

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средствам массовой коммуникации (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-64098

от 18 декабря 2015 г.

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 издаются в Перечень:  
05.07.00 Авиационная и ракетно-космическая техника [05.07.02 Проектирование конструкций и производство летательных аппаратов, 05.07.03 Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов, 05.07.10 Низкоавиационные технологии в аэрокосмической деятельности],  
05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление [05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям), 05.13.05 Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, 05.13.18 Математическое моделирование численные методы и комплексы программ, 05.13.19 Методы и системы защиты информации, информативная безопасность],  
05.16.00 Металлургия и материаловедение [05.16.06 Порошковая металлургия и композиционные материалы, 05.16.08 Нанотехнология и наноматериалы (по отраслям), 05.16.09 Материаловедение (по отраслям)]

Подписной индекс в каталоге  
НТИ-Роспечать 62190

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

Над выпуском работали  
Паршина Ю.С.  
Пирогова Е.В.

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

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Информационно-технологический вестник», допускается только с письменного разрешения редакции.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, предоставленных авторами для публикации

Материалы приводятся в авторской редакции.

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Артюшенко В.М., Воловач В.И.  
ОПИСАНИЯ СИГНАЛОВ И ПОМЕХ В РАДИОЛИНИЯХ  
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ РАДИОСИСТЕМ С  
ПОМОЩЬЮ ПОЛИГАУССОВСКИХ МОДЕЛЕЙ.....3

Воейко О.А., Романов Д.В.  
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СНИЖЕНИЮ ОТКАЗОВ  
В РАБОТЕ СТАНЦИИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ.....13

Исаев В.Г., Серёгин Н.Г., Сорокин С.В.  
КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ  
МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....22

Кучеров Б.А.  
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ  
КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ В УСЛОВИЯХ  
РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ.....32

Макаров В.М.  
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ И ИХ СИСТЕМ ПРИ НАЗЕМНОЙ  
ОТРАБОТКЕ.....44

Татаринов А.И.  
СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ  
СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
МОБИЛЬНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПУНКТАМИ....60

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Аббасов А.Э.  
СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ  
ОБЪЕКТА МНОГОМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ.....66

Акимкина Э.Э.  
СТРУКТУРИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МНОГОМЕРНЫХ КУБАХ  
ДАННЫХ.....79

Маслобоев А.В.  
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ  
УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТЬЮ.....88

Семенов А.Б., Аббасова Т.С.  
СИНТЕЗ КОНСТРУКЦИИ СИММЕТРИЧНЫХ КАБЕЛЕЙ  
ДЛЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С  
УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ  
ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ.....99

**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. Аббасова Т.С., к.т.н., доцент
2. Бухаров С.В., д.т.н., профессор
3. Воловач В.И., д.т.н., профессор
4. Логачева А.И., д.т.н., профессор
5. Макаров М.И., д.т.н., профессор
6. Матвиенко Ю.Г., д.т.н., профессор
7. Разумовский И.М., д.ф.-м.н., профессор
8. Рудаков В.Б., д.т.н., профессор
9. Смерлов А.А., д.т.н., профессор
10. Стрелалюк Ю.В., д.т.н., профессор

Подписано в печать 20.12.2018  
Формат В5  
Печать офсетная. Усл.печ.л. 9,5  
Тираж 500 экз.  
Заказ № 74-15  
Отпечатано  
в типографии  
ООО «Научный консультант»  
г. Москва  
Хорошевское шоссе, 35, корп.2

Стрелалюк Ю.В.  
КОНЦЕПЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЯДРУ  
ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ.....109

Сухотерин А.И., Ерёмкина Е.В., Кручинина С.А.  
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:  
НАКОПЛЕННЫЙ ОПЫТ, ПРОБЛЕМНЫЕ  
ВОПРОСЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....117

**МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Антипова Т.Н., Лабутин А.А.  
СРАВНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ МЕТОДОВ НАПЫЛЕНИЯ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ СЛОИСТЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТИПА  
ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....125

Копытов А.А., Рябчиков М.Ю., Рябчикова Е.С.  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ В ДОМЕННОЙ  
ПЕЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСКОНУСНОГО  
ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА.....138

**Предложение по снижению отказов в работе  
станции спутниковой связи**

**Ольга Александровна Воейко**, к.т.н., доцент,  
доцент кафедры «Управление качеством и стандартизации»  
Государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования Московской области  
«Технологический университет»  
г. Королев, Россия

**Данила Вадимович Романов**  
ведущий инженер ООО «Технологии радиосвязи»  
г. Королев, Россия

*Одной из основных характеристик антенного комплекса являются его скоростные способности, поэтому важно, чтобы двигатели, установленные на антенне, были высокого качества и обладали теми свойствами, которые указаны в нормативной документации. В работе проведен сравнительный анализ испытаний двигателей для антенного комплекса СССТ 1,2.*

Станция спутниковой связи, антенный комплекс, контроль качества, дисперсионный анализ.

**The reducing failures proposal in the satellite communications station**

**Olga Voeiko** PhD senior lecturer

Chair of Quality Management and Standardization,

University of Technology, Korolev, Russia

**Danila Romanov** Chief Engineer

«Radio communication technologies Ltd», Korolev, Russia

*One of the main characteristics of the antenna complex is its speed capabilities, so it is important that the engines installed on the antenna are of high quality and have the properties specified in the documentation. In this paper the comparative analysis of the engine tests for the CCCT 1.2 antenna system is carried out.*

Satellite communication station, the antenna complex, quality control, ANOVA.

Спутниковая связь является ведущим видом связи на средние и большие расстояния на национальном и международном уровнях. Перспективы использования искусственных спутников Земли для организации связи будут только расширяться. Этому способствует развитие существующих сил и средств связи. Общая тенденция ведущих стран мира (в том числе и России) – создание собственных национальных сетей спутниковой связи [1].

В нашей стране создается единая автоматизированная система связи. Для этого развиваются и совершенствуются различные технические средства связи. В некоторых случаях находятся новые области применения существующим средствам связи.

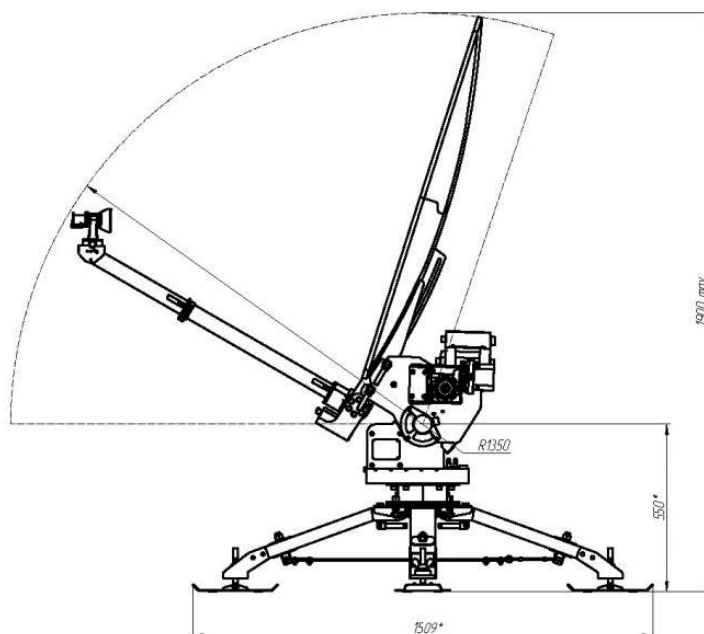
ООО «Технологии Радиосвязи» является разработчиком и производителем спутникового и навигационного оборудования, отвечающих российским требованиям и имеющих более низкую стоимость, чем зарубежные аналоги. Основным видом продукции являются антенны и антенные комплексы. Антенный комплекс предназначен для решения функциональных задач по управлению наведением антенны на спутник (космический аппарат) и его сопровождение по его угловым координатам в различных режимах работы.

Станция спутниковой связи транспортируемая СССТ 1,2 м Ku/Ка-диапазона (рис. 1) производства ООО «Технологии Радиосвязи» является перебазируемым комплексом быстрого развертывания с автоматическим наведением и предназначена для наведения на космические аппараты, находящиеся на геостационарной орбите и приема сигналов в Ku/Ка-диапазонах частот.

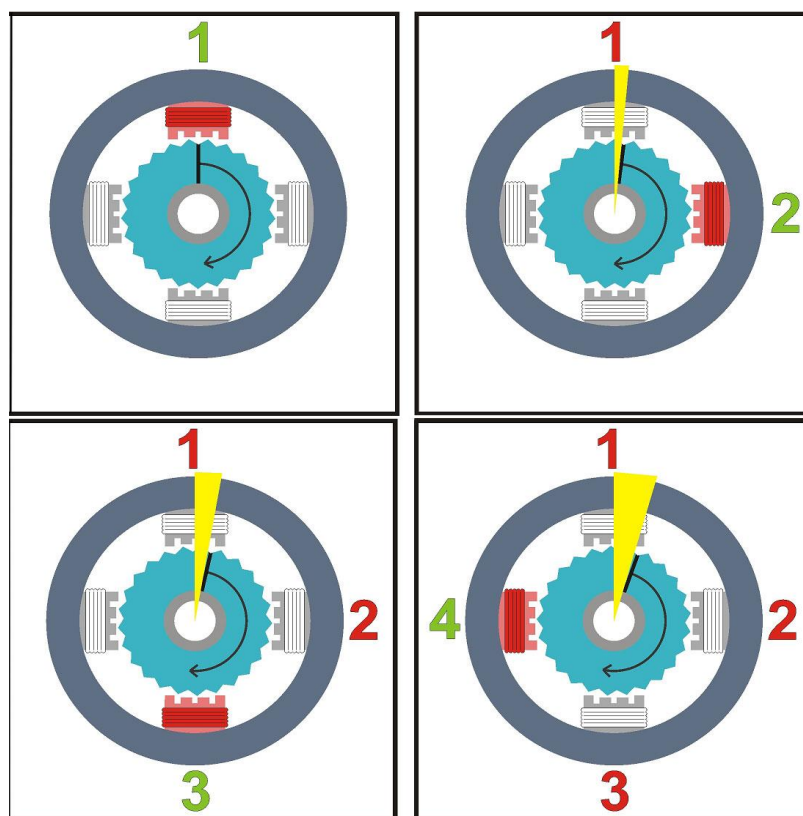
В СССТ 1,2 м реализован принцип наведения «One button acquisition», который обеспечивает простой алгоритм наведения, не требующий профессиональной подготовки пользователя. Устройство автоматического наведения антенны включает в себя двухосный позиционер (опорно-поворотное устройство) и бесплатформенную навигационную систему БИНС-А.

Для вращения осей по АЗМ и УГМ в антенном комплексе используют шаговые электродвигатели.

Шаговый электродвигатель – это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками. Ток подается в одну из обмоток статора и вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения ротора. Эти перемещения называют «шагами» (рис. 2) [2].



**Рисунок 1 – Габаритный чертеж антенны в развернутом состоянии**



**Рисунок 2 – Принцип работы шагового двигателя**

Шаговые двигатели относятся к группе бесколлекторных двигателей постоянного тока. Шаговые двигатели обладают высокой надежностью и большим сроком службы. Благодаря этому их используют в антенных комплексах.

С 2014 по 2018 год ООО «Технологии Радиосвязи» было разработано и выпущено 37 антенных комплексов СССТ 1,2 м, на которых были установлены шаговые двигатели FL86.

В процессе эксплуатации антенных комплексов возникают проблемы с шаговыми двигателями. Конструктивная особенность двигателя FL86 в том, что он не является влагозащищенным, и при эксплуатации в уличных условиях происходит попадание воды в корпус двигателя.

Попадание влаги в корпус двигателя могут повлечь за собой различные последствия:

- выгорание обмоток двигателя (выход из строя двигателя);
- выгорание платы драйвера;
- выгорание платы управления антенной Quick Deploy;
- выход из строя блока питания антенны.

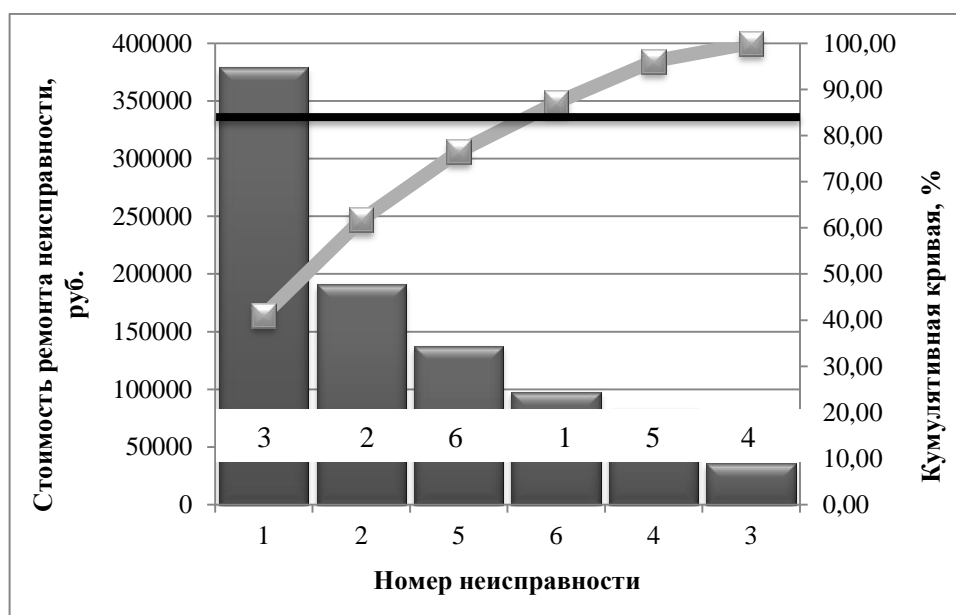
В таблице 1 представлены сведения по количеству отказов данного комплекса за 5 лет.

**Таблица 1 – Статистика отказов антенного комплекса  
СССТ 1,2 м за 2014- 2108 гг.**

	2014	2015	2016	2017	2018	Всего
1. Неисправность кабеля	5	4	3	2	1	15
2. Отказ платы драйвера ШД	3	3	3	2	2	13
3. Отказ шагового двигателя FL86	2	1	2	1	1	7
4. Отказ платы управления антенной Quick Deploy	2	1	1	1	0	5
5. Отказ блока питания антенны	1	0	1	0	0	2
6. Отказ платы ПСН	2	1	0	0	0	3

Анализ таблице 1 показывает, что самыми распространенными неисправностями по числу появлений являются: неисправность кабеля и отказ платы драйвера шагового двигателя. Они составляют более 60% всех неисправностей. Данные неисправности считаются ремонтпригодными и подлежат исправлению, что нельзя сказать о неисправности шагового двигателя. Шаговый двигатель FL86 является не разборным и не подлежит ремонту.

Замена шагового двигателя является наиболее затратным существующих отказов для предприятия (41,02% от общей стоимости затрат на устранение отказов) и требует немедленного решения (рис. 3).



**Рисунок 3 – Общие затраты предприятия на ремонт антенного комплекса СССТ 1,2 м за 2014-2018 гг.**

Для решения данной проблемы были разработаны предложения по замене шаговых двигателей FL86 на защищённые двигатели со степенью защиты IP65. Степень защиты IP – классификация способа защиты, обеспечиваемого оболочкой технического устройства от доступа к опасным частям. Международный знак защиты состоит из букв IP из двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твёрдых предметов, вторая – от проникновения воды. Регулируется стандартом ГОСТ 14254 [3].

Основными параметрами при поиске двигателей были аналогичные габаритные размеры и посадочные места с двигателем FL86, для того чтобы замена двигателей не приводила к изменениям в конструкции антенны.

Так, для оценки были выбраны 3 двигателя, характеристики которых представлены в таблице 2. Все представленные двигатели имеют степень защиты IP65.

**Таблица 2 – Технические характеристики сравниваемых двигателей**

Наименование	Номинал. ток, А	Сопротивление, Ом	Крутящий момент, кг*см	Длина, мм	Момент инерции ротора, г*см	Вес, кг
ШД86	4,0	0,65	34	66	1000	1,7
80MPH1.300S000	2,8	0,80	29	66	1000	1,8
PL86H75	3,5	1,00	46	66	1400	2,1

Для того, чтобы выбрать из трех представленных двигателей один был применен двухфакторный дисперсионный анализ [4]. В качестве отклика выступает сила тока, потребляемой разными двигателями. Факторами являются представленные двигатели и скорость углового перемещения. Дисперсионный анализ позволит определить, существует ли статистически значимое отличие между силой тока, потребляемой разными двигателями при различных скоростях углового перемещения. Если да, выбирается двигатель с минимальной потребляемой силой тока. Если же разница между силами тока окажется статистически незначимой, то основанием для выбора двигателя должны быть другие показатели.

В таблице 3 приведены исходные данные для проведения анализа. Сила тока представлена относительными величинами: потребляемая сила тока была отнесена к максимальной силе тока, на которую рассчитан двигатель.

В двухфакторном анализе проверяются три гипотезы:

$H_0^A$  - Вид двигателя (фактор А) не влияет на значение силы тока;

$H_0^B$  - Скорость углового перемещения антенны,  $^\circ/\text{сек}$  (фактор В) не влияет на значение силы тока;

$H_0^{AB}$  - Взаимодействие факторов А и В не влияет на значение силы тока.

Дисперсионный анализ проведен в данной работе с помощью Пакета анализа Microsoft Office Excel. Результаты анализа представлены на рисунке 4. В отчете представлены объем выборки, среднее арифметическое значение и дисперсия каждой комбинации видов двигателя и скорости углового перемещения. Уровень значимости задан равным 0,05.

В первых трёх таблицах рисунка 4 приведены результаты дисперсионного анализа для всех видов двигателя, а в четвертой – для каждой скорости.

**Таблица 3 – Сила тока (относительные значения) при различных скоростях углового перемещения**



Двигатель	Скорость углового перемещения антенны, °/сек										
	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩД 86	0,9 0	0,3 1	0,2 8	0,3 3	0,4 2	0,4 9	0,5 4	0,6 4	0,7 1	0,8 0	0,9 5
	0,9 5	0,4 1	0,4 6	0,5 0	0,5 5	0,6 0	0,6 5	0,6 8	0,7 0	0,7 3	0,8 5
	0,9 8	0,3 4	0,4 2	0,5 3	0,5 2	0,5 7	0,6 0	0,6 5	0,7 1	0,8 2	0,9 0
	0,9 9	0,4 2	0,3 4	0,3 8	0,4 6	0,5 4	0,6 2	0,6 8	0,7 4	0,8 2	0,8 9
	0,9 8	0,4 3	0,3 0	0,4 8	0,5 5	0,6 2	0,7 4	0,8 1	0,9 0	0,9 6	0,9 8
80МРН	0,9 2	0,5 9	0,6 6	0,7 1	0,7 9	0,8 6	0,9 3	0,9 6	1,0 0	0,0 0	0,0 0
	0,9 8	0,5 3	0,6 2	0,7 2	0,7 6	0,8 2	0,8 9	0,9 2	0,9 5	0,9 8	1,0 0
	0,9 9	0,4 6	0,4 5	0,5 6	0,6 8	0,7 6	0,8 2	0,8 6	0,9 2	0,9 8	0,9 9
	0,9 7	0,4 9	0,4 6	0,5 0	0,5 9	0,6 3	0,6 9	0,7 5	0,8 3	0,9 6	1,0 0
	0,9 9	0,5 7	0,5 9	0,6 4	0,6 8	0,7 0	0,7 6	0,8 2	0,8 5	0,9 3	0,9 8
PL86H75	0,9 9	0,4 2	0,3 4	0,3 8	0,4 6	0,5 4	0,6 2	0,6 8	0,7 4	0,8 2	0,8 9
	0,9 8	0,4 3	0,3 0	0,4 8	0,5 5	0,6 2	0,7 4	0,8 1	0,9 0	0,9 6	0,9 8
	0,9 2	0,5 9	0,6 6	0,7 1	0,7 9	0,8 6	0,9 3	0,9 6	1,0 0	1,0 0	1,0 0
	0,9 8	0,5 3	0,6 2	0,7 2	0,7 6	0,8 2	0,8 9	0,9 2	0,9 5	0,9 8	1,0 0
	0,9 9	0,4 6	0,4 5	0,5 6	0,6 8	0,7 6	0,8 2	0,8 6	0,9 2	0,9 8	0,9 9

Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями												
ИТОГИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Итого	
<i>ШД вв</i>												
Счет	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	55	
Сумма	4,8	1,915	1,8025	2,22	2,5	2,8175	3,145	3,455	3,7625	4,13	4,57	35,1175
Среднее	0,96	0,383	0,3605	0,444	0,5	0,5635	0,629	0,691	0,7525	0,826	0,914	0,6385
Дисперси	0,00135	0,002817	0,006126	0,00723	0,00335	0,002724	0,00563	0,004705	0,007019	0,00698	0,00263	0,044066
<i>ВОМРН</i>												
Счет	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	55	
Сумма	4,85	2,639286	2,780714	3,134286	3,495714	3,767143	4,088571	4,314286	4,55	3,85	3,97	41,44
Среднее	0,97	0,527857	0,556143	0,626857	0,699143	0,753429	0,817714	0,862857	0,91	0,77	0,794	0,753455
Дисперси	0,00085	0,002898	0,009167	0,009264	0,005961	0,00833	0,00929	0,007034	0,00495	0,1857	0,19708	0,050985
<i>Р186Н75</i>												
Счет	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	55	
Сумма	4,86	2,429286	2,370714	2,854286	3,235714	3,597143	3,998571	4,234286	4,51	4,74	4,86	41,69
Среднее	0,972	0,485857	0,474143	0,570857	0,647143	0,719429	0,799714	0,846857	0,902	0,948	0,972	0,758
Дисперси	0,00087	0,005193	0,026247	0,021904	0,019369	0,018202	0,015258	0,012128	0,00962	0,00532	0,00217	0,043567
<i>Итого</i>												
Счет	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Сумма	14,51	6,983571	6,953929	8,208571	9,231429	10,18179	11,23214	12,00357	12,8225	12,72	13,4	
Среднее	0,967333	0,465571	0,463595	0,547238	0,615429	0,678786	0,74881	0,800238	0,854833	0,848	0,893333	
Дисперси	0,000907	0,007084	0,018763	0,01724	0,015815	0,015685	0,01637	0,013257	0,01179	0,062489	0,063567	
<b>Дисперсионный анализ</b>												
<i>Источник вари</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-Значени критическое</i>							
Выборка	0,50445	2	0,252225	13,26729	5,62E-06	3,064761						
Столбцы	4,588272	10	0,458827	24,13478	2,61E-25	1,903115						
Взаимоде	0,387627	20	0,019381	1,019479	0,444202	1,650626						
Внутри	2,509457	132	0,019011									
Итого	7,989807	164										

**Рисунок 4 – Результат двухфакторного дисперсионного анализа**

Чтобы проанализировать степень эффекта взаимодействия, проверяем, существует ли взаимодействие между обоими факторами. При заданном  $\alpha = 0,05$ , применяется следующий критерий:

$$\text{нулевая гипотеза } H_0^{AB} \text{ отклоняется,} \quad (1)$$

$$\text{если } F - \text{ статистика} > F_{кр}$$

где  $F$  – статистика - вычисленное значение,

$F_{кр}$  - верхнее критическое значение F-распределения.

Поскольку  $F = 1,01 < F_{кр} = 1,65$ , а  $P - \text{ значение} = 0,444 \gg \alpha = 0,05$ , гипотеза  $H_0^{AB}$  не отклоняется. Следовательно, эффект взаимодействия факторов А и В незначителен и необходимо оценить влияние главных факторов.

Используя критерий (1) было проверено влияние каждого фактора на отклик отдельно. Результаты анализа представлены в таблице 4.

**Таблица 4 – Анализ влияния главных эффектов на отклик**

Фактор А	Фактор В
$F = 13,27 > F_{кр} = 3,06$	$F = 24,13 > F_{кр} = 1,90$
$P - \text{ значение} \ll \alpha$	$P - \text{ значение} \ll \alpha$
между силами тока, потребляемыми разными двигателями, существует значимая разница	между силами тока, потребляемыми при заданной скорости перемещения, существует значимая разница

Поскольку по результатам дисперсионного анализа видна разница между разными двигателями, нужно узнать, какой же из них существенно отличается от остальных. В результате проведенной работы известно, что по крайней мере, одно из математических ожиданий существенно отличается от других.

Существует несколько способов решить эту задачу. Можно воспользоваться процедурой Тьюки – попарного сравнения между группами [5].

Критический размах для фактора А

$$\text{Критический размах} = Q_{\text{Акр}} \sqrt{\frac{MSE}{cn'}} \quad (2)$$

где  $Q_{\text{Акр}}$  – верхнее критическое значение распределения размаха.  $Q_{\text{Акр}}$  имеет  $c$  степеней свободы в числителе и  $rc(n' - 1)$  степеней свободы в знаменателе.

Поскольку имеется три разных двигателя, следует проверить  $3(3 - 1)/2 = 3$  пары двигателей. Вычисленные модули разности между соответствующими средними значениями по выборкам разных двигателей представлены в таблице 5.

**Таблица 5 – Попарные сравнения средних значений по выборкам исследуемых двигателей**

Пары двигателей	Средние значения по каждому двигателю в паре		Абсолютное значение отклонения между средними значениями в паре
1 и 2	0,6385	0,7535	0,1150
1 и 3	0,6385	0,7580	0,1195
2 и 3	0,7535	0,7580	0,0045

Используя формулу (2), получаем Критический размах = 0,07.

Сравниваем критический размах с абсолютным значением отклонения для каждой пары двигателей. Для первых двух пар сравниваемых двигателей существует статистически значимая разница. Средняя сила тока, потребляемая данными двигателями, значимо меньше, чем у второго и третьего. Следовательно, для замены шаговых двигателей FL86, выбран двигатель ШД 86.

Итак, выбранный шаговый двигатель ШД86:

- 1) не требует каких-либо доработок конструкции антенны;
- 2) имеет степень защиты IP65, которая полностью защищает от пыли и водяных струй любого направления;

5) разработан и производится российской компанией, которая является постоянным поставщиком двигателей для ООО «Технологии Радиосвязи».

#### *Литература*

1. Хрусталеv Е. П. Развитие системы информационного инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности малых коммерческих организаций сектора волоконно-оптической связи. Автореферат диссертации: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avtoref.mgou.ru/ar/ar26.pdf> (дата обращения: 26.06.2018).
2. Шаговый электродвигатель: [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Шаговый\\_электродвигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/Шаговый_электродвигатель). (дата обращения: 26.06.2018).
3. ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)/
4. Дисперсионный анализ: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title>. (дата обращения: 26.06.2018).
5. Однофакторный дисперсионный анализ: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://baguzin.ru/wp/odnofaktornyj-dispersionnyj-analiz> (дата обращения: 26.06.2018).