

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой:

Н.И.Войтович

« ____ » _____ 2018 года

Модернизация конструкции контрольно – выносного пункта ГРМ
изделия ПРМГ – 76 УМ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-11.03.03.2018.218 ПЗ ВКР

Консультанты:

И.А. Думчев

« ____ » _____ 2018 года

Руководитель работы:

А.В. Серба

« ____ » _____ 2018 года

Автор работы:

студент группы КЭ-480

С.В. Кузьмин

« ____ » _____ 2018 года

Нормоконтролер:

Ю.А. Ташкинов

« ____ » _____ 2018 года

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Кузьмин С.В. Модернизация конструкции контрольно – выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ – 76 УМ. – Челябинск: ЮУрГУ, КЭ, 2018, 72с., 32 ил., библиогр. список – 9 наим., 6 прил., 3 чертежа ф. А1, 3 плаката ф. А1

В данной выпускной квалификационной работе проведена модернизация конструкции контрольно–выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ–76УМ, изучена необходимая литература и нормативные документы, разработана трехмерная модель исходной конструкции антенно-мачтового устройства. Предложены решения по модернизации конструкции контрольно-выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ–76УМ, разработана соответствующая конструкторская документация.

Решены следующие проблемы:

- устранен недостаток провисания троса за счет изменения конструкции узла натяжителя троса лебедки;
- устранен недостаток выхода каретки с антенной из направляющих мачты под действием ветровых нагрузок за счет разработки дополнительной опоры – люнета;
- изменена конструкция натяжительных элементов в оттяжках мачты за счет переработки геометрических характеристик крючка, входящего в данную конструкцию, а также введением на данный крючок пружинной защелки – фиксатора.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Кузьмин С.В.</i>			<i>Модернизация конструкции контрольно – выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ – 76УМ.</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проб.</i>		<i>Серба А.В.</i>				<i>у</i>	<i>7</i>	<i>72</i>
<i>Н.Контр</i>		<i>Ташкинов Ю.А.</i>			<i>ЮУрГУ Кафедра КиПР</i>			
<i>Утв.</i>		<i>Войтович Н.И.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	10
ВВЕДЕНИЕ	11
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	14
1.1 Изучение нормативных документов и литературы. Краткий обзор	14
1.2 Ознакомление с принципом работы изделия ПРМГ – 76 УМ.....	15
1.3 Описание конструкции ГРМ и анализ условий эксплуатации	17
1.4 Принцип работы контрольно – выносного пункта глиссадного радиомаяка ...	19
1.5 Анализ принципов размещения КВП. Изучение мест эксплуатации. Изучение особенностей конструкции.....	19
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	28
2.1 Проектирование трехмерной модели исходной конструкции контрольно – выносного пункта глиссадного радиомаяка	30
2.2 Анализ действующей конструкции, выявление недостатков, поиск способов их устранения.....	33
2.3 Модернизация конструкции контрольно – выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ – 76УМ.....	35
2.3.1 Устранение недостатка провисания троса. Изменение конструкции узла натяжителя троса лебедки	35
2.3.1.1 Расчет шпильки на разрыв	41
2.3.1.2 Расчет витков резьбы шпильки на срез, смятие.....	42
2.3.2 Устранение недостатка выхода каретки с антенной из направляющих мачты под действием ветровых нагрузок.....	44

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

2.3.3 Изменение конструкции натяжительных элементов в оттяжках мачты	48
2.3.3.1 Расчет модернизированного крючка на растяжение, сжатие	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А. НАТЯЖИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ (ТАЛРЕП). СПЕЦИФИКАЦИЯ	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. УСТРОЙСТВО АНТЕННОЕ. СПЕЦИФИКАЦИЯ	59
ПРИЛОЖЕНИЕ В. КРЮЧОК. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. КРЮЧОК. СПЕЦИФИКАЦИЯ	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. РОЛИК. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. РОЛИК. СПЕЦИФИКАЦИЯ	70

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ГРМ – глиссальный радиомаяк

ПРМГ – посадочная радиомаячная группа

КВП – контрольно – выносной пункт

ВПП – взлетно–посадочная полоса

ВКР – выпускная квалификационная работа

САПР – система автоматизированного проектирования

КРМ – курсовой радиомаяк

РД – ретранслятор дальногомера

АМУ – антенно–мачтовое устройство

УКЗ – устройство контроля зоны

РСБН – радиотехническая система ближней навигации

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни радиоэлектронные и радиотехнические средства занимают важную позицию во многих отраслях науки и техники. Большое внимание уделяется перспективе развития радиотехнических устройств для Вооруженных Сил Российской Федерации, в особенности для Военно–Воздушных сил, а также для гражданской авиации.

Контроль выполнения полета современных самолетов должен сопровождаться применением комплексов высокотехнологичного радиотехнического оборудования. Наземные радиотехнические средства обеспечения полетов занимают ведущую роль в таких комплексах. Такие средства должны иметь высокую эффективность работы, а также повышенную готовность к действию. Это обеспечит безопасность выполнения полетов и посадки самолетов гражданской и военной авиации, повысит эффективность ведения боевых действий, а также увеличится качество учебно–боевой подготовки в мирное время [1].

Одним из передовых предприятий в Российской Федерации по серийному производству и разработке наземного радионавигационного и радиолокационного оборудования является АО «ЧРЗ «Полет». Предприятие производит следующую продукцию: системы радиолокации, системы радионавигации, системы мониторинга обстановки. Работы, связанные с разработкой, модернизацией и производством продукции выполняются в соответствии с внедренными стандартами ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД и т.д. При этом актуальной задачей можно считать модернизацию уже разработанной и выпускаемой продукции. Во время проведения модернизации необходимо учитывать современные требования к устройствам, а также принимать во внимание предыдущий опыт эксплуатации.

Существенную роль при заходе на посадку самолетов играют системы радионавигации. К таким системам относится наземное оборудование, напимер, системы инструментальной посадки самолетов дециметрового диапазона волн. Одно из изделий, производимых на АО «ЧРЗ «Полет» – посадочная радиомаячная

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

группа ПРМГ–76УМ. Данное оборудование обеспечивает заход на посадку на стационарные и полевые аэродромы в любое время суток при метеоминимумах I–II категории в режимах автоматического, полуавтоматического и ручного управления самолетов, оборудованных бортовой аппаратурой РСБН–2С или ее модифицированными вариантами. Метеоминимум – минимально возможные величины высоты нижней границы облаков и горизонтальной видимости, при которых можно осуществлять взлеты, посадки и полеты по заданному маршруту. Метеоминимум устанавливается отдельно для аэродромов и для типа самолета.

Метеоминимум I категории – это условия, когда посадка самолета возможна при дальности видимости не меньше 550 метров. Высота принятия решения должна быть более 60 метров.

Метеоминимум II категории – это когда посадка самолета возможна при дальности видимости не меньше 300 метров. Высота принятия решения – 30 метров и более. Параметры II категории обеспечиваются на аэродромах, имеющих благоприятный рельеф окружающей местности, а также при размещении антенных систем на специальный фундамент.

К одной из основных составных частей посадочной радиомаячной группы относится глиссальный радиомаяк (ГРМ). Данное устройство излучает в пространство радиосигналы, несущие необходимую информацию для управления воздушным судном в вертикальной плоскости относительно заданного угла наклона линии глиссады при выполнении посадки на взлетно–посадочную полосу (ВПП). В состав ГРМ входит несколько составляющих, одна из них – устройство антенное, иначе – контрольно–выносной пункт ГРМ. Настоящая конструкция КВП изделия ПРМГ–76УМ обеспечивает выполнение требуемых функций, однако существует ряд недостатков, выявленных в процессе эксплуатации, связанных с безопасностью, а также недостаточной функциональностью в определенных узлах конструкции.

В рамках данной выпускной квалификационной работы (ВКР) необходимо выполнить модернизацию конструкции контрольно–выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ–76УМ.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>

Для выполнения поставленной в рамках ВКР задачи необходимо: изучить принцип действия контрольно–выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ–76УМ; ознакомиться с информацией о недостатках конструкции данного оборудования, полученными в ходе эксплуатации; предложить и обосновать способ устранения недостатков; спроектировать в САПР трехмерную модель конструкции КВП с учетом устранения выявленных недостатков; разработать необходимый комплект конструкторской документации. Также необходимо: получить практические навыки принятия самостоятельных решений; приобрести знания, нужные при работе с САПР для автоматизации процесса проектирования и выполнения конструкторской работы по модернизации КВП изделия ПРМГ–76УМ. Модернизированное изделие должно соответствовать существующим техническим условиям, стандартам качества и правилам эксплуатации.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>13</i>

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

1.1 Изучение нормативных документов и литературы. Краткий обзор

В процессе выполнения данной ВКР в качестве источников информации были использованы: учебные пособия, учебники, нормативные документы АО «ЧРЗ «Полет», а также необходимые данные, найденные в открытом доступе. Был проведен библиографический анализ полученной информации.

Для выполнения поставленной задачи на основе литературных и прочих источников информации было проведено:

- знакомство с общими принципами работы радиотехнических устройств для Военно–Воздушных сил;
- изучение состава аналогичных радиотехнических средств обеспечения полетов;
- рассмотрение процесса эксплуатации посадочно–радиомаячных групп (процесс развертывания и подготовки к работе, а также возможные профилактические работы) [1],[2].
- анализ технического задания и изучение состава конструкции изделия ПРМГ–76УМ.

Особое внимание было уделено следующим вопросам: знакомству с назначением и составом ГРМ, основным техническим характеристикам, устройству и принципу работы КВП, описанию его конструкции, указанию мер безопасности при эксплуатации, вариантам установки и транспортировки.

В целях оформления данной работы были использованы следующие нормативные документы:

- система стандартов СТО ЮУрГУ 04–2008;
- различные отечественные ГОСТы.

Текст работы оформлен в соответствии со стандартом [3].

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

1.2 Ознакомление с принципом работы изделия ПРМГ – 76 УМ

Наземное оборудование комплекса непрерывно задает в зоне посадки плоскость курса и плоскость планирования. Пересечение данных плоскостей формирует линию планирования, называемую глиссадой (рисунок 1), а также несет информацию о текущей дальности до начала ВПП [4].

Рисунок 1 – Формирование линии глиссады

Курсовой радиомаяк (КРМ) устанавливается на продолжении оси ВПП и задает плоскость курса.

Глиссадный радиомаяк (ГРМ) устанавливается в стороне от ВПП, на траверсе с расчетной точкой приземления и задает плоскость планирования.

За информацию о текущей дальности отвечает ретранслятор дальномера (РД), расположенный вместе с КРМ.

Принцип работы радиомаяков основан на создании равносигнальных зон.

КРМ создает в пространстве поочередно две пересекающиеся в горизонтальной плоскости диаграммы направленности высокочастотного (ВЧ)

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

излучения, находящиеся в разных сторонах от заданной плоскости наведения. Во время изменения направления излучения происходит изменение частоты модуляции (1300 или 2100 Гц).

ГРМ создает в пространстве поочередно две пересекающиеся в вертикальной плоскости диаграммы направленности высокочастотного (ВЧ) излучения, находящиеся в разных сторонах от заданной плоскости наведения. Частота модуляции изменяется при смене направления (1300 или 2100 Гц). Диаграммы направленности в вертикальной плоскости формируются с учетом подстилающей поверхности земли.

Аппаратура, установленная в самолете, должна выполнять анализ сигналов, информация о которых поступает на бортовой приемник. Сигналы зависят от местонахождения самолета, а также от моделируемой частоты.

Сравнить сигнал можно по формуле нахождения коэффициента разнослышимости. Значение данного коэффициента отражает степень отклонения самолета от заданной траектории наведения. Разница частот модуляции выявляет сторону отклонения.

$$KPC = \frac{U_{1300} - U_{2100}}{U_{1300} + U_{2100}} \times 100\%, \quad (1)$$

где КРС – коэффициент разнослышимости;

U_{1300} – величина сигнала, модулированного частотой 1300 Гц;

U_{2100} – величина сигнала, модулированного частотой 2100 Гц.

После обработки сигналов на КРМ и ГРМ, происходит передача на индикаторное устройство. Данное устройство представлено в виде прибора с двумя стрелками, горизонтальная стрелка показывает положение самолета относительно плоскости планирования, вертикальная – относительно плоскости курса. Измеряя время прохождения радиоимпульсов от самолета до РД и обратно, можно определить дальность в данный момент.

1.3 Описание конструкции ГРМ и анализ условий эксплуатации

Глиссадный радиомаяк – радиомаяк, основное предназначение которого – указание самолету, оборудованному радиоприемным устройством системы РСБН-2С или ее модификациями, линии глиссады планирования в сложных метеорологических условиях днем и ночью. Вспомогательные устройства радиомаяка и его основная аппаратура размещаются в кузове (аппаратной), который установлен стационарно на месте эксплуатации. На поверхности грунта за пределами кузова установлены антенные устройства.

В состав основной аппаратуры ГРМ входят:

- антенно–мачтовое устройство (предназначено для формирования в пространстве зоны глиссады, которая определяет направление посадки воздушного судна в вертикальной плоскости);
- устройство антенное контрольно–выносной пункт глиссадного радиомаяка (КВП) (обеспечивает выносной контроль положения линии глиссады);
- цифровой синтезатор частоты (вырабатывает высокочастотный сигнал заданной частоты и сигнал коммутации данных);
- усилитель мощности (усиливает сигнал, поступающий с цифрового синтезатора частоты до нужной величины);
- устройство контроля зоны (УКЗ) (предназначено для детектирования и усиления высокочастотных сигналов глиссадного и курсового радиомаяков, поступающих на вход УКЗ с контрольной антенны);
- источник питания (обеспечивает питание стабилизированным напряжением);
- измеритель коэффициента разнотышимости (измерение коэффициента разнотышимости сигнала посадки, а также выдача сигнала аварии устройства включения автоматического резервирования в случае отклонения измеряемой величины за установленный допуск);

- преселектор (предназначен для передачи сигнала с контрольной антенны на устройство контроля зоны);
- устройство включения и автоматического резервирования (осуществляет включение, переключение и отключение комплектов в режиме местного управления органами, расположенными на панели индикации и управления ГРМ),
- приемопередатчик (необходим для работы с сигналами);
- устройство защиты (входит в аппаратуру энергоснабжения и обеспечивает бесперебойную работу);
- распределительный щит (распределение электроэнергии по потребителям, для размещения элементов коммутации, автоматики и защиты);
- панель управления и индикации ГРМ (предназначена для выбора режимов работы ГРМ, отображения текущего состояния ГРМ при помощи светодиодных индикаторов, управления индикаторами отображения информации об основных и вспомогательных параметрах аппаратуры ГРМ, управления маяком в режиме местного управления);
- электростанция (обеспечивает работу маяка от внешней сети 220В частотой 50Гц и от аккумуляторов напряжением 24 В).

Радиомаяк может работать при следующих погодных условиях:

- температура окружающего воздуха: для устройств, размещенных вне аппаратной – от минус 50 до плюс 50 градусов по Цельсию; для устройств, находящихся внутри аппаратной – от минус 40 до плюс 50 градусов по Цельсию;
- относительная влажность воздуха до 95%, при температуре не выше плюс 35 градусов по Цельсию;
- ветровые нагрузки при скорости ветра не более 50 м/с;
- воздействие атмосферных осадков и солнечной радиации.

1.4 Принцип работы КВП

Выносной контроль положения линии глиссады проводится при помощи контрольно–выносного пункта. Составные части аппаратуры КВП:

- два преселектора;
- два устройства контроля зоны (УКЗ);
- две приемные антенны, расположенные на линии глиссады.

Принятые антеннами сигналы посадки поступают на преселекторы и УКЗ первого и второго комплекта аппаратуры.

К конструкции предъявляется следующее требование стойкости к внешним воздействиям: устройство должно иметь исполнение УХЛ, категорию размещения 1 по ГОСТ 15150 – 69 [5]. УХЛ – умеренный и холодный климат. Это обусловлено тем, что эксплуатация данного устройства осуществляется на территории России. Характеристика 1 категории размещения: для эксплуатации на открытом воздухе (влияние совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района).

1.5 Анализ принципов размещения КВП. Изучение мест эксплуатации. Изучение особенности конструкции

При размещении антенных устройств необходимо учитывать следующие требования к местности:

- на расстоянии до 250 метров рельеф местности должен быть плоским и свободным от любых сооружений;
- на местности в зоне подхода не должно быть шоссейных и железных дорог, линий электропередач, а также леса, кустарника и оврагов;
- неровности вблизи установки не должны превышать 20 см.

При размещении антенн КВП пользуются следующими зависимостями от угла глиссады θ , приведенными в таблице 1.

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

Таблица 1 – Размещение антенн КВП с учетом угла глissады θ

Угол глissады $\theta, ^\circ$	Высота подвеса верхней антенны $H_{BA}, \text{см}$	Продольный разнос, $d_1,$ см	Поперечный разнос, $d_2,$ см	Угол выноса КВП, $\alpha, ^\circ$
1,5	602	30	10	30
1,6	564	30	10	30
1,7	531	30	10	30
1,8	502	30	8,4	30
1,9	475	30	6,7	30
2,0	452	30	9,2	25
2,1	430	30	7,6	25
2,2	410	30	6,3	25
2,3	392	30	5,2	25
2,4	376	30	8,2	25
2,5	361	30	7,2	20
2,6	347	30	6,2	20
2,7	334	30	5,4	20
2,8	322	30	4,7	20
2,9	311	30	4	20
3,0	301	30	3,4	20
3,1	291	30	2,9	20
3,2	282	30	2,3	20
3,3	274	16	4,4	20
3,4	266	16	4,0	20
3,5	258	16	3,5	20

Продолжение таблицы 1

Угол глиссады $\theta, ^\circ$	Высота подвеса верхней антенны $H_{ВА}, \text{см}$	Продольный разнос, $d_1,$ см	Поперечный разнос, $d_2,$ см	Угол выноса КВП, $\alpha, ^\circ$
3,6	251	16	3,2	20
3,7	244	16	2,9	20
3,8	238	16	2,6	20
3,9	231	16	2,3	20
4,0	226	16	2	20
4,1	220	16	1,8	20
4,2	215	16	1,6	20
4,3	210	16	1,4	20
4,4	205	16	1,2	20
4,5	201	16	1,1	20

КВП должен быть размещен на расстоянии 114,6 метров от антенного устройства ГРМ (рисунок 2).

Рисунок 2 – Расположение оборудования ГРМ на территории летного поля

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

Цифрами на рисунке 2 обозначены:

- 1 – аппаратная ГРМ;
- 2 – антенно–мачтовое устройство ГРМ;
- 3 – устройство антенное КВП.

Перед началом разворачивания устройства все детали и узлы должны быть сложены на специально подготовленной площадке на месте установки данного устройства. Разворачивание устройства антенного КВП производится бригадой из 3 человек. Бригада должна осуществлять контроль подъема мачты, проверять натяжение оттяжек.

В ходе разворачивания устройства на местности при подъеме используют натяжительные элементы – талрепы (рисунок 3). После изучения исходной конструкторской документации сделан вывод, что в конструкцию талрепа входит крючок, настоящая конструкция которого не обеспечивает безопасности как работающей бригады, так и самого изделия. В процессе подъема крючок талрепа может выскочить из специально отведенной серьги, из-за чего произойдет обрушение конструкции, что может повлечь травмы людей, находящихся рядом с устройством, а также повреждение самого устройства. Таким образом, натяжительный элемент при выполнении своей функции не является безопасным.

Рисунок 3 – Схема подъема (опускания) антенного устройства КВП

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

Цифрами на рисунке 3 обозначены:

- 1 – ствол мачты с направляющими;
- 2 – стрела;
- 3 – лебедка;
- 4 – блок монтажный № 1;
- 5, 6, 7 – оттяжки;
- 8 – блок монтажный № 2;
- 9 – растяжка.

Возможны следующие варианты крепления КВП:

– установка антенного устройства на грунт при помощи забетонированных болтов (позиция 19 на рисунке 4) на размеченной площадке и петель (позиция 14 на рисунке 4) с цепочками и кольцами;

– установка антенного устройства на грунт при помощи кольев, которые вбиваются в грунт на расстоянии, заданном специальной разметкой.

Также при размещении устройства необходимо предусмотреть установку молниеотводов, так как КВП может быть поражен молнией в ходе эксплуатации. Молниеотводы должны быть установлены в соответствии с действующими нормативными документами. Высота молниеотвода должна быть выше мачты КВП на 4 м. При установке молниеотвода необходимо принять во внимание аэродромные требования в части ограничения высот и летных препятствий.

Рисунок 4 – Схема установленного антенного устройства КВП при помощи болтов и петель

Цифрами на рисунке 4 обозначены:

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| – 1 – антенны (вибраторные); | – 9 – опора; |
| – 2 – каретка; | – 10 – мачта с направляющими; |
| – 3 – световое ограждение; | – 11 – кольцо; |
| – 4 – кожух (преселектор); | – 12 – стрела подъема; |
| – 5 – УКЗ; | – 13 – стакан; |
| – 6 – лебедка; | – 14 – петля; |
| – 7 – лебедка; | – 15 – блок монтажный № 2; |
| – 8 – шарнир; | – 16 – оттяжка с талрепом № 5; |

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		24

- 17 – оттяжка с талрепом № 4;
- 23 – ролик верхний;
- 18 – оттяжка с талрепом № 2;
- 24 – швеллер;
- 19 – болт;
- 25 – кронштейн;
- 20 – стакан;
- 26 – планка;
- 21 – кронштейн;
- 27 – блок монтажный № 1;
- 22 – ролик нижний двойной;
- 28 – растяжка.

Транспортировка части комплектующих (мачты с направляющими) устройства антенного КВП осуществляется на поверхности корпуса аппаратной (рисунок 5).

Рисунок 5 – Расположение мачты с направляющими на поверхности корпуса аппаратной

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		25

Рисунок 6 – Внешний вид устройства антенного КВП, установленного на аэродроме

Проанализировав условия эксплуатации и места размещения (открытая местность) устройства антенного ВКП (рисунок 6), а также изучив выданную документацию и отзывы об эксплуатации, были детально рассмотрены и уточнены недостатки, связанные со следующими конструктивными элементами: кареткой (поз. 2 рисунок 4) и нижним двойным роликом (поз. 22 рисунок 4). Данные узлы полностью функционируют в эксплуатационном состоянии, однако есть большая вероятность появления нежелательных проблем. Одна из существующих проблем – воздействие сильных ветровых нагрузок на ствол мачты антенного устройства, что может повлечь за собой выход каретки из

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		26

направляющих, расположенных вдоль ствола мачты и предназначенных для перемещения каретки. На направляющих каретка фиксируется при помощи четырех роликов, заложенных в конструкцию каретки, два из которых расположены на торсионных пружинах. Каретка в установленном состоянии соединяется со швеллером (поз. 24 рисунок 4) при помощи крепежных соединений. Швеллер предназначен для размещения на его поверхности основного оборудования. К такому оборудованию относятся: глissадные антенны (поз. 1 рисунок 4), кожух (преселектор) (поз. 4 рисунок 4), устройство контроля зоны (поз.5 рисунок 4). При помощи троса лебедки возможно перемещение каретки. Трос крепится за крючки, предусмотренные конструкцией каретки. Если под влиянием ветровых нагрузок произойдет выход механизма каретки из направляющих, расположенных на мачте, то данный конструктивный элемент может перестать выполнять свои функции, а также конструкция может рухнуть, что приведет к поломке.

На стволе мачты установлены ролики при помощи кронштейнов (поз.22, поз. 23 на рисунке 4). Через настоящий механизм роликов проходит трос лебедки (поз.6 рисунок 4). Так как трос обеспечивает движение каретки, он должен быть под натяжением. Данный трос в ходе длительного времени эксплуатации может провиснуть под действием собственного веса или под действием внешних сил. В любом случае, следует избегать провисания троса, так как из-за этого может нарушиться работа устройства.

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

По заданию на выпускную квалификационную работу необходимо выполнить модернизацию конструкции контрольно–выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ–76УМ. Для выполнения поставленной задачи была изучена исходная конструкция данного устройства, детально разобрана соответствующая документация, выданная вместе с заданием. Особое внимание при изучении было уделено условиям эксплуатации и принципам размещения антенного устройства, поскольку именно с этими положениями связаны выявленные недостатки настоящей конструкции.

В ходе работы необходимо будет модернизировать отдельные узлы конструкции (конструкцию нижнего двойного ролика; конструктивный узел каретки; конструкцию крючка, входящего в состав натяжительного элемента (талрепа)). При этом во время усовершенствования данных конструктивных элементов необходимо опираться на следующее ограничение, введенное в процессе работы: переработка конструкции данных узлов не должна внести таких изменений в общую конструкцию контрольно–выносного пункта, которые приведут к повышению экономических затрат на производство.

Также в ходе переработки выбранных узлов, по мере возможности, должна обеспечиваться унификация изделий.

В соответствии с ГОСТ 23945.0-80 «Унификация изделий – приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей» [6]. Принцип унификации конструкций заключается в следующем: на всех этапах проектно–конструкторской деятельности вводится ограничение огромного многообразия возможных уникальных решений по общим признакам и свойствам. Такой принцип позволит привести изделия к единой системе типовых конструкций. В частности, процесс унификации основывается на использовании в новой конструкции ранее созданных деталей.

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

В ходе унификации преследуются следующие цели:

- повышение качества изделия;
- взаимозаменяемость как составных частей изделия, так и самих изделий

в целом;

- значительное сокращение сроков проектирования;
- возможность сделать производство экономически выгодным;
- рациональное ограничение требуемых объемов выпуска конкретных изделий.

Таким образом, при модернизации конструкции контрольно-выносного пункта особое внимание уделялось оборудованию, существующему на предприятии, и готовым вариантам конструкторских решений. Выбор готовых деталей осуществлялся на основе тех, что применяются в серийном производстве данного предприятия. При этом в конструкцию контрольно-выносного пункта были внедрены современные детали и конструкторские решения.

Для выполнения работы была детально изучена современная САД-система Autodesk Inventor [7]. Autodesk Inventor является системой автоматизированного проектирования (САПР). Данный продукт позволяет осуществлять трехмерное твердотельное, а также параметрическое проектирование.

Инструменты данной программы предоставляют значительную помощь при проектировании в процессе всего цикла создания необходимого проекта, а также при оформлении конструкторской документации.

Основные функции и возможности данной САПР, используемые во время выполнения работы:

- двухмерное и трехмерное моделирование;
- параметрическое проектирование;
- разработка изделий из листовых материалов;
- визуализация изделий;
- создание сборок;
- получение конструкторской документации (с возможным оформлением по всем правилам единой системы конструкторской документации (ЕСКД)).

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

В ходе работы с Autodesk Inventor выявлены достоинства и недостатки данной САД системы.

К достоинствам можно отнести: большой функционал, позволяющий решать большое количество поставленных задач; интуитивно понятный интерфейс, что позволяет без особых затруднений работать; мощное ядро трехмерного моделирования, обеспечивающее в итоге высокое качество модели.

Из весомых недостатков можно выделить: повышенные системные требования программы; данная САПР не поддерживает многоядерность, которую может предоставить процессор для повышения эффективности работы, что связано с тем, что при построении твердотельных моделей не представляется возможным разделить поставленную задачу на «блоки».

В данном программном продукте в процессе трехмерного проектирования можно выбрать разные стили отображения объектов. Представленные рисунки из данной САПР выполнены в каркасном стиле отображения. Такой стиль дает наиболее информативное представление проектируемого объекта в объеме.

2.1 Проектирование трехмерной модели исходного контрольно–выносного пункта глассадного радиомаяка

По выданному комплекту конструкторской документации была спроектирована трехмерная модель данного антенного устройства в САПР Autodesk Inventor (Рисунок 7).

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

Рисунок 7 – Внешний вид устройства антенного КВП, спроектированного в САПР Autodesk Inventor

В ходе проектирования трехмерной модели проведена оценка масштаба выявленных проблем. Проанализирована сложность настоящей конструкции. После окончания проектирования сконцентрировано внимание на проблемных местах, отмечены особенности расположения данных конструктивных узлов на общей конструкции. К таким местам относятся: нижний двойной ролик (рисунок 8); конструктивный узел, в состав которого входит каретка (рисунок 9). Также уделено внимание ушкам, находящимся в конструкции кольца, установленного на ствол мачты при помощи крепежных соединений (рисунок 10), поскольку именно данный элемент принимает участие при подъеме мачты.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		31

Рисунок 8 – Внешний вид нижнего ролика, установленного на стволе устройства антенного, спроектированного в САПР Autodesk Inventor

Рисунок 9 – Внешний вид узла каретки, установленного на мачте с направляющими, спроектированной в САПР Autodesk Inventor

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		32

Рисунок 10 – Внешний вид кольца с ушками, установленного на стволе устройства антенного, спроектированного в САПР Autodesk Inventor

2.2 Анализ действующей конструкции, выявление недостатков, поиск способов их устранения

В ходе эксплуатации данного устройства, а также после детального изучения конструкции были выявлены следующие существенные недостатки отдельных узлов конструкции.

Во-первых, в ходе использования было замечено провисание троса лебедки и отсутствие механизма его натяжения.

Во-вторых, при воздействии значительных ветровых нагрузок возможен выход каретки с антенной из направляющих мачты. Конструкция узла каретки представляет собой каретку и швеллер, соединенные между собой и установленные в направляющие на мачте. При воздействии ветровых нагрузок швеллер совершает колебательные движения (швеллер отклоняется от своего исходного положения и становится не параллельным направляющим) (рисунок 11), так как в конструкции каретки два ролика находятся на пружинном основании.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>33</i>

Рисунок 11 – Внешний вид узла каретки после воздействия ветровой нагрузки

В-третьих, во время размещения данного устройства необходимо выполнить подъем ствола мачты с направляющими. Данная операция осуществляется при помощи натяжительных элементов (талрепов) в оттяжках мачты. В данном натяжительном элементе есть крючок, настоящая конструкция которого не имеет надежной фиксации с соединяемой серьгой, установленной на стволе мачты с направляющими (рисунок 12).

Рисунок 12 – Внешний вид закрепленного крючка талрепа в кольце, установленном на стволе мачты (в исходной конструкции)

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		34

Проанализировав данные проблемы, были предложены следующие решения по модернизации конструкции КВП:

– в силу существующих провисаний троса под действием собственного веса, а также под действием внешних сил, необходимо расширить функционал нижнего двойного ролика, чтобы обеспечить в случае необходимости должное натяжение троса;

– из-за возможности выхода механизма каретки из направляющих, расположенных на мачте, под действием сильных ветровых нагрузок нужно усилить конструкцию дополнительной опорой, которая обеспечит необходимое сопротивление приложенным силам;

– по причине вероятного выскакивания крючка натяжительного элемента из ушка, находящегося на кольце, установленном на стволе контрольно-выносного пункта, необходимо предусмотреть механизм фиксации, который даст возможность надежно закрепить крючок.

2.3 Модернизация конструкции контрольно-выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ-76УМ

2.3.1 Устранение недостатка провисания троса. Изменение конструкции узла натяжителя троса лебедки

Из-за отсутствия механизма натяжения троса лебедки было решено усовершенствовать конструкцию нижнего ролика, установленного на стволе мачты, путем создания дополнительного кронштейна в данной конструкции, в котором установлен механизм натяжения, решающий проблему провисания троса.

Исходная конструкция роликов (рисунок 13, 14), установленных на стволе мачты антенного устройства, никак не предусматривает механизм натяжения троса, который может провисать в процессе эксплуатации.

Рисунок 13 – Внешний вид исходной конструкции ролика

Рисунок 14 – Внешний вид исходной конструкции ролика,
спроектированного в САПР Autodesk Inventor

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		36

В ходе модернизации в качестве исходных данных использовалась информация, предоставленная специалистами АО «ЧРЗ «Полет»: усилие натяжения троса, а также факты о его провисании в процессе эксплуатации. Были рассмотрены варианты решения данной проблемы, например:

- в качестве механизма натяжения использовать резьбовое соединение, подтяжка в котором осуществляется гайкой;
- механизм натяжения, в котором предусмотрено использование пружинного блока.

В итоге для усовершенствования пришлось отказаться от второго варианта, поскольку он экономически более затратный, а также имеет достаточно сложную конструкцию.

Достоинства варианта с использованием резьбового соединения и гайки для подтяжки:

- простота конструкции;
- высокая надежность;
- низкая стоимость;
- небольшое время монтажа.

Усовершенствование проводилось с учетом следующего ограничения: основная конструкция контрольно–выносного пункта не должна измениться, т.е. расстояние от основания, на котором будет устанавливаться вновь разработанная конструкция ролика, должно остаться прежним.

С целью изменения конструкции узла натяжителя троса лебедки был разработан кронштейн, получившийся за счет замены исходной скобы на новую, в которой предусмотрено отверстие для реализации механизма натяжения (рисунок 15). Для обеспечения соединения деталей в конструкции кронштейна будет использоваться сварка, которая имеет ряд достоинств:

- высокая надежность;
- возможность соединения деталей различных форм;
- герметичность соединения;
- простота конструкции;

- небольшие экономические затраты;
- малая трудоемкость.

Отверстие в разработанной скобе сделано с лысками. Такая форма не позволит вращаться специально разработанной шпильке, на которой присутствует нецилиндрическая часть.

Изготовлена деталь скобы будет из стального листового проката при помощи гибки. Применение гибки также не является экономически затратным, поэтому было принято решение остановиться на этом способе.

В итоге конструкция кронштейна предложена гибочно–сварочной, основное достоинство которой – достаточно дешевый способ изготовления.

Рисунок 15 – Внешний вид переработанного кронштейна,
спроектированного в САПР Autodesk Inventor

Устройство натяжения будет реализовано при помощи специально разработанной шпильки (рисунок 16). Данная шпилька имеет специальную нецилиндрическую часть с одной стороны, что предотвратит ее вращение в момент нахождения нецилиндрической части шпильки в отверстии кронштейна.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		38

Исходя из исходных данных, усилие натяжения должно быть небольшое, вследствие этого будет использоваться винтовое соединение резьбой М10, поскольку данное соединение сможет обеспечить необходимое натяжение. Длина нецилиндрической части шпильки подобрана таким образом, чтобы возможно было компенсировать провисание троса.

Рисунок 16 – Внешний вид шпильки, разработанной в САПР Autodesk Inventor

К торцевой части шпильки будет приварена вновь разработанная скоба (рисунок 17), в которую устанавливаются ролики. В исходной конструкции была предусмотрена установка специальных щек на скобу, соединенных между собой колонками. Функциональное назначение колонок – препятствование выпадению троса. В усовершенствованной конструкции щеки отсутствуют, колонки будут располагаться непосредственно на самой скобе. Конструкции колонок и роликов, закрепляемых на данной скобе, останутся без изменений, за исключением длины колонок. Длина будет переработана под расстояние между стенками скобы. Для установки колонок в данной детали предусмотрены десять отверстий, установка будет осуществляться (как и в исходном варианте) при помощи крепежных соединений.

Изготовить деталь скобы предложено из стального листового проката при помощи гибки. Форма скобы подобрана таким образом, чтобы не возникало проблем при установке остальных составных частей, а также для сохранения функциональных возможностей данного конструктивного узла.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		39

Рисунок 17 – Внешний вид скобы, разработанной в САПР Autodesk Inventor

Для ограничения хода движения шпильки в нее предложено устанавливать шплинт, препятствующий выпадению шпильки из отверстия кронштейна. На кронштейн с обратной стороны приваривать втулку для облегчения доступа к гайке и ограничению ее хода, а также для корректировки хода движения шпильки.

Обеспечение функционирования механизма натяжения возможно за счет гайки. Принцип работы заключается в следующем: завинчивая гайку по часовой стрелке, скоба с роликами, приваренными к шпильке, будут смещаться в сторону кронштейна. Это обеспечит должное натяжение троса. В случае, если требуется ослабить трос, необходимо открутить гайку, вращая против часовой стрелки и приложить усилие для проталкивания шпильки в обратном направлении (рисунок 18).

Важно отметить, что в процессе модернизации пришлось выполнить поворот роликов со скобой на 90 градусов. Это сделано с целью оставить ролики на той же оси, чтобы не пришлось менять конструкцию прокладывания троса.

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

Рисунок 18 – Внешний вид модернизированной конструкции ролика, спроектированного в САПР Autodesk Inventor

2.3.1.1 Расчет шпильки на разрыв

Основная цель данного расчета – определение коэффициента запаса прочности при заданном разрывном усилии [8].

В соответствие с данными, имеющимися в конструкторской документации, расчетное разрывное усилие материала троса (ГОСТ 2172 – 71):

$$F_p = 15950 \text{ Н.}$$

Для нахождения коэффициента запаса прочности необходимо найти эквивалентное напряжение в стержне шпильки [9]:

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{4 \times 1,3 \times F_p}{\pi \times d_1^2}, \quad (2)$$

где F_p – разрывное усилие материала;

$d_1 = 8,376$ – внутренний диаметр резьбы.

Данные берутся из нормативной документации в предположении, что на шпильке использована резьба М10.

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{4 \times 1,3 \times 15950}{3,14 \times (8,376 \times 10^{-3})^2} = 376 \text{ МПа.}$$

Шпилька выполнена из следующего материала: сталь 35ХГСА, имеет класс прочности 12,9.

Для данного материала и класса прочности допускаемое напряжение в стержне шпильки будет равно:

$$[\sigma_p] = 1200 \text{ МПа.}$$

Условие прочности шпильки соблюдено:

$$\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma_p],$$
$$376 \text{ МПа} \leq 1200 \text{ МПа.}$$

Теперь найдем коэффициент запаса прочности по следующей формуле:

$$K_{\text{зан}} = \frac{[\sigma_p]}{\sigma_{\text{экв}}} = \frac{1200}{376} = 3,19 \quad (3)$$

Коэффициент запаса получился 3,19, что означает – имеется большой запас, этого достаточно, поскольку закручивание гайки не будет осуществляться до разрыва троса.

2.3.1.2 Расчет витков резьбы шпильки на смятие и срез

Условие прочности витков на смятие выглядит следующим образом:

$$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – расчетное напряжение смятия;

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допускаемое напряжение смятия.

Найдем расчетное напряжение смятия по следующей формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \times F_p \times P}{\pi \times (d^2 - d_1^2) \times k_m \times H}, \quad (4)$$

где F_p – разрывное усилие материала;

$P = 1$ – шаг резьбы;

$d = 10$ – диаметр резьбы;

$d_1 = 8,376$ – внутренний диаметр резьбы;

$k_m = 0,75$ – коэффициент, учитывающий распределения нагрузки по виткам резьбы;

$H = 8$ – высота гайки.

В конструкции используется гайка М10 ГОСТ 5927–70.

$$\sigma_{см} = \frac{4 \times 15950 \times 1,5 \times 10^{-3}}{3,14 \times ((10 \times 10^{-3})^2 - (8,376 \times 10^{-3})^2) \times 0,75 \times 8 \times 10^{-3}} = 169 \text{ МПа}$$

Шпилька выполнена из следующего материала: сталь 35ХГСА, имеет класс прочности 12,9.

Для данного материала и класса допускаемое напряжение смятия будет равно:

$$[\sigma_{см}] = 864 \text{ МПа.}$$

Условие прочности витков на смятие соблюдается:

$$\begin{aligned} \sigma_{см} &\leq [\sigma_{см}], \\ 169 \text{ МПа} &\leq 864 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Теперь найдем коэффициент запаса прочности по следующей формуле:

$$K_{зан} = \frac{[\sigma_{см}]}{\sigma_{см}} = \frac{864}{169} = 5,11. \quad (5)$$

Полученный коэффициент запаса полностью удовлетворяет.

Теперь найдем условие прочности витков на срез. Условие прочности витков на срез выглядит следующим образом:

$$\tau_{ср} \leq [\tau_{ср}],$$

где $\tau_{ср}$ – расчетное напряжение среза;

$[\tau_{ср}]$ – допускаемое напряжение среза.

Найдем расчетное напряжение среза по следующей формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{F_p}{\pi \times d_1 \times \xi \times k_m \times H}, \quad (6)$$

где F_p – разрывное усилие материала;

$d_1 = 8,376$ – внутренний диаметр резьбы;

$\xi = 0,87$ – коэффициент полноты резьбы;

$k_m = 0,75$ – коэффициент, учитывающий распределения нагрузки по виткам резьбы;

$H = 8$ – высота гайки.

В конструкции используется гайка М10 ГОСТ 5927–70.

$$\tau_{cp} = \frac{15950}{3,14 \times 8,376 \times 10^{-3} \times 0,87 \times 0,75 \times 8 \times 10^{-3}} = 116 \text{ МПа}$$

Шпилька выполнена из следующего материала: сталь 35ХГСА, имеет класс прочности 12,9.

Для данного материала и класса допускаемое напряжение среза будет равно:

$$[\tau_{cp}] = 432 \text{ МПа.}$$

Условие прочности витков на срез соблюдается:

$$\tau_{cp} \leq [\tau_{cp}],$$

$$116 \text{ МПа} \leq 432 \text{ МПа.}$$

Теперь найдем коэффициент запаса прочности по следующей формуле:

$$K_{зан} = \frac{[\tau_{cp}]}{\tau_{cp}} = \frac{432}{116} = 3,72. \quad (7)$$

В ходе расчета найденные коэффициенты запаса прочности получились более единицы, что отвечает заданным требованиям. Следовательно, шпильку резьбой М10 допускается использовать.

2.2.2 Устранение недостатка выхода каретки с антенной из направляющих мачты под действием ветровых нагрузок

Исходная конструкция узла каретки не предусматривает никаких дополнительных опор, которые бы препятствовали выходу каретки из направляющих мачты при действии ветровых нагрузок. Конструкция каретки закреплена на упругом основании (пара роликов находится под действием торсионных пружин, установленных в рычаги) (рисунок 19). На каретку устанавливается швеллер, предназначенный для расположения на своей поверхности важного оборудования (преселектор, УКЗ, антенны глассадные).

Рисунок 19 – Внешний вид конструкции каретки, спроектированной в САПР Autodesk Inventor

Так как конструкция каретки закреплена на упругом основании, в результате воздействия ветра швеллер совершает колебательные движения, что может привести к выходу каретки из направляющих и последующему выходу оборудования из строя.

Для препятствия выхода каретки из направляющих мачты предложено использовать дополнительное укрепление, реализованное в виде создания

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		45

специальной опоры (люнет), установка которой будет производиться на исходный узел конструкции (рисунки 20, 21).

Рисунок 20 – Внешний вид исходной конструкции узла каретки

Рисунок 21 – Внешний вид исходной конструкции каретки,
спроектированной в САПР Autodesk Inventor

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		46

Конструкция люнета максимально унифицирована (рисунок 22). В основе конструкции люнета будет использована пара роликов, заимствованных из существующей конструкции каретки, торсионная пружина, крепежные элементы. Дизайн стенок для данного решения взят на основе используемого варианта стенок в каретке с учетом доработки под новые габариты.

Рисунок 22 – Внешний вид разработанного люнета, спроектированного в САПР Autodesk Inventor

Одна из планок с крючком, расположенных на конструкции каретки, была перемещена на вновь разработанный люнет. Цель данного переноса – вновь разработанный люнет лежит на пути пролегания троса и выступает в качестве препятствия.

Установка люнета осуществляется аналогично каретке: крепится на швеллер при помощи болтов в верхней его части (рисунок 23).

Важно, что предложенное решение требует проведения натурных испытаний для подтверждения своих функциональных возможностей. В случае неудовлетворительного результата (конструкция не будет обладать достаточной жесткостью) возможен вариант установки второго люнета с другой стороны швеллера.

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

Рисунок 23 – Внешний вид модернизированной конструкции каретки, спроектированной в САПР Autodesk Inventor

В качестве возможных вариантов модернизации рассматривался случай использования цилиндрических пружин, работающих на сжатие. От такого варианта пришлось отказаться по причине малых доступных расстояний, поэтому в основе были использованы торсионные пружины, заимствованные из каретки.

2.2.3 Изменение конструкции натяжительных элементов в оттяжках мачты

Крючок натяжительного элемента предложено заменить на усовершенствованную версию, в которой изменена конструкция крючка, а также предусмотрен механизм фиксации, реализованный посредством установки на крючок дополнительных деталей.

Исходная конструкция крючка не обеспечивает безопасность работы. В нем не предусмотрен механизм фиксации, из-за чего изделие может выпасть и нанести вред расположенному на нем оборудованию, а также человеку (рисунки 24, 25).

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		48

Рисунок 24 – Внешний вид исходной конструкции натяжительного элемента (талрепа)

Рисунок 25 – Внешний вид исходной конструкции натяжительного элемента (талрепа), спроектированного в САПР Autodesk Inventor

В качестве решения данной проблемы было предложено применить дополнительную пружинную защелку–фиксатор, используемую в другой детали, находящейся в серийном производстве. В состав защелки–фиксатора входит пружина и собачка. Исходную геометрию крючка при этом необходимо переработать таким образом, чтобы было возможно установить предложенную защелку (рисунки 26, 27).

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		49

Основное требование, на которое акцентировалось внимание в процессе разработки новой геометрии крючка – зев крючка должен обеспечивать зацеп ушка, расположенного на кольце, установленном на мачте с направляющими.

Также во внимание приняты и учтены (опираясь на выданный комплект конструкторской документации) функциональные возможности устанавливаемой защелки–фиксатора: собачка не должна мешать прохождению ушка в зев крючка, а также должна обратно защелкиваться.

С учетом заимствования имеющихся деталей толщина крючка уменьшилась на 2 миллиметра, тем не менее запас прочности данной конструкции достаточен для того, чтобы не произошло разрушения крючка.

Материал крючка был выбран, опираясь на силовую схему. Он подвергается закалке.

Крючок фиксируется на винте при помощи сварки.

Рисунок 26 – Внешний вид модернизированной конструкции крючка, спроектированной в САПР Autodesk Inventor

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>50</i>

Рисунок 27 – Внешний вид модернизированной конструкции натяжительного элемента (талрепа), спроектированного в САПР Autodesk Inventor

2.2.3.1 Расчет модернизированного крючка на растяжение, сжатие

Основная цель данного расчета – определение коэффициента запаса прочности при заданном разрывном усилии.

В качестве исходных данных для данного расчета будут выступать:

- материал крючка – сталь СТЗ
- максимальная рабочая нагрузка (информация взята из исходной конструкторской документации): 250 кг.

- допустимый предел прочности для данного материала: $\sigma_g = 380 \text{ МПа}$.

- допустимый предел текучести для данного материала: $\sigma_m = 255 \text{ МПа}$.

Прочностной анализ был выполнен при помощи модуля АРМ FEM САПР КОМПАС–3D [9].

Сначала для крючка были заданы условия закрепления, указанные стрелками (рисунок 28).

Рисунок 28 – Внешний вид модернизированной конструкции крючка после задания условий закрепления

					110303.2018.218.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Была задана распределенная сила на участок крючка (рисунок 29)

Рисунок 29 – Место приложения распределенной силы

Для проведения расчета была применена сетка в виде треугольников на поверхность крючка, шаг сетки был выбран 2 миллиметра для получения точного результата (рисунок 30).

Рисунок 30 – Внешний вид крючка после накладывания сетки

Был проведен расчет, в результате которого было получено распределение максимального эквивалентного напряжения по Мизесу (рисунок 31), а также распределение максимального суммарного линейного перемещения (рисунок 32).

Рисунок 31 – Распределение найденного эквивалентного напряжения по Мизесу

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		52

Из данного рисунка хорошо видно место, в котором будет максимальное эквивалентное напряжение по Мизесу, равное: $\sigma_{\text{экв. max}} = 225,1 \text{ МПа}$.

Рисунок 32 – Найденное распределение суммарного линейного перемещения

Из данного рисунка видно место, в котором произойдет максимальное суммарное линейное перемещение. Значение перемещения равняется 0,15 миллиметров, что является незначительным, следовательно, защелка–фиксатор не сможет выскочить из конструкции и будет функционировать нормально.

Найдем коэффициент запаса прочности по пределу текучести по следующей формуле:

$$K_{\text{zt}} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\text{экв. max}}} = \frac{255}{225} = 1,14. \quad (8)$$

Найдем коэффициент запаса прочности по пределу прочности по следующей формуле:

$$K_{\text{zn}} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\text{экв. max}}} = \frac{380}{225} = 1,7. \quad (9)$$

Полученные коэффициенты запаса прочности получились больше единицы, из чего можно сделать вывод о том, что конструкция усовершенствованного варианта крючка выдержит допустимые нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы в соответствии с техническим заданием была проведена модернизация конструкции контрольно–выносного пункта ГРМ изделия ПРМГ–76УМ, изучены необходимые источники литературы и нормативные документы, разработаны трехмерные модели предложенных конструкторских решений. Оформлена конструкторская документация.

В ходе модернизации проведено ознакомление с продукцией, выпускаемой на предприятии АО «ЧРЗ «Полет», изучены исходные источники информации, из которых особое внимание уделено принципам работы изделия ПРМГ–76УМ и контрольно–выносного пункта ГРМ, входящего в состав данного изделия, детально разобрана исходная конструкция, проанализированы особенности размещения КВП. Рассмотрены возможные места эксплуатации.

По выданному комплекту конструкторской документации разработана трехмерная модель исходной конструкции антенно–мачтового устройства. На основе данной модели предложены конструкторские решения по модернизации. Также твердотельная трехмерная модель устройства может использоваться в будущем для проведения различного рода анализов и расчетов.

На основе созданной трехмерной модели проведено усовершенствование конструкции КВП и решены следующие проблемы:

- устранен недостаток провисания троса за счет изменения конструкции узла натяжителя троса лебедки;
- устранен недостаток выхода каретки с антенной из направляющих мачты под действием ветровых нагрузок за счет разработки дополнительной опоры – люнета;
- изменена конструкция натяжительных элементов в оттяжках мачты за счет переработки геометрии крючка, входящего в данную конструкцию, а также за счет введения в данный крючок пружинной защелки–фиксатора.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		54

Усовершенствование конструкции КВП проводилось с целью максимальной унификации деталей. В результате применения модернизированной конструкции КВП могут быть достигнуты следующие эффекты:

- повышение общей функциональности изделия;
- улучшение параметров, влияющих на качество изделия;
- повышение безопасности при эксплуатации.

Предложенные изменения позволяют обеспечить исходные требования. Разработана трехмерная модель конструкции контрольно–выносного пункта с применением предложенных технических решений.

В процессе проектирования использовалась САПР «Autodesk Inventor», так как данный программный продукт имеет весь необходимый функционал для создания трехмерных моделей, сборок, оформления конструкторской документации и т.д.

В дальнейшем в целях проверки и подтверждения предложенных решений по модернизации конструкции КВП необходимо разработать и изготовить макет изделия. Далее провести экспериментальные исследования характеристик и параметров конструкции контрольно-выносного пункта.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		55

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Ильинский, Н.Н., Красовский Ф.Н., Назаров В.В., Шимко В.Ф. Учебник механика ВВС. Радиотехнические средства обеспечения полетов/ Н.Н. Ильинский, Ф.Н. Красовский, В.В. Назаров, В.Ф. Шимко. – М.: Военное издательство Министерства Обороны СССР, - 1968. - 360 с.

2 Радиомаяк глиссальный. Руководство по эксплуатации. АО «ЧРЗ «Полет».

3 СТО ЮУрГУ 21-2008. Стандарт организации. Курсовая и выпускная квалификационная работа. Требования к содержанию и оформлению. / Составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, А.Е. Шевелев, Е.В. Шевелева. – Челябинск: Изд – во ЮУрГУ, 2008. – 55 с.

4 ПРМГ – 76УМ. Стандартная спецификация. АО «ЧРЗ «Полет».

5 ГОСТ 15150 – 69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Изд – во стандартов, 1969.

6 ГОСТ 23945.0-80: Унификация изделий. Основные положения. – М.: Изд – во стандартов, 1980.

7 Алиева Н.П., Журбенко П.А., Сенченкова Л.С. Построение моделей и создание чертежей деталей в системе Autodesk Inventor. Учебное пособие./ Н.П. Алиева, П.А. Журбенко, Л.С. Сенченкова. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 112 с.

8 Лебский С.Л., Матлин М.М., Попов А.В., Тетюшев А.А., Шандыбина И.М. Методика расчета на прочность резьбовых соединений. Методические указания./ С.Л. Лебский, М.М. Матлин, А.В. Попов, А.А. Тетюшев, И.М. Шандыбина. – В.: ВолгГТУ, 2010. – 32 с.

9 АРМ FEM. Система прочностного анализа для КОМПАС – 3D. Руководство пользователя.

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		56

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Талреп

Спецификация

110303.2018.218.02.04

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>58</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Устройство антенное

Спецификация

110303.2018.218.01.01

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		59

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		63

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Крючок

Сборочный чертеж

110303.2018.218.08.01

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		64

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		65

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Крючок

Спецификация

110303.2018.218.08.01

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		66

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		67

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Ролик

Сборочный чертеж

110303.2018.218.07.01

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		68

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		69

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Ролик

Спецификация

110303.2018.218.07.01

					<i>110303.2018.218.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>70</i>