

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-64098
от 18 декабря 2015 г.

Учредитель – Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Московской области «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова» (141074, Московская область, г. Королев, ул. Гагарина, д. 42)
Издается с сентября 2014 г.

Выходит 4 раза в год

ISSN 2409-1650

Журнал «Информационно-технологический вестник» включён в Перечень ведущих периодических изданий ВАК

Группы научных специальностей и научные специальности в рамках групп научных специальностей, по которым издание входит в Перечень*:

2. Технические науки; 2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь; 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации [2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей], *(не входит в Перечень ВАК);
2.5. Машиностроение [2.5.13. Проектирование конструкции и производство летательных аппаратов], *(входит в Перечень ВАК);
2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия; [2.6.17. Материаловедение] *(входит в Перечень ВАК)

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПП997

Главный редактор
Артюшенко Владимир Михайлович,
д.т.н., профессор

Над выпуском работали
Паршина Ю.С.
Пирогова Е.В.
Багдасарян А.А.
Харитонов А.А.

Адрес редакции:
141070, Королев,
Ул. Октябрьская, 10а
Тел. (495)543-34-31 (доб.138),
E-mail: rio-kimes@mail.ru,
Site: www.unitech-mo.ru

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, представленных авторами для публикации
Материалы приводятся в авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Артюшенко В.М., Строганова С.М.
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ.....3

Стреналюк Ю.В., Леандров И.Н.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ, ПОВЫШЕНИЕ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУТЁМ ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ И КОМПОНЕНТОВ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ СЕТИ (ЧАСТЬ 2).....14

Шайтура С.В., Князева М.Д., Швед Е.В., Неделькин А.А., Шайтура Н.С.
ТЕХНОЛОГИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО СЕРВИСА.....26

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Виноградов Д.Ю.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КРАТНЫХ СОЛНЕЧНО-СИНХРОННЫХ ОРБИТ ПОЛНОГО ПОКРЫТИЯ ЭКВАТОРА ПОЛОСАМИ ОБЗОРА БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....53

Истратова Е.Е., Глинин Е.В.
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЯ ПО ДАННЫМ ТЕНЗОМЕТРИИ.....66

Строганова С.М., Шумилин М.П.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОСИГНАЛА В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ УСТРОЙСТВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ.....77

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бычков А.Д., Ковалёв И.И.
ЛУННАЯ ПИЛОТИРУЕМАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....89

Ваннусов Д.А., Семенов А.Б., Аббасова Т.С.
ФАКТОР НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ КАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОСМОДРОМА.....106

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. Барканов Е.Н., Dr.sc.ing.
2. Васильев Н.А., д.т.н., профессор
3. Леоненко Д.В., д.ф.-м.н., профессор
4. Тимофеев А.Н., д.т.н., профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. Аббасов Э.М., к.т.н.
2. Аббасова Т.С., к.т.н., доцент
3. Бухаров С.В., д.т.н., профессор
4. Бершадский В.А., д.т.н., профессор кафедры
5. Воловач В.И., д.т.н., профессор
6. Кучеров Б.А., к.т.н.
7. Логачев И.А., к.т.н.
8. Логачева А.И., д.т.н., профессор
9. Макаров М.И., д.т.н., профессор
10. Матвиенко Ю.Г., д.т.н., профессор
11. Мороз А.П., д.т.н., профессор
12. Мосалов О.П., к.ф.-м.н.
13. Разумовский И.М., д.ф.-м.н., профессор
14. Рудаков В.Б., д.т.н., профессор
15. Самаров Е.К., д.т.н., доцент
16. Скрябин М.Л., к.т.н.
17. Соляной В.Н., к.т.н.
18. Стрэналок Ю.В., д.т.н., профессор
19. Халиулин В.И., д.т.н., профессор
20. Чесноков А.В., д.т.н.
21. Щурин К.В., д.т.н., профессор

Подписано в печать 16.12.2022

Формат В5

Печать офсетная. Усл.печ.л. 11,0

Тираж 500 экз.

Заказ № 91-08

Отпечатано в типографии

ООО «Научный консультант»

г. Москва

Хорошевское шоссе, 35, корп. 2

Меньшикова Л.В., Найденова Д.М.

МОНИТОРИНГ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА СЕТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ, ОХВАТЫВАЮЩЕЙ ВСЮ ТЕРРИТОРИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИКИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕШЕНИЯ.....119

Мороз А.П., Герасимов В.А.

СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ЗОНДА ИЗ ДАЛЬНЕГО КОСМОСА НА ЗЕМЛЮ.....136

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Антипова Т.Н., Бабкин Д.С.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМНОГО ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ.....147

Олейник А.Ю.

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ В УСЛОВИЯХ МОРСКОЙ АТМОСФЕРЫ.....156

Скрябин М.Л.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР РАСПЛАВА И СКОРОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА НАЛИЧИЕ КАМНЕВИДНОГО ИЗЛОМА И МИКРОСТРУКТУРУ СТАЛИ 35ХГСЛ.....165

УДК 004.05

**Фактор неопределенности процесса проектирования
структурированных кабельных систем
для наземной инфраструктуры космодрома**

Д.А. Ваннусов, ведущий инженер отдела сетей связи и сигнализации
компании «Метрополис», г. Москва,

А.Б. Семенов, доктор технических наук, профессор,
Национальный исследовательский университет
Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), г. Москва,

Т.С. Аббасова, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных
технологий и управляющих систем,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза,
летчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королев, Московская область

Введено понятие неопределенности проектирования структурированной кабельной системы и обоснована возможность разделения этого параметра на неопределенность по построению и конфигурации. Показано преобладающее влияние первой составляющей и выполнена ее численная оценка по обобщенной энтропии Шеннона. На основе данных реальных проектов показана возможность более чем 2-кратного снижения обобщенной энтропии в случае полноценного применения BIM-технологии при проектировании структурированной проводки для наземной инфраструктуры космодрома.

Структурированная кабельная система, BIM-проектирование, проектная неопределенность.

**Uncertainty factor in the process of designing structured cabling systems
for the ground infrastructure of the spaceport**

D.A. Vannusov, Lead Engineer, Communications and Signaling
Networks Department Metropolis company, Moscow,

A.B. Semenov, Doctor of Technical Sciences, professor,
National Research University Moscow State University of Civil Engineering
(NRU MGSU), Moscow,

T.S. Abbasova, Candidate of technical Sciences, Associate Professor,
Department of Information technologies and control systems
State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region
«Technological University named after twice Hero of the Soviet Union,
pilot-cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Moscow region

The concept of uncertainty in the design of a structured cabling system is introduced and the possibility of dividing this parameter into uncertainty in terms of construction and configuration is substantiated. The prevailing influence of the first component is shown and its numerical estimation is performed using the generalized Shannon entropy. Based on the data of real projects, the possibility of a more than 2-fold reduction in generalized entropy in the case of a full-fledged application of BIM technology in the design of structured wiring is shown for the ground infrastructure of the spaceport.

Structured cabling system, BIM design, project uncertainty.

Введение

В современной инфраструктуре космических систем связи реализуется большое количество инженерных систем различного назначения, в перечень которых входит информационно-телекоммуникационная система (ИТС) для передачи данных и видео информации, в том числе телевизионных сигналов (ТВ-сигналов) при обработке телеметрических данных [1, С.20; 2, С.56; 3, С.93]. Разработка их совокупности требует усилий нескольких групп специалистов из различных областей. Необходимое условие достижения общей эффективности их работы – организация плотного взаимодействия в широком смысле этого термина. Комплекс задач, решаемых при проектировании информационно-телекоммуникационной системы для обслуживания наземной инфраструктуры космодрома, реализованной, как правило, с помощью электрической кабельной системы, с использованием беспроводных (в том числе спутниковых) каналов для мониторинга и управления [4, С.4; 5, С.57; 6, С.8], отличается высокой сложностью, что определяется

- вовлечением в процесс создания проекта объективно большого количества технических специалистов и управленцев;
- разнородным характером выполняемых ими функций;
- наличием высокой степени неопределенности в случае применения схемы параллельного проектирования как главного средства, призванного минимизировать общую продолжительность этапов создания проектной документации.

При этом под неопределенностью здесь и далее понимается факт наличия вероятности изменения полученного ранее проектного решения при изменении внешних условий.

Соответствующие сложности кратно возрастают в случае плотного графика работ с космическими объектами, разработка проектной документации которых ведется по популярной схеме аутсорсинга с привлечением ресурсов субподрядных организаций. Последние берут на себя исполнение тех разделов, которые являются для генерального подрядчика непрофильными или второстепенными. Свой немалый вклад в усложнение взаимодействия вносит отсутствие у соисполнителей проекта общего информационного пространства. Актуально снижение неопределенности по построению кабельных трасс наземной инфра-

структуры.

Оценка масштабов кабельных систем космодрома

Масштабы информационно-телекоммуникационной системы космодрома впечатляют. Например, на космодроме «Восточный» эта система реализует обработку информации более чем от 40 источников ТВ-сигналов. Соединительные кабели наземной аппаратуры автономных систем управления ракет-носителей, а также оборудования систем управления космическими аппаратами и станций приема и обработки космической информации должны обеспечить не только неискаженный прием информационных сигналов, но и оптимальные параметры передачи в диапазоне частот, необходимом для воспроизведения исходной информации [7, С.54;8, С.47].

В настоящее время в телекоммуникационных сетях наземной космической инфраструктуры, типовая схема которых приведена на рисунке 1, используются не только оптоволоконные, но и экранированные и неэкранированные электрические кабели. Это связано с тем, что не на всех участках сетевой инфраструктуры целесообразно использовать оптические кабели. Например, в наземном комплексе управления (НКУ), наземном комплексе обработки информации (НКО) для обработки данных об испытаниях изделий на контрольно-измерительной станции (КИС).

В процессе эксплуатации в информационно-телекоммуникационных системах космодрома кабель «витая пара» проще и быстрее восстанавливается в случае повреждений по сравнению с оптоволоконными кабелями. По метражу экранированные кабели «витая пара» значительно превышают неэкранированные в наземной инфраструктуре.

В процессе разработки проектной документации на структурированные кабельные системы (СКС) для электрических каналов связи широко применяется вычислительная техника. В настоящее время ее роль во многом сведена к уровню элементарной автоматизации рутинных процедур типа формирования спецификаций, изготовления и копирования чертежей и аналогичных им действий. Иначе говоря, де-факто компьютер выступает в роли обычного количественного усилителя возможностей проектировщика, крайне незначительно улучшая процесс проектирования на качественном уровне.

Сама возможность интеллектуализации процесса проектирования в такой ситуации остается под серьезным вопросом. Далее рассмотрены некоторые предложения по исправлению сложившейся ситуации применительно к процессу проектирования СКС.

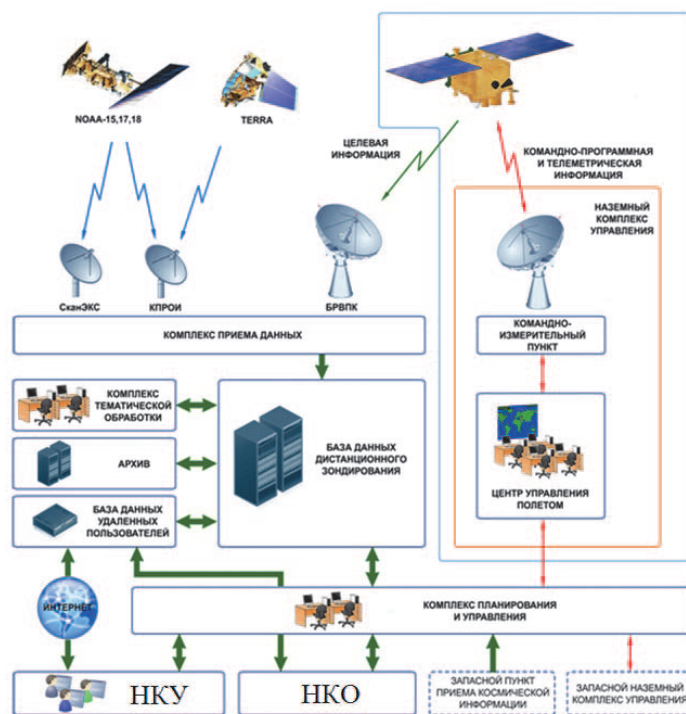


Рисунок 1 – Типовая схема наземной космической инфраструктуры

Проанализируем факторы неопределенности в процессе разработки проектной документации масштабной СКС. Физический уровень современной ИТС в соответствии с требованиями профильных стандартов выполняется как СКС [8, С.5]. Информационная проводка даже среднего масштаба насчитывает несколько тысяч отдельных компонентов, т.е. представляет собой типичную сложную техническую систему с изначально высокой степенью неопределенности. Полную совокупность факторов неопределенности можно разделить на две основные группы:

- «конфигурационная» неопределенность;
- неопределенность «по построению».

Конфигурационная неопределенность во многом определяется отсутствием жестких требований стандартов в отношении количества портов пользовательской информационной розетки и их исполнения по категории и среде передачи. Нормативные документы содержат лишь требование в отношении применения минимум двух универсальных розеточных модулей даже без указания их исполнения. Один из них подключен к горизонтальному кабелю из витых пар и чаще всего поддерживает работу телефонного аппарата. Второй документ используется для подключения рабочей станции, входящей в локальную вычислительную сеть (ЛВС), и может быть выполнен как оптическим, так и электрическим.

Неопределенность данной разновидности несколько снижается тем, что оптические порты на рабочих местах встречаются крайне редко. Тот рост попу-

лярности оптических решений пользовательского уровня, который наблюдается в последнее время в связи с внедрением технологии PoLAN [9, С.30], пока не меняет картину качественно.

Известно, что любая сложная техническая система на этапе проектирования постоянно «дышит» в чертежах. Даже небольшие изменения в любой из классических инженерных систем просто в силу габаритов их оборудования с высокой вероятностью влечет за собой необходимость выполнения более или менее глубокого перепроектирования информационной проводки. Чаще всего это выражается в переносе кабельных трасс, что приводит к появлению сильной неопределенности по построению.

Неопределенность данной разновидности слабо выражена в отношении технических помещениях при условии изначально правильного выбора их площади. Сказывается прямой запрет стандартов на нахождение в них оборудования, которое непосредственно не относится к функционированию кроссовых и аппаратных информационных систем.

Также нельзя сбрасывать со счетов все те усовершенствования, которые непрерывно внедряются в создаваемую ИТС и непосредственно сказываются на СКС вплоть до завершения ее монтажа. Чаще всего это проявляется в следующих действиях:

- перенос пользовательских информационных розеток по требованиям заказчика,
- добавление точек радиодоступа Wi-Fi из-за перехода на более скоростную технику и необходимости устранения слепых зон, которые выявлению по результатам обследования электромагнитной обстановки на обслуживаемой площади,
- изменение местоположения камер системы видеонаблюдения, индикаторов системы часофикации и т.д.

В части области действия конфигурационная неопределенность зачастую, но не обязательно, оказывается гораздо шире неопределенности по построению, так как наряду с отдельными компонентами может охватывать весь кабельный тракт. В отличие от этого неопределенность по построению влияет преимущественно только на архитектурную составляющую СКС: кабельные лотки.

Значимое отличие между конфигурационной неопределенностью и неопределенностью по построению наблюдается также в части причин, которые их порождают. В первом случае речь идет об исключительно внутрисистемных причинах, тогда как неопределенность по построению становится прямым следствием изменений в других инженерных системах объекта недвижимости.

Дополнительно укажем на то, что приведенные соображения справедливы только в отношении горизонтальной подсистемы. Это связано с тем, что магистральные подсистемы используют в качестве кабельных трасс преимущественно стояки, которые как архитектурный компонент объекта недвижимости не подвержены влиянию со стороны организуемых в нем традиционных инженерных систем.

Указанное обстоятельство слабо влияет на общую неопределенность проекта СКС, т.к. основные ресурсы при создании СКС направляются на создание

горизонтальной подсистемы, как показано на рисунке 2.

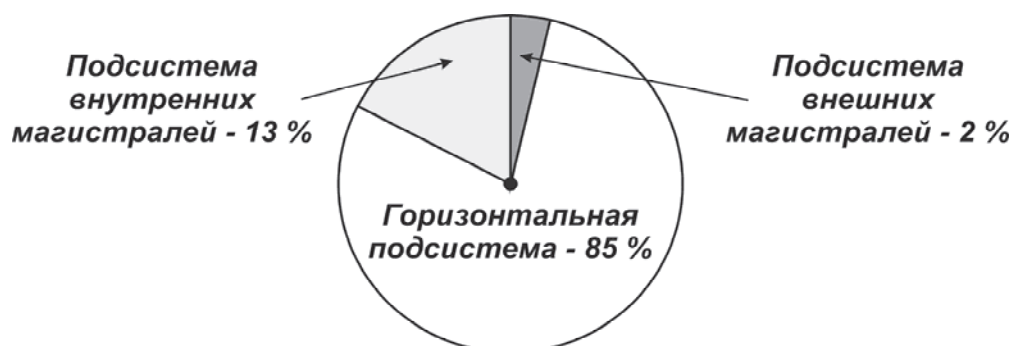


Рисунок 2 – Усредненные по проектам построения офисных объектов ресурсы, направляемые на создание отдельных подсистем СКС

Проведем анализ соотношения конфигурационной неопределенности и неопределенности по построению. Факторы неопределенностей по конфигурации и по построению, строго говоря, влияют друг на друга. Так, например, перевод ЛВС на схему PoLAN не меняет общего количества портов кабельной системы, но за счет централизованного характера построения потенциально может вызывать необходимость увеличения площадей аппаратной. Тем не менее, степень такого влияния мала, в дальнейшем ее наличием пренебрегаем и считаем неопределенности независимыми друг от друга, как показано на рисунке 3.

Количественно неопределенность характеризуется информационной энтропией Шеннона [11, С.9]. Из независимости рассматриваемых неопределенностей следует, что

$$H_{\Sigma} = H_C + H_B, \quad (1)$$

где H_C – полная конфигурационная информационная энтропия, а H_B – энтропия неопределенности по построению.



Рисунок 3 – Соотношение конфигурационной неопределенности и неопределенности по построению

Конфигурационная неопределенность носит явно выраженный финитный характер. Она не оказывает влияние на неопределенность по построению, значи-

мую с инженерной точки зрения. Ее минимизации не вызывает серьезных проблем, а сопутствующие этому процедуры носят, преимущественно, технический характер.

Приведем несколько примеров, которые иллюстрируют справедливость данного утверждения.

Простота замены электропроводных модулей на оптические определяется

- идентичностью габаритов модулей и механизмов их крепления в корпусе информационной розетки и коммутационной панели;
- преимуществом оптических панелей над медножильными по конструктивной плотности (в 1,5-2 раза у наиболее совершенных образцов техники) как прямое следствие заметного лучших массогабаритных показателей волоконных световодов по сравнению с витыми парами;
- некоторым превосходством оптических кабелей над 4-парными симметричными по площади поперечного сечения, что особенно ярко проявляется в случае применения задаваемых стандартами изделий категории 6 и выше.

Добавление количества портов в пользовательскую информационную розетку не влечет за собой необходимость перепроектирования кабельных трасс из-за слабой востребованности многопортовых розеток в проектах, что иллюстрирует рисунок 4.

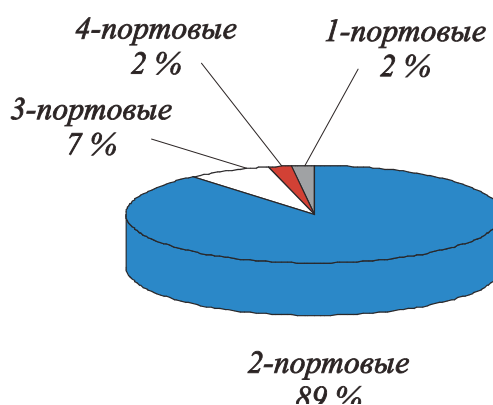


Рисунок 4 – Распределение количества портов пользовательских информационных розеток

Из приведенной на рисунке 4 статистики следует, что среднее по проектам эффективное количество кабелей, подводимых к одной информационной розетке, составляет

$$\bar{n} = \sum_{j=1}^4 j \cdot P_j = 2,09 \quad (2)$$

Габариты лотков как основной разновидности кабельных каналов, закла-

дываемых в проект, обычно обеспечивают естественный запас просто в силу ограниченности доступной номенклатуры лотков и иных элементов формирования кабельных трасс, а также естественного подхода к установке ближайшего подходящего по ближайшему доступному сверху сечению. Проектировщик выбирает лоток с запасом по сечению как минимум 15-20%. Т.е. ожидаемая 5-процентная вероятность увеличения количества портов и, соответственно, подключаемых к ним кабелей, не перекрывает запас, и переполнение лотков становится явлением исключительным.

Со стороны технических помещений добавление подключений из-за ввода новых подсистем (например, часофикации) в процессе текущей эксплуатации объекта не приводит к серьезным проблемам. Сказывается то, что

- используемый для монтажа в кроссовых этажа 19-дюймовый монтажный конструктив из-за характерной для заказчиков явно выраженной тяги к 42-юнитовому исполнению в подавляюще большинстве случаев содержит, по крайней мере, несколько свободных посадочных мест (см. статистику рисунков 5, 6);
- количественный объем по точкам подключения вновь вводимых информационных систем, относящихся преимущественно к цифровому потолку, не превышает 10-15% от количества портов традиционных пользовательских информационных розеток [10, С.7], что опять же в разы меньше ожидаемого количества свободных посадочных мест в 19-дюймовых конструктивах.

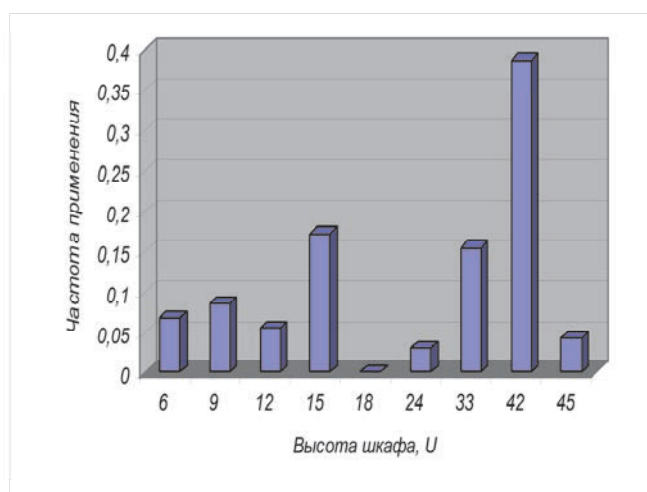


Рисунок 5 – Частота применения монтажных шкафов различной высоты в проектах реализации СКС

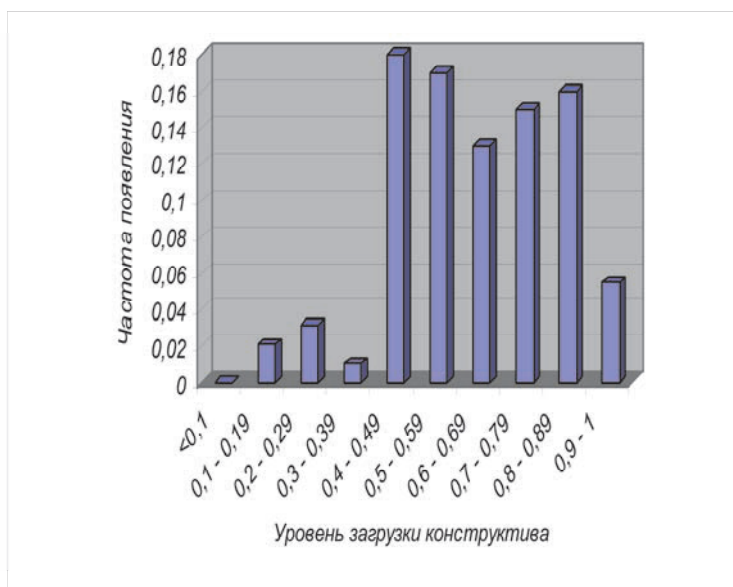


Рисунок 6 – Степень заполнения 19-дюймовых монтажных шкафов этажных кроссовых оборудованием ЛВС и СКС в реализованных проектах (среднее значение 0,6 при среднеквадратичном отклонении 0,2)

В результате имеем

$$H_C \ll H_B \quad (3)$$

Таким образом, основная задача программного обеспечения (ПО) для поддержки проектирования СКС по отношению к конфигурационной неопределенности сводится к недопущению грубых ошибок проектировщика. Она легко решается даже программными продуктами общего применения. Например, степень заполнения 19-дюймового шкафа эффективно контролируется векторными графическими редакторами уровня Corel Draw и Visio при условии активации режима привязки изображения отдельных панелей к сетке в процессе формирования изображения фасада. Сильная сторона такой проверки в том, что она не является дополнительной, т.к. чертеж фасада обязательно включается в графическую часть проектной документации.

Внедрение технологии BIM как средства снижения неопределенности по построению наземной кабельной инфраструктуры

Создание проектной документации на СКС представляет собой итерационный процесс. Разработка следующей версии уже созданного ранее материала (в данном случае документации СКС) проводится, если изменения, производимые в отношении других инженерных систем, непосредственно влияют на кабельную систему. При реализации очередной итерации специалист, отвечающий за определенную часть проекта, должен как можно ранее выявить возникающий

конфликт, который рассматривается как проектная коллизия, а затем устранить его.

Существенно повысить качество взаимной увязки инженерных систем проектируемого здания позволяет применение BIM-технологий. BIM формируется при создании геометрической модели здания, а затем используется и дополняется разнообразной информацией на протяжении всего процесса проектирования [12, С.325]. При этом создается цифровой образ здания в формате информационной модели, позволяющей прогнозировать свойства и характеристики здания и более эффективно управлять ими [13, С.102].

Обработка данных проектов, выполненных ООО «Метрополис», дополненная анализом листов изменений, а также замечаний заказчиков и экспертизы, позволила сформировать перечень коллизий, непосредственно влияющих на неопределенность по построению. Влиянием остальных факторов, по крайней мере, в первом приближении, можно пренебречь.

Всего в общей сложности анализировалось 12 крупных комплексных проектов, одной из составных частей которых являлась СКС. Проекты делились на две группы. Проекты первой группы выполнялись с привлечением ПО общего назначения AutoCAD. Во втором случае проектирование осуществлялось в среде ПО Autodesk Revit. Результаты обработки соответствующих данных приведены в таблице.

Таблица – Частота появления различных разновидностей неопределенности по построению в проектах построения СКС и обобщенная шенноновская энтропия

Тип ошибки	P(A)	
	AutoCAD	Autodesk Revit
Архитектурные изменения	0,83	0,17
Технологические изменения	0,17	0
Недостоверные данные в кабельном журнале	0,33	0,17
Ошибки в расчетах спецификаций	0,17	0,17
Противоречия в документации на отдельные системы здания	0,67	0,33
Обобщенная шенноновская энтропия	5,6	2,14

Положительный эффект от BIM-технологий виден сразу по количеству выявленных ошибок. В первом случае было выявлено 13 коллизий, во втором случае их количество сократилось до 5.

Для количественной оценки эффективности применения BIM-технологии привлекалось понятие энтропии. При ее расчете принималось во внимание то, что выявляемые проектные ошибки являются совместными и независимыми. Кроме того, они могут происходить в любом из возможных сочетаний. Для учета этих особенностей в качестве численной меры неопределенности применим обобщенную энтропию Шеннона [12, С.29].

$$H(X, Y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot \log_2(p_{ij}) \quad (4)$$

Результаты ее расчета также приведены в таблице и свидетельствуют о том, что применение BIM-технологии в варианте Autodesk Revit обеспечивает двухкратное снижение неопределенности.

Для борьбы с фактором неопределенности процесса проектирования структурированных кабельных систем для наземной космической инфраструктуры хорошим решением является также мониторинг состояния информационно-телекоммуникационной системы космодрома. В состав систем мониторинга телекоммуникационных сетей входят измерительные устройства. В функции измерительных устройств входит выявление «узких мест».

Стратегия восстановления ключевых сервисов информационных систем должна предусматривать разработку аварийного генерального плана, проектирование резервных ВК, выполняющих функции резервной обработки данных и удаленной диагностики основного ВК и телекоммуникационной инфраструктуры, организационно-технические мероприятия по улучшению ЭМС и выявлению «узких» мест.

Организационно-технические мероприятия по совершенствованию системы управления наземной кабельной инфраструктурой космодрома позволяют снизить эксплуатационные расходы на 30%, повысить эффективность использования сетевых ресурсов на 40% [1, С.22], улучшить характеристики надежности: увеличение вероятности безотказной работы, сокращение времени на диагностику, сокращение незапланированных простоев телекоммуникационного оборудования и оборудования ВК за счет выявления «узких» мест и обеспечения ЭМС.

Заключение

Полученные результаты позволяют констатировать следующее

- Главным фактором появления коллизий при разработке проектной документации СКС наземной инфраструктуры космодрома является неопределенности по построению. Конфигурационная неопределенность легко компенсируется типовыми проектными запасами.
- Эффективность программного обеспечения, применяемого в процессе проектирования СКС наземной инфраструктуры, кратно возрастает при переходе на BIM-проектирование, т.е. в случае его прямого или опосредованного взаимодействия с теми программными продуктами, которые привлекаются для поддержки процессов проектирования его традиционных инженерных систем.
- В проект построения СКС по возможности целесообразно закладывать то оборудование, производитель которого предоставляет своим партнерам его BIM-модели.
- Внедрение BIM-технологии в процесс проектирования СКС позволяет добиться значимого эффекта в части снижения неопределенности по построению в первую очередь кабельных трасс горизонтальной подсистемы.

мы наземной инфраструктуры, причем положительный эффект достигается постоянным контролем совместимости кабельных трасс с оборудованием инженерного обеспечения и архитектурными особенностями монтажных испытательных комплексов.

- В целях борьбы с фактором неопределенности процесса проектирования структурированных кабельных систем, входящих в наземную инфраструктуру, хорошим решением является мониторинг состояния информационно-телекоммуникационной системы космодрома.

Литература

1. Аббасова Т.С., Погосян А.Т. Анализ структуры наземного комплекса управления космическими летательными аппаратами // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2016): сб. статей VI международной заочной научно-технической конференции. Ч.1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 24-25.03.2016. С. 19-22 (345 с.).
2. Аббасова Т.С., Комраков А.А. Восстановление и проверка корректности телеметрических данных // Информационно-технологический Вестник. № 2(04). 2015. С. 55-64.
3. Андрейко А.Н., Кравец В.Г., Кучеров М.А., Лучинский В.П. Портативный комплекс приема телеметрической информации для передачи в центр управления полетами данных по спуску пилотируемых транспортных кораблей // Космическая техника и технологии. 2016. № 1(12). С. 90-98.
4. Додонов А.Г., Путятин В.Г. Радиотехнические средства внешнетраекторных измерений // Математические машины и системы. 2018. № 1. С. 3-30.
5. Кучеров Б.А. Адаптация мощности земных станций узловой сети спутниковой связи при работе в стволе с прямой ретрансляцией // Двойные технологии. 2015. № 1. С. 53-58.
6. Аббасов Э.М. Методика оценки дальности приема современными телеметрическими средствами при пусках изделий с космодромов // Информационно-технологический Вестник. № 2(04). 2020. № 3(25). С. 3-12.
7. Артюшенко В.М., Аббасова Т.С. Эффективность защиты от внешних помех электропроводных каналов структурированных кабельных систем для передачи высокоскоростных информационных приложений // Информационные технологии. 2014. № 5. С. 52-57.
8. Семенов А.Б., Артюшенко В.М., Аббасова Т.С. Введение в структурированные кабельные системы // М.: Научный консультант. 2018. 206 с.
9. Шевелев С., Семенов А. Технология PoLAN как новый формат нижнего уровня информационных систем офисных зданий // Первая миля. 2021. № 2(94). С. 28-33.
10. Руководство по проектированию систем освещения PoE 60 Вт: зонное распределение и зоны обслуживания в СКС // Фирменный материал компании Siemon. 2017. 12 с.

11. Шеннон К., Работы по теории информации и кибернетике: [Сборник статей]: Пер. с англ. / С предисл. А.Н. Колмогорова; под ред. Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. 829 с.
12. Гинзбург А.В., Баранова О.М., Блохина Н.С. и др. Системы автоматизации проектирования в строительстве: учебное пособие // под ред. А.В. Гинзбурга. М.: МГСУ, 2014. 664 с.
13. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. Саратов: Профобразование, 2017. 392 с.