

Информатизация технологии оценки предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин

*Г.Н. Иванов,
доц. каф. ТП, к.т.н., ivan.genn@ya.ru,
МГТУ «Станкин», г. Москва,
Е.И. Сизова,
доц., каф. ГОТ и М, к.т.н., kaftmr@mail.ru,
Горный инст. НИТУ «МИСиС», г. Москва*

Представлена технология информатизации оценки предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин. Представленная в докладе разработанная технология информатизации оценки предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин позволяет структурировать процесс как составную часть этапа жизненного цикла в реальном времени. Представленная информационная технология позволяет иметь достоверную информацию о работоспособности технического устройства и переход в предельное состояние.

Рассмотрены оптимальные критерии и факторы, определяющие предельного состояния, при этом анализ не сводится только к физическому износу, переход в предельное состояние может быть также обусловлен влиянием факторов функционального устаревания.

Представлен анализ принятия решения при достижении предельного состояния технического устройства.

В докладе рассмотрена технология формирования эксплуатационной документации (ЭД) на изделие, достаточной для обеспечения правильной и безопасной эксплуатации изделий в течение установленного срока службы.

Рассмотрена технология формирования диагностических параметров, оптимизирующие оценку предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин.

Рассмотрена технология формирования технического обслуживания, ремонта и последующую утилизацию.

The technology of Informatization of the assessment of the limit working condition of systems and units of mining machines is presented. Presented in the report the developed technology of Informatization of the assessment of the limit working condition of systems and units of mining machines allows structuring the process as an integral part of the life cycle stage in real time. The presented information technology allows you to have reliable information about the performance of the technical device and the transition to the limit state.

The optimal criteria and factors that determine the limit state are considered, while the analysis is not limited to physical wear, the transition to the limit state can also be due to the influence of functional obsolescence factors.

The analysis of decision-making when reaching the limit state of the technical device is presented.

The report discusses the technology of formation of operational documentation (ED) on the product, sufficient to ensure the correct and safe operation of products within the specified service life.

The technology of formation of diagnostic parameters that optimize the assessment of the limit operating state of systems and units of mining machines is considered.

Examined the technology of formation maintenance, repair and subsequent utilization.

Важнейшей проблемой современного машиностроительного производства как при производстве новых, так и при ремонте вышедших из строя деталей является проблема управления качеством деталей машин. К числу таких свойств, называемых эксплуатационными, относят выносливость, износостойкость, коррозионную стойкость, жесткость и т.д.

Информационные технологии являются стратегическими элементами и главными средствами создания стоимости во многих отраслях, составляющих новую экономику с элементами информационного общества.

Процесс принятия решений невозможно автоматизировать, но рутинные функции поиска необходимой информации, а также получения результивных, расчетных показателей, необходимо и можно автоматизировать.

Информатизация (англ. Informatization) — политика и процессы, направленные на построение и развитие телекоммуникационной инфраструктуры, объединяющей территориально распределенные информационные ресурсы.

Для решения задачи информатизации технологии оценки предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин была использована методология SADT.

SADT - одна из самых известных и широко используемых методик информационного структурного моделирования и проектирования. Новое название методики, принятое в качестве стандарта - IDEF0 (Icam DEFinition) - часть программы ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing - интегрированная компьютеризация производства) [1].

На рис.1 представлена функционально-информационная диаграмма (модель) постановки задачи на разработку рабочей документации (РД) информатизации технологии оценки предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин в формате IDEF0. Представленная диаграмма представляет функциональную модель технологии разработки поставленной задачи.

На разработанных и представленных диаграммах (сценариях) в формате IDEF0, «Разработать методику оценки состояния объекта на ресурсные показатели (A1)» и диаграмма «Разработать ТЗ на оценку и управление предельного состоянием объекта (A2)», отображена структура информатизации технологии оценки предельного состояния систем и агрегатов горных машин.

Технологиями, обслуживающими процессы прогнозирования и планирования, являются компьютерные технологии, основанные на принципе визуально-интуитивного извлечения полезной информации (ВИ-

технологии). ВИ-технологии позволяют проанализировать огромный объем информации, представить их в наглядном графическом виде и отследить динамику изменения параметров.

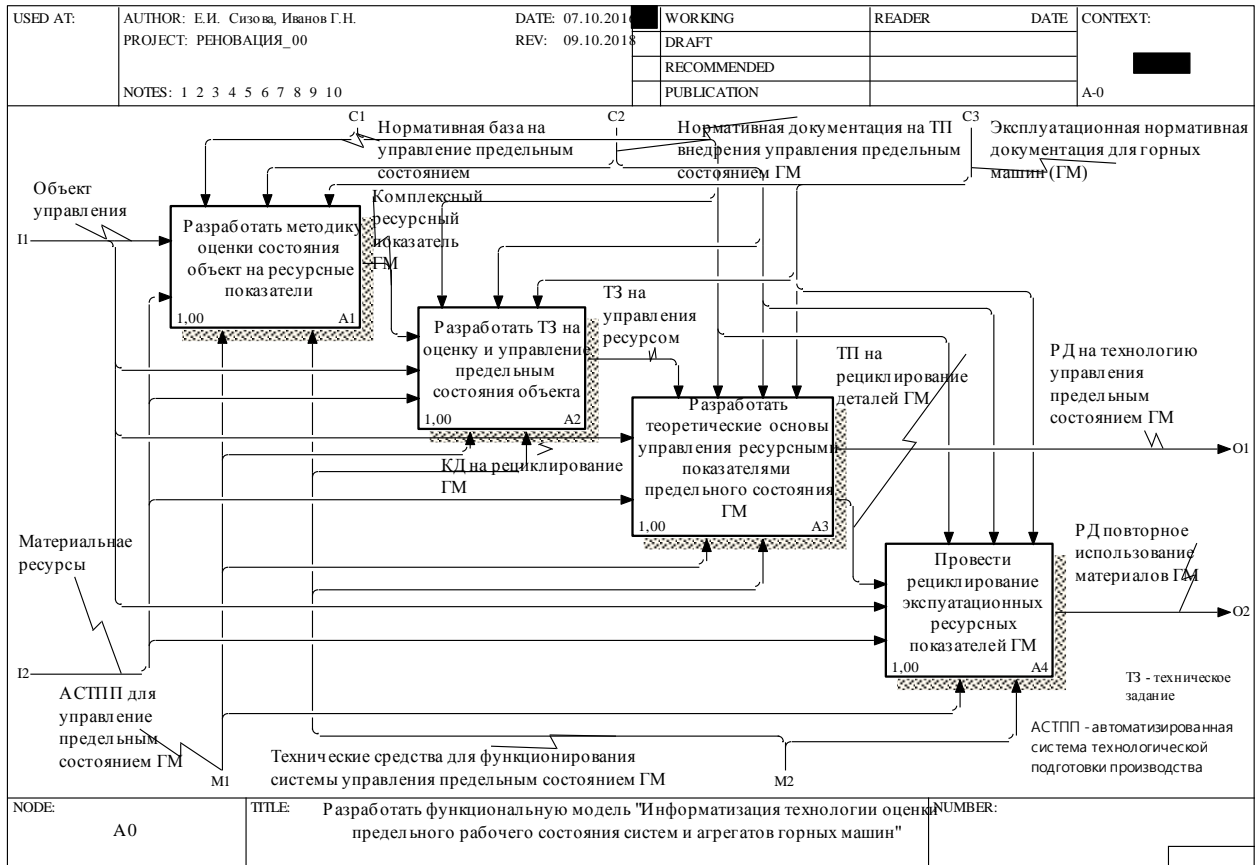


рис.1. Функциональная модель «Информатизация технологии оценки предельного рабочего состояния агрегатов горных машин» (A0)

Прогнозирование — это функция управления, заключающаяся в научном исследовании и оценке вероятных перспектив развития объекта управления.

Планирование — разработка мероприятий и конкретных видов работ, увязанных по ресурсам и срокам на конкретный календарный период, для достижения поставленной цели. При этом определяются объект и субъект планирования, период планирования, средства планирования, условия согласования планов.

При длительной эксплуатации горного оборудования неизбежно возникают повреждения или нарушения работоспособности его элементов даже при отсутствии дефектов изготовления и соблюдении правил эксплуатации [2-6].

Воздействие указанных факторов в течение длительного времени вызывает повреждение металла. В некоторые моменты функционирования оборудования могут возникать такие сочетания параметров, которые нарушают его работоспособность, т.е. вызывают отказы.

К первому виду относят отказы, вызванные нарушением механической работоспособности оборудования вследствие изнашивания, коррозии, поломки деталей, нарушения формы элементов оборудования, возникновения недопустимых сопутствующих процессов - вибрации, стука, утечки технологической среды, перегрева подшипников и др.

К технологическим относят отказы, обусловленные нарушением хода технологического процесса, выполняемого на данном оборудовании.

Доля отказов третьего вида определяется в основном уровнем технологической дисциплины и культуры производства на конкретном предприятии. Большая часть механических и технологических отказов (около 90%) проявляется постепенно в изменении одного или нескольких выходных параметров, поэтому их называют также параметрическими. Контролируемыми параметрами могут быть как непосредственно намеряемые величины повреждений (глубина коррозии стенок, износ детали), так и выходные параметры оборудования (производительность, коэффициент полезного действия) и другие количественные показатели качества продукта, параметры вибрации, шума, величина утечки среды через уплотнения и т.д.

Далее эти параметры, контроль которых позволяет прогнозировать моменты наступления отказов оборудования, называются параметрами технического состояния, или сокращенно ПТС.

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 отказом оборудования считается нарушение его работоспособного состояния. Если оборудование после отказа или технического освидетельствования не подлежит восстановлению, то такое состояние называют предельным состоянием (ПС) оборудования. Признаки предельного состояния оборудования, установленные в нормативно-технической документации, называются критериями предельного состояния (КПС). Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки оборудования после момента контроля его технического состояния (или ремонта), в течение которого обеспечивается соответствие, требованиям НТД всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности.

Фактические режимы нагружения при соблюдении правил эксплуатации оказываются, как правило, менее напряженными, чем расчетные, что снижает интенсивность расходования заложенных запасов (по прочности, износо- и коррозионной стойкости) обеспечивает резерв по остаточному ресурсу оборудования.

Возможность прогнозирования величины остаточного ресурса обеспечивается при одновременном наличии следующих условий:

- известны параметры, определяющие техническое состояние оборудования (ПТС);
- известны критерии предельного состояния оборудования;
- имеется возможность периодического (или непрерывного) контроля значений ПТС.

По многим характерным для горного оборудования деградиационным процессам (сплошной коррозии, изнашиванию, ползучести и др.) указанные условия выполняются. При малом сроке эксплуатации (относительно нормативного) и незначительной поврежденности оборудования для прогнозирования его остаточного ресурса используют только информацию о нагруженности. Возможность прогнозирования остаточного ресурса оборудования имеется в тех случаях, когда критерии предельного состояния оборудования определены в численных значениях, и в ходе эксплуатации оборудования ведутся измерения (периодические или непрерывные) и регистрация параметров, (ПТС), определяющих предельное состояние.

В горно-металлургической промышленности расходы на ремонты способны поглощать значительную часть доходов, а ремонтные простои – существенно уменьшать сами доходы. Поэтому сокращение и тех и других является актуальной задачей.

Во время ремонтных остановок выполняется *ревизия* механизмов для определения недопустимых дефектов, после чего проводится непосредственно *ремонт*, т. е. замена забракованных деталей новыми деталями. В настоящее время сложились четыре основные формы организации ремонтов. Это ремонты, проводимые по отказу, планово-предупредительные ремонты, ремонты по фактическому состоянию и проактивные ремонты. Возможно проведение ремонтов, когда его эксплуатация становится невозможной вследствие отказа – «ремонт по отказу». Эта простая стратегия не обременяет расходами по подготовке ремонтов, но сами ремонты в силу их неожиданности могут быть дорогостоящими и продолжительными. «Ремонт по отказу» оправданы, если отказы имеют случайный характер, мало зависящий от наработки, и когда последствия отказа незначительны, а меры профилактики стоят дороже, чем замена вышедшего из строя узла. Усовершенствованный вариант «ремонт по отказу» – «ремонт по возникновению дефектов», которые определяются по косвенным признакам: вибрации, течи масла и т. п. Для ускорения «ремонт по отказу» применяют метод агрегатирования.

Следует отметить некоторое различие понятия "остаточного ресурса" ("residual value", "residuals") для отечественной и зарубежной литературы. Согласно [4], а также традиции понимать под понятием "ресурс изделия" его собственный технический ресурс, ресурсом называют наработку объекта от начала или возобновления эксплуатации до наступления предельного состояния. В качестве меры продолжительности может быть выбран любой неубывающий параметр, характеризующий продолжительность эксплуатации объекта.

Надёжность - комплексное свойство технического объекта, которое состоит в его способности выполнять заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в установленных пределах. Надёжность охватывает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность. С надёжностью непосредственно связана диагностика [2-6].

Диагностика - учение о методах и принципах распознавания болезней и постановки диагноза.

Техническая диагностика - рассматривает вопросы, связанные с оценкой действительного состояния технических систем. Задачей диагностики является выявление и предотвращение возникающих отказов технических средств с целью повышения их общей надёжности.

Работоспособный объект - объект, который может выполнять возложенные на него функции в условиях эксплуатации, определенных для данного объекта.

Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значение всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего его способность выполнять заданные функции, не соответствует нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Отказ - переход объекта из работоспособного состояния в неработоспособное.

Восстановление - возвращение объекту работоспособного состояния.

Надёжность объекта - совокупность свойств, определяющих возможность объекта сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации и его приспособленность к восстановлению в случае отказа.

Объект характеризуется жизненным циклом. Жизненный цикл объекта состоит из ряда стадий: проектирование объекта, изготовление объекта, эксплуатация объекта. Каждая из этих стадий жизненного цикла влияет на надёжность изделия.

На стадии проектирования объекта закладываются основы его надёжности. На надёжность объекта влияют: выбор материалов (прочность материалов, износостойкость материалов), запасы прочности деталей и конструкции в целом, удобство сборки и разборки (определяет трудоёмкость последующих ремонтов), механическая и тепловая напряжённость конструктивных элементов, резервирование важнейших или наименее надёжных элементов и другие меры.

На стадии изготовления надёжность определяется: выбором технологии производства, соблюдением технологических допусков, качеством обработки сопрягаемых поверхностей, качеством используемых материалов, тщательностью сборки и регулировки.

Эксплуатация оказывает решающее влияние на надёжность объектов, особенно сложных. Надёжность объекта при эксплуатации обеспечивается путем:

- соблюдение условий и режимов эксплуатации (смазка, нагрузочные режимы, температурные режимы и др.),
- проведение периодических технических обслуживаний с целью выявления и устранения возникающих неполадок и поддержания объекта в работоспособном состоянии,
- систематическая диагностика состояния объекта, выявление и предупреждение отказов, снижение вредных последствий отказов,

- проведение профилактических восстановительных ремонтов.

Основной причиной снижения надежности в процессе эксплуатации являются износ и старение компонентов объекта.

Поддержание требуемого уровня надежности технических объектов в процессе эксплуатации осуществляется путем проведения комплекса организационно-технических мероприятий. Сюда входят периодические технические обслуживания, профилактические и восстановительные ремонты. Периодические технические обслуживания направлены на своевременные регулировки, устранение причин отказов, раннее выявление отказов.

Порядок выполнения несложных работ определяется инструкциями по техническому обслуживанию, а порядок выполнения сложных работ - технологическими картами.

В процессе технических обслуживаний обычно осуществляется и диагностика состояния эксплуатируемого объекта (в том или ином объеме). Осуществляется диагностика с помощью диагностических средств контроля, которые могут быть встроенными и внешними. Встроенные средства позволяют осуществлять непрерывный контроль. С помощью внешних средств осуществляется периодический контроль.

В результате диагностики выявляются отклонения параметров объекта и причины этих отклонений. Определяется конкретное место неисправности. Решается задача прогнозирования состояния объекта и принимается решение о его дальнейшей эксплуатации.

Объект считается работоспособным, если его состояние позволяет ему выполнять возложенные на него функции. Если в процессе эксплуатации характеристики объекта или его структура недопустимо изменились, то говорят, что в объекте возникла неисправность.

Термины и определения установлены стандартами ГОСТ 27.002, 27.003 и другими. Стандарты предусматривают использование следующих основных понятий и определений:

Надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

При исследовании надежности часто ставится задача определить причины, приводящие к формированию той или другой стороны надежности для определения путей повышения надежности. Это приводит к делению надежности на разные виды:

Физическая надежность - обуславливается физическими и химическими свойствами, условиями работы, нагружением и т.д.

Схемная надежность - обуславливается уровнем физической надежности отдельных элементов и схемой их взаимосвязи. Схемная надежность может быть повышена за счет **резервирования**.

Функциональная надежность - надежность выполнения отдельных функций, возлагаемых на объект.

Надежность является комплексным свойством и включает в себя такие свойства, как:

Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Наработка – временное понятие характеризующее продолжительность или объем работы объекта (в часах, циклах, километрах пробега и др.).

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность - свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Невосстанавливаемое изделие - изделие, которое не может быть восстановлено потребителем и подлежит замене.

Восстанавливаемое изделие - изделие, которое может быть восстановлено потребителем.

Сохраняемость - свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение хранения и (или) транспортирования.

Безопасность – свойство в случае нарушения работоспособного состояния не создавать угрозу для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды.

Живучесть - свойство объекта сохранять работоспособность (полностью или частично) в условиях неблагоприятных воздействий, не предусмотренных нормальными условиями эксплуатации.

Исправное состояние - состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние - состояние объекта, при котором он не удовлетворяет хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние - состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние - состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра характеризующего его способность выполнять заданные функции, не соответствует нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Предельное состояние - состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

В основе понятия надежности объекта лежит понятие его отказа.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Различают классификацию отказов математическую (вероятностную) и классификацию инженерную (физическую).

Систематические отказы возникают по причинам, вызывающим постепенное накопление повреждений (время, температура, облучение). Выражаются в виде износа, старения, коррозии, залипания, утечки и т.д.

Полный отказ ведет к полной потере работоспособности.

Частичный отказ ведет к частичной потере работоспособности.

Постепенные отказы развиваются во времени и связаны со старением, износом, усталостной прочностью и другими факторами изменения свойств материала.

Внезапные отказы - на вероятность их появления не влияет время предыдущей работы.

Независимые отказы - вероятности их появления не зависят друг от друга.

Зависимые отказы - вероятность появления одного отказа связана с вероятностью появления другого.

Поломка - повреждение объекта, которое может быть устранено силами экипажа или ремонтных служб, не влекущее гибели людей.

Наиболее трудными являются вопросы обоснованного назначения критерия годности, а также выбор прогнозирующих параметров. В большинстве случаев могут оказаться приемлемыми методы экспертных оценок.

На разработанных и представленных на рис.2. (Структурная модель «Информатизация технологии предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин») диаграммах (сценариях) в формате IDEF3, отображена структура информатизации технологии оценки предельного состояния систем и агрегатов горных машин. Исполнение каждого сценария сопровождается соответствующими потоками информации, например, в виде электронных документов.

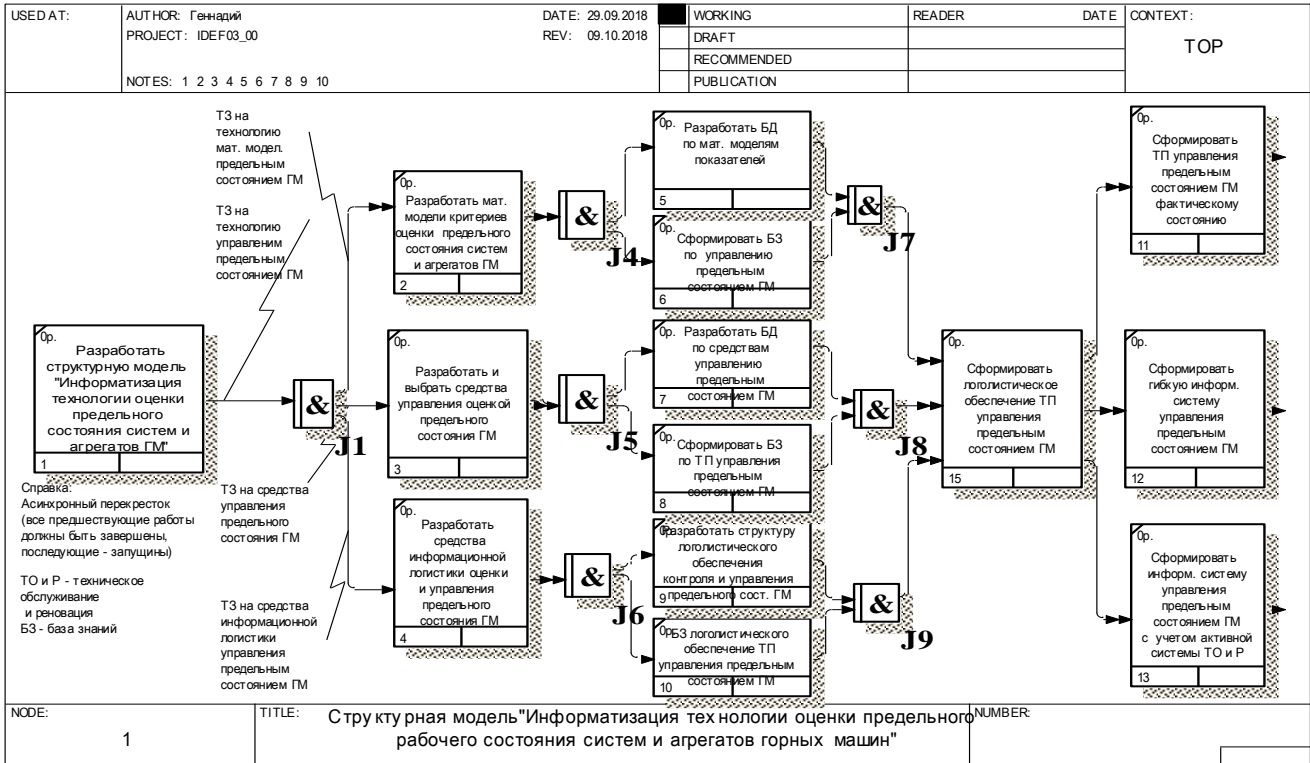


рис.2 Структурная модель «Информатизация технологии предельного рабочего состояния систем и агрегатов горных машин»

При эксплуатации горных машин (оборудования) документооборот процессов состоит из основных потоков: документов, определяющих структуру и последовательность процесса эксплуатации (РД, технологических указаний, описаний стандартов и т.д.), и документов, отображающих ход его выполнения (результатов тестов и экспертиз, отчетов по результатам диагностики состояния и т.д.), документация, входящая в РД технического рециклирования объекта.

Литература

1. Г. Верников. Основы IDEF3, www.cfin.ru/vernikov
2. Глухарев Ю.Д., Замышляев В.Ф., Кармазин В.В. и др. –М.: Академия, 2003. – 400 с. Техническое обслуживание и ремонт горных машин и оборудования.
3. Ксендзов В.Н. Прогнозирование остаточного ресурса деталей приводов машин / В.Н. Ксендзов, Г.А. Дыко, С.П. Мурашко // Надёжность и контроль качества. – 1988. – № 10. – С. 18 – 24.
4. ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия, термины и определения. – Введ.01.07.90. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 38 с.
5. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / Болотин В.В. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
6. Дубов А.А. Проблемы оценки остаточного ресурса стареющего оборудования / А.А. Дубов // Безопасность труда в промышленности. – 2003. – № 3. – С. 46 – 49.