

*В.И. Кравченко,
А.А. Тупикин,
В.В. Кравченко*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Уровень производительности труда и точность выпускаемой продукции в значительной степени зависят от состояния машин и механизмов, эксплуатируемых на предприятии. Машины имеют определенный жизненный цикл, его важнейшей частью является эксплуатация [1], которая при соблюдении определенных условий длится достаточно долго. Основным условием этого является периодическое восстановление работоспособности машины путем соответствующего технического обслуживания (ремонта) – (ТО, Р) [2]. Однако в результате непрерывного подъема производства и увеличения производственных мощностей предприятий возрастают и объемы ремонтных работ, повышаются требования к качеству Р и к точности выпускаемых из Р станков. Это приводит к усложнению как организации ремонтов, так и организации самого ремонтного производства. Растет объем информации, который необходимо переработать прежде чем выдать (исполнить) задание на ремонтные работы. Особенно остро эта проблема стоит перед предприятиями тяжелого машиностроения, обладающими громадным парком уникальных (несерийных, мелкосерийных) и

прецизионных станков, ремонт которых зачастую приходится осуществлять своими силами и на собственной ремонтной базе. Естественно, что в этом случае автоматизация обработки информации для ремонтного производства является актуальной, в связи с чем целью настоящей работы является изучение структуры ремонтов и ремонтной службы, а также описание использования информационной технологии для совершенствования организации ремонтных работ на предприятии тяжелого машиностроения.

Ремонт машин начал производиться на рубеже XIX-XX веков, планоупреждающий ремонт (ППР) промышленного оборудования в бывшем СССР впервые начал осуществляться в 1923 г. [2, 3]. В тяжелом машиностроении наибольшее распространение получила «Единая система ППР» (ГОСТ 18322-78) [3]. Система ППР предусматривает проведение профилактических осмотров и плановых Р (текущего, среднего и капитального) каждого агрегата после того, как он отработал определенное количество часов. Чередование и периодичность осмотров и видов планового Р оборудования определяются его назначением и условиями эксплуатации. Назначения видов ремонтов следующие [4]: осмотр – техническое обслуживание (О) – (ТО)

© Кравченко Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент;
Тупикин Артем Аркадьевич – инженер-системотехник;
Кравченко Виталий Валериевич – студент.
Донбасская государственная металлургическая академия, Краматорск.

смазка, замена мелких деталей, проверка на точность, прогнозирование поломок; малый Р (М) – (текущий Р) замена деталей, отработавших ресурс, изношенных, исправление направляющих и проч.; средний Р (С) – замена или Р отдельного узла (узлов), исправление направляющих и пр.; капитальный Р (К) – исправление направляющих шабрением, механической или электроэрозионной обработкой, выполнение работ, связанных с восстановлением координации механизмов и траекторий их перемещения, необходимых для возвращения оборудованию его первоначальной точности и пр. Эти Р выполняются для каждой единицы оборудования и составляют структурно-тождественные, периодически повторяющиеся ремонтные циклы (РЦ)[5].

РЦ состоит из некоторого числа плановых Р, при которых замена изношенных деталей производится

Таблица 1. Структура ремонтного цикла

Класс точности	Категория	Ремонтный цикл
Н	до 10	К-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-К
	св. 10	К-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-К
П	до 10	К-О-О-О-М-О-О-О-М-О-О-О-С-О-О-О-М-О-О-О-М-О-О-О-С-О-О-О-М-О-О-О-К
В	св. 10	К-О-О-М-О-О-М-О-О-М-О-О-С-О-О-М-О-О-М-О-О-К
С	св. 10	К-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-К

В системе ППР плановый характер ремонтных работ обеспечивается за счет того, что все Р проводятся по строгому (квартальному, годовому) графику в заранее установленные сроки, вытекающие из РЦ. Однако в межремонтном периоде часть ремонтных работ может иметь неплановый характер, например регулировки или аварии. Кроме того, как показывает практика, не все ремонтные работы могут быть приурочены к периодическим Р. Число неплановых Р и их объем при прочих равных условиях прямо

за частями, устраняется износ направляющих и восстанавливаются показатели точности

оборудования (станка, механизма и пр.) [4]. Каждый вид оборудования имеет несколько РЦ. РЦ оборудования выбирается в зависимости от вида, класса точности и категории оборудования. Класс точности и категория устанавливаются отделом главного механика (ОГМех) предприятия в зависимости от сроков эксплуатации оборудования. Так как на предприятиях тяжелого машиностроения основным оборудованием являются металлорежущие станки, то в качестве примера приведем структуру РЦ для металлорежущих станков (табл. 1) одного из цехов. В табл. 1 приняты такие показатели точности станков: Н-нормальная; П-повышенная; В-высокая; С – особая.

пропорционально зависят от величины применяющихся межремонтных периодов [6] – чем больше межремонтные периоды, тем больше объем неплановых Р. Однако при уменьшении межремонтных периодов до некоторого предела, общий объем неплановых Р начинает снова возрастать. Поэтому основной задачей БППР ОГМех является планирование оптимальных межремонтных периодов, под которыми, согласно Б.П. Бельгольскому [4], понимаются такие, при которых неплановые ремонтные работы

имеют характер и объем, позволяющие совершить их в нерабочие дни, обеденные перерывы и т.п. Но для планирования таких Р необходимо знать их трудоемкость.

Как правило, ремонты оборудования заключаются в проведении операций сборки – разборки, ремонте гидравлической и электрической частей, а для «роботов» и систем числового программного управления привлекаются инженеры программисты и электронщики. Кроме того, при ремонте могут потребоваться уникальные запасные части, получить которые можно только собственным изготовлением. В этом случае понадобятся станочные работы. Таким образом, к выполнению ремонтных работ в общем случае (помимо инженерных специалистов) могут привлекаться следующие категории рабочих: слесари ремонтники; слесари – электрики; станочники. Соответственно этому трудоемкость ремонтных работ складывается из трудоемкости слесарных и станочных операций, а также трудоемкости слесарей-электриков.

Трудоемкость слесарных операций определяется по формуле [2, 3]

$$T_{cl} = KPC \cdot K_{cl}, \quad (1)$$

где KPC – коэффициент ремонтной сложности слесарных работ;

K_{cl} – коэффициент, учитывающий вид ремонтных работ и равный 16,4 для капитального ремонта; 11,0 – для среднего ремонта; 3,0 – для малого ремонта; 0,35 – для осмотра.

Трудоемкость работ слесарей-электриков рассчитывается аналогично формуле (1) и отличается только коэффициентами ремонтной сложности для работ слесарей-электриков.

Трудоемкость станочных операций T_{cm} определяется по формуле

$$T_{cm} = T_{cl} \cdot K_{cm}, \quad (2)$$

где K_{cm} – коэффициент, учитывающий вид ремонтных работ;

$K_{cm} = 0,5$ – для капитального, среднего, малого ремонтов;

$K_{cm} = 0,1$ – для осмотра.

Длительность простоев оборудования в ремонте рассчитывается по формуле

$$D_c = KPC \cdot K_{II}, \quad (3)$$

где K_{II} – коэффициент, учитывающий вид ремонтных работ;

$K_{II} = 1,0$ – для капитального ремонта;

$K_{II} = 0,6$ – для среднего ремонта;

$K_{II} = 0,25$ – для малого ремонта;

$K_{II} = 0,1$ – для осмотра.

Все характеристики оборудования представляются в ведомостях, фрагмент одной из которых, преобразованный в виде, удобном для использования на ЭВМ, показан в табл. 2.

В табл. 2 принято: «Тип» – характер информации при ее автоматизированной обработке: А – текстовое поле; I, N – числовые поля; – D – поле даты в формате ДД.ММ.ГГГГ; «Формат» – максимальное количество знаков данного типа в реквизите.

Таблица 2. Характеристика оборудования

Реквизит (параметр станка)	Тип	Формат
Инвентарный номер	I	6
Вид оборудования	I	2
Категория оборудования	I	2
Название агрегата	A	50
Завод-изготовитель	A	50
Модель	A	50
Категория сложности Р механической части	I	2

Категория сложности Р электрической части	I	2
Категория сложности Р для станочных операций	I	2
Сменность	N	2
Межремонтный период	I	2
Вид последнего Р	A	50
Дата последнего Р	D	10
Год установки	D	10
Ремонтный цикл	A	50

Организацией ремонтов на заводууправления и представляющий предприятие занимается отдел главного механика, входящий в состав его структурное подразделение (рис.1).

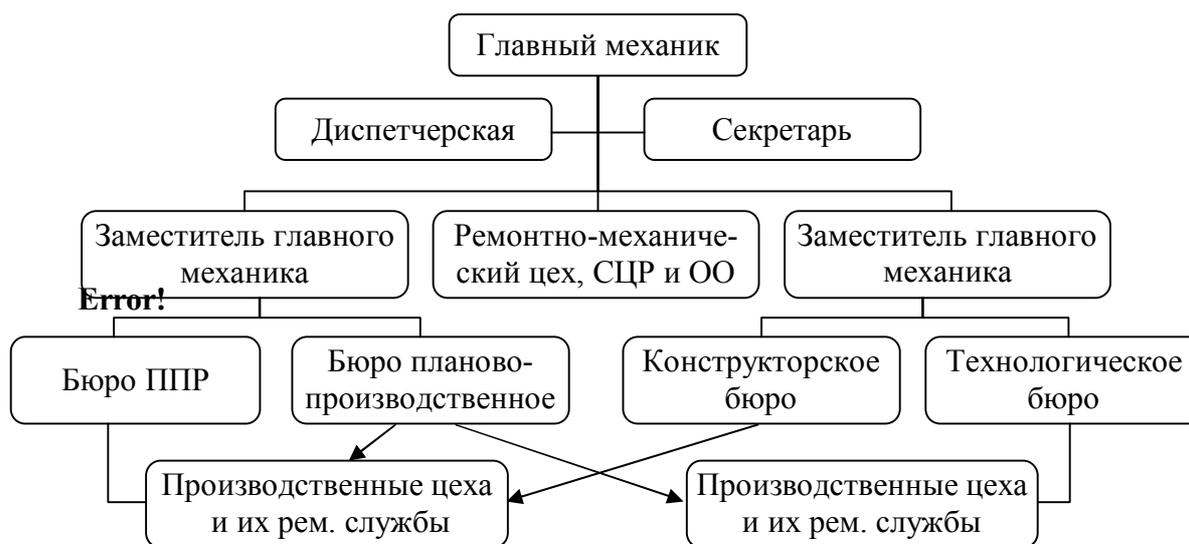


Рис. 1. Принципиальная схема организации ОГМех

Управление ремонтным производством строится с учетом РЦ по следующему алгоритму: начальники производственных цехов составляют заявки на ремонт, и после их согласования с ОГМех утверждают графики ППР, графики для внеплановых ремонтов и осуществляют контроль ремонта оборудования; БППР рассчитывает простои, трудоемкости (см. формулы (1-3), составляет и утверждает графики ППР, а также дополнительные графики для внеплановых ремонтов по каждому цеху; БПП производит учет затрат на ремонт оборудования, формирование титула на ремонты, ведомости покупных, формирование расцеховок и составляет заявки на комплектующие, материалы, запчасти для ремонтов и т.п.;

КБ обеспечивает всю потребность в ремонте конструкторской документацией – формирование чертежей, спецификаций, аналогичную работу, только в разрезе технологических процессов ремонта оборудования, выполняет технологическое бюро; общезаводские службы – бухгалтерия, отдел снабжения и пр. – составляют сметно-плановые калькуляции ремонтов, выдают средства на ремонты, предоставляют информацию о наличии материалов, комплектующих на складе, закупают материалы, комплектующие на основании потребности и пр.; генеральный директор утверждает общезаводской график ППР, титул и выделение средств на ремонты, дополнительные графики для

внеплановых ремонтов и пр.; СЦР и ОО, ремонтный цех и цеха, участвующие в изготовлении запчастей и ремслужбы цехов изготавливают запчасти, формируют заявки на инструмент и спецоснастку, ремонтируют оборудование и представляют отчет о проделанной работе.

Анализ вышеизложенного относительно состава ремонтных работ, структуры ремслужбы и алгоритма управления ремонтным производством показывает, что наиболее логичным способом применения информационных технологий для автоматизации управления ремонтными работами является создание автоматизированного

рабочего места специалиста ремонтного отдела (АРМ «Ремонт»), основу которого составляет база данных (БД) по оборудованию. Областью применения разрабатываемой базы является система управления ремонтным производством крупного машиностроительного предприятия. Основываясь на этой базе, а также на некоторой дополнительной информации, можно составить график ППР, для чего представим информационную модель обработки данных в виде DFD-диаграммы, детализирующей процесс формирования графика ППР (рис. 2), и диаграммы прецедентов (рис 3) [7, 8].

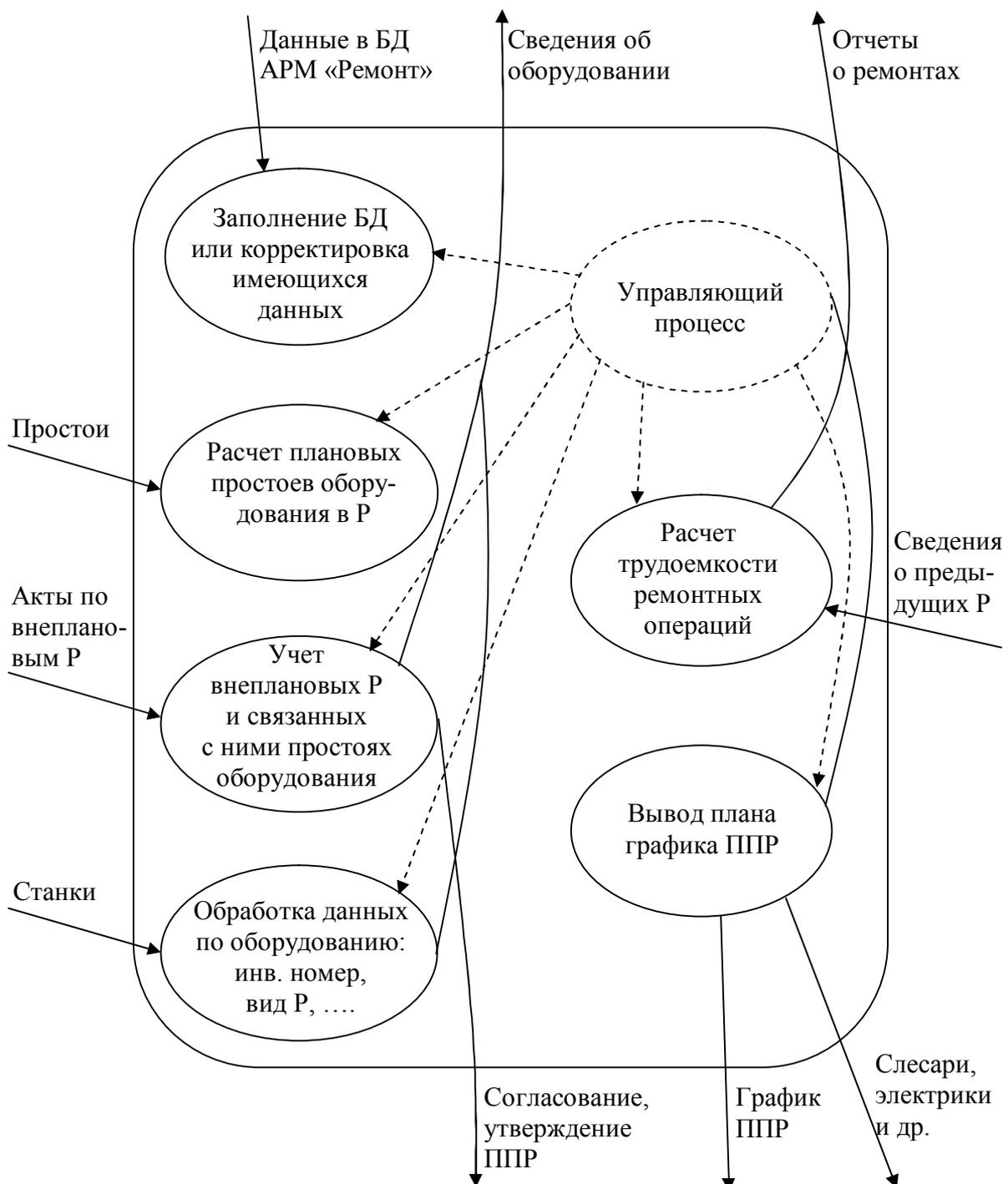


Рис. 2. DFD-диаграмма, детализирующая «Составить график ППР»

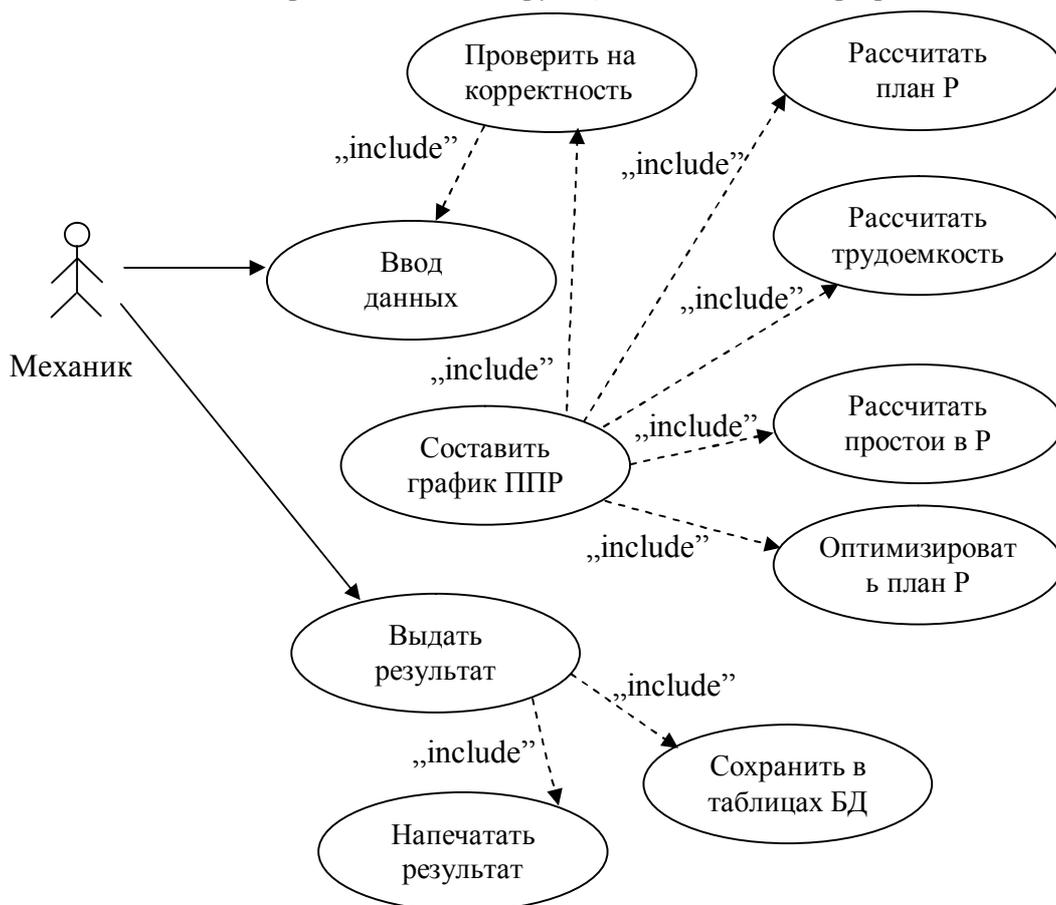


Рис. 3. Диаграмма прецедентов использования АРМ «Ремонт»

Из рис. 2 видно, что сущность МЕХАНИК, выполняя главный процесс АРМа, производит анализ бумажных носителей информации (первичных документов, актов, предыдущих графиков Р), выбирает из нее значения соответствующих реквизитов и вводит их в БД или производит корректировку данных, уже находящихся там. Таким

способом обрабатываются потоки информации по оборудованию, трудоемкостям ремонтных работ и т.п. Выходным потоком АРМ для сущности МЕХАНИК является вывод результатов в виде электронного документа или справочная информация по корректировке БД. Другими словами, выходным потоком АРМ является

график ППР, направляемый исполнителям – сотрудникам СЦР и ОО, бригадирам слесарей, механикам цехов и т. п.

На диаграмме прецедентов использования (см. рис. 3) показано взаимодействие между вариантами использования и действующими лицами (актерами). Диаграмма отражает требования к системе с точки зрения пользователя. На данной диаграмме человеческая фигурка обозначает действующее лицо, овалы – варианты использования, а линии и стрелки – различные связи между ними.

Суть данной диаграммы состоит в том, что проектируемый АРМ представляется в виде множества актеров, взаимодействующих с системой с помощью так называемых вариантов использования системы. В свою очередь вариант использования служит для описания ответных действий, которые система

возвращает актеру в ответ на его действия.

Как следует из анализа предметной области для АРМ «Ремонт», актерами могут быть различные лица, например главный механик, или некоторые производственные подразделения – СЦР и ОО. Мы же рассмотрим в качестве актера – механика, специалиста ОГМех, занимающегося составлением графика ППР. Приведем описание ответных событий, которые воспроизводит система, получив определённые указания (воздействия) от актёра.

Описание прецедентов приведено в табл. 3. Исполнитель – механик (пользователь). Требования механика как заинтересованного лица – хочет быстро и качественно рассчитать график ППР. Предусловия – наличие сведений по оборудованию, минимальные навыки работы с программой.

Таблица 3. Описание прецедентов АРМ «Ремонт»

Прецедент	Описание
Проверить на корректность	Включает в себя функцию ввода входных параметров системы и открытия БД. Используется в качестве механизма, который в зависимости от информационного потока на входе перенаправляет его тому или иному расширяющему прецеденту
Составить график ППР	Включает в себя поиск данных по оборудованию, межремонтным периодам, расчетам трудоемкостей, составлению графика Р и его оптимизацию. Представляет обобщенный механизм расчета
Рассчитать план Р	Расширяет прецедент «Составить график ППР». Подразумевает формирование графика ремонтных работ
Рассчитать трудоемкость	Расширяет прецедент «Составить график ППР». Подразумевает расчет трудоемкости слесарей, электриков, станочников
Рассчитать простой	Расширяет прецедент «Составить график ППР». Подразумевает расчет простоев оборудования плановых и внеплановых
Оптимизировать план Р	Расширяет прецедент «Составить график ППР». Подразумевает оптимизацию графика ремонта методом динамического программирования
Выдать результат	Включает прецедент «Сохранить в таблицах БД», напечатать результат. Подразумевает передачу обобщенных данных на внешний носитель
Сохранить в	Расширяет прецедент «Выдать результат». Подразумевает

таблицах БД	сохранение результатов расчета в таблицах БД, хранящихся на жестком диске
Напечатать результат	Прецедент расширяет прецедент «Выдать результат». Подразумевает выдачу результата в виде твердой копии или экранной формы

Постуловия – получен достоверный расчет графика ППР, скорректирована БД. Основной, успешный сценарий: пользователь вводит; система обработки данных реагирует на правильный ввод; система рассчитывает график ППР, простои оборудования, трудоемкости ремонтных работ; система регулирует выдачу экранных форм; пользователь получает

результат расчета план – график ППР (рис. 4).

На главной экранной форме выделен график ППР вертикально-сверлильного (рис. 4) станка модели 2Н125 - Ф25 (запись №8), эксплуатируемого в одном из цехов предприятия. В планируемом

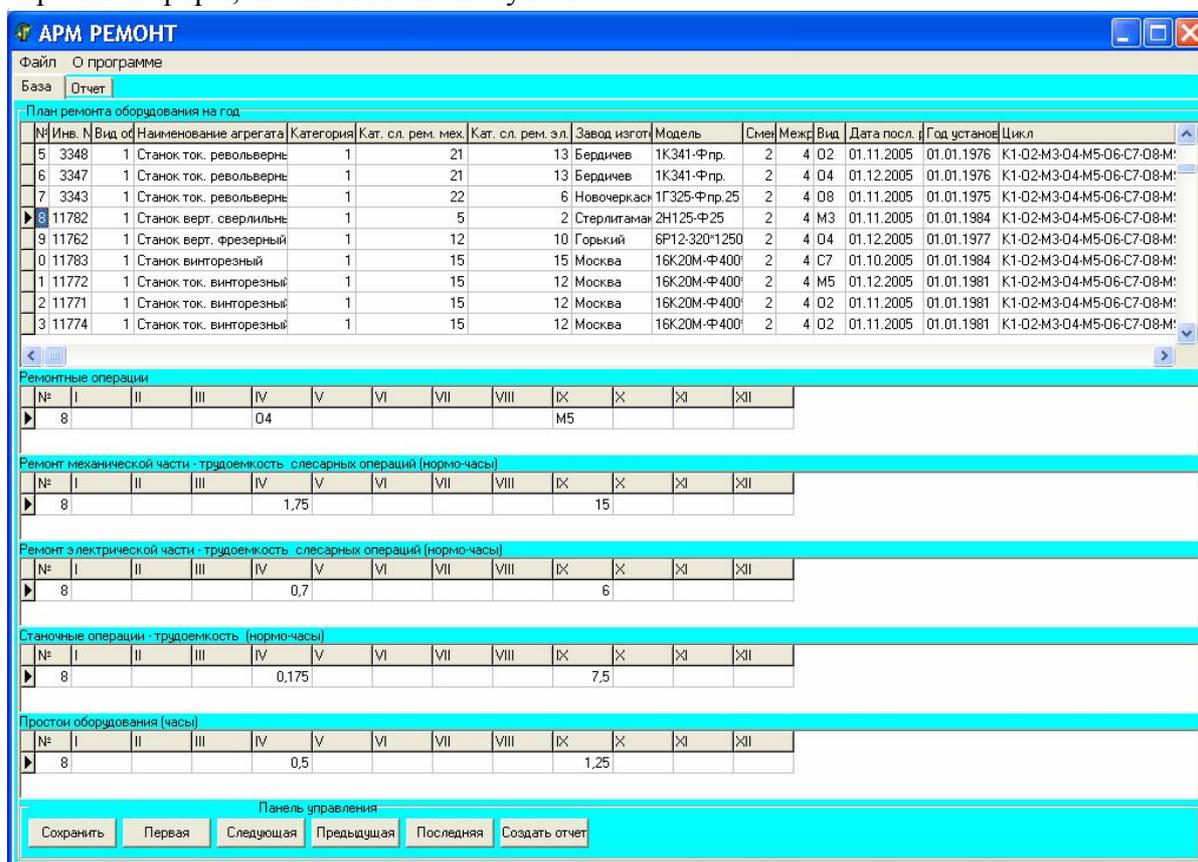


Рис. 4. База данных, график ППР и трудоемкости ремонтных работ

периоде для данного станка в строгом соответствии с РЦ (колонка «Цикл», панель «План ремонта оборудования на

год») предусматриваются следующие виды ремонтов (панель «Ремонтные операции») – ОСМОТР в апреле месяце

и МАЛЫЙ РЕМОНТ – в сентябре. Предшествовал этим ремонтам также МАЛЫЙ РЕМОНТ МЗ, выполненный 01.11.2005 г. Категория сложности ремонта механической части (КРС) равна пяти. Трудоемкость ремонта механической части (панель «Ремонт механической части – трудоемкость слесарных операций»), рассчитанная по формуле (1) для малого ремонта М5 в сентябре месяце составит $T_{cl} = KPC \cdot K_{cl} = 5 \cdot 3 = 15$ нормо-часов, а плановые простои – 1,25, что и отражается в соответствующих панелях приложения, написанного в среде программирования Delphi 6 [9]. Аналогично рассчитываются и остальные показатели для каждой единицы оборудования. В случае отсутствия какого-либо вида Р соответствующая панель остается не заполненной. При необходимости данный вариант графика ППР может быть сохранен на внешнем носителе. С закладки «Отчет» график ППР может быть представлен в виде твердой копии для документального оформления. Кроме того, при составлении отчета подсчитываются суммарные значения трудоемкостей и простоев ежемесячно и в целом за год. Сведение всех показателей на единый экран позволяет всем заинтересованным лицам наглядно видеть порядок, сроки и объемы ремонтных работ, что непосредственно положительно влияет на их организацию.

Выводы. В результате выполнения настоящей работы были установлены виды ремонтов, ремонтные циклы, документы, характеризующие оборудование и алгоритм управления ремонтным производством. Выявлена необходимость создания автоматизированного рабочего места специалиста ремонтника и разработана информационная модель базы данных по

оборудованию, что позволяет составить график планово-предупредительных ремонтов, рассчитать трудоемкости ремонтных работ и простои оборудования в ремонте по каждой единице и всему парку станков в целом. Визуализация результатов расчетов осуществляется с использованием системы программирования Delphi 6. Программа обеспечивает автоматизацию управленческой деятельности специалистов, занимающихся подготовкой ремонтов оборудования.

Литература

1. Ремонт машин / Под ред. Н.Ф. Тельнова. – М.: Агропромиздат, 1992. – 500 с.
2. Гельберг Б.Т., Пекелис Г.Д. Ремонт промышленного оборудования. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
3. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. Изд. 6-е. – М.: Машиностроение, 1967. – 591 с.
4. Бельгольский Б.П. Совершенствование организации и планирования ремонтов металлургического оборудования. – М.: Энергия, 1982. – 270 с.
5. Якобсон М.О. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технического оборудования. – М.: Машиностроение, 1967. – 158 с.
6. Расчет периодичности профилактических работ по техническому обслуживанию и ремонту // Информационные технологии. – 2006. – №1. – С. 36-42.
7. Хомоненко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных. – СПб.: КОРОНАпринт, 2002. – 672 с.

8. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А.
Язык UML. Руководство пользователя:
Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 432 с.

9. Фаронов В. В.
Программирование баз данных в Delphi
6. – СПб.: Питер, 2003. – 352 с.

