

УДК 623.4

## **КОМПЛЕКС МЕТОДИК ОЦЕНКИ СТОИМОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РЛС**

*Попович А.Л., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Предпринимательство и внешнеэкономическая деятельность»*

*Научный руководитель: Максименко Н.Д.*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)*

### **Исходные данные**

Рассмотрим мобильную твердотельную автоматизированную радиолокационную станцию (РЛС) обнаружения низколетящих целей. РЛС предназначена для обнаружения, измерения дальности, азимута, эшелона высоты полета, а также сопровождения с выдачей трассовых характеристик воздушных объектов: самолетов, вертолетов, дистанционно пилотируемых аппаратов и крылатых ракет, в том числе летящих на предельно малых высотах на фоне интенсивных отражений от подстилающей поверхности, местных предметов и метеообразований. В рамках боевых возможностей РЛС обеспечивает обнаружение целей, выполненные с применением технологии “стелс”, а также движущихся объектов на поверхности моря.

РЛС может использоваться в различных информационных системах военного и гражданского назначения быстрого развертывания: противовоздушной обороны, береговой обороны и пограничного контроля, управления воздушным движением и контроля воздушного пространства в аэродромных зонах. Легко адаптируется к использованию в различных системах гражданского назначения.

Мобильная РЛС представляет собой шасси автомобиля-тягача "КамАЗ-5350" с колесной формулой 6×6, на котором установлена несущая рама с аутригерами для монтажа на ней всего комплекса оборудования.

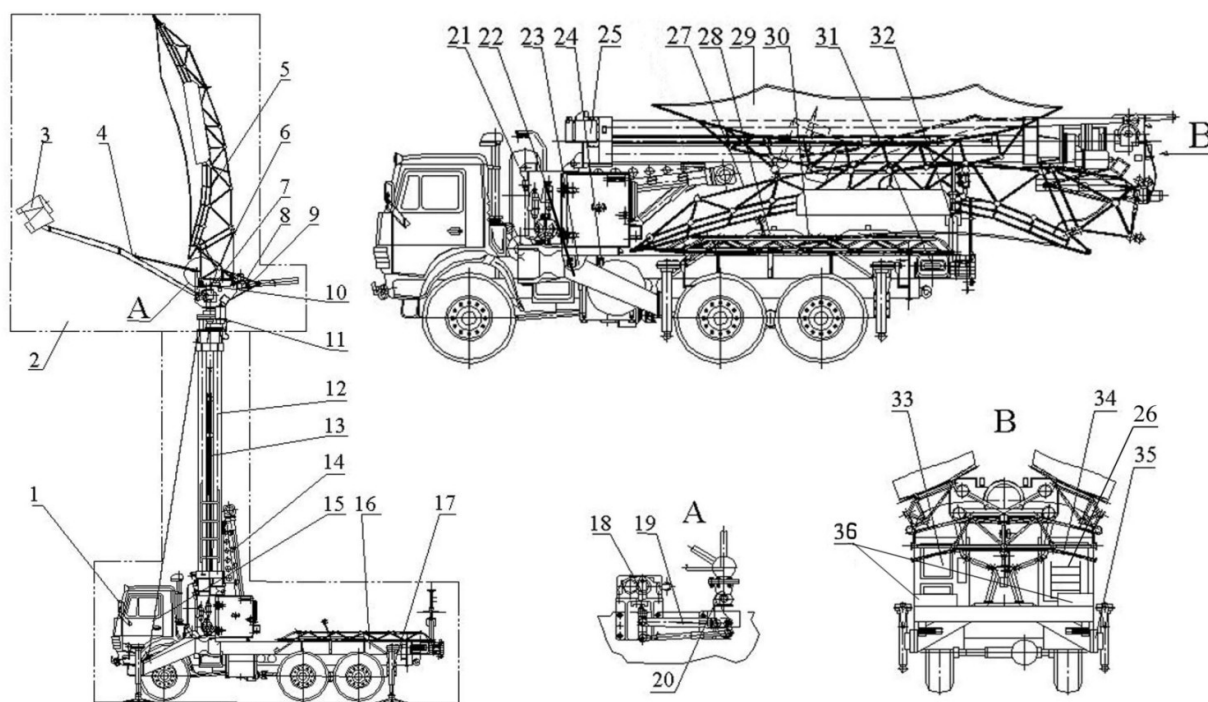


Рис. 1. Мобильная РЛС в рабочем и транспортном положениях

Машина в транспортном положении самостоятельно движется по дорогам и пересеченной местности. Скорость движения: по грунтовым дорогам – до 40 км/ч, по шоссейным – до 50 км/ч. Кроме того, машина может перевозиться железнодорожным, водным и авиационным транспортом.

Время разворачивания из транспортного положения в рабочее расчетом из шести человек (с учетом геодезической топопривязки) – не более 20 мин.

РЛС обеспечивает устойчивую работу при температуре окружающего воздуха  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности воздуха до 98 %, скорости ветра до 25 м/с. Высота размещения над уровнем моря - до 3000 м. Современные технические решения и элементная база, примененные при создании РЛС, позволили получить тактико-технические характеристики на уровне лучших зарубежных и отечественных образцов. Мобильная радиолокационная станция обладает высокой надежностью, удобством и безопасностью в эксплуатации, простотой технического обслуживания, по совокупности характеристик не имеет аналогов в мире.



1 – шасси КамАЗ-43114; 2 – модуль разворачивания зеркала; 3 – облучатель; 4 – подвеска облучателя; 5 – антенное зеркало; 6 – переходная ферма; 7 – силовой кронштейн; 8 – МРЗ; 9 – тяга; 10 – СВЧ кабели; 11 – опорно-поворотное устройство; 12 – высотная опора; 13 – кабели; 14 – механизм подъема высотной опоры; 15 – растяжка; 16 – несущая рама; 17 – домкрат; 18 – блок; 19 – рычаг; 20 – крюк; 21 – запасное колесо; 22, 35 – аутригер; 23 – автомат АК-50; 24 – разъем ВКС-63; 25 – кабельная коробка СВЧ; 26 – стремянка; 27 – средняя секция; 28 – опора домкрата; 29 – боковая секция; 30 – лестницы; 31 – ящик ЗИП КамАЗ; 32 – стойка; 33, 34 – контейнер; 36 – ящики с НЧ кабелями

Рис. 2. Мобильная РЛС в рабочем и транспортном положениях

Специфика радиолокационной техники заключается в том, что помимо, собственно, элементов радиолокации, в ней заключен огромный объем элементов, обеспечивающих жесткость конструкции, её перемещение в пространстве. Т.о. наблюдается конкретное сходство с машинами подъемно-транспортной техники. Также необходимо учесть, что механизмы, применяемые в РЛС абсолютно идентичны механизмам ПТМ. Современные РЛС обнаружения выполняются на мобильном ходу, что в принципе делает их похожими на мобильные краны. Существенное же отличие в том, что к механизмам и металлоконструкции РЛС предъявляются повышенные требования по жесткости, прочности и точности, т.к. ключевым в технике подобного рода является точность позиционирования облучающих элементов станции.

## Модернизация

Данная радиолокационная станция была создана в 90-х годах прошлого столетия и эксплуатируется по сей день. С тех пор, как она была сконструирована, прогресс шагнул далеко вперед: появились новые конструктивные решения, новая элементная база, появились новые типы двигателей и систем их управления и т.д.

Чтобы данная станция оставалась конкурентоспособной (заказы на неё поступают до сих пор) среди аналогов для улучшения её тактико-технических характеристик было предложено ряд модификаций:

1. добавление в конструкцию коробки отбора мощности для дополнительного генератора – уменьшается время разворачивания станции, так как время на подключение внешнего источника питания снижается;
2. ручные механические домкраты принято заменить на электромеханические – снижается время разворачивания/свёртывания станции за счет увеличения скорости выдвижения штока домкрата;
3. доработка опорно-поворотного устройства (из одноприводного в двухприводное) – увеличение мощности, увеличение момента вращения и получение 2х скоростей вращения.

Данные модернизации увеличивают стоимость станции, но применив их, улучшается техническая характеристика станции, а именно время разворачивания/свертывания, что является одним из значимых оперативно-тактических параметром РЛС.

### Затраты на проектирование.

Трудоемкость разработки модифицированной модели РЛС составила 3 месяца. Затраты на проектирование РЛС приведены в табл. 1.

Таблица 1

| №                               | Элементы затрат на проектирование    | Сумма, млн.<br>руб. | %    |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------|
| 1                               | Затраты на генерирование изделия     | 0,3                 | 0,2  |
| 2                               | Затраты на НИОКР                     | 1,8                 | 1,2  |
| 3                               | Затраты на создание опытного образца | 142                 | 98,3 |
| 4                               | Затраты на выводение на рынок        | 0,5                 | 0,3  |
| Итого затраты на проектирование |                                      | 144,6               | 100  |

### **Структура затрат, определение себестоимости и цены.**

Структура затрат на производство базовой модели РЛС приведена в табл. 2. Распределение элементов структуры затрат в общей производственной себестоимости РЛС показано на диаграмме 1.

*Таблица 2*

| №                                              | Элемент структуры затрат                                                          | Сумма, млн.<br>руб./шт. | %    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|
| 1                                              | Материальные затраты                                                              | 88,5                    | 70,2 |
| 2                                              | Затраты на оплату труда, в т.ч. обязательные отчисления на социальное страхование | 8,5                     | 6,7  |
| 3                                              | Амортизация основных средств и нематериальных активов                             | 21,5                    | 17,1 |
| 4                                              | Прочие затраты                                                                    | 7,5                     | 6    |
| Итого производственная себестоимость одной РЛС |                                                                                   | 126                     | 100  |

На основе данных о производстве базовой модели РЛС с учётом всех изменений в технологии производства модифицированной модели РЛС, была составлена структура затрат, приведенная в табл. 3. Распределение элементов структуры затрат в общей производственной себестоимости модифицированной РЛС показано на диаграмме 2.

Коммерческие расходы, связанные с реализацией продукции, составляют 1,2 % от производственной себестоимости продукции.

Полная себестоимость продукции складывается из производственной себестоимости и коммерческих затрат.

Прибыль от реализации продукции составляет 15 % от цены изделия.

Структура формирования цены базовой и модифицированной моделей РЛС приведена в табл. 4 и на диаграммах 3, 4, 5.

*Таблица 3*

| № | Элемент структуры затрат                                                          | Сумма, млн.<br>руб./шт. | %    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|
| 1 | Материальные затраты                                                              | 94,5                    | 70   |
| 2 | Затраты на оплату труда, в т.ч. обязательные отчисления на социальное страхование | 9                       | 6,7  |
| 3 | Амортизация основных средств и нематериальных активов                             | 23,5                    | 17,4 |

|                                                |                |     |     |
|------------------------------------------------|----------------|-----|-----|
| 4                                              | Прочие затраты | 8   | 5,9 |
| Итого производственная себестоимость одной РЛС |                | 135 | 100 |

Диаграмма 1

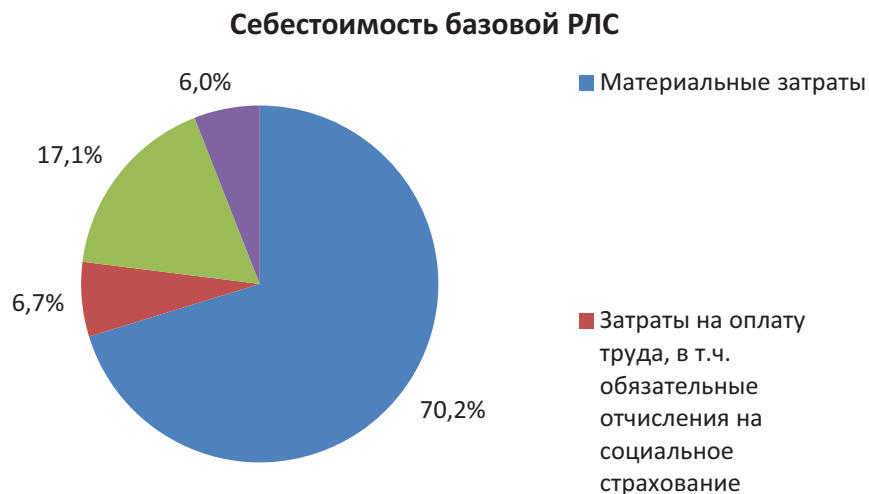


Диаграмма 2

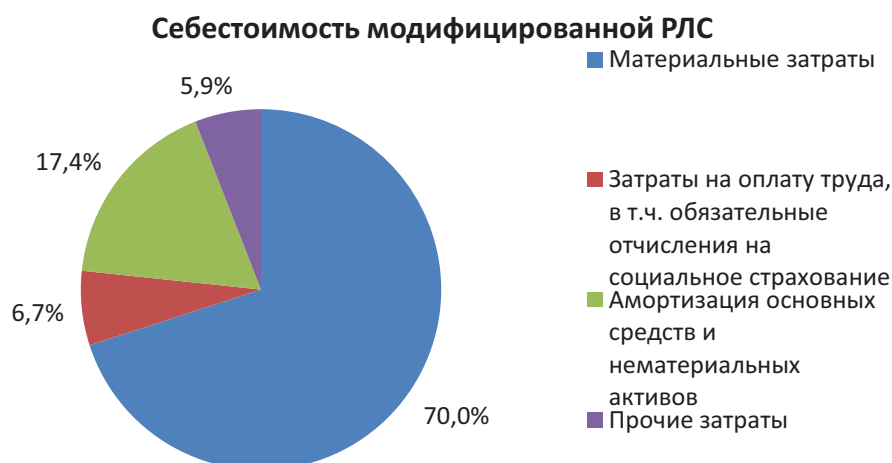


Таблица 4

| Наименование показателя                   | Базовая РЛС | Модифицированная РЛС |
|-------------------------------------------|-------------|----------------------|
| Производственная себестоимость, млн. руб. | 126         | 135                  |
| Коммерческие расходы, млн. руб.           | 1,5         | 1,6                  |
| Полная себестоимость, млн. руб.           | 127,5       | 136,6                |
| Прибыль от реализации, млн. руб.          | 22,5        | 24,1                 |
| Цена, млн. руб.                           | 150         | 160,7                |

**Ожидаемая стоимость РЛС в зависимости от дальности обнаружения целей с ЭПР  
0,3 м<sup>2</sup>, летящих на высоте 60 м**

Цена РЛС будет варьироваться в зависимости от дальности действия в соответствии с графиком №1

*График 1*



**Ожидаемая стоимость РЛС зависимость цены от точности (среднеквадратичное отклонение) измерения координат.**

Цена РЛС будет варьироваться в зависимости от точности (среднеквадратичное отклонение) измерения координат в соответствии с графиком №2

*График 2*

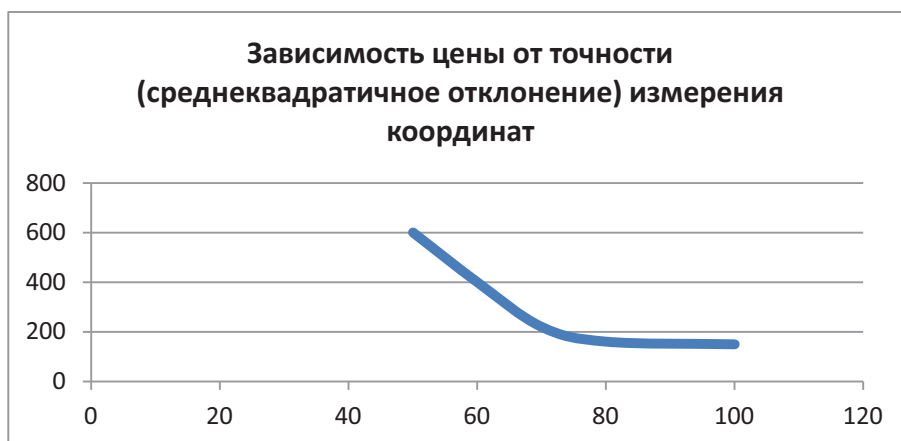


Диаграмма 3

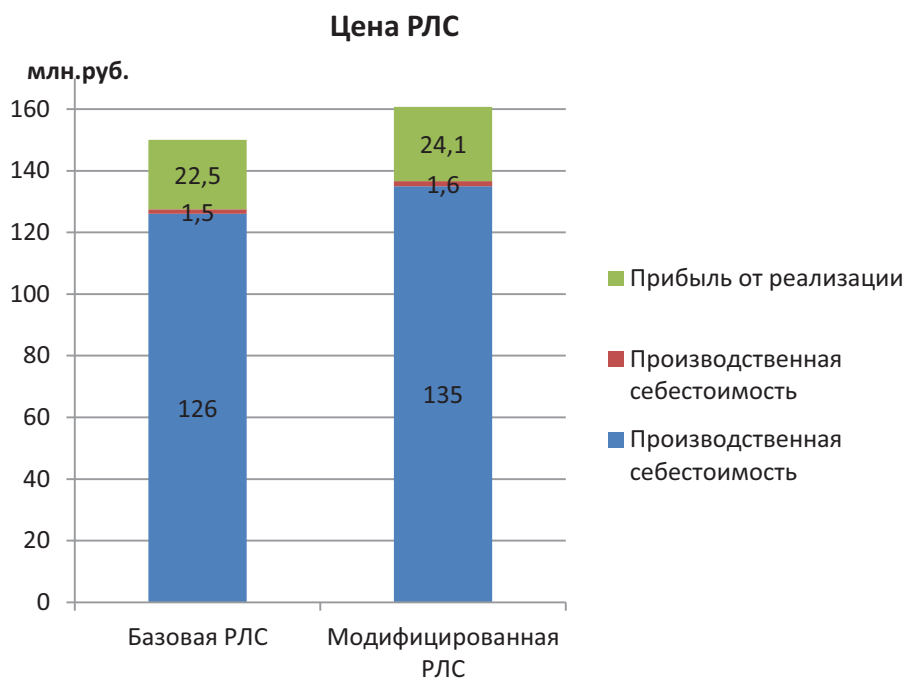


Диаграмма 4



Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

- 1) Процентное соотношение элементов структуры цены базовой и модифицированной модели РЛС одинаково.
- 2) Себестоимость и цена модифицированной РЛС за счёт модернизации увеличились на 7% по сравнению с базовой моделью.
- 3) Прибыль от реализации также увеличилась на 7 % за счёт увеличения цены изделия и сохранении желаемого процента прибыли от продаж.



### **Затраты на эксплуатацию.**

Годовые затраты на запасные части и материалы при ремонте и ТО составляют 1 % от цены РЛС.

Структура годовых затрат на эксплуатацию одной базовой и модифицированной РЛС приведена в табл. 5 и 6 соответственно и на диаграммах 6, 7, 8.

Таблица 5

| №                             | Элементы затрат на эксплуатацию | Сумма, тыс. руб./год | %    |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|------|
| 1                             | Затраты на ТО и ремонт          | 1500                 | 64,6 |
| 2                             | Затраты на содержание персонала | 500                  | 21,5 |
| 3                             | Затраты на электроэнергию       | 235                  | 10,1 |
| 4                             | Затраты на топливо              | 88                   | 3,8  |
| Итого затраты на эксплуатацию |                                 | 2323                 | 100  |

Таблица 6

| №                             | Элементы затрат на эксплуатацию | Сумма, тыс. руб./год | %    |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|------|
| 1                             | Затраты на ТО и ремонт          | 1607                 | 64,9 |
| 2                             | Затраты на содержание персонала | 500                  | 20,2 |
| 3                             | Затраты на электроэнергию       | 270                  | 10,9 |
| 4                             | Затраты на топливо              | 100                  | 4    |
| Итого затраты на эксплуатацию |                                 | 2477                 | 100  |

Диаграмма 6

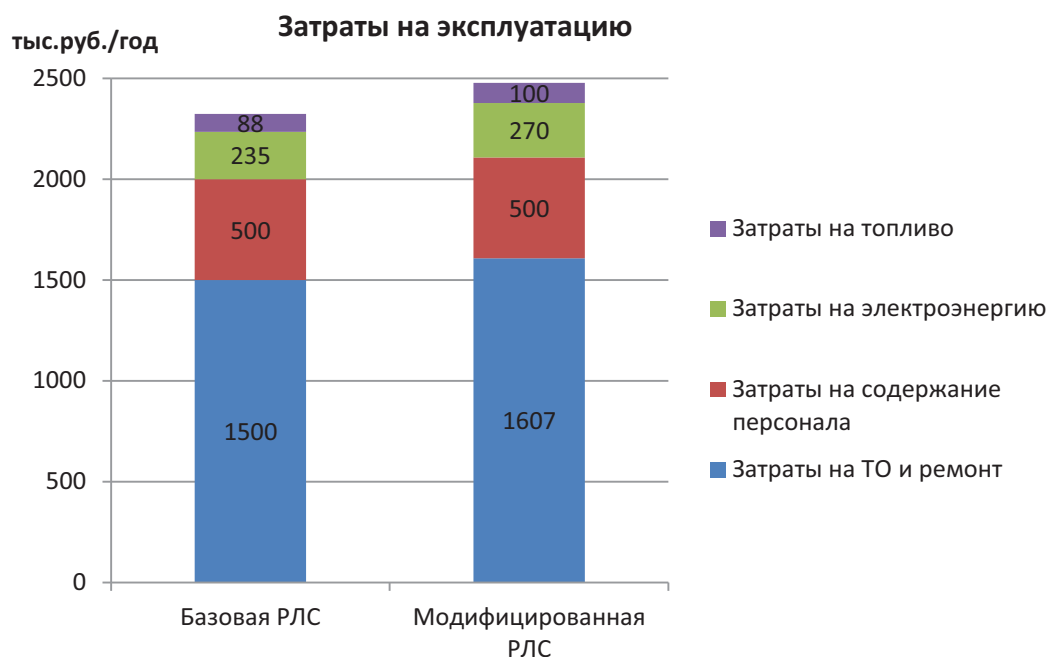
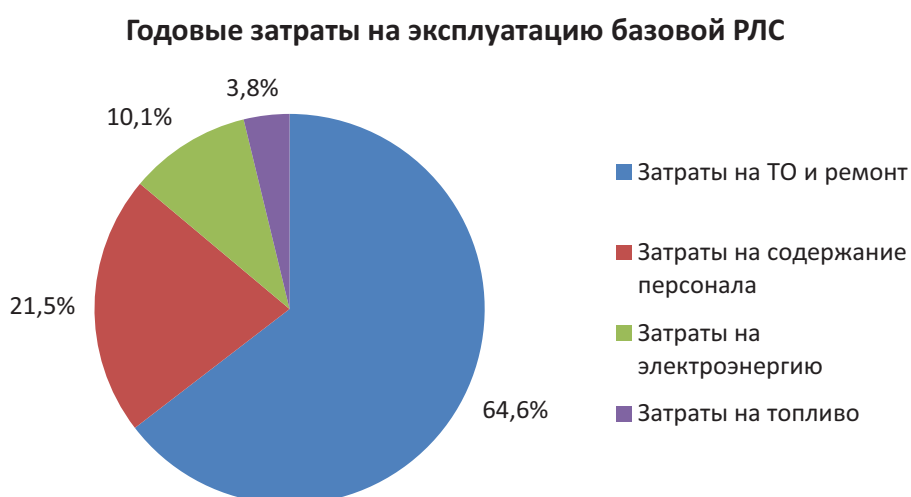


Диаграмма 7



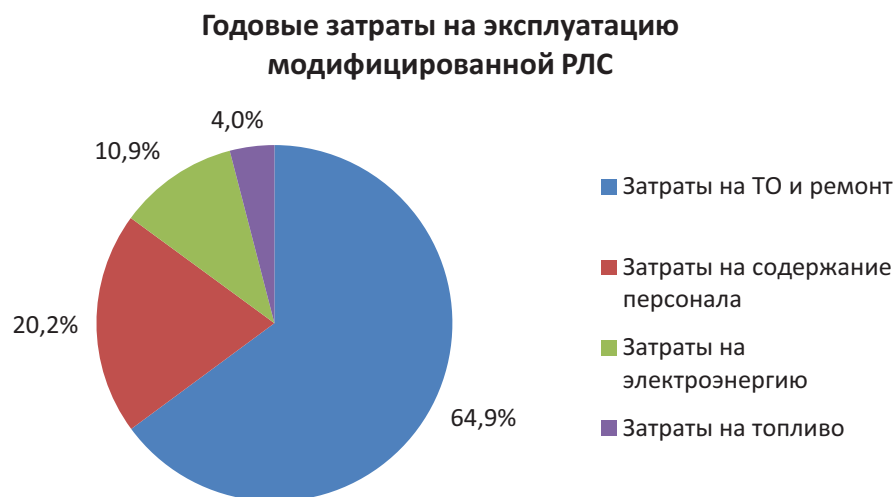
Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) Процентное соотношение элементов структуры годовых эксплуатационных затрат базовой и модифицированной модели РЛС немного отличаются из-за неизменности обслуживающего персонала и увеличения затрат на ТО и ремонт, электроэнергию и топливо у новой модели РЛС.

2) Затраты на ТО и ремонт у модифицированной модели РЛС увеличились на 7 %, затраты на электроэнергию – на 14,9 %, затраты на топливо – на 13,6 % по сравнению с базовой РЛС. Затраты на содержание персонала не изменились.

3) Годовые затраты на эксплуатацию новой модели возросли на 6,6 % по сравнению с базовой.

Диаграмма 8



Расчет стоимости жизненного цикла базовой и модифицированной РЛС приведен в табл. 7. На диаграмме 9 представлена структура стоимости жизненного цикла новой и базовой РЛС.

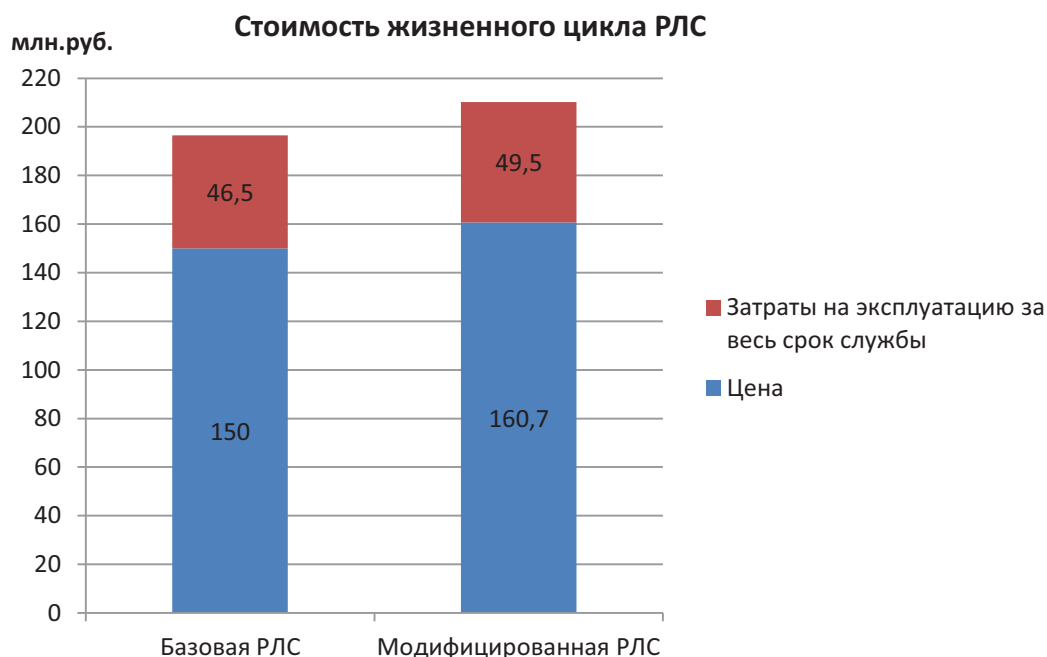
Таблица 7

| Наименование показателя                                | Базовая РЛС | Модифицированная РЛС |
|--------------------------------------------------------|-------------|----------------------|
| Цена, млн. руб.                                        | 150         | 160,7                |
| Затраты на эксплуатацию за весь срок службы, млн. руб. | 46,5        | 49,5                 |
| Годовые затраты на эксплуатации, тыс. руб.             | 2323        | 2477                 |
| Срок службы, лет                                       | 20          | 20                   |
| Стоимость жизненного цикла, млн. руб.                  | 196,5       | 210,2                |

Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) На долю цены в стоимости жизненного цикла РЛС приходится около 76 %, на долю затрат на эксплуатацию – 24 %.

2) Стоимость жизненного цикла модифицированной модели РЛС больше базовой модели на 7 %.



### Дополнительные виды эффекта.

Применив в модифицированной РЛС электрические домкраты и добавив блок отбора мощности с генератором, у станции уменьшается время развертывания/свертывания, что в условиях боевой работы увеличивается скорость включения РЛС в режим «готовность к работе», а так же повышает «живучесть» станции. А применение двухприводного опорно-поворотного устройства увеличивает его мощность (момент), тем самым увеличивая стабильность работы в условиях повышенных нагрузок на устройство, особенно в зимний период времени, когда возможно образования корки льда и застывания масла в редукторе.

### Оценка конкурентоспособности.

Показатель качества изделия определяется по характеристикам базового ( $P_{баз.}$ ) и нового изделия ( $P_{нов.}$ ):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot m_i \quad (1)$$

где  $q_i = \left(\frac{P_{нов.}}{P_{баз.}}\right)^{k_i}$  – относительная удовлетворенность потребителя  $i$ -ым свойством изделия;  $k_i=1$  для свойства, возрастание которого приводит к увеличению удовлетворенности потребителя;  $k_i=-1$  для свойства, возрастание которого приводит к уменьшению удовлетворенности потребителя,  $m_i$  – весовой коэффициент, учитывающий значимость  $i$ -ого свойства для потребителя.

Относительный показатель стоимости жизненного цикла (ЖЦ) изделия:

$$L = l_0 / l \quad (2)$$

где  $l_0$  – стоимость ЖЦ базового изделия;

$l$  – стоимость ЖЦ нового изделия.

Показатель конкурентоспособности:

$$KC = Q \cdot L \quad (3)$$

Для оценки конкурентоспособности использованы технико-экономические характеристики базовой и модифицированной (новой) РЛС.

Экспертным методом были определены пожелания потребителя, оформленные как список характеристик РЛС, а также значения весовых коэффициентов. Все описанные выше данные, а также расчетные значения относительной удовлетворенности потребителя ( $q_i$ ) сведены в табл. 8.

На диаграмме 10 представлены относительные характеристики базовой и модифицированной РЛС.

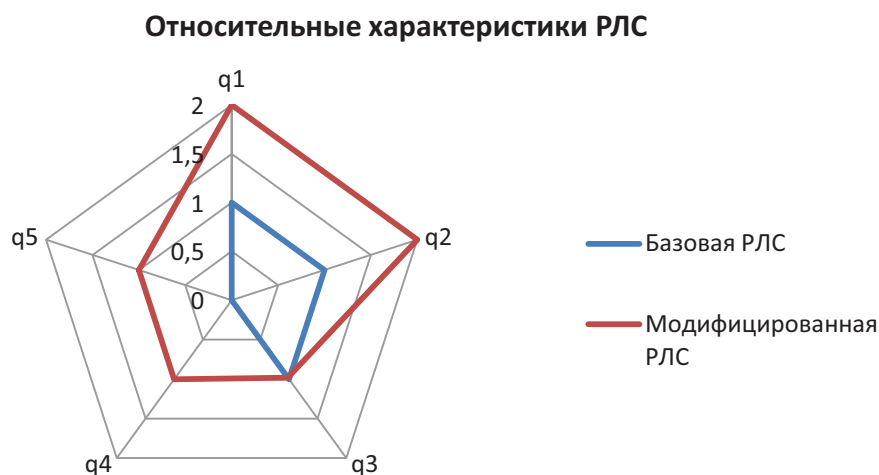
В табл. 9 приведены результаты расчета параметров  $L$  и  $Q$  (по формулам 1 и 2 соответственно) и показателя конкурентоспособности  $KC$  (по формуле 3).

Таблица 8

| Характеристики                                         | Базовая РЛС | Новая РЛС | Весовой коэффициент | $q_i$ |
|--------------------------------------------------------|-------------|-----------|---------------------|-------|
| <b>Технические требования</b>                          |             |           |                     |       |
| Максимальный момент вращения ОПУ, Н·м                  | 5000        | 10000     | 0,1                 | 2     |
| Время развертывания, мин.                              | 20          | 10        | 0,35                | 2     |
| Масса, кг                                              | 14350       | 14700     | 0,05                | 0,98  |
| <b>Элементы конструкции</b>                            |             |           |                     |       |
| Коробка отбора мощности для дополнительного генератора | 0           | 1         | 0,2                 | 1     |
| Электромеханические домкраты                           | 0           | 1         | 0,3                 | 1     |

Таблица 9

| Показатели                                | Новая РЛС |
|-------------------------------------------|-----------|
| Показатель качества ( $Q$ )               | 1,45      |
| Относительная стоимость ЖЦ ( $L$ )        | 0,93      |
| Показатель конкурентоспособности ( $KC$ ) | 1,35      |



Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что модифицированная модель РЛС будет более конкурентоспособна, чем базовая за счет улучшения качественных характеристик: увеличился максимальный момент вращения ОПУ, снизилось время разворачивания станции за счёт замены ручных механических домкратов на электромеханические, добавления в конструкцию коробки отбора мощности для дополнительного генератора и доработки опорно-поворотного устройства.

### Список литературы

1. Федюкин В.К., Дурнев В.Д. Лебедев В.Г. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции. Учебник. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», Рилант, 2001.– 328 с.
2. Алексеева Е.В., Воронин В.М., Грачева К.А. и др. Практикум по организации и планированию машиностроительного производства. Производственный менеджмент: Учеб. пособие под ред. Скворцова Ю.В. – М.: Высш. шк., 2004.
3. Грачева К.А., Захарова М.К., Одинцова Л.А. и др. Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент): Учебник под ред. Скворцова Ю.В., Некрасова Л.А. – М.: Высш. шк., 2003.
4. Буренок В.М., Ляпунов В.И., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. Московского А.А. М.: Изд. «Вооружение. Политика. Конверсия», 2004.