

УДК 658.51

## Разработка подхода к интегрированному планированию в цепочках поставок приборостроительной отрасли

**Е. М. Волкова, Б. О. Глембовский**

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

**Для цитирования:** Волкова Е. М., Глембовский Б. О. Разработка подхода к интегрированному планированию в цепочках поставок приборостроительной отрасли // Бюллетень результатов научных исследований. 2024. Вып. 3. С. 196–205. DOI: 10.20295/2223-9987-2024-03-196-205

### Аннотация

**Цель:** в статье предложен подход к интегрированному планированию в цепочках поставок приборостроительной отрасли, направленный на повышение эффективности координации между их основными участниками. **Методы:** в ходе исследования применялись методы системного анализа, статистического анализа и экспертных оценок, что позволило оценить текущие подходы к планированию и предложить подход к интегрированному планированию на основе современных цифровых технологий, применяемых в ходе выполнения функции планирования. Для получения результатов исследования были использованы официальные статистические данные о производительности и экономических показателях приборостроительной отрасли, данные о логистических операциях и цепочках поставок различных предприятий отрасли. **Результаты:** основным научным результатом является разработанный автором подход к развитию интегрированного планирования в цепочках поставок. В рамках исследования также были даны практические рекомендации по использованию методов управления на разных этапах формирования системы интегрированного планирования. **Практическая значимость:** практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенных рекомендаций на предприятиях приборостроительной отрасли для повышения эффективности управления цепочками поставок. Внедрение разработанных методов позволит предприятиям адаптироваться к динамичным условиям рынка, снижать издержки и улучшать координацию действий участников логистической цепочки. Результаты исследования могут быть использованы для разработки и совершенствования систем планирования в организациях приборостроительной отрасли.

**Ключевые слова:** интегрированное планирование, цепочка поставок, приборостроительная отрасль, логистическая цепь, оптимизация логистики, цифровизация

### Введение

Приборостроительная отрасль играет ключевую роль в развитии высокотехнологичных секторов экономики, обеспечивая производство сложных технических устройств и систем. В условиях трансформации цепей поставок на мировом

уровне и высоких темпов технологического прогресса предприятия этой отрасли сталкиваются с множеством вызовов, связанных с управлением цепочками поставок. Эффективное интегрированное планирование становится неотъемлемым инструментом, способным обеспечить конкурентоспособность и устойчивое развитие предприятий в данной сфере. Дадим определение основным дефинициям, применяемым в данной работе.

Цепь поставок (далее — ЦП) является системой процессов и объектов, определяющей формирование информационных, материальных и финансовых потоков от поставщиков до конечных потребителей. Система включает множество элементов или звеньев, таких как предприятия-изготовители, поставщики сырья, складские терминалы и дистрибьюторы [1].

Интегрированное планирование представляет собой функцию управления цепью поставок, в ходе которой участниками ЦП совместно формулируются задачи и цель в области планирования, разрабатывается стратегия действий, составляются планы и программы. Основывается данный процесс на учете требований заказчика, анализе рынка поставок и определении места текущего нахождения на рынке конкурентной цепи поставок [2].

Описание интегрированного планирования в цепях поставок, его методов, необходимости внедрения и подходов к оценке эффективности использования изложено в зарубежных и отечественных научных трудах. Основное определение и разбор составных частей планирования содержатся в работе Н. А. Гвилия [3]. Управление цепью поставок при помощи интегрированного управления разобрано в работе П. Кузинс [4]. Разбор и определение управления бизнес-процессами предприятий на основе концепции интегрированного планирования изложено в трудах И. А. Пузанова [5]. О формировании и использовании методов интегрированного планирования имеется информация в публикации K. Rober, J. Raghav, S. Ganesh, D. Alecsandra [6].

В отличие от традиционного планирования, не выходящего за рамки отдельной организации, интегрированное планирование в ЦП позволяет получить конкурентные преимущества конечного продукта за счет синхронизации действий участников и устранения нарастающей неопределенности при обособленном планировании работы элементов ЦП. В частности, широко известен устранимый в рамках интегрированного планирования «эффект хлыста», рассмотренный подробно в работах В. С. Лукинского, В. В. Лукинского и Н. Г. Плетнева [7].

Несмотря на наличие множества научных трудов, посвященных внедрению интегрированного планирования на концептуальном уровне, недостаточное внимание уделено особенностям формирования и развития интегрированного планирования в отдельных отраслях с учетом их специфики, проблем и возможностей применения прогрессивных технологий.

На наш взгляд, интегрированное планирование в ЦП приборостроительной отрасли имеет особое значение, поскольку обеспечивает эффективное управление ресурсами, снижение затрат и повышение качества продукции, востребованной на внутреннем рынке для первоочередных нужд государства.

Приборостроительная отрасль занимает значительную долю на мировом рынке. Согласно последним данным, она занимает около 10% от общего объема производства обрабатывающей промышленности в мире. Согласно данным сайта «Росстат» в России доля промышленной отрасли в 2023 г. составляет 35,5% от общего ВВП страны [8]. На рис. 1 показана обрабатывающая промышленность, которая занимает 16,3% [9]. Приборостроение в структуре обрабатывающей промышленности занимает большую часть, что подчеркивает его важность для национальной экономики.

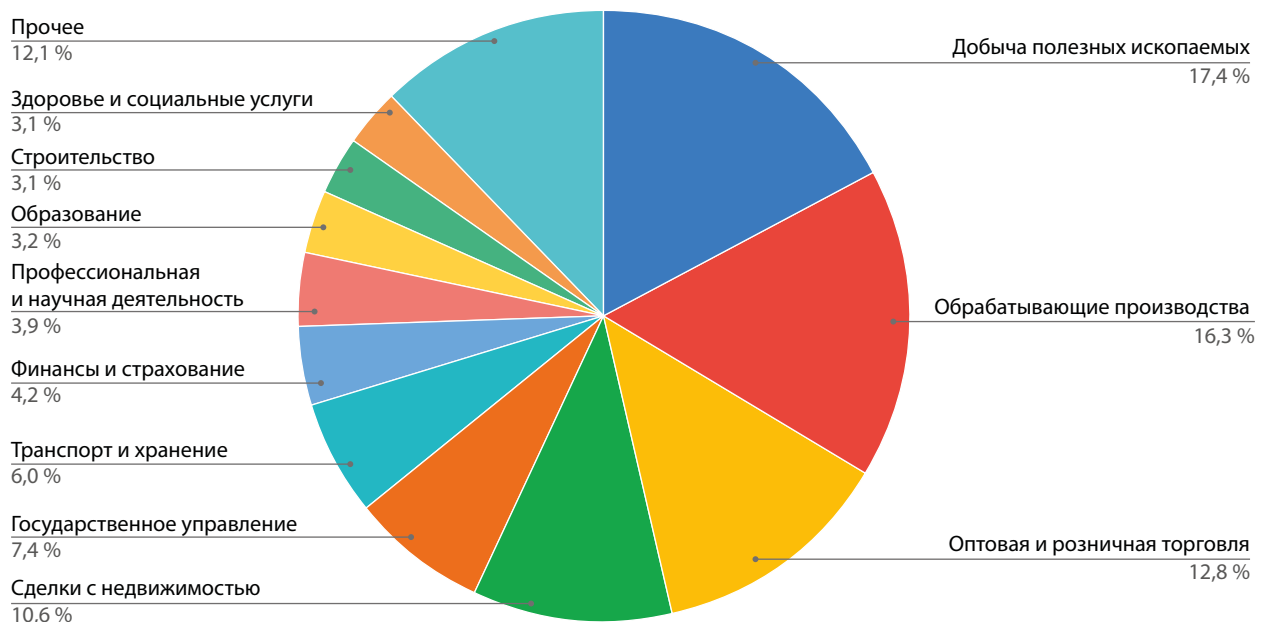


Рис. 1. Структура ВВП Российской Федерации по отраслям в 2023 году, %

Источник: Структура ВВП России. URL: <https://brobank.ru/struktura-vvp-rossii/>

Приборостроительная отрасль характеризуется сложными и многоуровневыми ЦП, включающими большое количество участников — от поставщиков сырья до конечных потребителей. Недостаточная координация между участниками приводит к неэффективности и потере времени, что особенно критично в высокотехнологичных отраслях. Современные ЦП подвержены множеству рисков — от природных катастроф до геополитических изменений. Интегрированное планирование помогает лучше управлять этими рисками, обеспечивая устойчивость и надежность ЦП [4].

Цель исследования состоит в разработке подхода к интегрированному планированию, направленного на улучшение координации и повышение эффективности

управления цепочками поставок в приборостроительной отрасли. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявить особенности планирования в приборостроительной отрасли и обосновать их влияние на процессы интегрированного планирования.
2. Сформулировать основные проблемы, возникающие в процессах планирования организаций приборостроительной отрасли.
3. Разработать методические рекомендации по формированию систем интегрированного планирования в ЦП приборостроительной отрасли.

Далее рассмотрим полученные авторами результаты.

### **Особенности планирования в приборостроительной отрасли и их влияние на процессы интегрированного планирования**

Процесс планирования в приборостроительной отрасли характеризуется высокой сложностью и рядом специфических особенностей, которые необходимо учитывать для обеспечения эффективного управления ЦП, в том числе в процессе интегрированного планирования. Далее будет выделено несколько особенностей, усложняющих процесс планирования производства в приборостроении.

Во-первых, производственные процессы в приборостроительной отрасли включают множество этапов, которые предполагают разработку, сборку, тестирование и контроль качества. Каждый этап требует тщательного планирования и координации ресурсов. Из-за высокой сложности производственных процессов в планировании необходимо учитывать множество факторов, таких как технические характеристики продукции, сроки выполнения заказов и наличие необходимых материалов и компонентов. Сложность производственного процесса, преобладание единичного и серийного типов производства определяют актуальность интегрированного планирования для своевременного выполнения производственных заказов.

Во-вторых, производственные циклы в приборостроительной отрасли часто бывают длинными и могут занимать от нескольких недель до нескольких месяцев. Это требует тщательного планирования и прогнозирования спроса на долгосрочную перспективу. Длинные производственные циклы увеличивают риски, связанные с изменениями в спросе и предложении, что делает важным использование надежных методов прогнозирования и управления запасами.

В-третьих, продукция приборостроительной отрасли должна соответствовать высоким стандартам качества и надежности, что требует тщательного контроля на всех этапах производственного процесса. Высокие требования к качеству увеличивают сложность планирования и требуют применения передовых методов контроля и управления качеством.

В-четвертых, ЦП в приборостроительной отрасли включают множество участников, таких как поставщики сырья, производители компонентов, логистические

компании и дистрибьюторы. Эффективное управление цепочками поставок требует координации действий всех участников и обеспечения своевременного обмена информацией. В то же время ЦП динамично меняются, перестраиваются, складываются и рассыпаются вследствие многономенклатурного выпуска и широкой географии поставок, что создает ограничения в применении интегрированного планирования и усложняет процесс планирования в целом.

В-пятых, спрос на продукцию приборостроительной отрасли часто подвержен значительным колебаниям, что усложняет процесс планирования и обуславливает необходимость создания сквозных страховых запасов комплектующих в ЦП. Особенности приборостроительной отрасли и их влияние на процессы интегрированного планирования представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Особенности приборостроительной отрасли и их влияние на процессы интегрированного планирования

Особенность	Влияние на интегрированное планирование
Единичный тип производства: длительность цикла, многономенклатурный выпуск, сложность технологических процессов	Необходимость выстраивания гибкой системы ИП с возможностью поэтапного планирования производства, создания страховых запасов в ЦП
Высокие требования к качеству продукции и срокам ее изготовления	Применение сквозного поэтапного контроля качества в ЦП с едиными стандартами и процедурами контроля. Организация совместной разработки конструкторской и технологической документации
Множество возможных поставщиков и потребителей, перманентные изменения географии, номенклатуры и объемов поставок, геополитические ограничения	Необходимость выделения приоритетных ЦП, отличающихся высокой стабильностью участников, для создания системы интегрированного планирования. Повышение гибкости в управлении поставками

### Проблемы, возникающие в процессах планирования организаций приборостроительной отрасли

Выводы, представленные ниже, сформулированы авторами по итогам анализа системы и процессов планирования организации приборостроительной отрасли — ООО «ЗМК НИИФА-ЭНЕРГО».

Текущие системы планирования в приборостроительной отрасли не обладают достаточной гибкостью для оперативного реагирования на изменения спроса и предложения. Это приводит к задержкам в принятии решений и увеличению операционных издержек. Статичность планов и ограниченная адаптивность существующих систем планирования увеличивают риски и снижают эффективность управления.

Несмотря на разнообразие поставляемых деталей и комплектующих, в приборостроении на уровне отдельной организации можно выделить ключевых участников нескольких ЦП, формирующих большую часть производственных запасов

(65–70%). Существующие системы планирования часто не позволяют эффективно интегрировать данные из различных источников в ЦП, что приводит к задержкам и ошибкам в принятии решений. Ограниченная интеграция данных и невысокий уровень доверия затрудняют координацию между участниками ЦП и снижают прозрачность процессов.

Большинство организаций в ЦП приборостроительной отрасли используют разные системы и инструменты планирования и управления, что усложняет координацию и обмен информацией. Отсутствие единой информационной платформы приводит к снижению прозрачности и увеличению времени на принятие решений. Интегрированное планирование в ЦП практически отсутствует, в том числе по причине неустойчивости ЦП и низкого уровня доверия между участниками.

Выявленные особенности и сформулированные проблемы, характерные для процесса планирования в приборостроительной отрасли, показывают целесообразность разработки систем интегрированного планирования, которые будут учитывать специфику этой отрасли и обеспечивать более высокую степень координации действий элементов ЦП. Основные проблемы, такие как недостаточная гибкость, ограниченная интеграция данных и отсутствие единой информационной платформы, требуют применения передовых технологий и методов управления, таких как машинное обучение, анализ больших данных и новые инструменты управления качеством.

### **Разработка системы интегрированного планирования в ЦП приборостроительной отрасли**

Разработка подхода к интегрированному планированию в цепочках поставок приборостроительной отрасли направлена на решение выявленных проблем и повышение эффективности управления ЦП в приборостроительной отрасли. Подход учитывает не только имеющиеся проблемы и специфику отрасли, но и современный уровень развития технологий обработки и анализа данных, а также корпоративных информационных систем.

В основе подхода — создание системы интегрированного планирования в ЦП. Система включает участников ЦП, информацию, необходимую для определения потребных объемов производства конечного продукта, и соответствующую инфраструктуру, а также совокупность методов и инструментов управления, принятия решений и обработки данных. Работа системы основана на следующих методических рекомендациях:

1. Создание единой информационной платформы: объединение различных систем и источников данных участников ЦП в единую платформу, которая обеспечит прозрачность и доступность информации.

2. Использование технологий больших данных: применение методов анализа больших данных для обработки и интеграции информации из различных

источников, что позволит более точно прогнозировать спрос и оптимизировать запасы в ЦП.

3. Внедрение методов Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR): обеспечение совместного планирования, прогнозирования и пополнения запасов между участниками цепочки поставок, что позволит улучшить координацию и снизить издержки.

4. Внедрение систем искусственного интеллекта и машинного обучения: применение AI и ML для анализа данных, прогнозирования спроса и оптимизации производственных процессов в ЦП.

5. Использование IoT (интернета вещей): внедрение сенсоров и устройств IoT для мониторинга и управления производственными процессами и логистикой в реальном времени.

6. Применение методов Advanced Planning and Scheduling (APS): использование APS для оптимизации планирования производства и распределения ресурсов, что позволит улучшить координацию между различными звеньями цепочки поставок.

Учитывая, что системы интегрированного планирования в ЦП приборостроительной отрасли еще не сформированы, их формирование рекомендуется осуществлять в рамках проектного управления, предварительно отобрав приоритетные ЦП, обеспечивающие основную номенклатуру производимой продукции и отличающиеся стабильным составом участников. Для отбора приоритетных ЦП можно использовать ABC-анализ по номенклатуре запасов, а затем для выбора ключевых поставщиков — метод анализа иерархий в сочетании с экспертными оценками. Далее целесообразно осуществление поэтапной разработки и внедрения системы интегрированного планирования для каждой приоритетной ЦП (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2. Этапы разработки и внедрения системы интегрированного планирования в ЦП

Наименование этапа	Содержание этапа	Применяемые методы
Этап 1. Анализ текущего состояния системы планирования	Проведение аудита текущих методов планирования и управления цепочками поставок на предприятиях; определение ключевых проблем и «узких мест»	Методы экспертных оценок, план-факт анализ, методы факторного анализа
Этап 2. Разработка и внедрение единой информационной платформы для обмена данными	Разработка архитектуры информационной системы, обеспечивающей интеграцию данных из различных источников; определение требований к программному обеспечению и инфраструктуре; организация закупки оборудования, ПО, монтаж и наладка	Метод анализа иерархий, методы проектного управления

Окончание табл. 2

Наименование этапа	Содержание этапа	Применяемые методы
Этап 3. Разработка и внедрение модели прогнозирования спроса	Разработка и верификация модели прогнозирования спроса; тестирование модели на эмпирических данных; разработка прогноза спроса на конечную продукцию ЦП	Методы машинного обучения, методы анализа больших данных, методы прогнозирования
Этап 4. Разработка и внедрение систем совместного планирования	Создание координационного центра управления ЦП; внедрение инструментов CPFR для координации действий участников цепочки поставок; разработка плана производства в целом и для каждого участника ЦП	Методы проектного управления, метод CPFR, методы линейного программирования, методы календарного планирования потребности в ресурсах
Этап 5. Мониторинг и корректировка интегрированного плана и планов участников ЦП	Разработка, расчет и мониторинг показателей оценки эффективности работы системы интегрированного планирования ЦП; корректировка планов и/или применяемых моделей и методов планирования и прогнозирования	План-факт анализ, методы факторного анализа, методы управления по отклонениям

## Заключение

Разработанные контуры подхода к формированию и развитию системы интегрированного планирования в ЦП могут применяться в организациях приборостроительной отрасли и отраслей с аналогичными особенностями. Особо важно подчеркнуть, что конкретные проекты развития систем интегрированного планирования должны также учитывать размер организации, число ЦП с ее участием, номенклатуру выпускаемой продукции и приобретаемых комплектующих, состав и сложность стадий технологического цикла. Это открывает возможности для продолжения начатого исследования, так же как и поиск адекватной системы показателей, отражающих эффективность и результативность работы системы интегрированного планирования в ЦП приборостроительной отрасли.

## Библиографический список

1. Что такое цепи поставок: концепция, виды, преимущества. URL: <https://lamarca.ru/blog/upravlenie-tsepyami-postavok-na-predpriyatii-cto-eto-takoe> (дата обращения: 06.07.2024).
2. Управление запасами в цепях поставок: учебник и практикум для вузов / В. С. Лукинский [и др.]. М.: Юрайт, 2024. 625 с.
3. Гвилия Н. А. Интегрированное планирование цепей поставок: учебное пособие. СПб.: СПбГЭУ, 2013. 58 с.
4. Стратегическое управление цепочками поставок: теория, организационные принципы и практика эффективного снабжения: учебно-практическое руководство / П. Кузинс [и др.]; пер. с англ. и науч. ред. В. М. Дудникова. М.: Дело и Сервис, 2010. 320 с.



5. Пузанова И. А. Интегрированное планирование цепей поставок. М.: Юрайт, 2014.
6. Integrated Buiseness Planning / R. Kerczynski [et al.]. Management for Professionals, 2018. 265 с.
7. Лукинский В. С., Лукинский В. В., Плетнева Н. Г. Логистика и управление цепями поставок: учебник и практикум для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2024. 359 с.
8. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 25.07.2024).
9. Структура ВВП России. URL: <https://brobank.ru/struktura-vvp-rossii/> (дата обращения: 11.08.2024).

Дата поступления: 15.08.2024

Решение о публикации: 02.09.2024

#### Контактная информация:

ВОЛКОВА Елена Михайловна — докт. экон. наук, доцент; moonlight34@yandex.ru

ГЛЕМБОВСКИЙ Бронислав Олегович — аспирант; bronik051998@mail.ru

## Development of an approach to integrated planning in supply chains of the instrumentation industry

**E. M. Volkova, B. O. Glembovskiy**

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

**For citation:** *Volkova E. M., Glembovskiy B. O.* Development of an approach to integrated planning in supply chains of the instrumentation industry // Bulletin of scientific research results. 2024. Iss. 3. P. 196–205. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2024-03-196-205

#### Abstract

**Purpose:** the article proposes an approach to integrated planning in supply chains of the instrument-making industry, aimed at improving the efficiency of coordination between their main participants. **Methods:** the study used methods of system analysis, statistical analysis and expert assessments, which made it possible to evaluate current approaches to planning and propose an approach to integrated planning based on modern digital technologies used in the performance of the planning function. To obtain the results of the study, official statistical data on the productivity and economic indicators of the instrument-making industry, data on logistics operations and supply chains of various enterprises in the industry were used. **Results:** the main scientific result is the approach to the development of integrated planning in supply chains developed by the author. The study also provided practical recommendations on the use of management methods at different stages of the formation of an integrated planning system. **Practical significance:** the practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed recommendations at enterprises of the instrument-making industry to improve the efficiency of supply chain management. The implementation of the developed methods will allow enterprises to adapt to dynamic market conditions, reduce costs and improve coordination of the actions of private logistics chain participants. The results of the study can be used to develop and improve planning systems in organizations in the instrument-making industry.

**Keywords:** four-axle gondola car, universal gondola car, increased load capacity, high-strength steels, evaluation of strength and stiffness of the gondola car body structure, gondola frame structure buckling analysis

## References

1. Chto takoe cepi postavok: koncepciya, vidy`, preimushhestva. URL: <https://lamacon.ru/blog/upravlenie-tsepyami-postavok-na-predpriyatii-chto-eto-takoe> (data obrashheniya: 06.07.2024). (In Russian)
2. Upravlenie zapasami v cepyax postavok: uchebnik i praktikum dlya vuzov / V. S. Lukinskij [i dr.]. M.: Yurajt, 2024. 625 s. (In Russian)
3. Gviliya N.A. Integrirovannoe planirovanie cepej postavok: uchebnoe posobie. SPb.: SPbGE`U, 2013. 58 s. (In Russian)
4. Strategicheskoe upravlenie cepochkami postavok: teoriya, organizacionny`e principy` i praktika e`ffektivnogo snabzheniya: uchebno-prakticheskoe rukovodstvo / P. Kuzins [i dr.]; per. s angl. i nauch. red. V. M. Dudnikova. M.: Delo i Servis, 2010. 320 s. (In Russian)
5. Puzanova I.A. Integrirovannoe planirovanie cepej postavok. M.: Yurajt, 2014. (In Russian)
6. Integrated Buiseness Planning / R. Kepczynski [et al.]. Management for Professionals, 2018. 265 s.
7. Lukinskij V.S., Lukinskij V.V., Pletneva N.G. Logistika i upravlenie cepyami postavok: uchebnik i praktikum dlya vuzov. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Yurajt, 2024. 359 s. (In Russian)
8. Federal`naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (data obrashheniya: 25.07.2024). (In Russian)
9. Struktura VVP Rossii. URL: <https://brobank.ru/struktura-vvp-rossii/> (data obrashheniya: 11.08.2024). (In Russian)

Received: 15.08.2024

Accepted: 02.09.2024

## Author's information:

Elena M. VOLKOVA — Doctor of Economic Sciences, Associate Professor; moonlight34@yandex.ru

Bronislav O. GLEMBOVSKIY — Postgraduate Student; bronik051998@mail.ru