

Родионова Юлия Исуповна

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им.
Главного маршала авиации А.А. Новикова

Горох Артём Олегович

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им.
Главного маршала авиации А.А. Новикова

Баходуров Фирдавс Абдужалилович

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации им.
Главного маршала авиации А.А. Новикова

Экономические последствия перестройки цепочки поставок в программе МС-21-310 с двигателем ПД-14

Аннотация. Рассматриваются экономические последствия перестройки цепочки поставок материалов, различных агрегатов, комплектующих изделий и связанных производственных услуг в программе МС-21-310 с двигателем ПД-14. Актуальность определяется тем, что в условиях импортозамещения в гражданском авиастроении Российской Федерации меняется не только состав поставщиков, но и в целом вся организация производства, включая распределение технологических операций между различными предприятиями, подготовку серийного выпуска воздушных судов данного типа, поставку комплектующих, ремонт и последующее сервисное сопровождение. В таких условиях перестройка цепочки поставок должна оцениваться как экономический процесс, напрямую влияющий на затраты, сроки серийного выпуска и организацию ремонта. Цель нашего исследования состоит в разработке особого подхода к оценке экономических последствий перестройки данного типа применительно к программе МС-21-310. В работе предлагаем рассматривать отдельные участки цепочки поставок по трем основным критериям. Первый – ресурсоемкость перестройки, то есть объем затрат и организационных изменений, необходимых для перехода к новой схеме поставок. Второй – влияние на стабильность серийного выпуска самолета (степень воздействия данного участка на непрерывность сборки и соблюдение производственного графика). Последний: значение для сервисного обеспечения – роль перестраиваемого участка в ремонте, поставке запасных частей и техническом обслуживании самолета во время эксплуатации. Научная новизна работы заключается в том, что перестройка цепочки поставок всего оборудования анализируется как совокупность решений с разной экономической значимостью для программы. Практическая значимость исследования связана с возможностью использования предложенного подхода в будущем для выбора приоритетных направлений перестройки поставок, выбора очередности изменений в системе поставок комплектующих и оценки их значение для реализации отечественных авиационных программ и, в частности, программы МС-21-310.

Ключевые слова: перестройка поставок, производственный ритм, межзаводская кооперация, ремонтное обеспечение, комплектующие, серийный выпуск, экономические последствия, отечественное авиастроение, программа МС-21-310

Rodionova Yulia Isupovna

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov

Gorokh Artem Olegovich

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov

Bahodurov Firdavs Abduzhalilovich

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov

Economic consequences of the supply chain restructuring in the MS-21-310 program with the PD-14 engine

Abstract. The article examines the economic consequences of restructuring the supply chain of materials, various assemblies, components, and related production services in the MC-21-310 program with the PD-14 engine. The relevance of the study is determined by the fact that, under import substitution in the civil aircraft industry of the Russian Federation, not only the composition of suppliers is changing, but also the overall organization of production, including the distribution of technological operations among different enterprises, preparation for serial production of this aircraft type, supply of components, repair, and subsequent service support. Under these conditions, supply chain restructuring should be assessed as an economic process that directly affects costs, the timing of serial production, and the organization of repair activities. The purpose of the study is to develop a specific approach to assessing the economic consequences of this type of restructuring as applied to the MC-21-310 program. The paper proposes considering individual segments of the supply chain according to three main criteria. The first is the resource intensity of restructuring, that is, the volume of costs and organizational changes required for the transition to a new supply scheme. The second is the impact on the stability of serial aircraft production, namely the degree to which a given segment affects continuity of assembly and compliance with the production schedule. The third is the importance for service support, that is, the role of the restructured segment in repair, spare parts supply, and technical maintenance of the aircraft during operation. The scientific novelty of the study lies in the fact that restructuring of the equipment supply chain is analyzed as a set of decisions with different economic significance for the program. The practical significance of the study is associated with the possibility of using the proposed approach in the future to identify priority directions for supply chain restructuring, determine the sequence of changes in the component supply system, and assess their significance for the implementation of domestic aviation programs, in particular the MC-21-310 program.

Keywords: supply chain restructuring, production rhythm, interplant cooperation, maintenance support, components, serial production, economic consequences, domestic aircraft industry, MC-21-310 program.

1. Введение

В программе MC-21-310 с двигателем ПД-14 экономическое значение имеет не только сам факт замены иностранных компонентов, но и перестройка всей системы поставок, на которой держится серийный выпуск самолета. В условиях импортозамещения меняется состав поставщиков, распределение производственных функций между предприятиями, организация поставки материалов и агрегатов, а также контур ремонта и технического сопровождения [1; 2]. После одобрения главных изменений в типовую конструкцию самолета, связанных с установкой двигателя ПД-14 и использованием отечественного композитного крыла, вопрос поставок перестал быть частным производственным вопросом и стал частью общей экономики программы [2]. Дополнительное значение этому придает завершение очередного этапа внедрения российских композитов в конструкцию MC-21, поскольку это указывает на расширение внутреннего производственного контура и на дальнейшее смещение центра тяжести в сторону российских предприятий [3].

Для крупной авиационной программы этого недостаточно описывать в терминах общего импортозамещения. Необходимо понимать, какие изменения в системе поставок наиболее затратны, какие прямо влияют на темп серийного выпуска, а какие определяют возможность длительной эксплуатации самолета после передачи заказчику. Именно поэтому перестройка системы поставок должна рассматриваться как самостоятельный объект экономической оценки.

2. Методология

В работе предлагается оценивать изменения в системе поставок по трем критериям (см. табл. 1).

Таблица 1. Критерии оценки изменений в системе поставок в программе МС

Критерий	Содержание критерия	Признаки высокого значения	Что это означает для программы
Ресурсоемкость изменений	Объем затрат и организационных действий, необходимых для перехода к новой схеме поставок	Требуются новые или расширенные мощности, перенастройка технологических процессов, подготовка персонала, изменение логистики, согласование действий между несколькими предприятиями	Изменение не может рассматриваться как быстрое или локальное; оно требует отдельного планирования по срокам, ресурсам и этапам внедрения
Влияние на серийный выпуск	Степень зависимости темпа сборки самолета от данного участка системы поставок	Сбой поставок может остановить или замедлить сборку, нарушить производственный график, создать дефицит по критичному узлу или материалу	Данный участок должен рассматриваться как первоочередной, поскольку его нестабильность прямо влияет на выпуск самолетов
Значение для ремонта и технического сопровождения	Роль данного участка в обеспечении запасными частями, ремонте, техническом обслуживании и сопровождении эксплуатации	От данного направления зависят восстановление исправности, доступность запасных частей, возможность планового и внепланового ремонта, устойчивость эксплуатации после передачи самолета заказчику	Изменение должно оцениваться не только по влиянию на производство, но и по его значению для дальнейшей эксплуатации и поддержки парка

*Примечание: при практическом применении таблицы каждый участок системы поставок может быть оценен по всем трем критериям одновременно. Например, поставки материалов и узлов для двигателя ПД-14 целесообразно анализировать прежде всего по влиянию на серийный выпуск, композитные материалы и связанная с ними технологическая база – по ресурсоемкости изменений. Поставки запасных частей и ремонтных компонентов – по значению для технического сопровождения.

Представленные критерии позволяют рассматривать изменения в системе поставок в качестве совокупности направлений с разной экономической значимостью для производства, ремонта и дальнейшей эксплуатации МС-21-310.

3. «Критериальный подход»

В рамках программы МС-21-310 изменения в системе поставок комплектующих и составных частей охватывают четыре принципиально различных по экономическому содержанию направления: силовую установку (двигатель ПД-14 разработки АО «ОДК-Авиадвигатель»), полимерные композиционные материалы (ПКМ), функциональные агрегаты и бортовые системы и также компоненты послепродажного обслуживания (запасные части, ремонт и последующее техническое сопровождение) [2–4].

Неоднородность этих направлений исключает возможность их оценки посредством единого показателя уровня локализации (*показателя, фиксирующего долю отечественных компонентов в стоимости воздушного судна, однако не учитывающего ни производственные риски, ни временные горизонты, ни роль отдельных позиций в сборочном цикле*). В данном разделе предлагается особая аналитическая модель, позволяющая дифференцировать направления импортозамещения по степени приоритетности и экономической значимости для программы в целом.

3.1 Ресурсоемкость структурных изменений в цепочке поставок

Под ресурсоемкостью понимается *совокупность капитальных вложений, затрат на освоение новых производственных процессов и издержек по выстраиванию кооперационных связей между предприятиями, необходимых для замещения конкретной позиции в цепочке поставок*. Наибольшие значения данного критерия характерны для направлений, связанных с двигателем ПД-14 и конструктивными ПКМ: здесь замещение затрагивает большой производственный контур – от сырьевого передела до сборочных и испытательных операций [2–4].

В частности, переход на отечественные углеродные ленты и препреги для силовых панелей крыла потребовал создания нового производства в АО «ЮМАТЕКС» (Росатом) с выходом на проектную мощность в 2021–2022 гг., а разработка и сертификация ПД-14 заняли более 15 лет и потребовали, по оценкам ОАК, свыше 70 млрд руб. совокупных вложений [3]. Для сравнения: интеграция двигателя CFM LEAP-1A в программу Airbus A320neo, при наличии старой кооперационной базы, заняла около 6 лет от начала разработки до первого коммерческого рейса. Это демонстрация дополнительных издержек, возникающих при формировании компетенций, грубо говоря, «С НУЛЯ». Важно отметить, что что между принятием инвестиционного решения и его реальным влиянием на производство проходит значительное время – как правило, не менее 10-15 лет, – что требует отдельного экономического обоснования с учетом изменения стоимости затрат во времени.

3.2. Влияние на непрерывность серийного выпуска

Данный критерий характеризует степень зависимости соблюдения установленных сроков производственного графика от бесперебойности поставок по конкретному направлению. Выразим это через коэффициент критичности поставки k_i , определяемый как отношение длительности вынужденного простоя линии сборки при срыве поставки i -го компонента к плановой продолжительности цикла производства ВС:

$$k_i = \frac{T_{\text{простой},i}}{T_{\text{цикл}}}$$

Результаты с $k_i \geq 1$ классифицируем как критические: их нарушение делает невозможным выпуск независимо от состояния остальных цепочек поставок. В программе МС-21-310 к данной группе относятся поставки двигателя, кессона крыла из ПКМ, а также агрегатов, входящих в критический путь финальной сборки на мощностях АО «Иркут» в Иркутске [1; 4].

Подтверждением высокого значения k_i для авионики и зарубежных агрегатных позиций служат события 2022 года: *введение экспортных ограничений со стороны ряда западных поставщиков повлекло временную остановку передачи ВС заказчикам и потребовало экстренного пересмотра более 50 позиций комплектации* [4]. Плановый темп выпуска МС-21, заявленный на уровне 72 ВС (примерное значение) в год к 2030 году, достигим лишь при условии, что ни одно из критических направлений не образует продолжительного дефицита поставок. Ключевым индикатором является темп выпуска ВС, исчисляемый в единицах в год и непосредственно определяющий выручку и окупаемость всей программы.

3.3. Значимость для послепродажного сервисного технического обслуживания и ремонта воздушных судов во время эксплуатации

Жизненный цикл гражданского ВС предполагает многократное превышение совокупных затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) над первоначальной стоимостью приобретения. По данным IATA и Oliver Wyman, для узкофюзеляжных ВС данное соотношение составляет от 3:1 до 5:1 на горизонте 25 лет эксплуатации, при этом затраты на двигательный ТОиР формируют 40-45% совокупных расходов на техническое обслуживание. В этой связи ряд направлений импортозамещения должен оцениваться по принципиально иному критерию: по способности обеспечить наличие запасных частей, расходных материалов и ресурса для обеспечения ремонта непосредственно в эксплуатирующих организациях – авиакомпаниях, предприятиях и т.д.

3.4. Сравнительный анализ критериев и практические следствия

Сопоставление критериев выявляет важную закономерность (табл. 2): наиболее ресурсоемкие направления совпадают с критичными для сборки, тогда как значимость для ТОиР сосредоточена преимущественно в позициях по агрегатам, бортовым информационно-управляющим системам и т.д., которые производственными метриками не улавливаются.

Таблица 2. Направления импортозамещения по трем критериям

Направление	Ресурсоемкость	Критичность для серийного выпуска (k_i)	Значимость для ТОиР	Горизонт замещения	Примеры конкретных позиций
Двигатель ПД-14	Высокая (>70 млрд руб. совокупных вложений)	Высокая ($k_i \geq 1$)	Высокая (40–45% затрат на ТОиР)	15+ лет	Турбина, камера сгорания, FADEC
Конструкционные ПКМ	Высокая (создание нового производства ЮМАТЕКС)	Высокая ($k_i \geq 1$)	Средняя	8–12 лет	Панели крыла, хвостовое оперение, гондолы
Базовые агрегаты	Средняя	Средняя ($0,5 \leq k_i < 1$)	Высокая	3–5 лет	Шасси, ВСУ, гидравлические приводы
Авионика и бортовые системы	Средняя	Средняя ($0,5 \leq k_i < 1$)	Высокая	5–7 лет	БСТО, навигационный комплекс, системы предупреждения
Запасные части и расходные материалы	Низкая	Низкая ($k_i < 0,5$)	Высокая (определяет располагаемый налёт парка)	1–3 года	Уплотнения, фильтры, крепёжные элементы

4. Заключение

Перестройка цепочки поставок в программе МС-21-310 с двигателем ПД-14 должна оцениваться как самостоятельный экономический процесс. Предложенный подход

позволит выделять участки, наиболее значимые для будущего серийного выпуска ВС, требующие наибольших ресурсов и важные для ремонта и технического сопровождения. Это дает возможность более обоснованно определять очередность изменений в системе поставок компонентов в рамках отечественных авиационных программ.

Список источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 04.05.2024 № 1102-р «О внесении изменений в комплексную программу развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года». - Текст : электронный. - URL: <https://static.government.ru/media/acts/files/1202405170046.pdf> (дата обращения: 18.04.2026).

2. Росавиация одобрила отечественное крыло и двигатель на самолет МС-21 // Министерство транспорта Российской Федерации. 30.12.2022. - Текст : электронный. - URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10583> (дата обращения: 18.04.2026).

3. Завершено внедрение отечественных композитов в конструкцию МС-21 // Интерфакс. 11.02.2026. - Текст : электронный. - URL: <https://www.interfax.ru/russia/1072252> (дата обращения: 18.04.2026).

4. Предприятия ОДК обсудили производство двигателя ПД-14 в рамках кооперации // Объединенная двигателестроительная корпорация. 27.10.2022. - Текст : электронный. - URL: <https://www.uecrus.com/press/predpriyatiya-odk-obsudili-proizvodstvo-dvigatelya-pd-14-v-ramkakh-kooperatsii/> (дата обращения: 18.04.2026).

Сведения об авторах

Родионова Юлия Исуповна, старший преподаватель кафедры №8 «Прикладной математики и информатики», Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Горох Артём Олегович, студент 1 курса, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Баходуров Фирдавс Абдужалилович, студент 1 курса, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова, Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors

Rodionova Yulia Isupovna, Senior Lecturer, Department No. 8, Applied Mathematics and Computer Science, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Gorokh Artem Olegovich, 1st year student, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov, Saint Petersburg, Russia

Bahodurov Firdavs Abduzhalilovich, 1st year student, Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov, Saint Petersburg, Russia.