



ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК ЗИП ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ИСПРАВНОСТИ ОБЪЕКТОВ АВИОНИКИ

А. В. Гурьянов

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В представленном исследовании рассматриваются вопросы организации цепей поставок запасных исправных приборов авионики (ЗИП авионики) с позиций лиц, принимающих решение, руководителей приборостроительных предприятий. Крайне важным вопросом является определение ключевых параметров объектов ЗИП авионики. На основе проведенного исследования рассматривается элементная база ЗИП и условия эксплуатации, восстановления работоспособности. Ввиду сложности подходов к объектам авионики в статье приводятся фиксация ключевых параметров, определены отличительные особенности именно ЗИП для авионики, которые будут определять новые требования и условия построения будущей цепи поставки. В результате проведенного исследования в статье представлена классификация методов расчета ЗИП, основанная также на теории процессов восстановления. На основе выполненного системного подхода к объектам ЗИП авионики, приводятся примеры вариантов организации цепей поставок. Представленное исследование имеет практическую значимость как при проектировании новой цепи поставки ЗИП, так и при модернизации существующих цепей поставок.

Ключевые слова: ЗИП, авионика, прибор, цепь поставок, моделирование цепи поставки.

Для цитирования:

Гурьянов А. В. Исследование организации поставок ЗИП для поддержания исправности объектов авионики // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(30), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с.106-113. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-106-113.

RESSEARCH OF VARIANTS FOR ORGANIZING THE SUPPLY CHAIN OF AVIONIC EQUIPMENT TO MAINTAIN THE SERVICEABILITY OF AVIONICS OBJECTS

A. V. Guryanov

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The presented study deals with the organization of supply chains for spare serviceable avionics equipment from the perspective of decision makers, heads of instrument-making enterprises. An extremely important issue is the determination of key parameters of avionics spares objects. On the basis of the conducted research, the element base of the serviceable avionics equipment facilities and conditions of operation, recovery of serviceability are considered. Due to the complexity of approaches to avionics objects, the article provides a fixation of key parameters, defines the distinctive features of exactly the avionics spare serviceable avionics equipment, which will determine new requirements and conditions of building the future supply chain. As a result of the conducted research, the article presents a classification of methods for calculating serviceable avionics equipment, based also on the theory of recovery processes. On the basis of the performed system approach to the objects of avionics inventory and spare parts management, examples of supply chain organization variants are given. The presented research is of practical significance both when designing a new chain of supply of spares, and when modernizing the existing supply chains for spare serviceable avionics equipment.

Keywords: spares, avionics, instrument, supply chain, supply chain modeling

For citation:

Guryanov A. V. Ressearch of variants for organizing the supply chain of avionic equipment to maintain the serviceability of avionics objects // System analysis and logistics.: №4(30), ISSN2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p.106-113. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-106-113.

Введение (Introduction)

Сегодня остро необходима разработка новых моделей и методов, новых аппаратных и программных систем для гражданского авиастроения, авиационного двигателестроения и, конечно, производство систем авиационного приборостроения (авионики). Авионика является одним из самых основных элементов управления любого воздушного судна. В мировой практике гражданская авионика обычно объединяет пять основных систем авионики:



- системы управления полетом (Flight Management Systems);
- системы контроля работы двигателя и других агрегатов (Flight Control Systems);
- системы обеспечения жизнедеятельности экипажа и пассажиров (Health Monitoring Systems)
- системы навигации, коммуникации и наблюдения (Navigation, Communication & Surveillance Systems);
- системы электроснабжения и безопасности полета (Electrical and Emergency Systems).

В данном списке представлены лишь основные системы авионики. Все системы авионики просто трудно перечислить. Часть систем имеет двойное (военное и гражданское) применение. Некоторые используются не только в авиации, но и в судовождении, космонавтике и ракетостроении. Крайне важное значение имеют вопросы надежности объектов авионики и организации цепи поставок ЗИП. Согласно многочисленным исследованиям, связанных с оценками надежности объектов авионики [1,2,3,4,5,6], показывает, что при интенсивной эксплуатации, как и для механических объектов, его годовая производительность к концу срока службы снижется на определенное значение (в зависимости от рассматриваемого объекта) по сравнению с первоначальной. За определенный срок службы воздушного судна расходы на техническое обслуживание и ремонт возрастают. Ремонт как способ восстановления работоспособности на самом деле не является универсальным способом. Для современных высокотехнологичных производств ремонт часто невозможен или экономически нецелесообразен вне крупных хорошо оснащенных специализированных предприятий. Поэтому альтернатива ремонту – использование комплектов запасного имущества и принадлежностей (ЗИП), когда восстановление работоспособности сводится к замене отказавшего модуля (сменной части) на работоспособную запасную часть (ЗЧ), что вполне может быть выполнено эксплуатационным персоналом. При использовании ЗИП восстановление работоспособности сводится к замене отказавшего модуля (составной части) на работоспособную запасную часть (ЗЧ), что вполне может быть выполнено эксплуатационным персоналом. В этом случае возникает другая проблема. По соображениям ограничений на суммарную стоимость запасных частей не удастся создать такие большие начальные запасы модулей, которые позволяли бы гарантированно иметь ЗЧ при любом отказе в системе. Это значит, что кроме ранее указанной причины отказа резервированной системы (новый отказ до завершения восстановления) появляется и другая причина, а именно отсутствие в комплекте ЗИП необходимой ЗЧ. Поскольку время пополнения запасов в комплекте существенно превышает допустимое время восстановления работоспособности, изделие после исчерпания запасов становится фактически невозстанавливаемым по отказам данного типа до ближайшего регламентного или случайного момента пополнения комплекта ЗИП.

Необходимо отметить сложность объектов авионики, так как в ее составе есть элементы, которые можно ремонтировать, только путем замены соответствующих блоков целиком. Поэтому организации, закупающей воздушное судно, необходимо просчитывать необходимо число устройств ЗИП, которые необходимо включить в поставку. Особенность объектов авионики является тот факт, что некоторые объекты необходимо планово менять после определенного числа полетов. Данный аспект вызывает организацию дополнительных поставок ЗИП. В противном случае отсутствие определенного блока ЗИП приведет к простоям в работе воздушного судна. Поэтому с одной стороны заказчику, помимо поставки необходимого числа ЗИП при продаже необходимо прогнозировать потребность на определенный интервал времени, с другой стороны, предприятию изготовителю необходимо формировать логистические процессы для обеспечения пополнения ЗИП и организации сервисного ремонта.

Данные процессы формируют требования разработки современной логистической



системы поставок ЗИП для предприятия изготовителя, но при этом необходимо рассматривать и параметры надежности объектов авионики. Объектом исследования данной статьи являются варианты организации цепей поставок ЗИП.

Модели и методы (Models and methods)

Для определения ключевых показателей цепей поставок необходимо определение ключевых переменных, ключевых параметров, которые будут определять требования.

Основными параметрами моделей управления запасами являются:

1. спрос или потребность в объектах авионики за период, либо за определенное количество в единицу времени;
2. объем закупки (объем поставки технической аптечки ЗИП)
3. срок исполнения заказа (длительность доставки партии, анализ наиболее лучших маршрутов доставки объектов авионики);
4. точка перезаказа (минимальный объем запасов, при котором необходимо сделать заказ на поставку новой партии объектов авионики);
5. стоимость хранения (включающая в себя не только непосредственные складские затраты, но и финансовые потери из-за омертвления капитала в запасах), денежных единиц за хранение одной единицы запаса в единицу времени;
6. стоимость оформления заказа на поставку одной партии ЗИП (включающая в себя транзакционные издержки, и, возможно, стоимость доставки);
7. некоторые штрафные условия поставок.

Суммарные затраты на материально-техническое обеспечение парка авиатехники (логистические затраты) складываются из:

1. затрат на хранение запасов;
2. расходов на размещение заказов;
3. убытков из-за дефицита ЗИП.

В числе отличительных особенностей запасов ЗИП к авиационной технике можно отнести:

1. большая номенклатура объектов авионики;
2. широкий диапазон интенсивностей спроса на ЗИП различных наименований – от практически ежесуточной потребности, до потребности в одной замене детали за весь период эксплуатации изделия;
3. высокая стоимость хранения ЗИП.

Закономерным образом возникают вопросы: сколько запасных частей ЗИП должно быть на складе, чтобы обеспечить эксплуатационный уровень готовности системы для выполнения возложенных на нее функций? Какие запасные части должны иметься в запасе, чтобы максимизировать долгосрочную среднюю готовность воздушного судна при условии качественных начальных поставок и ограничениях бюджета для пополнения запасов с учетом общего количества инвестиций на запасные части? Чрезвычайно высокая стоимость запасов ЗИП, в ряде случаев достигающая стоимость нового воздушного судна, вне зависимости от их местонахождения, повышает затраты эксплуатирующей организации, поскольку все затраты, в конечном счете, несет потребитель. Даже при современной организации послепродажного обслуживания авиатехники, когда МТО входит в сферу ответственности предприятий изготовителей или эксплуатантов, эксплуатирующая организация уплачивает их логистические затраты в виде повышенных цен ЗИП и соответствующего ремонта. В то же время отсутствие на складах необходимых деталей и узлов приводит к простоям воздушных судов. Характерный порядок потерь вследствие простоя одного гражданского воздушного судна составляет десятки тысяч долларов [8,9]. Характерные сроки поставки требуемых изделий с российских предприятий-производителей могут достигать нескольких [10,11]



месяцев, с учетом транспортировки, а при вывозе комплектов авионики ЗИП за рубеж – также и таможенного оформления, и т. п., и, что особенно критично, отличаются значительной неопределенностью, порождающей высокие риски. Специфика текущего момента в российской авиапромышленности состоит еще и в том, что производство, как новых изделий, так и запасных частей, нередко носит единичный характер. Поэтому выполнение каждого заказа на поставку ЗИП может быть сопряжено со значительными затратами средств и времени на запуск производства.

Помимо этого, необходимо рассматривать вопросы жизненного цикла приборного комплекса. Переход прибора из неработоспособного (неисправного) состояния в работоспособное осуществляется с помощью операции восстановления или ремонта. Переход прибора из предельного состояния в работоспособное осуществляется с помощью ремонта, при котором происходит восстановление ресурса прибора в целом. По мере роста наработки или с течением времени в состоянии прибора или его отдельных частей наступает предел, после которого использование прибора оказывается нецелесообразным: прибор достиг предельного состояния.

Критериями предельного состояния может быть: неустранимое нарушение требуемой безопасности; неустранимый выход технических характеристик за допустимые пределы; недопустимое снижение эффективности эксплуатации.

Как следствие прибор может находиться в следующих состояниях: исправном; работоспособном; неработоспособном; предельном.

На рисунке 1 представлены модели и методы расчета необходимого количества ЗИП на основе моделирования различных вариантов работоспособности и эксплуатации приборного комплекса.

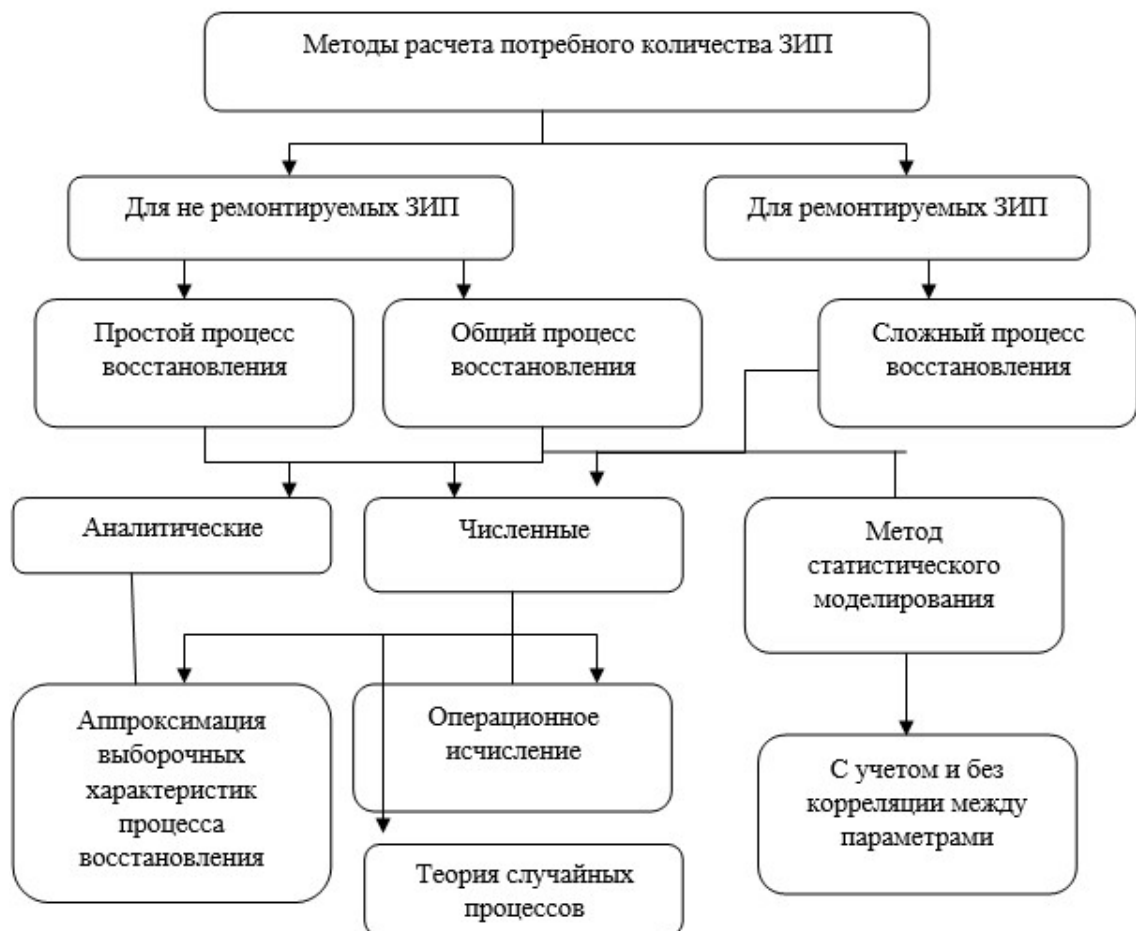




Рис. 1. Классификация методов расчета ЗИП, основанная на теории процессов восстановления [12,13]

Согласно рис. 1 для каждого варианта организации восстановления ЗИП авионики необходима разработка и поддержка соответствующей цепи поставок.

Результаты (Results)

Для правильного определения комплекта ЗИП необходимо учитывать условия организации цепей поставок. Любая поставка ЗИП в таком случае имеет дополнительное ограничение – параметры цепи поставок. Лицо принимающее решение должно выбрать соответствующую логистическую концепцию, основываясь на моделировании процесса поставок [13,14].

Цепь поставок, в современном понимании, это – система связанных между собой логистических потоков, людских ресурсов, организаций, целевой функцией которой является доведение до конечного потребителя товаров, услуг, сырья или их производных.

Выделяют три уровня рассмотрения цепей поставок [11,12,15]:

- макроуровень;
- мезоуровень;
- микроуровень.

Макроуровень описывает цепочку поставок на уровне, включающем в себя отдельные компании и регионы с акцентом на стратегию принятия решений. Модель, при этом, достаточно абстрактна. Схема приведена на рисунке 2. Как видно, объекты ЗИП, поступающее к поставщикам, в конечном итоге трансформируется в конечный товар, доступный для потребителя. На всем этапе пути логистических потоков формируется добавочная стоимость, которая и формирует окончательную стоимость товара. Однако даже эта схема не отражает всего масштаба происходящего. Из-за влияния современной экономики, политики и рынка цепи поставок являются динамическими системами, т. е. изменяются со временем. В эту схему добавляются поставщики различных уровней, производители, которые при ближайшем рассмотрении также становятся и поставщиками, а также и дистрибьюторами, и много другое.

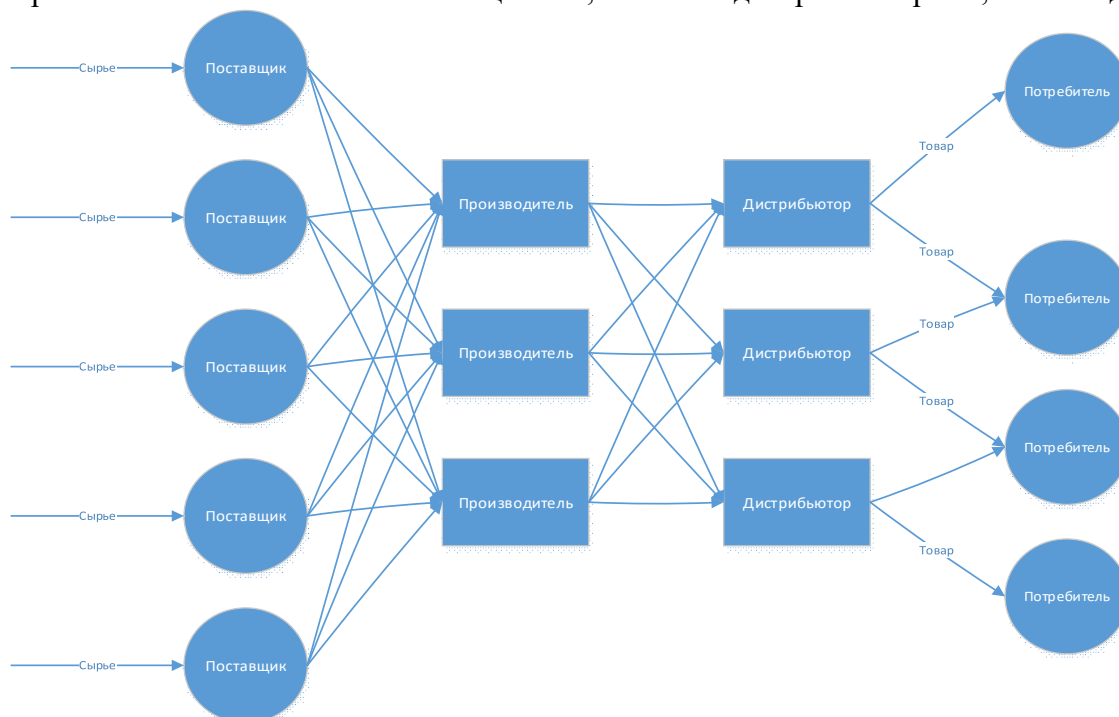


Рис. 2. Цепь поставок на макроуровне

На мезоуровне в основном представлена логистическая инфраструктура цепи поставок,



образуемая соответствующими сущностями и элементами. Рассматриваются взаимодействие между несколькими компаниями в целом, выделяются отдельные узлы, необходимые для функционирования цепи.

Целью рассмотрения мезоуровня в цепях поставок является анализ и контроль существующих взаимодействий. На этом уровне сложная система демонстрирует возникновение и самоорганизацию. Возникновение и самоорганизация - масштабирующие особенности системы, так как они описывают связь между микроструктурами системы и поведением системного уровня. Схема приведена на рис. 3.

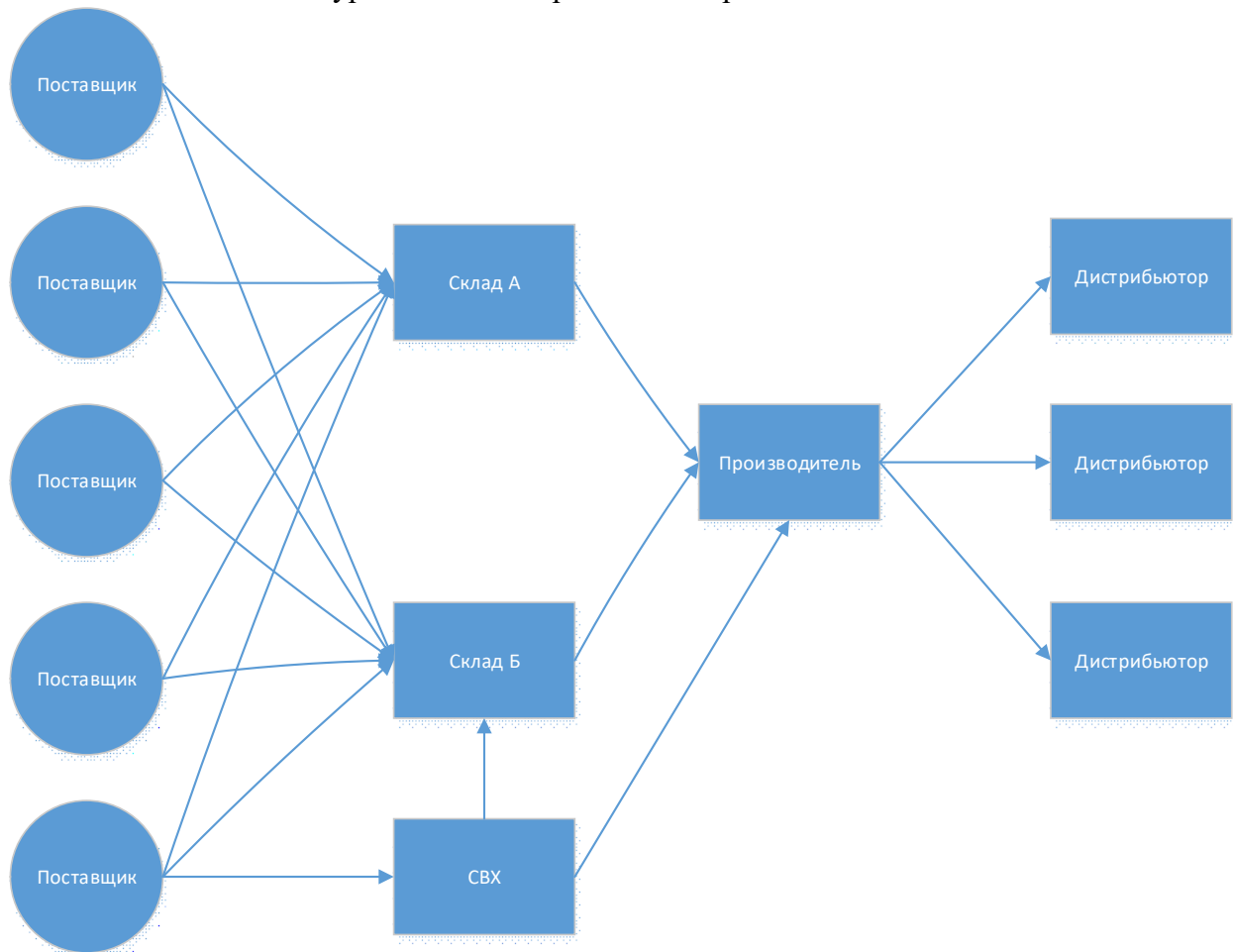


Рис. 3. Цепь поставок на мезоуровне

Микроуровневые модели созданы для наблюдения за поведением отдельных узлов (или множеств узлов). Часто представлены в виде моделей черного ящика. Необходимы для анализа бизнес-процессов в отдельных частях цепочки поставок.

На основе исследования организации цепей поставок необходимо, в зависимости от влияния внешней среды, рассматривать следующие варианты:

- система с фиксированным размером заказа;
- непрерывное пополнения запасов («Точно вовремя»);
- точно вовремя с возможностью экстренного пополнения;
- система с фиксированным промежутком времени между заказами.

Однако, современный вектор развития компаний, а также усложнения во взаимоотношениях b2b между поставщиками и компаниями предполагает постепенное и планомерное развитие как текущих методов и стратегий, так и появление новых.

Так, американские специалисты в сфере закупок К. Лайсонс и М. Джиллингем (2014)



выдвигают еще ряд динамично развивающихся стратегий планирования и управления закупочной деятельностью:

- системы с динамическим планированием потребности в ресурсах (materials requirement planning – MRP);
- системы с динамическим планированием потребности в ресурсах с контролем производства (MRP II);
- планирование ресурсов предприятия (enterprise resource planning – ERP);
- планирование требований по дистрибуции (distribution requirements planning – DRP);
- запасы, управляемые продавцом (vendor-management inventory – VMI).

Заключение (Conclusion)

Управление цепями поставок можно рассматривать, как своеобразную стратегию управления запасами, однако, как показывает практика, УЦП является слишком фундаментальной дисциплиной, влияющей на все сферы предприятия; и рассматривать данную методологию, как модель закупочной деятельности отдельно от остальных процессов не целесообразно. В данном контексте концепция управления ЦП будет зависеть от номенклатуры ЗИП авионики предприятия.

В представленном исследовании исследованы вопросы организации цепи поставок объектов ЗИП авионики с учетом выявления трех основных уровней для принятия решений: микроуровень, мезоуровень и макроуровень. Выполнен детальный анализ исходных данных параметров ЗИП, на основе которых организация или лицо принимающее решение будут проектировать будущую цепь поставок. В выполненном исследовании включены переменные, представляющие влияние внешней среды, которые необходимо учитывать при формировании цепи поставки ЗИП совместно с воздушным судном, при оценке динамической экономической ситуации. На основе методов расчета ЗИП авионики установлены ключевые переменные, которые будут предопределять цепь поставок. Представлены варианты организации цепи поставки и ключевые особенности их организации для объектов и приборных комплексов авионики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

1. Шура-Бура, А. Э. Методы организации, расчета и оптимизации комплектов запасных элементов сложных технических систем / А. Э. Шура-Бура, М. В. Топольский, М.: Знание. 1981. С. 58–112.
2. Лайсонс, К. Управление закупочной деятельностью в цепях поставок / К. Лайсонс, М. Джиллингем. Инфра-М 2005, 798 с.
3. Черкесов, Г. Н. Оценка надежности систем с учетом ЗИП / Г. Н. Черкесов, СПб. БХВ-Петербург, 2012. 480 с.
4. Craig, C. S. Optimal inventory modeling of systems Multi-Echelon Techniques. Second Edition, Kluwer Academic Publishers Group, 2004.
5. Анализ логистической поддержки. Теория и практика / Е. В. Судов, А. И. Левин, А. Н. Петров и др., М.: ООО Издательство «Информ-Бюро», 2014. 260 с.
6. ГОСТ Р 53392–2009. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки, М.: Стандартинформ, 2010, 20 с.
7. Черкесов, Г. Н. О проблеме расчета надежности восстанавливаемых систем при наличии запасных элементов / Г. Н. Черкесов // Надежность. 2010. № 3. С. 29–39.
8. Charu, Chandra. Supply Chain Configuration: Concepts, Solutions, and Applications / Chandra Charu, Janis Grabis // Springer Science & Business Media, 04.07.2007; 342 p. ISBN-10: 0387251901. ISBN-13: 978-0387251905
9. Hale, Kaynak. Total Quality Management and Just-in-Time Purchasing: Their Effects on Performance of Firms Operating in the U.S / Kaynak Hale, Routledge, 2013; ISBN



- 113566689X, 9781135666897. 342 p.
10. Лукинский В. С., Зайцев Е. И. Прогнозирование надежности автомобилей /В. С. Лукинский, Зайцев Е. И. Л.: Политехника, 1991. – 224 с.
 11. Лукинский В. С. Управление запасами в цепях поставок / В. С. Лукинский. учеб. пособие часть 1. М: Юрайт, 2017. 307 с.
 12. Гурьянов А. В. Автоматизация и управление технологическими процессами и киберпроизводством индустрии 4.0 / А. В. Гурьянов, А. В. Шукалов, И. О. Жаринов, О. О. Жаринов // СПб.: Политех, 2021. – 80 с.
 13. Гурьянов А. В. Исследование организации поставок ЗИП для поддержания исправности объектов авионики // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(26), ISSN 2077–5687. – СПб.: ГУАП., 2020 – с. 26–34. doi: 10.31799/2007-5687-2020-4-26-34
 14. Майоров, Н. Н. Системный анализ / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов, В. Е. Таратун, В. А. Романек // СПб.:ГУАП, 2016. – 137 с.
 15. Майоров Н. Н. Моделирование цепей поставок // А. А. Добровольская, Н. Н. Майоров, В. Е. Таратун // СПб.: ГУАП, 2020. - 67 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гурьянов Андрей Владимирович -

заведующий кафедрой авиационных приборных комплексов и тренажерно-обучающих систем ГУАП в ОКБ «Электроавтоматика», доцент, к.э.н., доцент
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: guryanov.elavt@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Guryanov Andrey Vladimirovich -

Head of the Department of Aviation Instrument Complexes and Training and Training Systems at OKB "Electroavtomatika", Ph.D., Associate Professor
St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: guryanov.elavt@gmail.com