

2. Гебгарт А. Я. Особенности проектирования некоторых типов особоширокоугольных объективов // Оптический журнал. 2010. Т. 77, № 9. С. 17–21.

3. Stefan Cos, Dirk Uwaerts, Jan Bogaerts, Werner Ogiers. Active pixels for star trackers: final report. Cypress. Doc. №: APS-FF-SC-05-023. Date: 24-03-2006.

References

1. Pirogov M. G., Varlamov V. I., Tsybmal G. L., Strizhova N. M., Demeshko S. A., Galchinskiy D. N., Safronov K. P., Polkunov V. A., Gebgart A. Y. *Tez. dokl.*

2 *mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Navigatsionnyye sputnikovyye sistemy, ikh rol' i naznachenkiye v zhizni sovremennogo cheloveka"* (Abstract of the "Navigation Satellite Systems, their role and function in the human life" 2-nd International Scientific and Technical Conference). JSC "ISS", Zheleznogorsk, 2012.

2. Gebgart A. Y. *Opticheskiy zhurnal*. 2010, vol. 77, no. 9, p. 17–21.

3. Stefan Cos, Dirk Uwaerts, Jan Bogaerts, Werner Ogiers. Active pixels for star trackers: final report. Cypress. Doc. №: APS-FF-SC-05-023. Date: 24-03-2006.

© Пирогов М. Г., Варламов В. И., Цымбал Г. Л., Стрижова Н. М., Демешко С. А., Гальчинский Д. Н., Сафронов К. П., Полкунов В. А., Гебгарт А. Я., 2013

УДК 629.78.064:681.5

ОПТИМИЗАЦИЯ МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «АКАБ»

Ю. В. Кочев, С. В. Ефремов, А. В. Овчинников

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева)
Россия, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52. E-mail: koch@iss-reshetnev.ru

Рассматривается вопрос по реализации возможного способа проведения оптимизации габаритно-массовых показателей бортовой кабельной сети космического аппарата (БКС КА) с помощью разработанной системы «АКАБ». Разработанная САПР «АКАБ» успешно решает поставленные перед ней задачи по разработке электрических обших и принципиальных схем разъемных соединений бортовой радиоэлектронной аппаратуры и подсистем КА, перечней применяемых элементов и преобразования исходных схемных данных для дальнейшего 3-D моделирования бортовой кабельной сети КА. Решение крайне важных задач по реконфигурации разработанных схем подсистем вновь проектируемых КА с целью проведения максимально возможной оптимизации габаритно-массовых характеристик бортовой кабельной сети космического аппарата должно стать следующим важным шагом в необходимом развитии отечественной космической отрасли.

Ключевые слова: Кабельная сеть КА, 3-D моделирование бортовой кабельной сети КА, оптимизация.

SATELLITE MASS CRITERIA OPTIMIZATION WITH THE USE OF CAD "ACAB"

Y. V. Kochev, S. V. Efremov, A. V. Ovchinnikov

JSC "Academician M. F. Reshetnev "Information Satellite Systems"
52 Lenin str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russia. E-mail: koch@iss-reshetnev.ru

Possible optimization of overall and mass criteria of the onboard cable network system with the developed ACAB system is studied. The developed CAD system called "ACAB" successfully solves problems related to development of electrical block plans and electrical schematic diagrams of detachable joints used in radio-electronics and sub-systems of spacecrafts, preferred parts lists and conversion of input circuit data to allow further 3-D modeling of onboard cable network system. The solution of the utmost critical tasks dedicated to reconfiguration of developed subsystem circuits to be used in newly developed satellites with the aim of implementation of the possible optimization of the onboard cable network system overall and mass criteria is to become the next step forward in development of the national space industry.

Keywords: spacecraft onboard cable network system, 3-D modeling of onboard cable network system, optimization.

Решение задачи разработки космических аппаратов со сроком активного существования 15 лет неразрывно связано с вопросами оптимизации массовых характеристик подсистем и конструкции КА, поскольку длительное функционирование космического

аппарата на орбите влечет неизбежное увеличение необходимого количества рабочего тела подсистемы коррекции.

Существует несколько аспектов оптимизации массовых характеристик кабельной сети КА:

1. Использование обжимных гильз с целью сращивания проводов.
2. Использование соединителей с обжимными контактами.
3. Применение методов трехмерного моделирования раскладки кабельной сети КА.
4. Оптимизация/минимизация количества межсистемных промежуточных соединителей.

Применение обжимных гильз для соединения проводов различного сечения позволяет оптимизировать кабельную сеть в части ее массовых характеристик при условии обеспечения необходимого падения напряжения. Рассмотрим частный случай: предположим, что для обеспечения требуемого сопротивления цепи необходимо общее сечение проводов не менее 0,35 мм, при этом существует ограничение на максимально допустимое сечение контактов соединителя – 0,12 мм. В этом случае, обеспечить требуемое сопротивление цепи можно применив 3 провода сечением 0,12 мм, задействовав при этом 3 контакта соединителя (рис. 1).

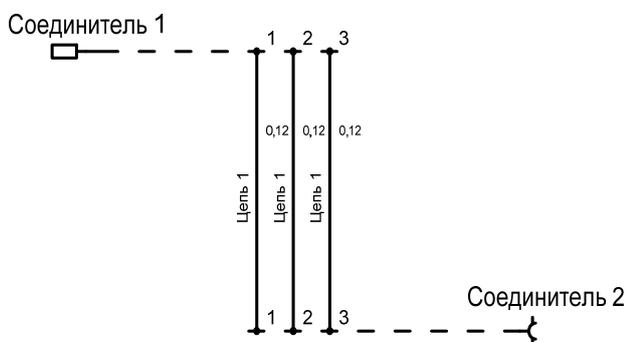


Рис. 1. Реализация сечения цепи $\geq 0,35$ мм тремя проводами сечением 0,12 мм

При использовании обжимной гильзы, 3 провода сечением 0,12 мм сращиваются с одним проводом сечения 0,35 мм (рис. 2). В этом случае, достигается оптимизация массовых характеристик цепи, поскольку удельный вес 3 проводов сечением 0,12 мм больше удельного веса одного провода сечением 0,35 мм, так как: используется большее количество изоляционного материала и имеется запас по сечению – 0,01 мм.

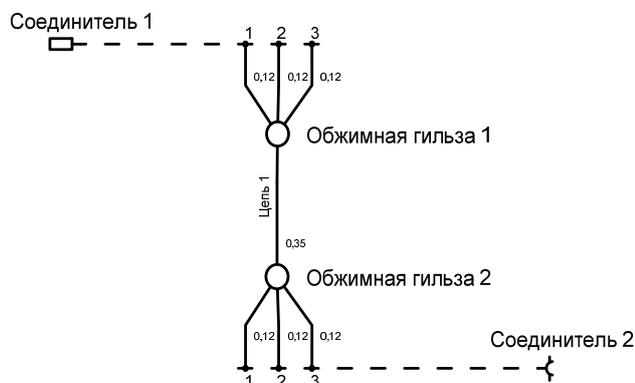


Рис. 2. Реализация сечения цепи 0,35 мм путем сращивания трех проводов сечением 0,12 мм с одним проводом сечением 0,35 мм

Использование обжимных соединителей позволяет осуществлять подгонку длин кабелей не только на этапе их изготовления, а также на этапе их интеграции с конструкцией КА.

Применение методов трехмерного моделирования позволяет достаточно точно определять длины проводов, входящих в кабельные жгуты. Кроме того, трехмерное моделирование позволяет рассчитывать оптимальную геометрию вспомогательных устройств для раскладки кабелей (кронштейны), проследить технологический процесс и физическую реализуемость стыковки разъемных соединений КА [1], обеспечить оптимальную компоновку оборудования КА, а также оптимизировать конфигурацию кабелей при условии обеспечения корректной в части ЭМС раскладки стволов кабельной сети.

Существенный выигрыш в массе кабельной сети может дать минимизация количества применяемых межсистемных промежуточных соединителей. В процессе разработки электрической схемы подсистемы КА интерфейсные цепи (выходящие за пределы разрабатываемой подсистемы в смежные подсистемы, либо, напротив поступающие из смежных подсистем) распределяются в промежуточных соединителях, ответные части которых располагаются в электрических схемах смежных подсистем. Безусловно, применение межсистемных соединителей оправдано в ряде случаев, например, при технических сложностях раскладки кабелей, либо затруднительном процессе изготовления и испытаний сложных кабелей и пр. Однако, в большинстве случаев, использование межсистемных промежуточных соединителей продиктовано стремлением четко разделить границы подсистем и ответственность соответствующих подразделений предприятия. Общее количество межсистемных промежуточных соединителей на КА может составлять порядка 100 шт. Принимая во внимание, что наличие межсистемных промежуточных соединителей подразумевает создание специальных панелей (кронштейнов) для фиксации межсистемных промежуточных соединителей, задача оптимизации их количества стоит в ряду важнейших в части электрического проектирования КА.

Достижение цели оптимизации количества межсистемных промежуточных соединителей средствами разработанной САПР «АКАБ» связано с решением следующих задач:

1. Исследование существующей технологии разработки электрических схем подсистем КА с целью разработки принципов интеграции электрических схем подсистем КА в единую электрическую схему КА, с учетом обеспечения прослеживаемости вносимых схемных изменений на последующих этапах работы с электрической схемой КА.
2. Анализ функциональных возможностей САПР «АКАБ» в контексте выполнения разработанных принципов интеграции электрических схем подсистем КА в единую электрическую схему КА.
3. Разработка недостающих функций и сопряженного с ними пользовательского интерфейса САПР «АКАБ» для реализации разработанных принципов

интеграции электрических схем подсистем КА в единую электрическую схему КА.

Предлагаемые принципы интеграции электрических схем подсистем КА в единую электрическую схему КА предполагают:

1) наличие централизованного органа (подразделения предприятия), непосредственно выполняющего процедуру интеграции электрических схем подсистем КА;

2) последовательную интеграцию подсистем;

3) четкое следование алгоритму взаимодействий с подразделениями – разработчиками электрических схем подсистем КА в случае выявления неоднозначностей при выполнении процедур интеграции электрических схем;

4) полное итоговое соответствие электрических схем подсистем КА единой электрической схеме КА.

Рис. 3 иллюстрирует алгоритм взаимодействий с подразделениями – разработчиками электрических схем подсистем КА в случае выявления неоднозначностей при выполнении процедуры интеграции двух подсистем, при этом обозначены используемые на разных этапах интеграции функции САПР «АКАБ». Перечень и описание и новых функциональных возможностей САПР «АКАБ» и функциональных блоков, разработанных в рамках реализации принципов интеграции электрических схем подсистем КА приведен ниже:

1. Функция блокировки изменения кабельной конфигурации. Указанная возможность введена с целью обеспечения прослеживаемости процесса реконфигурации кабелей при оптимизация количества межсистемных промежуточных соединителей.

2. Функциональный блок объединения проектов. В процессе объединения проектов осуществляется интеграция баз блоков приборов объединяемых проектов с контролем соответствия блоков приборов, соединителей блоков приборов и промежуточных соединителей. Кроме того, осуществляется контроль однозначности использования соединителей. Случай, когда один и тот же соединитель задействован в нескольких подсистемах, но в различных кабельных сборках, либо в одной и той же кабельной сборке, но с разной схемной реализацией, рассматривается как ошибочный и устраняется путем согласования с подразделениями – разработчиками электрических схем интегрируемых подсистем КА. После согласования всех схемных несоответствий на уровне баз блоков приборов осуществляются процедуры объединения моделей одинаковых блоков приборов и преобразования одиночных промежуточных соединителей в парные.

3. Возможность расположения частей кабельной сборки на разных листах общей схемы (возможность расположения частей кабельной сборки на разных листах принципиальной схемы реализовывалась изначально посредством переноса на другой лист ряда контактов, либо соединителей в целом).

4. Сохранение конфигураций кабелей при их объединении путем исключения промежуточных соединителей. Здесь и далее под конфигурацией кабеля подразумевается повив и экранировка проводов, выведе-

ние экранов на корпус, либо контакт/контакты соединителя, графическое представление соединений кабеля.

5. Сохранение конфигурации кабеля при его разделении промежуточными соединителями.

После завершения интеграции всех подсистем осуществляется окончательная корректировка схемной документации подсистем КА и завершается выпуск единой электрической схемы КА.

Для обеспечения полноты функциональных возможностей САПР «АКАБ» при оптимизации количества промежуточных соединителей в настоящее время ведется разработка ряда функций с целью введения возможности «перераспределения цепей в парных промежуточных соединителях». Другими словами, если существует две пары кабелей, разделенных первой и второй парами промежуточных соединителей соответственно, в ПО должна быть возможность перераспределить цепи соединений, разделяемых первой и второй парами промежуточных соединителей в третью, обеспечивающую необходимое количество контактов. Ниже приведен ряд функций, реализуемых в настоящее время для достижения указанной цели:

1) добавление к существующим дополнительной пары промежуточных соединителей;

2) перераспределение цепей между парами промежуточных соединителей в точке разделения;

3) объединение нескольких пар промежуточных соединителей в одну пару, при обеспечении последней необходимого количества контактов.

В процессе достижения поставленной цели оптимизации количества межсистемных промежуточных соединителей средствами разработанной САПР «АКАБ» получены следующие результаты:

– разработаны принципы и алгоритмы интеграции электрических схем подсистем КА;

– проведена формализация и типизация проектных процедур, необходимых для реализации принципов интеграции электрических схем подсистем КА;

– в рамках реализации принципов интеграции электрических схем подсистем КА разработаны функции, функциональные блоки и соответствующий пользовательский интерфейс, основанные на принципе последовательной интеграции подсистем, позволяющие оптимизировать количество межсистемных промежуточных соединителей.

Тем не менее, для отработки и апробации предлагаемой методики оптимизации массовых характеристик кабельной сети КА требуется проведение локального эксперимента с целью реконфигурации кабелей смежных подсистем, например подсистемы ориентации и стабилизации и подсистемы телеметрии КА.

Библиографические ссылки

1. Кочев Ю. В. Разработка методов и алгоритмов проектирования разъемных соединений аппаратуры и систем космического аппарата // Вестник СибГАУ. 2008. № 3 (20). С. 87–93.

References

1. Kochev Y. V. *Vestnik SibGAU*, 2008, no. 3 (20), p. 87–93.

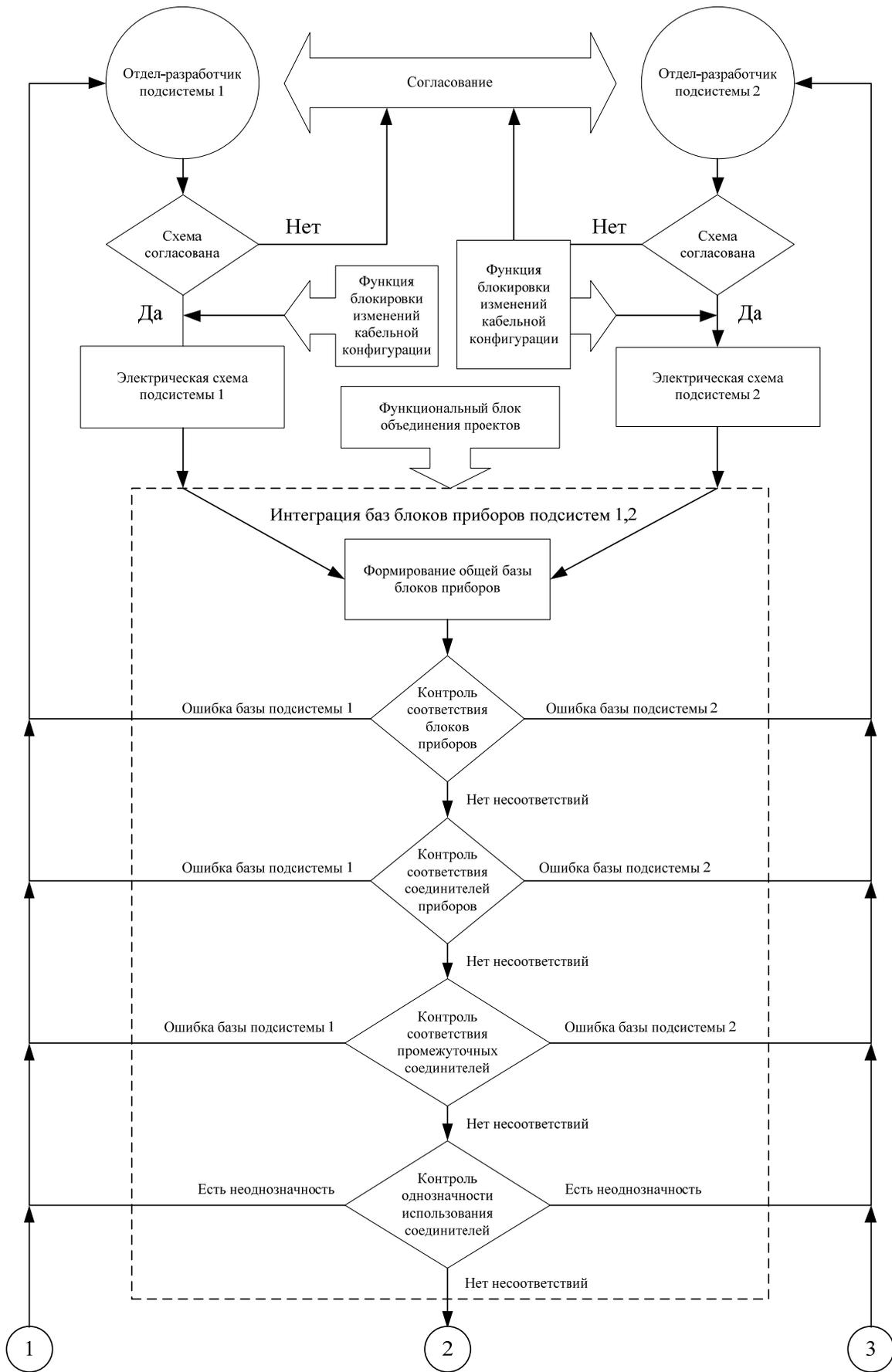


Рис. 3. Алгоритм интеграции электрических схем подсистем КА (начало)

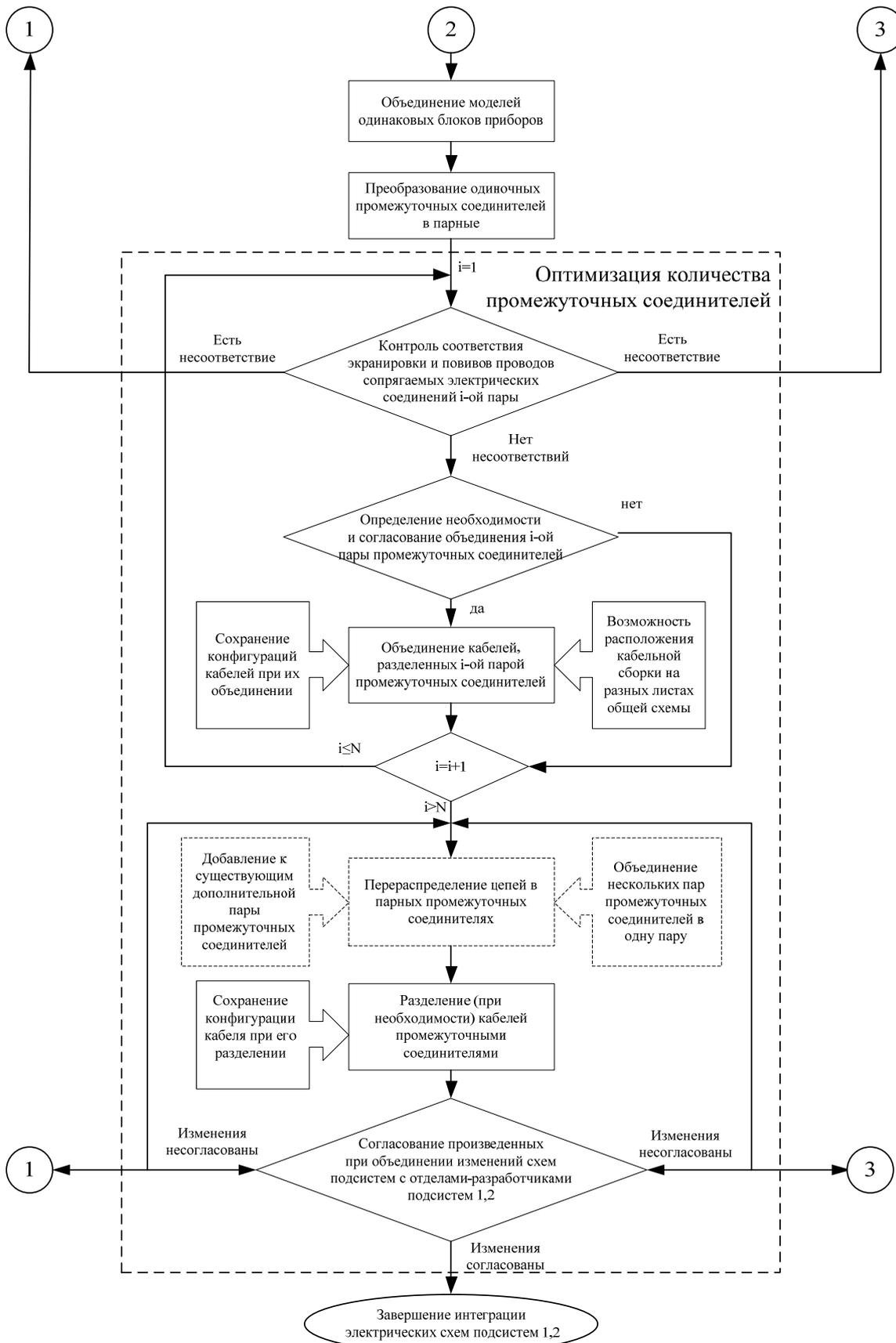


Рис. 3. Алгоритм интеграции электрических схем подсистем КА (окончание)