

УДК 658.5

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОТОВЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА КОНЦЕПЦИЙ LP, QRM, AM

© 2025 В.А. Шогенов^{1,2}, Т.В. Малышева¹

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

² АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», г. Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 11.03.2025

Статья посвящена актуальной проблеме создания производств критически важных комплектующих для российского авиастроения. Перед отечественным самолетостроением актуальной задачей является организация производства новых изделий соответствующего качества в максимально короткий период. Целью статьи является выбор и научное обоснование организационно-технического решения по разработке и организации производства наукоемкой продукции – сотовых заполнителей для летательных аппаратов. Основными методами исследования являются структуризация факторов производства, формализация последовательности производственных операций, описание взаимосвязей между объектами системы. Математическое описание длительности производственного цикла основано на методике определения критического пути. В статье определены этапы процесса организации производства сотовых заполнителей с учетом уровня наукоемкости предприятия, степени разработки изделия и готовности технической документации. Проведен сравнительный анализ концепций организации производства LP, QRM и AM с целью использования их принципов и инструментов для решения производственных задач: повышения организационной гибкости, сокращения потерь и времени производственного цикла. Разработана концептуальная модель организации производства сотовых заполнителей на основе синтеза методов и инструментов активного, быстро реагирующего и бережливого производства с постановкой приоритетов подходов по этапам жизненного цикла производства. Предложена последовательность работ по оптимизации критического пути цикла производства сотовых заполнителей, состоящего из десяти последовательных этапов, где ключевыми инструментами сокращения длительности производственных процедур с позиции системной динамики являются методы быстро реагирующего и бережливого производства POLCA, создание карты потока создания ценности, стандартизация процессов, 5S как реорганизация схем хранения запасов, комплектующих и инструмента. Результатом предложенных решений является уменьшение длительности производственного цикла на 28,5%. Материалы исследования могут быть использованы при разработке и реализации программ импортозамещения на производстве, разработки новой продукции и организации производственного процесса, оптимизации длительности производственного цикла, внедрения инструментов концепций организации производства LP, QRM, AM.

Ключевые слова: организация производства, импортозамещение, сотовые заполнители, активное производство, быстро реагирующее производство, бережливое производство, критический путь производства.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-2-108-115

EDN: GYDGRU

ВВЕДЕНИЕ

Концепция технологического развития России до 2030 года предусматривает достижение технологического суверенитета критически важной промышленной продукции. В сфере авиастроения в условиях ограничения сырьевой базы активно ведутся научно-технические разработки по созданию производства критически важных комплектующих. В конструкции летательных аппаратов отечественными разработчиками принято решение о широком применении полимерных композиционных материалов, что позволяет существенно снизить вес самолета, повысить физико-механические и летно-тактические характеристики.

Одним из элементов летательных аппаратов являются сотовые заполнители, используемые в качестве «промежуточного» слоя конструкций. Для совершенствования данных элементов в связи с развитием отечественного самолетостроения требуются сотовые заполнители с более высокими физико-механическими характеристиками. Имеющееся в России производство заполнителей легких номиналов на сегодняшний день не удовлетворяет требованиям конструкций современных самолетов. При этом опыт производства подобных сотовых заполнителей имеется в мировой практике.

Шогенов Вадим Алексеевич, соискатель кафедры логистики и управления, заместитель директора НПК «Композит» по производству – начальник цеха. E-mail: shogenovva@technologiya.ru

Малышева Татьяна Витальевна, доктор технических наук, профессор кафедры логистики и управления.

E-mail: tv_malysheva@mail.ru

В этой связи, перед отечественным самолетостроением актуальной задачей является разработка и организация производства новых изделий соответствующего качества в максимально короткий временной период.

Целью работы является выбор и научное обоснование организационно-технического решения по разработке и организации производства наукоемкой продукции – сотовых заполнителей для летательных аппаратов.

МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА

Для разработки концептуальной модели организации производства сотовых заполнителей использованы методы структуризации факторов производства по категориям и функциональным признакам, формализация последовательности производственных операций, описание взаимосвязей между объектами системы. Для описания концепций организации производства LP, QRM и AM применен метод сравнительного анализа по организационно-методологическим критериям.

Математическое описание длительности производственного цикла основано на методике определения критического пути, когда изначально все работы имеют нулевой запас времени [1,2]. Начальные сроки выполнения работ ($T_{st(i)}$) определяются по формуле:

$$T_{st(i)} = \sum_{i=0}^n t_{max}, \quad (1)$$

где t_{max} – продолжительность производственных процедур до оптимизации;

i – производственная процедура;

n – количество производственных процедур.

Продолжительность выполнения работ после совершенствования критического пути ($T_{fn(i)}$) определяется по формуле:

$$T_{fn(i)} = \sum_{i=0}^n t_{mix}, \quad (2)$$

где t_{mix} – продолжительность производственных процедур после оптимизации.

Временной резерв продолжительности производственных процедур или резерв сокращения критического пути производства ($R_{kpp(i)}$) будет равен:

$$R_{kpp(i)} = T_{st(i)} - T_{fn(i)}. \quad (3)$$

Формализация процесса производства сотовых заполнителей для летательных аппаратов осуществлена с использованием регламентирующих документов в сфере разработки и постановки продукции производственно-технического назначения на производство (ГОСТ 15.301-2016), управления качеством продукции (ГОСТ Р ИСО 9001-2015), внедрения инструментов организации производства (ГОСТ Р 56404-2021, ГОСТ Р ИСО 31000-2010 и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1 Постановка задачи организации производства отечественных сотовых заполнителей для летательных аппаратов. Организация производства наукоемкого продукта основывается на системно-процессном подходе, где каждый из этапов процесса может быть выполнен за счет использования совокупности методов, моделей и инструментов. Выбор модели производства зависит как от уровня наукоемкости предприятия, так и от степени разработки изделия и готовности технической документации. Производство нового наукоемкого изделия является наиболее рациональным на базе научно-производственного предприятия, где возможна организация полного жизненного цикла от разработки конструкции до запуска массового производства [3].

Согласно ГОСТ 15.301-2016 реализация задачи создания сотовых заполнителей для летательных аппаратов включает два основных этапа: разработка и постановка продукции на производство [4]. Полагая, что в случае, если продукция является новой и не имеет аналогов производства, этап разработки изделия может быть разграничен на две стадии: разработка конструкции согласно требуемым свойствам и ее испытания; отработка технологии производства с выбором сырья, материалов, оборудования.

В целом, процесс организации производства сотовых заполнителей будет включать три объемных этапа работы:

- опытно-конструкторские работы: разработка конструкции согласно техническому заданию с выбором сырья, материалов, оборудования, испытания опытных образцов, разработка конструкторской (КД) и технической документации (ТД);

- отработка технологии и подготовка производства: отработка технологии, освоение производства, оптимизация временного цикла с учетом вспомогательных операций;

- организация и запуск серийного производства: доработка технической документации, обеспечение технологической готовности организации к изготовлению продукции в заданных объемах, подготовка персонала, заключение договоров с поставщиками сырья и материалов.

Таблица 1. Сравнительные характеристики концепций организации производства LP, QRM и AM (составлено с использованием [5, 6])

Фактор	Активное производство	Быстрореагирующее производство	Бережливое производство
Цель	Повышение организационной гибкости	Сокращение времени общего цикла работ	Сокращение производственных потерь
Объект	Сеть создания продукта	Критический путь производства	Поток создания продукта
Тип производства	Мелкосерийное и единичное	Средне- и мелкосерийное	Крупносерийное
Организационная структура	Сетевая	Плоская	Иерархическая
Научный потенциал	Высокий	Средний	Низкий
Результат	Сокращение времени разработки и выпуска готового продукта	Сокращение времени жизненного цикла производства	Снижение производственных затрат и повышение качества продукции

Каждый из этапов имеет свои особенности и требует особого подхода к реализации.

Стратегические задачи замены импортной научно-технической продукции авиастроения с коротким временем разработки и производства требуют новых подходов к организации производства. По нашему мнению, этапы разработки и организации производства могут быть выполнены на принципах и инструментах концепций организации производства – бережливое производство (lean production, LP), быстрореагирующее производство (quick response manufacturing, QRM) и активное производство (agile manufacturing, AM) (табл. 1).

Каждая из этих концепций предназначена для решения определенных производственных задач при определенных типах производства. Целью LP является сокращение производственных потерь, QRM – сокращение времени производственного цикла, AM – повышение организационной гибкости.

2 Разработка концептуальной модели организации производства сотовых заполнителей на основе синтеза LP, QRM и AM. В настоящее время высокотехнологичные промышленные предприятия все большее внимание уделяют интеграции различных концепций организации производства, адаптируя определенные их принципы и инструменты под свои задачи. Исследователи доказывают эффективность и синергетический эффект от синтеза концепций [7]. Полагаем, что для задач импортозамещения синтез концепций организации производства LP, QRM, AM может стать эффективным решением, поскольку модели организации производства должны учитывать, как скорость реагирования и гибкость, так и производственные ресурсы, и затраты на управление качеством продукции и процессов.

Более того, зарубежные авторы Sharp J., Irani Z., Desai S. в своих трудах рассматривают концепции LP и QRM как инструменты AM [8], т.е. модель организационной гибкости активного производства позиционируется как основополагающая, а модели ресурсного управления LP и QRM – как платформа для AM.

Исходя из характера концепций организации производства считаем целесообразным адаптировать их принципы и инструменты под задачу создания импортозамещающих сотовых заполнителей для летательных аппаратов. В общем виде концептуальная модель организации производства сотовых заполнителей на основе принципов и инструментов концепций LP, QRM и AM представлена на рисунке 1.

Жизненный цикл создаваемой научно-производственным предприятием научно-технической продукции включает в себя три основных этапа, каждый из которых имеет наиболее характерные признаки для применения принципов и инструментов той или иной концепции организации производства.

Первый этап является наиболее наукоемким, где необходимо выполнить ряд задач, связанных с разработкой конструкции, выбором сырья и оборудования, испытанием опытных образцов, разработкой документации. Здесь параллельно задействуются разные подразделения предприятия, задача которых заключается в проведении опытно-конструкторских работ в кратчайшие сроки. Полагаем, что на данном этапе в приоритете должны быть принципы и инструменты концепции активного производства (AM), такие как параллельное проектирование, реверс инжиниринг, быстрые циклы разработки для сокращения времени разработки нового продукта.

На втором этапе производится отработка технологии, освоение производства, отработка основных и вспомогательных операций для достижения оптимальной продолжительности производственного цикла. В данном случае, в приоритете должны быть принципы и инструменты концепции быстрореагирующего производства (QRM), такие как сквозной цикл производства, стандартизация процессов, инструмент POLCA и др. Важным критерием этого этапа должно стать определение минимального критического пути производства (КПП).

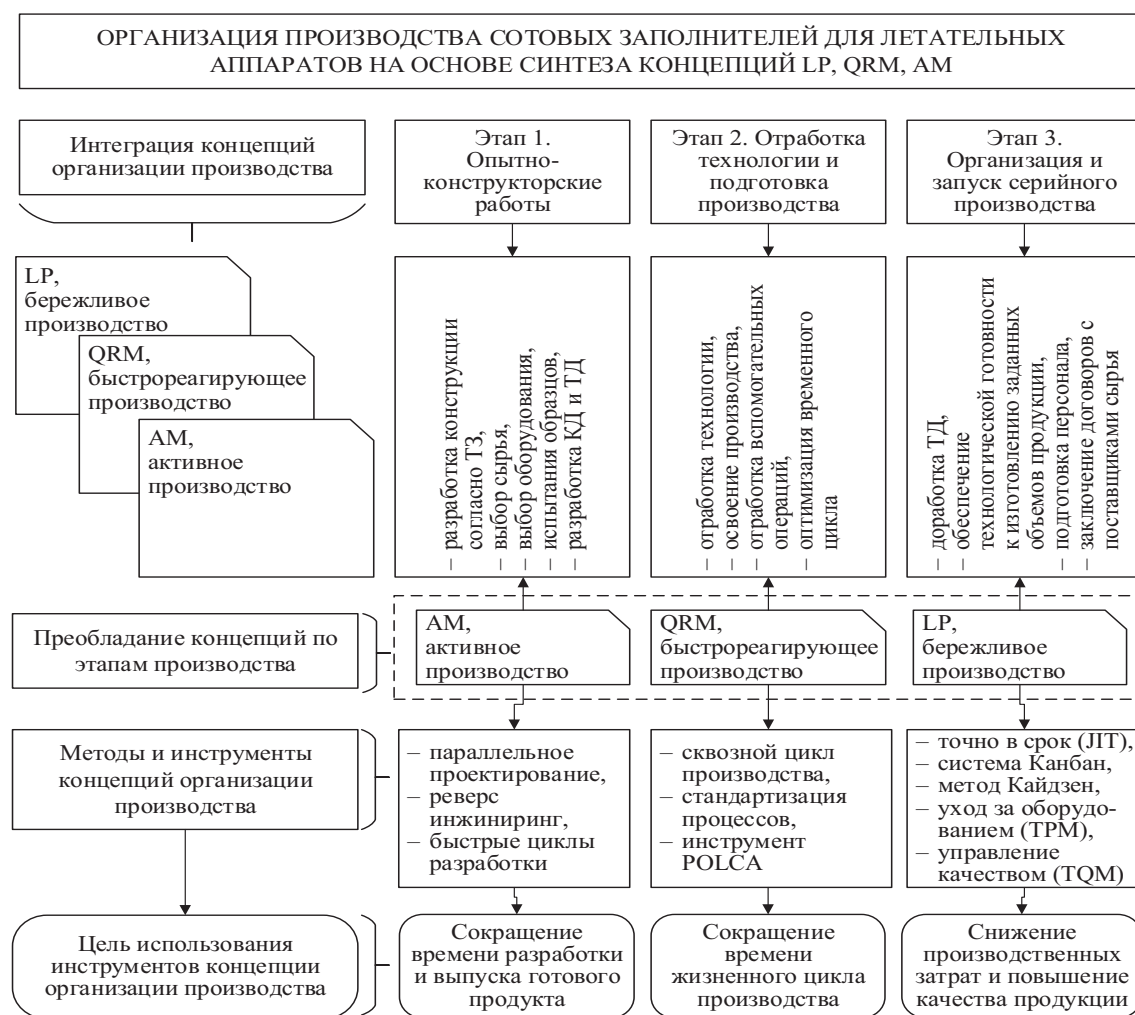


Рис. 1. Концептуальная модель организации производства сотовых заполнителей на основе синтеза LP, QRM и AM

Третий этап – это организация и запуск серийного производства сотового заполнителя. Вывод нового продукта в масштабное производство должен осуществляться, преимущественно, на принципах бережливого производства, позволяющих минимизировать производственные затраты и обеспечить соответствующее качество продукции. В данном случае целесообразно применение систем «точно в срок» (JIT) и Канбан, непрерывного совершенствования Кайдзен, всеобщего ухода за оборудованием (TPM), всеобщего управления качеством (TQM). Инструменты бережливого производства, актуальные при серийном производстве, позволят выстроить эффективный поток создания продукта.

Следует отметить, что предлагаемое организационно-техническое решение основано именно на синтезе концепций LP, QRM и AM, где возможно преобладание принципов того или иного подхода на этапах жизненного цикла разработки и производства сотовых заполнителей.

3 Оптимизация критического пути производственного цикла на основе методов организации производства QRM и LP. Практическая реализация решений по использованию синтеза концепций LP, QRM и AM была осуществлена в ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» при организации производства сотовых заполнителей. После разработки изделия и подготовки производства перед предприятием стояла задача оптимизации длительности или критического пути производственного цикла за счет сокращения длительности работ на разных участках: сокращение времени простоев, ожиданий, переналадок, обработки заказов.

Для отработки длительности процесса производства были намечены четыре задачи:

1. Определение границ процесса для анализа КПП.
2. Построение цепи процесса, определение его длительности.
3. Построение карты КПП и определение планового КПП.
4. Оценка динамики улучшения на основе методов QRM и LP.

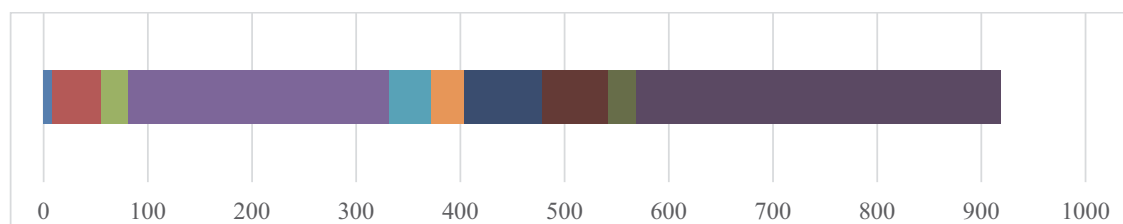
Границы процесса для анализа КПП были приняты в рамках 2-го этапа «Отработка технологии и подготовка производства». Согласно технической документации, цикл производства, как участок жизненного цикла разработки и производства сотовых заполнителей, включает 10 технологических процедур:

- приготовление клея;
- нанесение клеевых полос;
- резка рулона с клеевыми полосами на листы;
- пробивка направляющих отверстий и сборка сотового пакета;
- подготовка сотового пакета к склейке;
- склейка сотового пакета в автоклаве;
- изготовление образцов для испытаний;
- контроль качества изделия;
- порезка сотового пакета на сотовые панели;
- растяжка сотовых панелей.

Изначально КПП цикла производства из 10-ти технологических этапов составлял 919,1 часов работы одного человека (ч/ч). Ввиду того, что организация данного производства осуществляется впервые, значение планового КПП было установлено обобщенно, с учетом имеющейся практики: первичное сокращение длительности на 25%. Инженеры-технологи, руководствуясь ТД, изыскивали возможность уменьшения времени по каждой из 10-ти этапов производства без нарушения технологии.

С позиции сквозного управления производством важно было организовать управление потоком заданий на предприятии. В данном случае целесообразно использование инструмента быстрореагирующего производства POLCA, представляющего собой систему визуального контроля производства на основе карточек [9,10]. Система обеспечивает эффективное использование мощностей на этапах производства, предотвращая чрезмерное накопление незавершённых работ при неожиданном появлении узких мест.

На рисунке 2 представлен критический путь цикла изготовления сотовых заполнителей до и после совершенствования организации производства.



а) длительность производственного цикла до оптимизации, ч/ч



б) длительность производственного цикла после оптимизации на основе методов QRM и LP, ч/ч

Рис. 2. Критический путь цикла изготовления сотовых заполнителей до и после совершенствования организации производства

В таблице 2 показана динамика улучшения производственного цикла после совершенствования процесса на основе методов организации производства концепций QRM и LP. В целом, общее сокращение производственного цикла, как сумма длительности работ на разных участках, составило 261,9 ч/ч или 28,5%.

Как видно из таблицы 2, наибольшего сокращения длительности работ удалось добиться на участках, менее зависимых от технологии изготовления изделия, а именно: на участке контроля качества (66,4%), подготовки сотового пакета к склейке (49,6%), подготовки образцов для испытаний

Таблица 2. Сокращение длительности производственного цикла после совершенствования процесса на основе методов организации производства концепций QRM и LP

Этапы ПЦ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ, ч/ч
Длительность до оптимизации, ч/ч	7,9	47,9	25,3	250,3	40,3	31,3	75,9	63,1	26,8	350,3	919,1
Длительность после оптимизации на основе методов QRM и LP, ч/ч	5,1	34,6	21,9	197,0	20,3	26,0	51,8	21,2	21,1	258,2	657,2
Сокращение цикла, ч/ч	2,8	13,3	3,4	53,3	20,0	5,3	24,1	41,9	5,7	92,1	261,9

(31,8%). Здесь были разработаны и внедрены различные инженерные приспособления для удобства работ на данном участке. Значительно удалось уменьшить продолжительность работ по приготoвлению клея (35,4%) путем совершенствования данного процесса, на 21,3% стало меньше время пробивки отверстий и сборки сотовых панелей за счет модернизации установки.

В таблице 3 дано обоснование по сокращению КПП производственного цикла и приведены соответствующие инструменты QRM и LP, используемые или рекомендуемые к внедрению для дальнейших работ по оптимизации процесса.

Таблица 3. Обоснование сокращения КПП производственного цикла на основе методов организации производства концепций QRM и LP

Этапы ПЦ	Сокращение цикла, %	Что было сделано	Инструмент QRM, LP
Производственный цикл в целом	28,5	Система POLCA (принцип системной динамики) Карта потока создания ценности Стандартизация 5S (реорганизация схем хранения запасов и инструмента)	
Приготовление клея	35,4	Совершенствование приготовления клеевой композиции	Метод Кайдзен Стандартизация 5S
Нанесение клеевых полос	27,8	Уменьшение брака при нанесение клеевых полос	Всеобщее управление качеством (TQM) Сокращение дефектов (6 Sigma)
Резка рулона с клеевыми полосами на листы	13,4	Закупка специализированных ножей для порезки алюминиевой фольги на плоттере	Всеобщий уход за оборудованием (TPM) 5S
Пробивка отверстий и сборка сотопакета	21,3	Модификация установки для пробивки фольги	Быстрая переналадка (SMED)
Подготовка сотопакета к склейке	49,6	Изготовление и применение специализированных вакуумных столов больших габаритов	Всеобщий уход за оборудованием (TPM)
Склейка сотопакета в автоклаве	16,9	Унификация режимов отверждения клеевой полосы	Стандартизация
Изготовление образцов для испытаний	31,8	Изготовление и применение специализированных штативов для сборки образцов	Всеобщий уход за оборудованием (TPM)
Контроль качества	66,4	Разработка и применение приспособления для испытательных установок	Всеобщее управление качеством (TQM)
Порезка сотопакета на сотопанели	21,3	Выбор инструмента для обработки сотопакетов и отработка режимов подачи при резке	Быстрая переналадка (SMED) 5S
Растяжка сотопанелей	26,3	Изготовление двух специализированных растяжных установок с большой рабочей площадью	Быстрая переналадка (SMED)

Для сокращения производственного цикла в целом на 28,5% использованы такие инструменты, как система POLCA с позиции системной динамики, создание карты потока создания ценности, стандартизация процессов, 5S как реорганизация схем хранения запасов, комплек-

тующих и инструмента. Следует отметить, что успешность минимизации КПП можно достигнуть только при системном и процессном подходе к сокращению времени производства [11]. К примеру, Пермская научно-производственная приборостроительная компания, уже более 15 лет использующая в работе принципы QRM, внедрила процессное управление, что позволило обеспечить координацию усилий всех служб для ускорения новых разработок и сокращения времени выполнения заказов [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование подходов к разработке и организации производства отечественных сотовых заполнителей для летательных аппаратов позволило получить следующие научно-практические результаты:

1. Определены этапы процесса организации производства сотовых заполнителей с учетом уровня наукоемкости предприятия, степени разработки изделия и готовности технической документации. Проведен сравнительный анализ концепций организации производства LP, QRM и AM с целью использования их принципов и инструментов для решения производственных задач: повышения организационной гибкости, сокращения потерь и времени производственного цикла.

2. Обосновано использование синтеза концепций LP, QRM, AM для решения задачи импортозамещения, что позволит повысить эффективность организации производства за счет синергетического эффекта. Разработана концептуальная модель организации производства сотовых заполнителей на основе синтеза методов и инструментов активного, быстро реагирующего и бережливого производства с постановкой приоритетов подходов по этапам жизненного цикла производства.

3. Предложена последовательность работ по оптимизации критического пути цикла производства сотовых заполнителей, состоящего из десяти последовательных этапов, где ключевыми инструментами сокращения длительности производственных процедур с позиции системной динамики являются методы быстро реагирующего и бережливого производства POLCA, создание карты потока создания ценности, стандартизация процессов, 5S как реорганизация схем хранения запасов, комплектующих и инструмента. Результатом предложенных решений является уменьшение длительности производственного цикла в целом на 261,9 ч/ч или 28,5%.

Материалы исследования могут быть использованы при разработке и реализации программ импортозамещения на производстве, при разработке новой продукции и организации производственного процесса, оптимизации длительности производственного цикла, внедрении инструментов концепций организации производства LP, QRM, AM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лифшиц, А.С. Количественная диагностика жизненного цикла промышленного предприятия / А.С. Лифшиц, Р.С. Ибрагимова // Теоретическая экономика. – 2023. – № 1(97). – С. 52-62.
2. ГОСТ Р 56716-2015 «Проектный менеджмент. Техника сетевого планирования. Общие положения и терминология». – М.: Стандартинформ, 2020. – 22 с.
3. Горихова, Д.С. Методика прогнозирования требуемого уровня производительности и качества штампованных автокомпонентов / Д.С. Горихова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 123-127.
4. ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения». – М.: Стандартинформ, 2018. – 14 с.
5. Громова, Е.А. Модель «Активного производства» как результат симбиоза современных производственных парадигм / Е.А. Громова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2020. – № 12-2. – С. 273-278.
6. Khan N. An analysis of the application of agile manufacturing in medium scale manufacturing industry // International Journal of Engineering Technologies and Management Research. 2020. Vol. 5, No. 2. P. 355-362.
7. Balashova E.S., Gromova E.A. Breakthrough Effect of Combining Resource Management Models // International Review of Management and Marketing. 2017. № 7(1). P. 337-341.
8. Sharp J., Irani Z., Desai S. Working towards agile manufacturing in the UK industry // International Journal of Production Economics. 1999. № 62. P. 155-169.
9. Апаков, А.А. Оптимизация быстро реагирующего производства (QRM) через цифровые инновации: интеграция QRM с ИИ и анализом больших данных / А.А. Апаков, Б.П. Павлов // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2024. – Т. 9. – № 3(41). – С. 22-30.
10. Сури, Р. Время – деньги: конкурентное преимущество быстро реагирующего производства / Р. Сури. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 326 с.
11. Малышева Т.В. Ресурсосберегающие производственные системы. Управление информационными потоками // Компетентность. – 2020. – № 4. – С. 24-27.
12. Галиева, Г.И. Внедрение быстро реагирующего производства QRM в России / Г.И. Галиева // LV международные научные чтения (памяти А.А. Ухтомского). – М., 2019. – С. 42-46.

ORGANIZATION OF PRODUCTION OF DOMESTIC HONEYCOMB FILLERS FOR AIRCRAFT BASED ON THE SYNTHESIS OF LP, QRM, AM CONCEPTS

© 2025 V.A. Shogenov^{1,2}, T.V. Malysheva¹

¹ Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

² JSC ONPP Tekhnologiya named after. A.G. Romashin", Kazan, Russia

The article is devoted to the urgent problem of creating production facilities for critical components for the Russian aircraft industry. The urgent task for the domestic aircraft industry is to organize the production of new products of appropriate quality in the shortest possible period. The purpose of the article is to select and scientifically substantiate the organizational and technical solution for the development and organization of production of high-tech products - honeycomb cores for aircraft. The main research methods are structuring production factors, formalizing the sequence of production operations, describing the relationships between system objects. The mathematical description of the duration of the production cycle is based on the methodology for determining the critical path. The article defines the stages of the process of organizing the production of honeycomb cores taking into account the level of science intensity of the enterprise, the degree of product development and the readiness of technical documentation. A comparative analysis of the concepts of organizing the production of LP, QRM and AM is carried out in order to use their principles and tools to solve production problems: increasing organizational flexibility, reducing losses and time of the production cycle. A conceptual model of honeycomb core production organization has been developed based on the synthesis of methods and tools of active, fast-response and lean production with setting priorities for approaches by stages of the production life cycle. A sequence of works on optimization of the critical path of the honeycomb core production cycle, consisting of ten sequential procedures, is proposed, where the key tools for reducing the duration of production procedures from the standpoint of system dynamics are the methods of fast-response and lean production POLCA, creation of a value stream map, standardization of processes, 5S as a reorganization of storage schemes for stocks, components and tools. The result of the proposed solutions is a reduction in the duration of the production cycle by 28.5%. The research materials can be used in the development and implementation of import substitution programs for production, development of new products and organization of the production process, optimization of the duration of the production cycle, implementation of tools of the concepts of LP, QRM, AM production organization.

Key words: production organization, import substitution, honeycomb cores, active production, responsive production, lean production, critical path of production.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-2-108-115

EDN: GYDGRU

REFERENCES

1. *Lifshic, A.S. Kolichestvennaya diagnostika zhiznennogo cikla promyshlennogo predpriyatiya* / A.S. Lifshic, R.S. Ibragimova // *Teoreticheskaya ekonomika*. – 2023. – № 1(97). – S. 52-62.
2. GOST R 56716-2015 «Proektnyj menedzhment. Tekhnika setevogo planirovaniya. Obshchie polozheniya i terminologiya». – M.: Standartinform, 2020. – 22 s.
3. *Gorohova, D.S. Metodika prognozirovaniya trebuemogo urovnya proizvoditel'nosti i kachestva shtampovannykh avtokomponentov* / D.S. Gorohova // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. – 2024. – № 8. – S. 123-127.
4. GOST R 15.301-2016 «Sistema razrabotki i postanovki produkci na proizvodstvo. Produktiya proizvodstvenno-tekhnicheskogo naznacheniya». – M.: Standartinform, 2018. – 14 s.
5. *Gromova, E.A. Model' «Aktivnogo proizvodstva» kak rezul'tat simbioza sovremennykh proizvodstvennykh paradigim* / E.A. Gromova // *Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava*. – 2020. – № 12-2. – S. 273-278.
6. *Khan N. An analysis of the application of agile manufacturing in medium scale manufacturing industry* // *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*. 2020. Vol. 5, No. 2. P. 355-362.
7. *Balashova E.S., Gromova E.A. Breakthrough Effect of Combining Resource Management Models* // *International Review of Management and Marketing*. 2017. № 7(1). R. 337-341.
8. *Sharp J., Irani Z., Desai S. Working towards agile manufacturing in the UK industry* // *International Journal of Production Economics*. 1999. № 62. R. 155-169.
9. *Apakov, A.A. Optimizaciya bystroreagiruyushchego proizvodstva (QRM) cherez cifrovye innovacii: integraciya QRM s II i analizom bol'shih dannyh* / A.A. Apakov, B.P. Pavlov // *Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnykh tekhnologij i energoeffektivnosti*. – 2024. – T. 9. – № 3(41). – S. 22-30.
10. *Suri, R. Vremya – den'gi: konkurentnoe preimushchestvo bystroreagiruyushchego proizvodstva* / R. Suri. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2017. – 326 s.
11. *Malysheva T.V. Resursoberegayushchie proizvodstvennye sistemy. Upravlenie informacionnymi potokami* // *Kompetentnost'*. – 2020. – № 4. – S. 24-27.
12. *Galieva, G.I. Vnedrenie bystroreagiruyushchego proizvodstva QRM v Rossii* / G.I. Galieva // *LV mezhdunarodnye nauchnye chteniya (pamyati A.A. Uhtomskogo)*. – M., 2019. – S. 42-46.

Vadim Shogenov, Applicant of the Department of Logistics and Management, Deputy Director of NPK «Kompozit» for Production-Head of the Workshop. E-mail: shogenovva@tehnologiya.ru

Tatyana Malysheva, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Logistics and Management Department.

E-mail: tv_malysheva@mail.ru