделий авиационной промышленности и рассылка запросов в точки эксплуатации о наработках изделий за соответствующий период календарного времени выполняется на авиаприборостроительном предприятии совместно службой гарантийного и послегарантийного ремонта и отделом надежности предприятия. В отделе технологического контроля (ОТК) предприятия систематизируются сведения об отказах изделий, получаемые как из эксплуатации, так и фиксируемые в процессе производства изделий. Информация об отказах изделий поступает изготовителю и фиксируется в форме:

- писем, сообщений, уведомлений, технических актов, рекламационных актов от предприятий-потребителей и из эксплуатирующих организаций;

- актов исследований и приемных актов изделий, анализ причин отказов которых производится как на территории предприятия-изготовителя, так вне предприятия-изготовителя.

По результатам исследования причин отказов выполняется классификация отказов (отказ ПКИ — покупного комплектующего изделия; нарушение правил эксплуатации; нарушение технологического процесса изготовления — производственный дефект; ошибка разработчика — конструктивный дефект). При необходимости разрабатываются мероприятия по устранению отказа, в случае, если причиной отказов является ошибка в разработке, то разрабатываются мероприятия по доработке ранее выпущенной партии изделий.

Отказы по причине ошибок в разработке изделий авионики могут быть связаны с недостаточным учетом влияния отдельных эксплуатационных воздействующих факторов при составлении технического задания или некорректные указания в эксплуатационной документации, несоблюдением правил и условий применения отдельных компонентов и пр. Выявленные по результатам испытаний или в эксплуатации ошибки разработки, не связанные с требованиями технического задания и с эксплуатационной документацией, можно разделить на:

- ошибки электрической схемы изделия из-за несоблюдения правил применения отдельных ПКИ;

- ошибка в разработанной конструкции изделия, приводящая к превышению тепловых режимов работы ПКИ при эксплуатации изделия;

– ошибка в разработанном функциональном программном обеспечении и т.д.

При обнаружении на любом из этапов испытаний и в эксплуатации ошибок разработки предприятием-изготовителем разрабатываются мероприятия по устранению причин отказов в будущем. Разработанные мероприятия предварительно выполняются на одном образце и подтверждаются проверками (дополнительными испытаниями), и только после подтверждения эффективности доработок принимается решение о последовательности выполнения доработки на всех ранее выпущенных образцах изделия.

Таким образом, на предприятии в службе ОТК создается SQL (Structured Query Language)-база данных, в таблицах которой систематизирована информация об отказах:

- за определенный период времени;
- по принадлежности к месту отказа, например, по принадлежности к точке эксплуатации;
- по типам дефектов (конструктивный, производственный, эксплуатационный) аппаратуры;
- по количеству отказов аппаратуры каждого вида;
- по видам отказов аппаратуры (отказы, учитываемые или нет при оценке надежности при выпуске новой партии изделий; отказы, учитываемые или нет при оценке надежности изделий в эксплуатации; отказы без ответа поставщика неисправного комплектующего компонента, примененного в изделии; подтвержденный поставщиком комплектующих отказы; отказы изделий с окончательно установленной причиной и разработанными мероприятиями по их устранению и т.д.);
- по типу сообщений от эксплуатантов (письма, сообщения, уведомления и пр.).

После систематизации сведений об отказах изделий необходимо выполнить классификацию произошедших за отчетный период отказов на учитываемые в оценке показателей надежности и неучитываемые. Неучитываемые отказы не влияют на оценки показателей надежности изготавливаемых изделий и не принимаются при расчетах.

Для классификации отказов изделий, выпущенных на предприятии, производится анализ причин отказов согласно алгоритму, представленному на рис. 1. По каждому из изделий, принятых для оценки показателей надежности, необходимо выбрать отказы, выявленные при работе изделия вне предприятия-изготовителя. Для этого необходимо сопоставить отказы, выявленные в точках эксплуатации, с предоставленными эксплуатантами данными о наработках изделий. После этого необходимо исключить отказы изделий, произошедшие до начала эксплуатации, связанные, например, с транспортированием изделия в точку эксплуатации от изготовителя потребителю, но уже после отгрузки изделия изготовителем. Таким образом, исключается влияние на оценку показателей надежности изделий производственных дефектов, выявленных в процессе изготовления изделий на предприятии.

Отказы изделий авионики, зафиксированные как произошедшие в эксплуатации в течение рассматриваемого календарного периода, классифицируются на отказы, произошедшие на земле (при обслуживании оборудования), и отказы, произошедшие в полете воздушного судна. Из каждого класса отказов (на земле и в полете) исключаются отказы, не учитываемые по критериям, приведенным ниже:

- отказы, вызванные воздействием внешних воздействующих факторов, не предусмотренных требованиями технических условий (ТУ) и оговоренных в руководстве по технической эксплуатации;
- отказы, зафиксированные до проведения в изделии изменений конструкции, схемы или норм (техническое задание) и ТУ, затрагивающих элементы или параметры, связанные с влиянием на эти отказы, если после таких изменений подобные отказы не наблюдались в течение установленного комиссией по проведению испытаний времени или в принципе невозможны (ненадежный элемент исключен из схемы аппаратуры);
- зависимые отказы и повреждения, обусловленные влиянием на изделие неисправностей сопрягающего оборудования.

Таким образом, алгоритм, представленный на рис.1, позволяет классифицировать все отказы, выявленные в процессе эксплуатации изделий авиационной промышленности, на учитываемые и неучитываемые при оценке показателей надежности, что способствует формированию более точной оценки статистики отказов. Данные, полученные на основе обработки информации об отказах изделий, являются исходными данными для составления и оформления программ обеспечения надежности изделий авионики, выпускаемых предприятием, на стадиях разработки, производства и эксплуатации.

Данные об отказах изделий являются также исходными данными для разработки мероприятий по улучшению конструкции изделия; улучшению качества технической документации; совершенствованию технологических процессов; дополнительному обучению сотрудников предприятия с целью повышения их квалификации; улучшению методов испытаний; улучшению качества технологического и испытательного оборудования, оснастки и инструмента, а также порядка их применения.

Выводы: наиболее распространенным методом оценки показателей надежности изделий авионики на этапах проектирования является метод аналитического прогнозирования. Метод заключается в оценке влияния надежности составляющих (комплектующих) устройств и в вычислении общей (интегральной) оценки надежности изделия. Основная задача такого прогнозирования на начальном этапе жизненного цикла изделия — сравнительный анализ надежности вариантов схемно-конструктивного построения изделия и обоснование выбора рационального варианта.

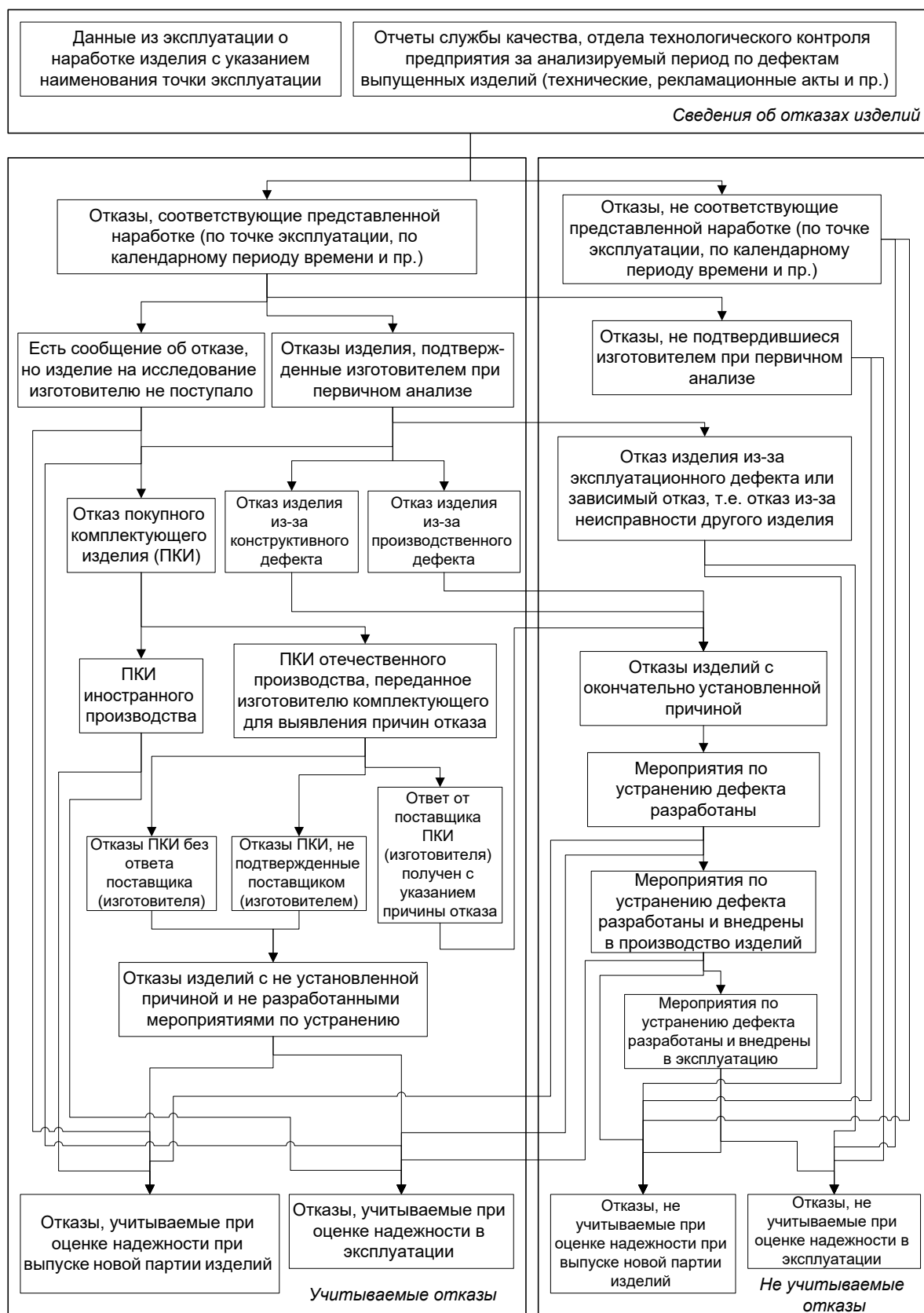


Рис. 1. Алгоритм классификации сведений об отказах изделий авионики на учитываемые и неучитываемые отказы при оценке показателей надежности

Прогнозирование ожидаемого уровня надежности изделия для обоснования количественных требований по надежности выполняется с исполь-

зованием достигнутых значений показателей изделий-аналогов с перерасчетом, при необходимости, под требуемые условия и режимы эксплуатации. В

отличие от метода аналитического прогнозирования, расчет показателей надежности по результатам эксплуатации позволяет получать оценки, основанные на статистике отказов, выявленных в эксплуатации и характеризующих (для учитываемых отказов) реальные свойства изготовленного оборудования. Представленный алгоритм классификация отказов, выявленных в эксплуатации, позволяет разработчику получить достоверные данные о показателях надежности аппаратуры, что способствует установлению экономически обоснованных сроков гарантийных обязательств предприятия-изготовителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Богатырев, В.А. Комбинаторно-вероятностная оценка надежности и отказоустойчивости кластерных систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 6. С. 21-26.
2. Богатырев, В.А. Оптимальное резервирование системы разнородных серверов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 12. С. 30-36.
3. Богатырев, В.А. Надежность и эффективность резервирования компьютерных сетей // Информационные технологии. 2006. № 9. С. 25-30.
4. Богатырев, В.А. Объединение резервированных серверов в кластеры высоконадежной компьютерной системы / В.А. Богатырев, С.В. Богатырев // Информационные технологии. 2009. № 6. С. 41-47.
5. Брахутин, А.Г. CALS выходит на федеральный уровень // Вестник авиации и космонавтики. 2001. № 5. С. 26-27.
6. Гатчин, Ю.А. Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования / Ю.А. Гатчин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 140-141.
7. Гатчин, И.Ю. Реализация жизненного цикла «проектирование-производство-эксплуатация» бортового оборудования на предприятиях авиационной промышленности / И.Ю. Гатчин, И.О. Жаринов, О.О. Жаринов, П.А. Косенков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 141-143.
8. Парамонов, П.П. Принципы построения отраслевой системы автоматизированного проектирования в авиационном приборостроении / П.П. Парамонов, Ю.А. Гатчин, И.О. Жаринов и др. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 6. С. 111-117.
9. Kniga, E. Reliability evaluation of integrated modular avionics computational structures for different hardware configurations / E. Kniga, I. Zharinov, A. Shukalov, V. Nechaev // Key engineering materials. 2016. Vol. 685. P. 350-354.
10. Kostishin, M.O. Colorimetric features of design and production of aircraft display systems in the product lifecycle / M.O. Kostishin, A.V. Shukalov, I.O. Zharinov et al. // Indian journal of science and technology. 2016. Vol. 9. № 29. Art. 99451.
11. Korobeynikov, A.G. Use of information technologies in design and production activities of instrument-making plants / A.G. Korobeynikov, M.E. Fedosovsky, N.K. Maltseva et al. // Indian journal of science and technology. 2016. Vol. 9. № 44. Art. 104708.

ALGORITHM OF CLASSIFICATION THE NOTICEABLE AND NEGLIGIBLE REFUSALS AT ASSESSMENT THE INDICATORS OF AVIONICS PRODUCTS RELIABILITY

© 2017 A.V. Guryanov¹, O.A. Kuznetsova¹, A.V. Shukalov², I.O. Zharinov², V.A. Nechayev²

¹ JSC Design Bureau “Elektroavtomatika”, St. Petersburg

² ITMO University, St. Petersburg

The task of development an algorithm of classification the refusals of aviation industry products on the noticeable and negligible refusals is considered. The statistics on refusals is fundamental for performance the works according to indicators of products reliability, earlier issued at the entity and finding in operation. Basic data for an algorithm are messages of the operating organizations and documentary confirmed results of a research the defect at the manufacturer. The principle of classification is based on the analysis of reasons which entailed manifestation in operation of one of types of defect of the equipment (constructive, production, operational). Separation of all confirmed refusals into two classes is result of work of an algorithm: noticeable and negligible at reliability assessment in case of release the new lot of products and at assessment the reliability of products in operation.

Key words: reliability, avionics, refusal, algorithm, classification

Andrey Guryanov, General Director. E-mail: postmaster@elavt.spb.ru

Olga Kuznetsova, Head of the Department. E-mail: kuzola@ya.ru

Anatoliy Shukalov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Machines Design of Onboard Electronic and Computing Equipment. E-mail: aviation78@mail.ru

Igor Zharinov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Machines Design of Onboard Electronic and Computing Equipment. E-mail: igor_rabota@pisem.net

Vladimir Nechaev, Senior Teacher at the Department of Machines Design of Onboard Electronic and Computing Equipment. E-mail: nil-12@mail.ru