

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

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫМ РЕМОНТОМ АВИАЦИОННЫХ ГТД В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. РЕАЛИЗАЦИЯ НА БАЗЕ ERP-СИСТЕМЫ

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; автоматизированная информационная система управления ремонтом*

В первой части настоящей статьи, опубликованной ранее в «Вестнике УГАТУ», показана актуальность проблемы управления капитальным ремонтом авиационных газотурбинных двигателей на предприятии, осуществляющем серийное производство данной продукции в случае, когда серийное производство и капитальный ремонт осуществляются на одних производственных мощностях. Было показано, что серийное производство и ремонтное производство авиационных ГТД имеют различные типы, определяемые уровнем технологической специализации. Серийное производство авиационных ГТД имеет достаточно высокий уровень технологической специализации соответствующий типу «крупносерийное производство». Ремонтное производство соответствует типу «единичное производство». Поскольку модели управления крупносерийного и единичного производств в достаточной степени различны, то их применение на производстве комбинированного типа, где совмещены оба типа производства не обеспечивает эффективного управления производственными процессами. Для управления производством комбинированного типа была предложена новая модель, учитывающая особенности организации производства на котором одновременно осуществляется серийное производство авиационных ГТД и их капитальный ремонт.

Вторая часть статьи посвящена описанию специализированного модуля, предназначенного для управления выполнением капитального

ремонта авиационных ГТД в условиях серийного завода.

В настоящее время рост объема производства на предприятиях, выпускающих продукцию авиационного назначения, вызвал обострение вопроса эффективности управления предприятиями и, как следствие, эффективности применяемых для этой цели автоматизированных систем. Сегодня ряд крупных предприятий отрасли в целях повышения эффективности управления производственными процессами отказываются от унаследованных с 80-90-х годов прошлого века автоматизированных систем и переходят к внедрению решений построенных на базе современных ERP платформ, обеспечивающих реализацию современных методик управления, таких как Lean, TQM, «6 сигма» и др. [1, 2, 7].

Одним из ERP решений широко представленным в машиностроении в целом и авиационной промышленности в частности, как за рубежом, так и в России, является Infor ERP Ln (Baan). Данная система применяется в компаниях Boeng, Rolls-Royce, Snecma, «НПК Иркут», КнААПО и др. С 2001 года ERP система Infor ERP Ln применяется в ОАО «Уфимское моторостроительное объединение». За это время на предприятии удалось построить на базе ERP эффективную систему управления производством, добиться лидирующих в отрасли удельных показателей по объемам НЗП и материальных запасов. Поэтому в соответствии со стратегией построения интегрированного решения, в качестве платформы для разработки модуля управления капитальным ремонтом была выбрана система Infor ERP Ln (Baan) [3–6].

## **1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АВИАЦИОННЫХ ГТД НА СЕРИЙНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

В качестве основы для разработки функциональности модуля управления капитальным ремонтом авиационных ГТД был использован существующий в ОАО УМПО соответствующий бизнес-процесс, который регламентируется рядом действующих на предприятии нормативных документов. Первичный анализ процесса, проведенный в ходе формирования его формализованной модели, показал, что бизнес-процесс является сложившимся, значительные непроизводительные потери в нем отсутствуют, поэтому реинжиниринг бизнес-процесса в ходе разработки функционального модуля не выполнялось [3].

Выполнение капитального ремонта авиационных ГТД после заключения контракта включает в себя следующие этапы:

1. Прием двигателя на предприятии, оформление соответствующих документов. Передача двигателя в сборочный цех для первичной разборки и дефектации.

2. Первичная разборка на крупные узлы и дефектация.

3. Передача узлов в механосборочные цехи в соответствии с технологическими маршрутами для дальнейшей разборки и дефектации.

4. Включение в план и изготовление ДСЕ подлежащих обязательной замене при выполнении капитального ремонта и забракованных в процессе дефектации ДСЕ. Выполнение восстановительного ремонта ДСЕ, которые не были забракованы в процессе дефектации.

5. Крупноузловая сборка с последующей передачей собранных узлов в сборочный цех для окончательной сборки двигателя.

6. Окончательная сборка и испытания.

7. Передача двигателя на склад готовой продукции, упаковка, отгрузка потребителю.

Основные действия субъектов процесса выполнения капитального ремонта авиационных ГТД, связанные с учетом и планированием, изображены на мнемосхеме, приведенной на рис. 1.

Отличительная особенность процессов управления ремонтом – в их организации с учетом идентификации ремонтируемых двигателей по индивидуальным номерам. Эта особенность является следствием и необходимым требовани-

ем ремонта как позаказного (единичного) производства и обеспечивает прослеживаемость ремонтируемого изделия на всех этапах выполнения ремонта и во всех функциях управления.

Разработанный модуль «Управление ремонтом изделий» охватывает следующие функции управления ремонтом:

- нормирование (ведение нормативной информации о ремонте);
- планирование (формирование заявок на включение план номенклатуры взамен изношенной);
- учет (сбор фактических затрат на ремонт изделия с помощью электронных ордеров на ремонт);
- контроль и анализ (отчетность по затратам).

## **2. АРХИТЕКТУРА ОКРУЖЕНИЯ МОДУЛЯ «УПРАВЛЕНИЕ РЕМОНТОМ ИЗДЕЛИЙ»**

Разработанные комбинированные модели управления производством, представленные в первой части статьи, реализованы в виде модуля ERP-системы, используемой на ОАО «УМПО» (Infor ERP LN) «Управление ремонтом изделий».

Стандартная конфигурация Infor ERP LN включает модули: «Производство», «Склады», «Управление заказами», «Планирование», «Финансы», «Сервис», «Проект». Предприятие ОАО «УМПО» адаптирует стандартные модули: «Производство», «Склады», «Управление заказами», «Финансы».

Основными целями разработки и внедрения модуля Infor ERP LN «Управление ремонтом изделий» являлось обеспечение эффективного управления сроками выполнения капитального ремонта и его себестоимостью. По этой причине важным звеном в проектировании архитектуры разработанного решения является вопрос информационной интеграции с другими информационными системами, применяемыми на предприятии, поддерживающими функционально смежные бизнес-процессы. На рис. 2 приведена общая схема взаимодействия модуля управления капитальным ремонтом с другими информационными системами, применяемыми в ОАО «УМПО».

Описания информационных потоков приведены в табл. 1.

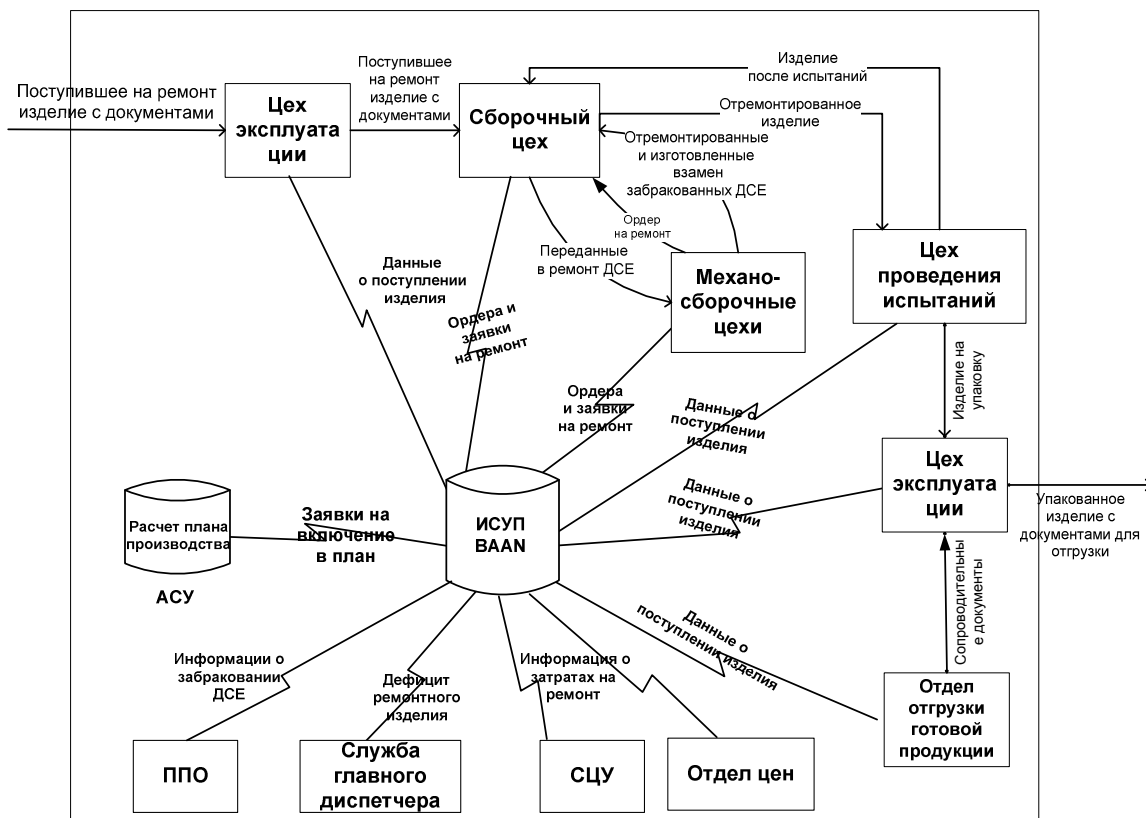


Рис. 1

Таблица 1

Поток информации (рис. 2)	Описание	Основные информационные реквизиты
1	Нормативная информация о составе ремонтируемого изделия	Код серийного изделия Код ДСЕ Код узла Общее количество ДСЕ на узел
2	Информация о забракованных ДСЕ с ремонтного изделия дополнительная потребность для включения в производственный план	Номер изделия Код ДСЕ Забракованное количество
3	Фактическая информация о трудоемкости выполненных операций в процессе ремонта	Код серийного изделия Код цеха Суммарная трудоемкость по ордеру на ремонт Дата Номер ордера на ремонт
4	Информация о списании ДСЕ со складов на ремонт изделия	Номер складского заказа на списание Код ДСЕ Код склада списания Списанное количество Номер ордера на ремонт
5	Нормативная информация о стоимости ремонта, изготовления ДСЕ в отчетном периоде	Период Код ДСЕ Информация о затратах на ремонт/изготовление ДСЕ на 1 шт по компонентам затрат: зарплата, премия, покупные, материалы, полуфабрикаты, отходы, трудоемкость

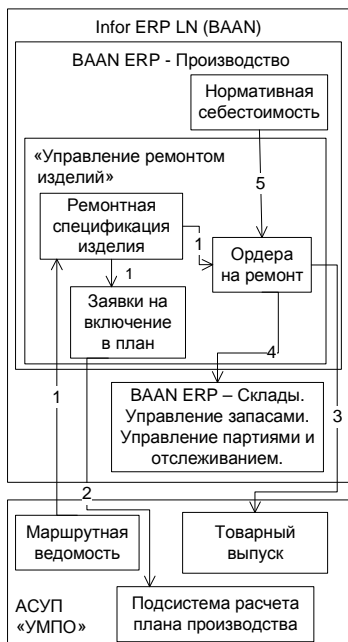


Рис. 2

### 3. ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ХОДОМ ВЫПОЛНЕНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО МОДУЛЯ

Общая последовательность действий персонала предприятия, осуществляющего управление ходом капитального ремонта двигателей, включает в себя следующие этапы:

1. Регистрация поступления ремонтного изделия в объединение (рис. 3). Изделие регистрируется под своим индивидуальным номером, присвоенным при изготовлении. По каждому изделию фиксируются параметры: тип изделия («Код серийного изделия»), дата выпуска, дата поступления на ремонт, наработка с начала экс-

плуатации (СНЭ), наработка после последнего ремонта (ППР) и т. д. В дальнейшем весь учет осуществляется в разрезе номеров изделий.

2. Ремонтные работы в сборочном и механических цехах:

2.1. На рассылаемые для ремонта по цехам ДСЕ работник планово-диспетчерского бюро (ПДБ) цеха создает заголовки электронных ордеров на ремонт (рис. 4).

Ключевыми атрибутами ордера являются:

- номер ордера (уникальный идентификатор записи);
- номер изделия (индивидуальный номер изделия из перечня зарегистрированных цехом эксплуатации ремонтных изделий);
- код ДСЕ (код детали или узла, подлежащей ремонту);
- цех-отправитель (цех, осуществляющий рассылку ремонтируемых ДСЕ);
- цех-изготовитель (цех, осуществляющий ремонт ДСЕ);
- количество ДСЕ.

2.2. Работник планово-диспетчерского бюро формирует заявку на включение в план забракованной номенклатуры ДСЕ. Основные атрибуты заявки:

- номер заявки (уникальный идентификатор записи);
- номер изделия (индивидуальный номер изделия из перечня зарегистрированных цехом эксплуатации ремонтных изделий);
- цех/участок (код участка цеха, формирующего заявку);
- период планирования (год, месяц, в котором необходимо изготовление номенклатуры ДСЕ, представленной в заявке).

Код серийного изделия	Номер изделия	№/п	Дата поступления	Номер извещения	Дата оформления	Дата выпуска	Наработка СНЭ	Наработка ППР	Срок ремонта	Вид ремонта
995600000	3010991102612	1	20062011	152/9-1728	20062011	23041991	236,00	0,00	0	Капитальный
995600000	3010991202798	1	29072011	152/9-2168	01082011	31011991	258,28	0,00	0	Капитальный
995600000	3010991202802	1	10072009	152/9-1800	10072009	05031992	598,40	0,00	0	Капитальный
995600000	3010991202822	1	29082011	152/9-2464	29082011	06031992	792,22	496,27	0	Капитальный
995600000	3010991322034	1	04072011	152/9-1873	04072011	31031993	829,27	406,01	0	Капитальный
995600000	3010991602111	1	04082008	152/9-2273	04082008	31031986	561,30	84,46	0	Капитальный
995600000	3010991702134	1	11012009	14	11012009	02031987	599,00	299,00	90	Капитальный

Рис. 3

Ном.ордера на ремонт	Дата ордера	Номер изделия	Изде лие	Код серий	Код узла	Цех/уч отправ-	Цех/участ изгот-ль	Кол.рем. узлов	Забраков. кол-во	Кол.сдан. узлов	Дата сдачи	Провер. ПИ
061110903900	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	990655024	06105	01103	0,0000	2,0000	0,0000	
061110903907	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	990664100	06105	02604	0,0000	1,0000	0,0000	
061110903943	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	991043009	06105	01104	4,0000	0,0000	0,0000	
061110903946	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	9910860200	06105	00803	1,0000	0,0000	0,0000	
061110903949	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	991086030002	06105	00803	1,0000	0,0000	0,0000	
061110903950	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	991086030003	06105	00803	1,0000	0,0000	0,0000	
061110903955	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	9910860500	06105	00813	0,0000	1,0000	0,0000	
061110903956	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	9910860550	06105	00813	1,0000	0,0000	0,0000	
061110903970	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	99121011401	06105	00802	11,0000	0,0000	0,0000	
061110903972	06092011	3010991102612	1	РЕМО	99560	99121020101	06105	00802	11,0000	0,0000	0,0000	

Рис. 4

Форма 1    Форма 2    Форма 3    Форма 4    Форма 5

№ Ордера: 424120200021    Цех отправитель

Порядковый номер ордера: 2    Цех изготовитель

№ Изделия / Номер п/п: 3010991102612 / 1    Количество рем.узлов

Изделие: РЕМОНТ99    Стоимость ремонта

Короткий № изделия: 110082    Суммарные нормо-минуты

Код узла: 995600000    Доработка изделий по рез

Код узла с R2: 995600000R2    Примечание

Поз.	Код ДСЕ	Кол-во	№орд.п	Цех усл.	Цена	Сумма	Собств.н/м	Собст	Вид строки	БТК	ППО
1	995600000R2	1,0000			15000,	15000,0	6000,0	6000,0	Из заголовка	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	090222405	17,0000			20,43	347,30	0,00	0,00	Обязательна	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	090255104	2,0000			26,53	53,05	0,00	0,00	Обязательна	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	99170210101	6,0000			94,39	566,36	0,00	0,00	Из заявки	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44	0134508148XP	16,0000			0,41	6,61	0,00	0,00	Из заявки	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
63	991617107	10,0000			15,43	154,30	0,00	0,00	Из заявки	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
65	0970152	1,0000			26,71	26,71	0,00	0,00	Из заявки	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
66	**2PMДТ33Б32Ш5	2,0000			1567,3	3134,60	0,00	0,00	Вручную	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
67	011109310R2	1,0000	06111090	00813	150,00	150,00	0,00	0,00	Из ордера	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
							6000,00				

Рис. 5

Заявка может содержать одну или несколько строк – позиций перечня необходимых ДСЕ. Каждая строка характеризуется:

- номером позиции;
- кодом ДСЕ, которую необходимо изготовить;
- количеством ДСЕ;
- кодом узла, в который входит планируемая ДСЕ;

- признаками подтверждения бюро технического контроля (БТК) цеха и планово-производственного отдела (ППО).

Каждая позиция проходит процедуру подтверждения бюро технического контроля цеха (БТК) и планово-производственного отдела (ППО), после чего она может быть включена в план производства. Массив подтвержденных строк заявок выгружается из Infor ERP LN в ав-

томатизированную информационную систему расчета плана производства.

2.3. Для учета затрат на ремонт изделия работник ПДБ создает ордер и формирует его строки (рис. 5). Строки ордера представляют собой перечень ДСЕ, передаваемых в цех-изготовитель соответствующей номенклатуры ДСЕ, подлежащей восстановительному ремонту или изготовлению, если ДСЕ забракованы.

2.4. Экономист цеха производит расчет затрат по ордеру на ремонт (возможна корректировка затрат на сборку изделия) и выполняет списание ДСЕ, изготовленных взамен забракованных, и вспомогательных материалов.

2.5. После возврата отремонтированной ДСЕ работник ПДБ завершает ордер по отправленной в механических цех ДСЕ.

3. Товарный выпуск цеха рассчитывается информационной системой в конце рабочего дня на основании сданных ордеров (в товарный выпуск попадают завершённые за день ордера). В конце отчетного периода формируется бухгалтерская отчетность по затратам на ремонт изделий (рис. 6). Возможно формирование отчетов по затратам на ремонт в различных аспектах («Затраты на ремонт изделий по цеху» или «Затраты на ремонт изделия по цехам») и в различных уровнях агрегирования (суммарные затраты и с расшифровкой по ордеру).

4. Дефицит укомплектованности сборочного цеха ДСЕ для сборки (информация для контроля хода ремонта) формируется в режиме реального времени на основании данных электронных заявок и ордеров на ремонт (рис. 7).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка и внедрение функционального модуля информационной системы Infor ERP LN на основе описанных в статье моделей позволили:

- повысить ритмичность выполнения производственной программы за счет создания контура управления выполнением капитального ремонта и его интеграции с контуром управления серийным производством.
- повысить качество контроля сроков выполнения контрактных обязательств за счет применения автоматизированной системы на всех этапах выполнения капитального ремонта;
- обеспечить контроль себестоимости капитального ремонта изделий за счет сбора данных о фактических затратах в автоматизированном режиме.
- обеспечить оперативное формирование обоснованной коммерческой цены услуги по капитальному ремонту двигателей в контрактах с открытой ценой.

Итер. изделия	Собств. м/ч	З/пл	Премия	Материалы	Покупные	Отходы	Услуги	Итого затрат	Итого затрат
<b>Группа изделий 99</b>									
3010991102552 / 1:	33.69:	4276.22:	1710.51:	15271.14:	0.00:	-1718.88:	0.00:	19538.99:	19538.99
3010991102596 / 1:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00
3010992102664 / 1:	0.87:	69.62:	27.85:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	97.47:	97.47
3010992602212 / 1:	118.77:	15950.04:	6380.30:	22865.04:	0.00:	-979.07:	0.00:	44216.31:	44216.31
3010993322152 / 1:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00:	0.00
3010993322156 / 2:	0.12:	9.30:	3.72:	0.00:	0.00:	0.00:	25.54:	13.02:	38.56
3010994102732 / 1:	0.38:	30.23:	12.09:	0.00:	0.00:	0.00:	9.58:	42.32:	51.90
3010994602452 / 1:	37.24:	4139.85:	1655.98:	3190.16:	0.00:	-436.67:	0.00:	8549.32:	8549.32
4109936021117 / 1:	29.55:	2758.27:	1103.32:	460.91:	0.00:	-8.48:	0.00:	4314.02:	4314.02
410994602171 / 1:	83.72:	12758.53:	5103.70:	31846.85:	0.00:	-2955.82:	0.00:	46753.26:	46753.26
<b>Итого по 99</b>	<b>304.34:</b>	<b>39992.06:</b>	<b>15997.41:</b>	<b>13634.10:</b>	<b>0.00:</b>	<b>-6098.92:</b>	<b>35.12:</b>	<b>123524.11:</b>	<b>123559.83</b>
<b>Итого по цеху</b>	<b>304.34:</b>	<b>39992.06:</b>	<b>15997.41:</b>	<b>13634.10:</b>	<b>0.00:</b>	<b>-6098.92:</b>	<b>35.12:</b>	<b>123524.11:</b>	<b>123559.83</b>
<b>Итого по цеху 034</b>	<b>304.34:</b>	<b>39992.06:</b>	<b>15997.41:</b>	<b>13634.10:</b>	<b>0.00:</b>	<b>-6098.92:</b>	<b>35.12:</b>	<b>123524.11:</b>	<b>123559.83</b>
<b>Итого по группе 99</b>	<b>304.34:</b>	<b>39992.06:</b>	<b>15997.41:</b>	<b>13634.10:</b>	<b>0.00:</b>	<b>-6098.92:</b>	<b>35.12:</b>	<b>123524.11:</b>	<b>123559.83</b>

Рис. 6

Цех/участок пот-ль ДСЕ	Цех/участок изгот-ль	Номер изделия	Нп/п	Код ДСЕ	Дефицит	Плановое кол-во ДСЕ	Кол-во ремонтируемых ДСЕ	Кол-во забракованных ДСЕ	Кол-во новых (заявка)	Кол-во новых (полная замен)
03401	011	3010992002394	1	0931406	8,0000	8,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,00
03401	011	3010992002394	1	Н09074628	12,0000	24,0000	0,0000	0,0000	0,0000	24,00
03401	011	3010992002394	1	01350061612X	4,0000	4,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,00
03401	034	3010992002394	1	990712002	2,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,00
03401	011	3010992002400	1	0227007	9,0000	9,0000	0,0000	0,0000	0,0000	9,00
03401	011	3010992002400	1	092150101	12,0000	14,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,00
03401	011	3010992002400	1	0970184	11,0000	11,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,00
03401	011	3010992002400	1	990713015	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,00
03401	011	30109921023447	1	0931406	4,0000	4,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4,00
03401	034	30109921023447	1	990712002	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,00

Рис. 7

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фатхутдинов Р. А.** Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2003. 672 с.
2. **Туровец О. Г., Родионов В. Б., Бухалков М. И.** Организация производства и управление предприятием. Изд. 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 информационно-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 Изд. дом «МВМ», 2003. 264 с.
6. **Марка Д., МакГоуэн К.** Методология структурного анализа и проектирования. М.: Мета-Технология, 1993. 240 с.
7. Управление организацией: Учеб. / Под ред. А. Г. Поршнева, З. П. Румянцевой, Н. А. Саломатина. М.: ИНФРА-М, 2000. 669 с.

## ОБ АВТОРАХ

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

**Христоробов Вячеслав Леонидович**, директор информационных технологий ОАО «УМПО». Дипл. инженер-механик по авиац. двигателям (УАИ, 1990). Канд. техн. таук (УГАТУ). Иссл. и разработки в обл. упр. производств. процессами в машиностроении.

**Минаева Светлана Игоревна**, асп. каф. автоматизир. систем управления. Дипл. инженер по прикладн. информатике в экономике (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. автоматиз. управления производственными процессами.