

## **СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ**

*В статье рассмотрено влияние макроэкономических трендов на рынок современной гражданской авиационной техники, также описана возможность структурирования функции качества сложной технической системы, при помощи элементов метода дома качества. Учитывая мнения различных потребительских групп, была сформирована матрица голос потребителя. Путем перевода потребительских требований в технические характеристики, главнейших участников сегмента рынка гражданской авиационной техники, сформулирована матрица зависимостей. А также скоррелирована матрица взаимосвязей между характеристиками качества, что дало возможность оценить степень возможной модернизации исследуемого объекта и повысить спрос на рынке гражданской авиационной технике, задавая новый тренд макроэкономическим показателям.*

**Ключевые слова:** макроэкономические тренды, структурирование функции качества, сложные технические системы, гражданская авиационная техника, потребительские характеристики, корреляционная матрица, характеристики качества.

## **STRUCTURING THE FUNCTION OF THE QUALITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS UNDER THE IMPACT OF MACROECONOMIC TRENDS**

*The article discusses the impact of macroeconomic trends on the market for modern civil aviation technology, also describes the possibility of structuring the quality function of a complex technical system using the elements of the house-quality method. Considering the opinions of various consumer groups, a consumer voice matrix was formed. By translating consumer requirements into technical specifications, the main participants in the civil aviation technology segment, a dependency matrix was formulated. And also correlated is the matrix of interrelations between quality characteristics, which made it possible to assess the degree of possible modernization of the object under study and increase the demand in the market for civil aviation technology, setting a new trend to macroeconomic indicators.*

**Keywords:** macroeconomic trends, structuring the quality function, complex technical systems, civil aviation technology, consumer characteristics, correlation matrix, quality characteristics.

### **Введение**

На сегодняшний день макроэкономические тренды авиационной индустрии, влияют не только на потребительский спрос, но и развитие бизнеса и государства. В динамично развивающихся странах определяют значение авиации как ведущего сектора, активизирующего экономический рост и мобилизующий все национальные потенциалы и ресурсы [1].

С появлением на рынках современных дронов, напоминающих летательные аппараты будущего, происходит симбиоз который подталкивает потребителя на приобретение

продукта и оказывает значительный мультипликационный эффект на развитие экономики страны. Макроэкономические тренды являются если не основными, то базовыми индикаторами экономики, с помощью которых можно определить экономическое состояние.

Критичные изменения в данных любого из показателей может отражаться на резком изменении рынков и валют, вследствие чего, ведущие экономисты, непрерывно отслеживают выход новых макроэкономических данных. Для которых в свою очередь составляются таблицы, отражающие каждый показатель по отдельности, в совокупности являющиеся системой макроэкономических показателей. Это дает более подробную картину между экономикой государства и экономикой других стран, а так же между самими показателями.

Тенденции развития гражданской авиационной техники (ГАТ) в мире убедительно показывают: сравнительная оценка качества проводится по критериям не столько «выше – быстрее – дальше», сколько «выше – быстрее – дальше – умнее», с перемещением последней компоненты ближе к началу [2].

Требования многофункциональности перспективных гражданских летательных аппаратов обусловлены возросшей неопределенностью возможных вариантов эксплуатации. Повышение потребности в универсальных дронах продиктовано непрерывно возрастающим спросом, задающим тенденцию на непрерывное улучшение продукции.

Уровень технологий, необходимый для поддержания конкурентоспособности в условиях ограниченности бюджетных средств, — важный фактор, влияющий на рынок ГАТ. Основной задачей при определении требований к новому продукту должна заключаться в обеспечении такого уровня технологий, чтобы сохранить высокий научно-технический потенциал. Это особенно актуально для России, где еще не реструктуризирована авиационная отрасль, что существенно снижает конкурентоспособность страны в сравнении с объединенной европейской авиационной промышленностью в плане технологических и экономических возможностей.

Характеристики этого продукта должны позволить ему уверенно превосходить своего основного конкурента. Современный уровень российской авиационной промышленности позволяет решить поставленную задачу. Перспективный дрон должен удовлетворять требованиями достижения потребительских характеристик не нарушая при этом летно-технических характеристик, регламентируемых ГОСТ Р 56079-2014[3].

Учитывая современные макроэкономические тренды, для поддержания конкурентоспособности на рынке гражданской авиационной техники было принято решение о формировании потребительских требований, выраженных в терминах самих покупателей и составление характеристик-двойников. Структурирования функций изделия и функций качества, а также описание серии матриц, применяемых для перевода голоса покупателя в показатели качества конечного продукта сложной технической системы. Поставленных задач можно достигнуть при помощи одной из методик структурирования функции качества, которая выявляет требования потребителя и обеспечивает некоторый порядок, гарантирующий, что эти требования определяют разработку продукции и планирование производственного процесса.

Структурирование функции качества (СФК) - это метод перевода потребительских требований в соответствующие технические требования на каждом этапе разработки изделия и его производства (стратегия маркетинга, планирования, инженерная разработка и конструирования изделия, оценивание прототипа, производство и сбыт).

Исследуемой моделью был выбран ZALA 421-22 (рис.1). Летательный аппарат вертолетного типа средней дальности с системой автоматического управления, навигационной системой, встроенной цифровой системой телеметрии, навигационными огнями, встроенным трехосевым магнитометром, цифровым широкополосным видео передатчиком и системой самодиагностики и поисковым передатчиком.



Рис. 1. – внешний вид ZALA 421-22

Дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА) набирают все большую популярность среди гражданского населения (рис.2), на долю которого приходится порядка 47% рынка. В основном, ГАТ направлен на аэросъемку (рис. 3), но в современно развивающемся мире, для ГАТ находят все большее применение [4].

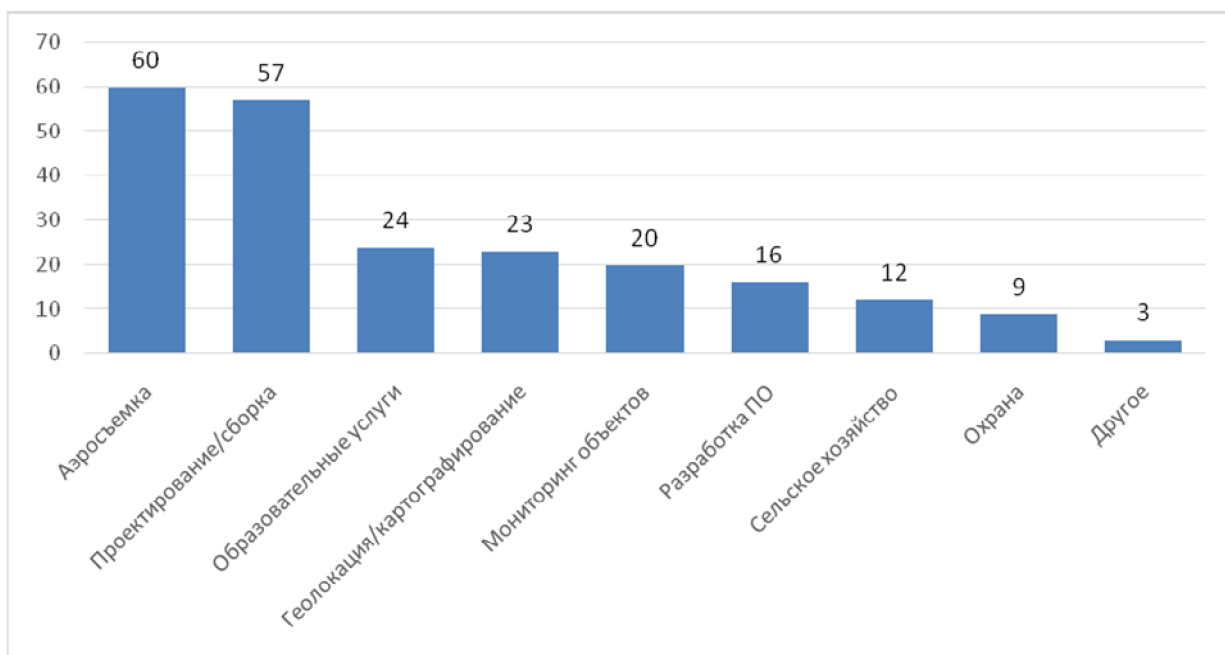


Рис.2. - Сферы использования ГАТ, %

Даже при позитивных прогнозируемых данных по продажам (рис. 4) [1], ГАТ остается уязвимой по ряду параметров. Основными проблемными областями считаются: во-первых, недостаточная гибкость конструкции и совершенства формы фюзеляжа по сравнению с традиционной авиацией; вопросы резервирования и защиты каналов управления сложной технической системой в процессе эксплуатации; в-третьих, уровень надежности дронов всё еще уступает традиционным летательным аппаратам; в-четвертых, протоколы выживаемости системы в экстремальных условиях и возвращения к оператору в случае частичной потери эксплуатационных характеристик составляют важную часть показателей надежности.

Стоит отметить, что полеты дронов в мирное время во многих районах ограничены по различным причинам.

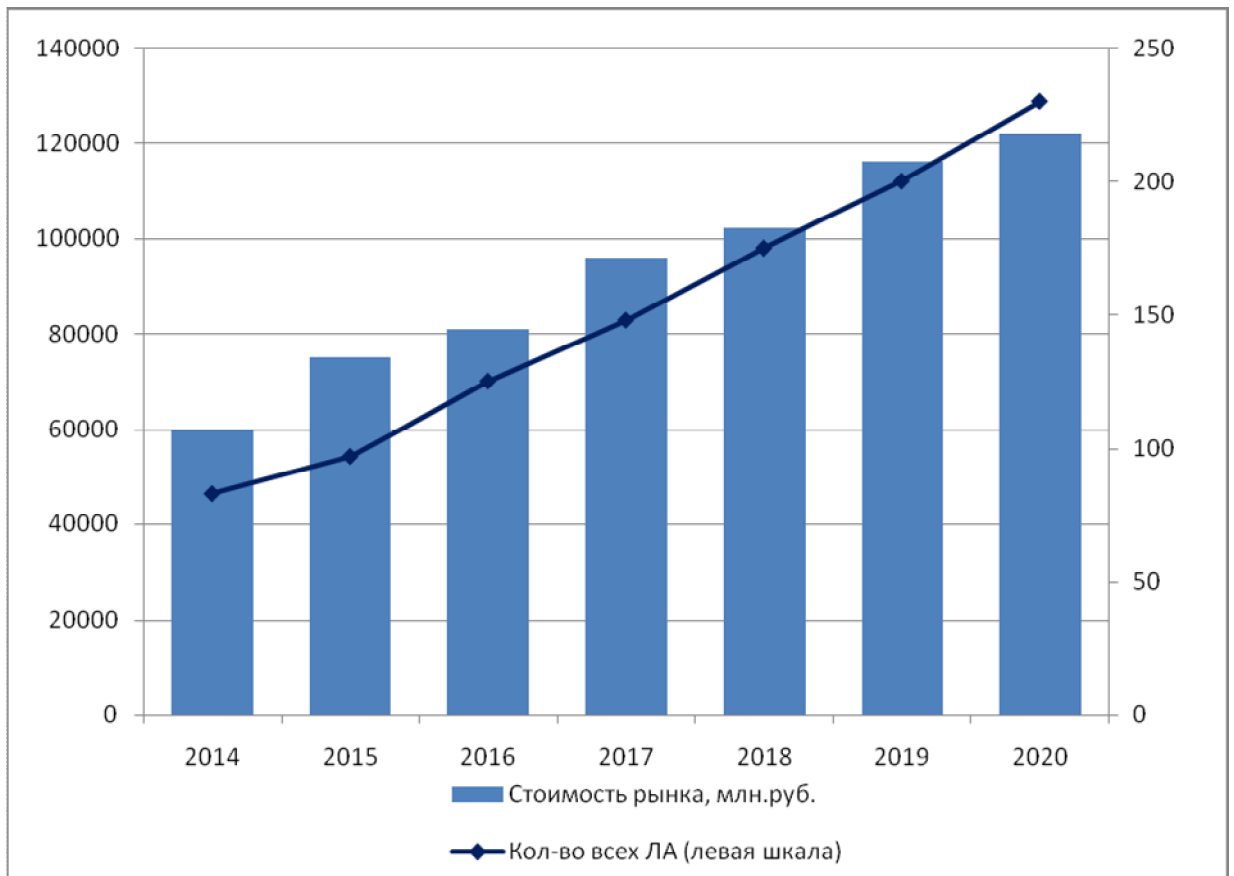


Рис.3. – продажи в России, штук, 2014-2020 гг.

Учитывая основные проблемные зоны ГАТ, были сформулированы потребительские характеристики (ПХ) (табл. 1). Относительная значимость основывается на шкале ценностей, равной 100 единицам. Для ее расчета был использован метод попарного сравнения потребительских требований. Ранжированная значимость задает порядок предпочтений, насколько сравниваемые требования важнее. Этот метод только ранжирует требования, не вводя количественных оценок [5].

Таблица 1 - Фрагмент матрицы «Голос потребителя»

	Потребительские характеристики	Относительная значимость (1–100)	Ранжированная значимость
Габариты	Небольшие габариты	91	4
	Небольшой вес	93	3
	Низкий уровень шума	79	11
	Долгое время работы	97	2
	Лаконичный дизайн и обтекаемые формы	75	14
	Легкость в управлении	99	1
	Возможность выдерживания дополнительного веса	75	13
	Хорошая камера для профессиональной съемки в режиме полета	84	9
	Сильный уровень сигнала для наблюдения за объектами с высоты	80	10
	Высокая скорость полета	77	12
	Долговечность	83	8
	Ударопрочность	85	7
	Защита от влаги	89	6
	Доступность (цена)	88	5

Далее указываются зависимости между запросами потребителя и ХК (характеристика

качества) (табл. 2). Каждая ячейка матрицы представляет экспертную оценку силы связи между одной из ХК и одним запросом потребителя, то есть влияния ХК на требование потребителя. Прежде чем приступать к построению зависимостей ПХ и характеристик качества, была сформулирована таблица обозначений (символов) влияния (табл. 3)[5,6].

Таблица 2 - Символы влияния

Символ	Значение	Часто принимаемое значение
отсутствует	нет связи	0
Λ	слабая связь	1
⊕	наличие связи	3
V	сильная связь	9

Таблица 3 - Матрица Зависимости между ПХ и ТХ

ТХ \ ПХ	Габариты в собранном состоянии с АКБ, мм	Масса пустого, кг	Макс. взлетная масса, кг	Бортовое оборудование (фотоаппарат, тепловизор и пр.)	Радиус действия видео/радиоканала, м	Продолжительность полета, мин	Скорость, м	Раб. высота полета, м	Максимально допустимая скорость ветра м/с	Дистанционный сброс нагрузки	Модуль автоматического сопровождения цели	Диапазон рабочих температур, °С
Небольшие габариты	⊕	V	V	V			Λ	Λ	Λ		V	
Небольшой вес	V	⊕	V	V		Λ	Λ	Λ	V		V	
Низкий уровень шума				⊕			Λ					
Долгое время работы				V		⊕	V	Λ		Λ	Λ	
Лаконичный дизайн и обтекаемые формы	⊕			V								Λ
Легкость в управлении				V	V					⊕	Λ	
Возможность выдерживания дополнительного веса		V	⊕	Λ								
Хорошая камера для профессиональной съемки в режиме полета				⊕	V	Λ	V	V	V		V	Λ
Сильный уровень сигнала для наблюдения за объектами с высоты				V	⊕	Λ	Λ	V	V		V	Λ
Высокая скорость полета	V	V	V	Λ		V	⊕	V	V			Λ
Ударопрочность	Λ			⊕		V	V	V	V	Λ	Λ	V
Защита от пыли и влаги				⊕		Λ	Λ	Λ	Λ			V

После установления взаимосвязей между потребительскими требованиями и техническими характеристиками при помощи символов влияния, заполняется корреляционная матрица (табл. 4), которая необходима, чтобы найти меру тесноты связи для каждой пары факторов. Корреляционный анализ таблицы исходных данных был проведен по методу Чебышева [7].

Данная матрица включает взаимосвязи между ХК и представляет собой половину

квадратной матрицы, повернутой на 45 градусов и лежащей диагональю на матрице «Характеристики качества», строки и столбцы имеют одинаковые наименования, используемые ХК, и поэтому не обозначаются [5,6].

Таблица 4 - Корреляционная матрица зависимости между ХК

ХК	Габариты в собранном состоянии с АКБ, мм	Масса пустого, кг	Макс. взлетная масса, кг	Бортовое оборудование (фотоаппарат, тепловизор и пр.)	Радиус действия видео/радиоканала, м	Продолжительность полета, мин	Скорость, м	Раб. высота полета, м	Максимально допустимая скорость ветра, м/с	Дистанционный сброс грузов	Модуль автоматического сопровождения цели	Диапазон рабочих температур, °С
Габариты в собранном состоянии с АКБ, мм	1	V	V	V	Λ		Λ	V				
Масса пустого, кг	V	1	V	V			V	V	Λ			
Макс. взлетная масса, кг	V	V	1	V		Λ	V	V	Λ			
Бортовое оборудование (фотоаппарат, тепловизор и пр.)	V	V	V	1	V	V	Λ	Λ	Λ	V	V	Λ
Радиус действия видео/радиоканала, м	Λ			V	1	V		Λ		V	V	Λ
Продолжительность полета, мин			Λ	V	V	1	V	Λ	V		Λ	V
Скорость, м	Λ	V	V	Λ		V	1	V	V		Λ	V
Раб. высота полета, м	V	V	V	Λ	Λ	Λ	V	1	V		Λ	V
Максимально допустимая скорость ветра, м/с		Λ	Λ	Λ		V	V	V	1	Λ	Λ	
Дистанционный сброс грузов				V	V				Λ	1	V	
Модуль автоматического сопровождения цели				V	V	Λ	Λ	Λ	Λ	V	1	Λ
Диапазон рабочих температур, °С				Λ	Λ	V	V	V			Λ	1

### Выводы

Исследования показали, что для существенной модернизации, необходимой для выхода на новую линию тренда макроэкономических показателей и закрепления за собой устойчивой конкурентоспособности на рынке гражданской авиационной техники необходим ряд обязательных изменений, которые продиктованы потребительскими требованиями.

Необходимо изменить конструкцию корпуса, чтобы уменьшить габаритные размеры конструкции, облегчить вес, и улучшить точность модуля автоматического сопровождения. Для осуществления возможности использования камеры для качественной съемки в режиме полета и усиленный уровень сигнала для наблюдения за объектами с высоты, следует обратить внимание на внутренний функционал бортового оборудования и новых возможных партнеров по поставке комплектующих. Для более качественного уровня надежности, следует усовершенствовать рабочую конструкцию и запас ее прочности, с помощью алюминиевой подвески по корпусу и вокруг бортового оборудования, а также не исключать возможность использования резиновых прокладок и покрытие антикоррозийной обработкой. На данный момент, хороших составов достаточно много на рынке продукции, которые предоставляют отличную защиту металлоконструкций в агрессивной среде и постоянного механического воздействия имеет отличную водостойкость. С технической стороны улучшить потребительские требования «Достаточно длительное время работы и высокую

скорость полета» можно с помощью увеличения аэродинамических качеств. Аэродинамика – движения газообразной среды и её взаимодействия с движущимися в ней твёрдыми телами. Для того, что бы улучшить качество продукта, а также скорректировать его цену, нужно подобрать хороших и проверенных поставщиков, которые отвечают за качество своей продукции.

**Список литературы:**

1. Федеральная служба государственной статистики. Эффективность экономики России. Макроэкономические показатели. // [Электронный ресурс] Режим доступа URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#) (дата обращения 12.02.19)
2. Силуанов А.А. Мировой рынок лизинга коммерческих воздушных судов: тенденции развития // Банковские услуги. 2016. № 12. С. 31-37.
3. ГОСТ Р 56079-2014 «Изделия авиационной техники. Безопасность полета, надежность, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность. Номенклатура показателей»
4. С.С. Семенов, Основные положения системного анализа при оценке технического уровня сложных систем с применением экспертного метода / С. С. Семенов // Надежность и качество сложных систем. - 2013. - № 4. — С. 45-53.
5. Современные инструменты менеджмента качества: учебное пособие / Ю. А. Антохина [и др.]; С.-Пб. ГУАП. - СПб.: Изд-во ГУАП, 2011. - 237 с.
6. Р.М. Хакимов, Управление качеством на основе структурирования функций качества QFD / Р.М. Хакимов, Д.М. Гильванова // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2013. № 9. С. 122-125.
7. Я.А. Ивакин, Автоматизированные системы ситуационного управления и диспетчеризации пространственных процессов на авиатранспорте / Я.А. Ивакин, С.В. Мичурин, М.С. Смирнова // Радиопромышленность. 2015. № 4. С. 56-64.

**References:**

1. Federal State Statistics Service. Efficiency of the Russian economy. Macroeconomic indicators. // Electron. Dan. Access mode URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#)
2. Siluanov A.A. The global market for commercial aircraft leasing: development trends // Banking services. 2016. No. 12. P. 31-37.
3. GOST R 56079-2014 “Aviation engineering products. Flight safety, reliability, testability, operational and repair manufacturability. Nomenclature of indicators ”
4. Semenov, S.S. The main provisions of system analysis in assessing the technical level of complex systems using the expert method / S.S. Semenov // Reliability and quality of complex systems. - 2013. -№ 4. - p. 45-53.
5. Modern tools of quality management: study guide / Yu. A. Antokhina [and others]; S.-Pb. SUAI. - SPb.: Publishing house of the SUAI, 2011. - 237 p.
6. R.M. Khakimov, Quality management based on the structuring of QFD quality functions / R.M. Khakimov, D.M. Gilvanova // Economics and Management: analysis of trends and development prospects. 2013. № 9. S. 122-125.
7. Ya.A. Ivakin Automated Systems for Situational Management and Dissection of Spatial Processes in Air Transport / Ya.A. Ivakin, S.V. Michurin, M.S. Smirnova // Radiopromyshlennost. 2015. No. 4. P. 56-64.

*Статья поступила в редколлегию 20.02.19.*

*Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета*

*Аверченков А.В.*

*Статья принята к публикации 05.03.19.*

**Сведения об авторах**

**Винниченко Александра Валерьевна**

Студент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»,  
тел.: +7 (931) 586 88 60,  
E-mail: [alex23rain@gmail.com](mailto:alex23rain@gmail.com)

**Назаревич Станислав Анатольевич**

Доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»  
тел.: +7 (904) 612 04 02,  
E-mail: [albus87@inbox.ru](mailto:albus87@inbox.ru)

**Information about authors:**

**Vinnichenko Alexandra Valerievna**

Student federal state autonomous higher education institution  
«Saint Petersburg State University of Aerospace»,  
tel.: +7 (931) 586 88 60,  
E-mail: [alex23rain@gmail.com](mailto:alex23rain@gmail.com)

**Nazarevich Stanislav Anatolevich**

Associate Professor of the Department of Innovation and Integrated Quality Systems, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation»  
tel.: +7 (904) 612 04 02  
E-mail: [albus87@inbox.ru](mailto:albus87@inbox.ru)