

В. Л. Христолюбов, Г. Г. Куликов, С. И. Минаева

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫМ РЕМОНТОМ АВИАЦИОННЫХ ГТД В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрена проблема управления капитальным ремонтом авиационных ГТД, осуществляемого на одних производственных мощностях с серийным производством. Проведен анализ процессов управления серийным производством и капитальным ремонтом авиационных ГТД. Определена целесообразность построения управления данным типом производства на основе «комбинированных» бизнес-процессов, объединяющих серийные и единичные процессы в информационной системе управления предприятием. *Управление производством; серийный и единичный типы производств; ремонт ГТД; модели процессов управления производством*

Непрерывное улучшение боевых характеристик сложной военной техники привело к значительному увеличению ее стоимости, что сделало неизбежным увеличение сроков ее эксплуатации. Сегодня в мире насчитываются тысячи военных самолетов, вертолетов, кораблей, танков и другой военной техники, находящейся в эксплуатации по двадцать и более лет. Стоимость замены такого парка техники составляет триллионы долларов.

Действуя в условиях бюджетных ограничений, военно-воздушные силы вынуждены поддерживать летную годность авиационной техники в течение длительного периода, неоднократно выполнять модернизации, совершенствующие авиационную технику и продлевающие ее ресурс. В данных условиях важное место в жизненном цикле авиационной техники занимает выполнение капитального ремонта. Системные изменения в структуре взаимодействия ВВС, промышленных предприятий и сервисных организаций произошедшие за последние двадцать лет привели к тому, что значительная часть выполнения капитального ремонта авиационной техники перенесена со специализированных ремонтных предприятий на предприятия, осуществляющие серийное производство авиационной техники военного назначения.

ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение» наряду с изготовлением осуществляет выполнение капитального ремонта и послепродажное сервисное обслуживание следующей авиационной продукции: авиадвигателей P25-300, P13-300, P195, P95III, АЛ-31Ф, АЛ-31ФП, узлов вертолетов Ка-32, МИ-26 [3].

Совмещение серийного производства продукции и выполнение ее капитального ремонта на одних и тех же производственных мощностях накладывает определенные особенности на планирование и управление производственными процессами. Кроме того, жесткие бюджетные и временные ограничения диктуемые условиями контрактов на выполнение капитального ремонта, требуют непрерывного контроля затрат в производстве и четкого формирования графиков выполнения производственных заданий по ремонту изделий и отслеживания хода их выполнения. Для решения данной задачи авторами на базе ОАО УМПО был разработан соответствующий модуль в информационной системе Infor ERP LN.

1. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЯХ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ СЕРИЙНЫЙ ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ

1.1. Описание типов производств

Для современной организации промышленного производства характерны следующие типы производственных процессов: единичное и мелкосерийное производство; среднесерийное производство; крупносерийное производство; массовое производство.

Единичное и близкое к нему мелкосерийное производства характеризуются изготовлением большой номенклатуры деталей на рабочих местах, не имеющих определенной специализации.

При организации среднесерийного производства цехи, как правило, имеют в своем со-

стае предметно-замкнутые участки, оборудование на которых расставляется по ходу типового технологического процесса. В результате возникают сравнительно простые связи между рабочими местами и создаются предпосылки для организации прямого перемещения деталей в процессе их изготовления.

Таким образом, в условиях серийного производства становится возможной параллельно-последовательная организация процесса изготовления деталей. Это его отличительная особенность.

Крупносерийное и массовое производство отличается наибольшей специализацией и характеризуется изготовлением ограниченной номенклатуры деталей в больших количествах на одном рабочем месте. Цехи массового производства оснащаются специализированным оборудованием, позволяющим почти полностью автоматизировать изготовление деталей. Большое распространение получили здесь автоматические поточные линии. [2]

1.2. Определение типа производства ОАО «УМПО» для процессов серийного изготовления и ремонта ГТД на основе расчета значений параметра «Уровень специализации»

Количественным параметром, оценивающим тип производства, является уровень специализации (K).

Специализация – разделение труда по его отдельным видам, формам; сосредоточение деятельности на относительно узких, специальных направлениях, отдельных технологических операциях или видах выпускаемой продукции [1].

Для определения уровня специализации производства существует формула:

$$K = \frac{m}{c}. \quad (1)$$

K характеризует число операций, закрепленных за единицей технологического оборудования; m – общее количество операций; c – количество установленного оборудования.

Значения коэффициента специализации и типы участков по типам производства представлены в табл. 1.

Произведем оценку типа производства на предприятии ОАО «УМПО» с помощью параметра «Уровень специализации». В табл. 2 приведены исходные данные для подобной оценки.

$M1$ – множество операций по изготовлению изделий. Мощность множества $M1$ ($m(M1)$) – количество элементов множества – равна 27302.

$M2$ – множество операций по ремонту ДСЕ; $m(M2) = 2596$.

$M3$ – множество всех операций по изготовлению ДСЕ; $m(M3) = 27663$.

$C1$ – множество установленного оборудования, которое применяется при изготовлении ДСЕ; $m(C1) = 4750$.

$C2$ – множество установленного оборудования, которое применяется при ремонте ДСЕ; $m(C2) = 1161$.

$C3$ – множество всего установленного оборудования; $m(C3) = 4761$.

Таблица 1

K	Тип производства	Тип участка
1	Массовое	Автоматические линии, поточные линии
2-10	Крупносерийное	Поточные линии, автоматические линии
11-20	Среднесерийное	Предметно-замкнутые участки, поточные линии
свыше 21	Мелкосерийное и единичное	Универсальные, предметно-замкнутые участки

Таблица 2

Вид ДСЕ	Число операций, шт	Количество оборудования, шт
Серийно изготавливаемая (новая) ДСЕ	27302	4750
Ремонтируемая ДСЕ	2596	1161
Всего	27663	4761

На основании данных табл. 2 по формуле (1) находим уровень специализации, характерный для основного производства ОАО «УМПО»:

$$K_b = \frac{m(M1)}{m(C1)} = \frac{27302}{4750} = 5,75.$$

Согласно сведениям табл. 1, уровень специализации, равный 5,75, характерен для крупносерийного типа производства. Таким образом, основное производство ОАО «УМПО» относится к крупносерийному типу производства.

Определим по формуле (1) тип производства, характерный для ремонтного процесса.

Для этого необходимо найти значения M_R числа операций, используемых только в процессе ремонта, и C_R количества оборудования, применяемого только при ремонте¹.

Множество всех операций по изготовлению ДСЕ M_3 есть объединение множеств M_1 операций по изготовлению ДСЕ и M_2 операций по ремонту ДСЕ на ремонтируемое изделие:

$$M_3 = M_1 \cup M_2.$$

Заметим, что мощность множества M_3 не есть сумма мощностей множеств M_1 и M_2 , следовательно, множества M_1 и M_2 пересекающиеся (рис. 1). Другими словами, среди перечня производственных операций существуют такие позиции, которые применяются как для изготовления ДСЕ, так и для ремонта.

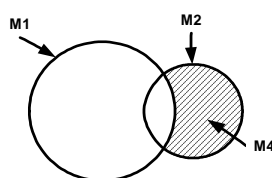


Рис. 1

Множество M_4 – множество операций, используемых только в процессе ремонта – есть разность множеств M_3 и M_1 :

$$M_4 = M_3 \setminus M_1.$$

Для нахождения количества операций, используемых только в процессе ремонта, необходимо определить мощность множества M_4 .

$$m(M_4) = m(M_3) - m(M_1).$$

Таким образом, число ремонтных операций равно:

$$m(M_4) = 27663 - 27302 = 361 (\text{шт}).$$

Аналогично пересекаются множества C_1 и C_2 (рис. 2).

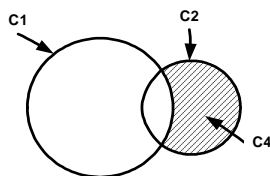


Рис. 2

$C_3 = C_1 \cup C_2$ – множество всего установленного оборудования;

$C_4 = C_3 \setminus C_1$ – множество оборудования, используемого только в процессе ремонта.

Количество оборудования, используемого только для ремонта изделия, есть мощность множества C_4 :

$$\begin{aligned} m(C_4) &= m(C_3) - m(C_1) = \\ &= 4761 - 4750 = 11 (\text{шт}). \end{aligned}$$

Используя формулу (1), рассчитаем уровень специализации ремонтного производства ОАО «УМПО»:

$$K_R = \frac{M_R}{C_R} = \frac{m(M_4)}{m(C_4)} = \frac{361}{11} = 32,82.$$

Согласно сведениям табл.1, уровень специализации, равный 32,82, характерен для мелкосерийного и единичного типов производства.

Таким образом:

- основное производство ОАО «УМПО» относится к крупносерийному типу производства ($K_b = 5,75$);
- ремонтное производство ОАО «УМПО» относится к единичному типу производства ($K_R = 32,82$).

Совмещение различных типов производств на одной производственной базе влечет возникновение проблем, связанных с параллельностью процессов управления данными производствами:

- С точки зрения планирования, ремонтные работы и изготовление новых ДСЕ под ремонт взамен забракованных – спонтанно возникающая в течение периода планирования, дополнительная нагрузка на рабочий центр (цех, участок), которую необходимо совмещать с основной нагрузкой по серийному изготовлению.
- Отличия в подходах к организации производственных участков в серийном и ремонтном производствах. В серийном производстве производственные участки, как правило, предметно ориентированные, в единичном производстве участки имеют технологическую специализацию. Кроме того, учетные документы по ремонту оформляются в бумажном виде, что влечет сложность формирования аналитических отчетов по затратам на ремонт изделия, по отслеживанию хода выполнения ремонта. Учет основного производства автоматизирован с помощью ERP-системы.

- Функции контроля хода выполнения плана (на ОАО УМПО – отслеживание дефицита ДСЕ) по основному и ремонтному производству «разнесены» по разным информационным системам (дефицит по серийному изготовлению ДСЕ представлен в автоматизированном виде,

¹ Не исключено, что C_R – фиктивная величина, так как на предприятии ОАО «УМПО» процессы ремонта и производства ДСЕ совмещены на единых производственных мощностях, одним из элементов которых является оборудование.

дефицит новых ДСЕ, изготавливаемых на ремонтное изделие ведется в бумажном виде) и реализованы по различным принципам.

- Отличия в требованиях к квалификации персонала, выполняющего операции по серийному изготовлению деталей и сборочных единиц и операции по технологическим процессам, связанным с капитальным ремонтом деталей и сборочных единиц.

- Различный уровень специализации технологий по серийному изготовлению ДСЕ и ремонтных технологий предъясняет различные требования к оборудованию и технологическому оснащению.

Перечисленные негативные факторы, приводят к тому, что выполнение капитального ремонта изделий в условиях серийного производства не всегда является экономически целесообразным. Другими словами, проблемы, возникающие на производстве, могут свести рентабельность ремонта в условиях серийного производства к нулю или сделать его убыточным. С другой стороны, в серийное производство вследствие возникающей необходимости выполнять заказы, связанные с капитальным ремонтом, вносится элемент нестабильности, вызванный необходимостью срочного незапланированного изготовления ДСЕ для ремонтных изделий, что не редко приводит к срыву производственных заданий серийного производства.

Управление двумя различными типами производств на одних производственных мощностях требует разработки специальных бизнес-процессов, обеспечивающих учет особенностей обоих типов производств, и применения корпоративной информационной системы для реализации функций планирования и управления производственным процессом.


2. МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМ И РЕМОНТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Для детального рассмотрения процессов управления основным и ремонтным производствами необходимо построение моделей (схем) в разрезе функций управления: планирование, учет, контроль и анализ, регулирование.

При построении схем использованы графические элементы:

 – внешняя информация,

 – внутренняя информация,

 – действия по преобразованию информации,



– нормативно-справочная информация.

Процессы, описанные схемами, используют следующую нормативно-справочную информацию:

1. СТП. Система менеджмента качества. Договоры. Порядок проработки и заключения.

2. СТП. Система менеджмента качества. Продукция основного производства. Порядок планирования товарной продукции и отчетности о выполнении плана.

3. Технические условия на ремонт изделий авиационной техники (технические условия разрабатываются для каждого типа продукции и вида ремонта в отдельности).

4. СТП. Система менеджмента качества. Детали, сборочные единицы. Порядок учета в производстве с применением ПЭВМ.

5. СТП. Продукция основного производства. Проведение периодических и типовых испытаний.

Обозначения в моделях:

- ДСЕ – детали, сборочные единицы – производимая на предприятии номенклатурная единица.

- АД – авиационный двигатель.

- *N* – номер контракта на изготовление/заказа на ремонт изделий.

Два различных типа производства необходимо объединять на предприятии единым контуром управления. Результатом подобной интеграции является комбинированный тип производственной системы. Комбинированные модели управления производственными процессами разработаны на когнитивном уровне методологии моделирования SADT.

2.1. Схема планирования основного производства

Схема планирования основного производства, представленная на рис. 3, отображает основные этапы и информационные элементы, необходимые для составления плана производства на серийное изготовление ДСЕ. Особенностью процесса, описанного схемой, является то, что на основании нескольких контрактов на серийное изготовление изделий формируется общая потребность на изготовление узлов и деталей, в результате процесс не обеспечивает прослеживаемость изготавливаемых ДСЕ по номерам изделий (контрактов).

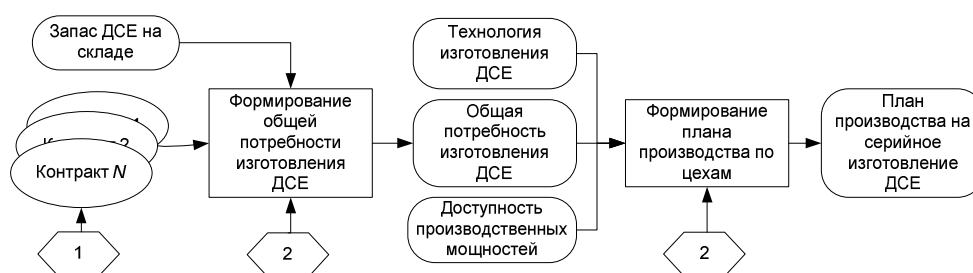


Рис. 3. Схема планирования основного производства

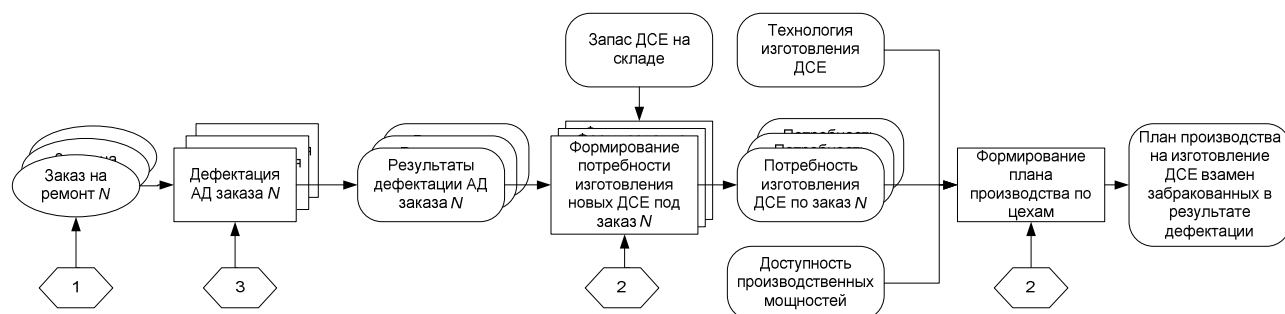


Рис. 4. Схема планирования ремонтного производства

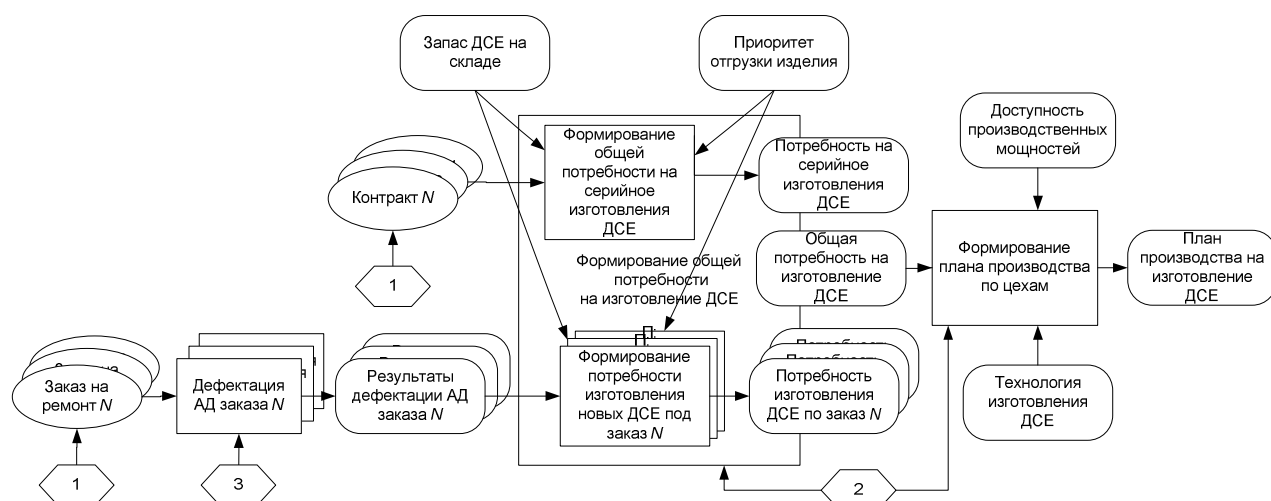


Рис. 5. Комбинированная схема планирования производства

2.2. Схема планирования ремонтного производства

Схема планирования ремонтного производства (рис. 4) отображает основную особенность данного процесса – сохранение уникальности каждого заказа на протяжении всего процесса, т. е. обеспечена прослеживаемость изготавливаемых ДСЕ по номерам изделий (контрактов).

2.3. Комбинированные схемы планирования, учета и контроля хода производства

Для построения комбинированной модели планирования производства (рис. 5) «совмещаются» модели планирования основного и ремонтного производства. «Совмещение» проис-

ходит по информационным элементам, используемым в совмещаемых процессах, и по элементам обработки информации. Аналогично строятся комбинированные производственные модели для учетной (рис. 6) и контрольной (рис. 7) функций управления.

На рис. 7 переменными обозначаются: X – забракованная ДСЕ с ремонтного изделия; M – обязательно заменяемая ДСЕ по ТУ на ремонт; Y – ДСЕ на машинокомплект серии Т; W – ДСЕ, входящие в состав изделия, но не являющиеся ни забракованными по результатам дефектации ремонтного изделия, ни обязательно заменяемыми по ТУ на ремонт; восполняют потребность на изготовление изделий под серийный договор: $W = Y - (X + M)$.

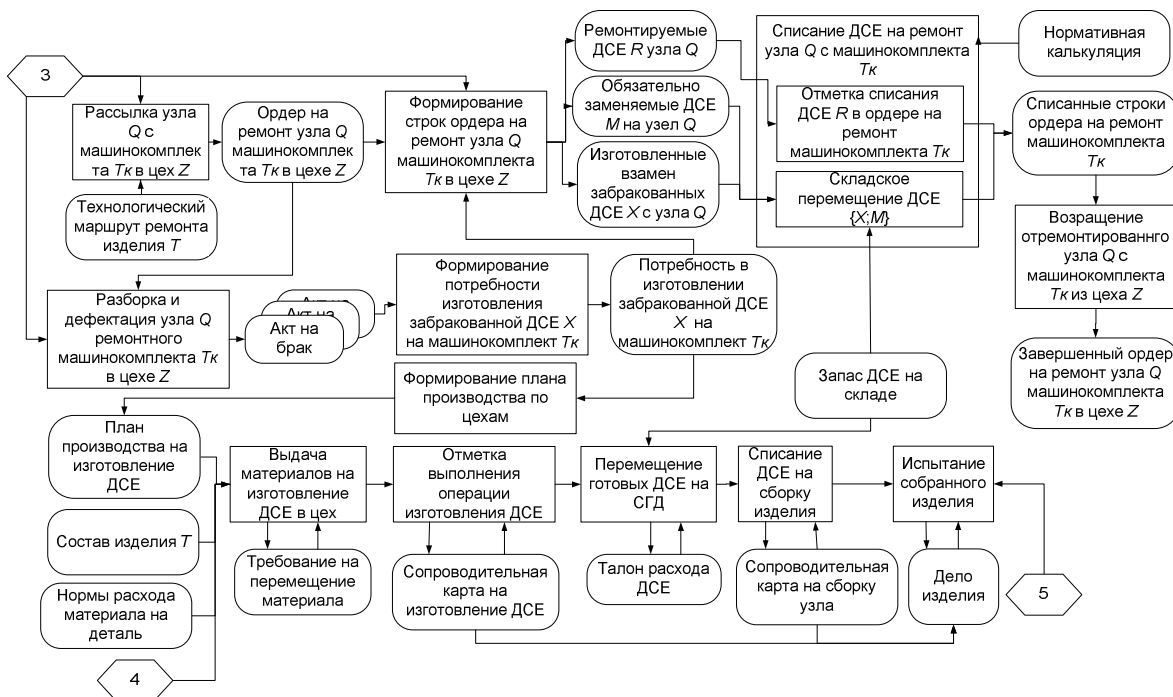


Рис. 6. Комбинированная схема производственного учета

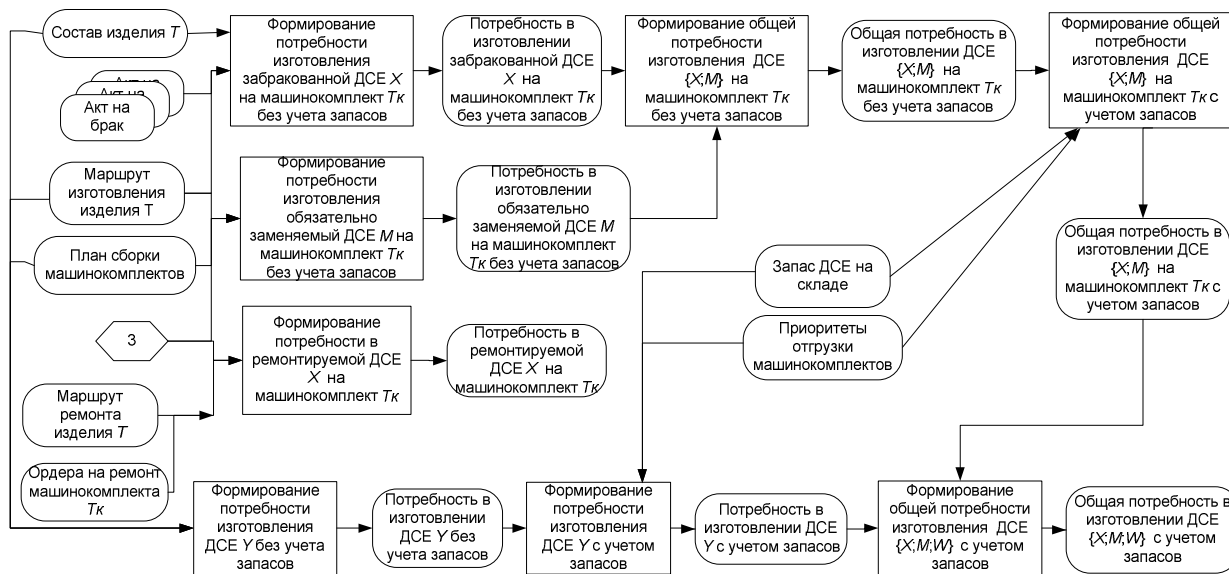


Рис. 7. Комбинированная схема контроля хода производства

3. ИНТЕГРАЦИОННАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ СХЕМА ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ СЕРИЙНЫМ ИЗГОТОВЛЕНИЕМ И РЕМОНТОМ ГТД

Схема, представленная на рис. 8, интегрирует комбинированные схемы процессов управления серийным изготовлением и ремонтом ГТД. Интеграция происходит по функциональным сферам планирования и учета производственных процессов. Элементы схемы, относящиеся

к сфере планирования, имеют в названии литеру «П»; элементы схемы, относящиеся к сфере учета, имеют обозначение «У».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Логика управления производством, представленная в моделях на рис. 5–8, реализована в виде модуля корпоративной информационной системы, применяемой на ОАО «УМПО» (Infor ERP LN).

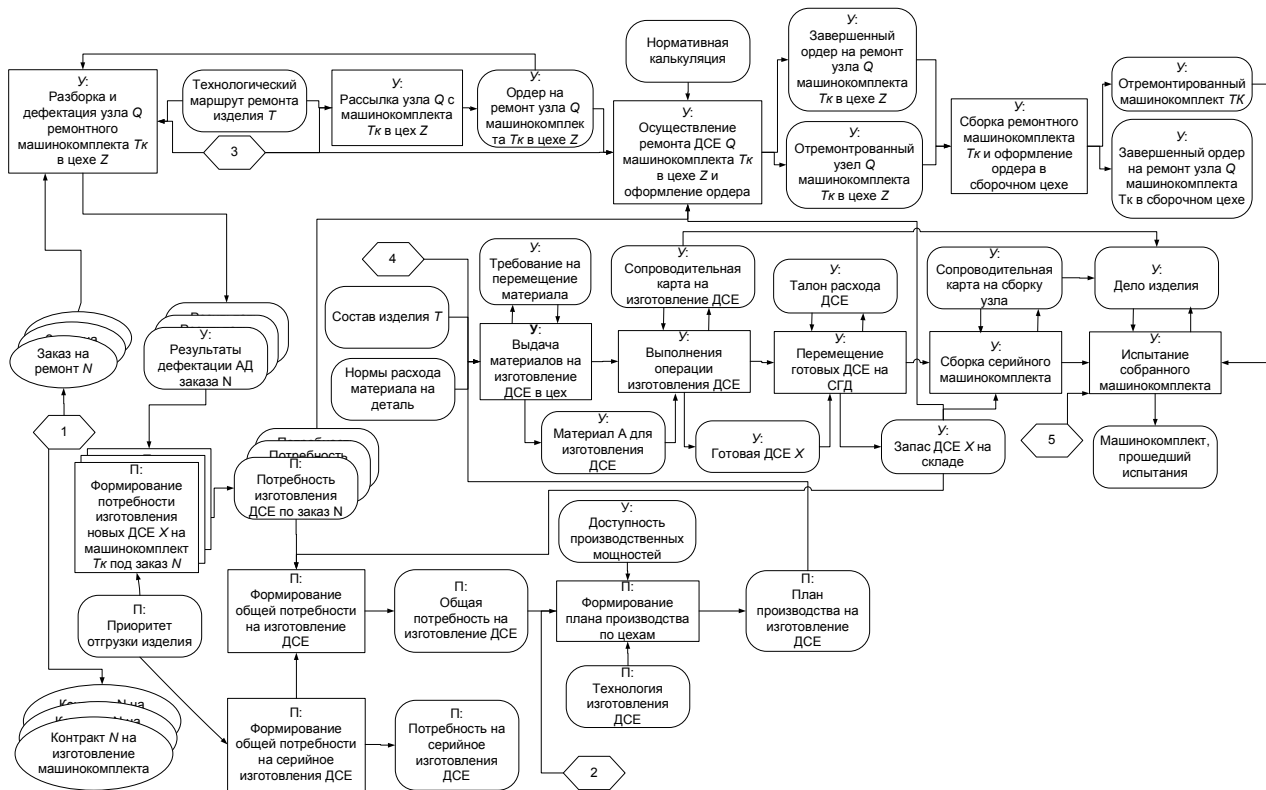


Рис. 8

Внедрение функционального модуля информационной системы Infor ERP LN на основе предложенных моделей позволило:

- повысить качество контроля сроков выполнения контрактных обязательств за счет автоматизации отслеживания сроков выполнения ремонта;
- повысить качество контроля величины затрат на ремонт изделия за счет сбора фактических затрат в автоматизированном режиме и предоставления возможности оперативного получения аналитической отчетности на их основе;
- оптимизировать процесс планирования производства за счет предоставления возможности оперативного включения в план потребности изготовления новых ДСЕ взамен изношенных в процессе эксплуатации изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фатхутдинов Р. А.** Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2003. 672с.
2. **Туровец О. Г., Родионов В. Б., Бухалков М. И.** Организация производства и управление предприятием, Издательский дом «ИНФРА-М», 2005. 544 с.
3. ОАО УМПО – производство авиационных турбореактивных и газотурбинных двигателей (<http://www.umpro.ru>).
4. **Куликов Г. Г., Набатов А. Н., Речкалов А. В.** Автоматизированное проектирование ин-

формационно-управляющих систем. Системное моделирование предметной области. Уфа, 1998. 103 с.

5. **Судов Е. В.** Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2003. 264 с.

6. **Марка Д., МакГоуэн К.** Методология структурного анализа и проектирования. М.: Мета-Технология, 1993. 240 с.

7. **Управление организацией:** Учебник / Под ред. А. Г. Поршнева, З. П. Румянцевой, Н. А. Саломатина. М.: ИНФРА-М, 2000. 669 с.

ОБ АВТОРАХ

Христолюбов Вячеслав Леонидович, дир. инф. технологий ОАО «УМПО». Дипл. инженер-механик по авиац. двигателям (УАИ, 1990). Канд. техн. наук (УГАТУ). Иссл. и разработки в обл. упр. производственными процессами в машиностроении.

Куликов Геннадий Григорьевич, проф. зав. каф. автоматизир. систем управления. Дипл. инженер по автоматиз. машиностроения (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по системн. анализу, автоматическ. упр. и тепловым двигателям (УАИ, 1989). Иссл. в обл. АСУ.

Минаева Светлана Игоревна, асп. той же каф. Дипл. инженер по прикл. информатике в экономике (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. автоматиз. упр. производственными процессами.