

НАДЕЖНОСТЬ И СРОК СЛУЖБЫ ОБОРУДОВАНИЯ КАК ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ

В статье рассматриваются понятия надежности и срока службы оборудования. Обосновывается необходимость рассмотрения этих категорий как экономических. Предлагается алгоритм определения экономически целесообразных границ повышения надежности с помощью метода экономической оценки эффективности инвестиций. Отмечаются задачи, которые в предлагаемой схеме расчета остаются не решенными.

Ключевые слова: надежность и срок службы оборудования, экономическая целесообразность.

Надежность – один из основных показателей качества, используемый при оценке технического уровня оборудования. Следовательно, проблема повышения надежности и, как следствие, увеличения сроков службы технических систем является частью общей проблемы повышения качества продукции, а значит, и конкурентоспособности, которая играет ключевую роль в жизни предприятия в условиях рыночной системы хозяйствования.

Понятия теории надежности являются общеизвестными, они зафиксированы в ГОСТах, а также в научно-исследовательской литературе по надежности.

Большой вклад в изучение проблем надежности был сделан в работах отечественных и зарубежных исследователей: Акбердина Р.З., Акимова В.М., Бруевича Н.Г., Волкевича Л.И., Германчука Ф.К., Голинкевича Т.А., Дальского А.М., Елизаветина М.А., Канарчука В.Е., Кузнецова Н.Д., Лебедева А.В., Морозова А.А., Неледы В.А., Острейковского В.А., Проникова А.С., Сателя Э.А., Смита Д.Дж., Сорина Я.М., Старика Д.Э., Шишонок Н.А., Хевиленда Р., Цейтлина В.И. и др.

Согласно ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» [1] надежность (reliability, dependability) – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать свойства, представленные на рисунке 1, или определенные сочетания этих свойств.

В рамках настоящей статьи остановимся подробнее на сроке службы, являющемся измерителем долговечности. Согласно ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» срок службы (useful lifetime, lifetime) – это календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние, т. е. состояние, при котором дальнейшая эксплуатация объекта недопустима или нецелесообразна либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Предельное состояние для ремонтируемых объектов, к которым относятся практически все сложные машины, определяется отраслевой нормативно-технической литературой.

В вышеприведенном определении срока службы отсутствуют критерии оценки о недопустимости и нецелесообразности. Согласно монографии В.М. Акимова, Д.Э. Старика и А.А. Морозова «Экономическая эффективность повышения ресурса и надежности газотурбинных двигателей» [6, с. 4], предельное состояние объекта устанавливается по изменению параметров оборудования и по экономическим показателям.

Что касается изменений параметров оборудования, то, очевидно, этот вопрос – технический, и он решается инженерами – проектировщиками продукции, а воплощается эксплуатационниками. Определение предельного состояния по экономическим показателям – задача экономистов.

Здесь необходимо отметить, что современный уровень развития науки и техники позволяет достичь любых показателей надежности оборудования, а периодическое восстановление путем ремонта или замены новыми отдельными

деталей, составляющих машину, создают возможность практически продлевать срок ее службы до бесконечности.

Однако существуют ограничения, другими словами, – границы, которые ставятся экономикой, что связано с определением надежности с учетом экономической целесообразности вложения средств на решение всех направлений, которые ее выражают. На основании этого можно сделать вывод, что надежность машины необходимо рассматривать как экономическую категорию.

Итак, по нашему мнению, надежность – это экономическая категория, т. е. категория, выражающая оптимальный подход к решению конкретной задачи. Экономический подход с позиции оптимальности означает соизмерение затрат и результатов. В процессе этого соизмерения мы находим те пределы, за которыми наступает превышение затрат над результатами.

Обратим внимание: в ГОСТе 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения» не упоминается этот аспект надежности, что, по нашему мнению, является существенным упущением. Мы считаем, что в ГОСТе обязательно должно быть отражено это положение. Однако в литературе отмечается необходимость рассмотрения надежности как экономической категории [2, с. 251].

По нашему мнению, понятие надежности как экономической категории реализуется по ряду прикладных направлений. Одним из них является срок службы, который должен быть не максимально возможным, а экономически целесообразным.

Экономически целесообразный срок службы – это такой период эффективного использования средств труда, продолжительность которого ограничена экономическими последствиями физического износа и морального износа в его двух формах [4, с. 158-159].

Как видно из приведенного определения экономически целесообразного срока службы, вопрос о нецелесообразности дальнейшей эксплуатации объекта и восстановлении его работоспособного состояния должен подразумевать под собой не только экономическую целесообразность, но и целесообразность с точки зрения морального износа, что, по сути, является разными аспектами одной и той же экономической проблемы:

1) когда мероприятия, направленные на повышение надежности действующего вида оборудования, на определенном этапе дают или не дают желаемого прироста эффективности, то есть решается проблема определения границы экономической целесообразности;

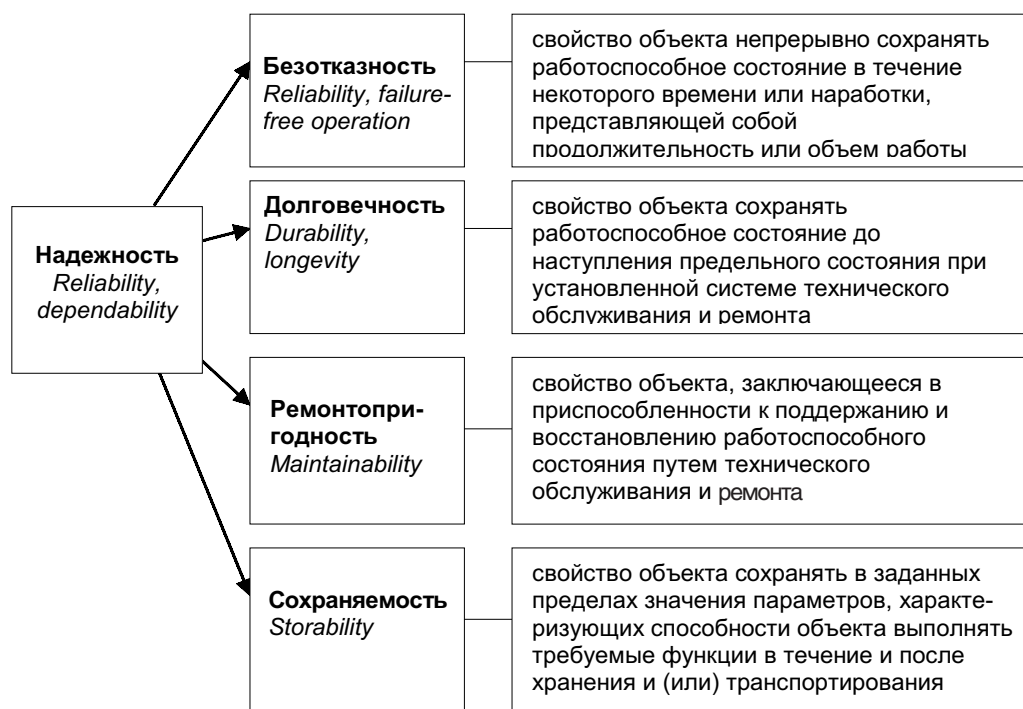


Рисунок 1. Свойства надежности и их определения

2) когда действующее оборудование сопоставляется с новым поколением техники (следующей моделью), то есть решается задача по замене.

При этом может оказаться, что эффективность действующего оборудования с учетом мероприятий по повышению надежности ниже, чем по новому. Это и есть экономически целесообразная граница использования оборудования.

Определить экономически целесообразный срок службы – это значит выяснить, до какого момента выгодно увеличивать надежность, а за какими пределами это неоправданно. Он может быть рассчитан с помощью метода экономической оценки эффективности инвестиций, предполагающего соизмерение реальных потоков денежных средств, в которые укладывается известная информация о том, что срок службы машины оказывает влияние на величину производственных затрат и себестоимость продукции.

В соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция)» [3] необходимо провести оценку каждого из многовариантных самостоятельных инвестиционных проектов, в виде которых можно представить мероприятия, направленные на повышение надежности, а следовательно, увеличение сроков службы.

Для этого следует определить необходимую исходную информацию, которая должна включать в себя:

- вероятность отказа техники (узлов, деталей);
- размер потерь (упущенной выгоды) в связи с этим;
- единовременные затраты, направленные на повышение надежности;
- выбор ориентира приемлемой надежности;
- макроэкономическую информацию.

Обратим внимание на то, что в сборе информации о фактической надежности (наработке на один отказ) существуют трудности, которые состоят в том, что статистика организована главным образом в отраслях крупносерийного производства.

Определение экономических границ эксплуатации в связи с повышением надежности было проведено нами на материалах газотурбинного двигателя НК12-СТ, изготавливаемого в ОАО «Моторостроитель» и устанавливаемом

на газоперекачивающих агрегатах газоперекачивающих станций. Всего таких изделий в эксплуатации находится 941, из них 467 в Российской Федерации – в управлении ОАО РАО «Газпром».

На основе полученной от ОАО РАО «Газпром» информации об отказах в работе двигателя НК12-СТ были рассчитаны вероятности выхода из строя двигателей путем деления количества выходов из строя двигателей НК12-СТ в заданном интервале наработки на общее количество двигателей, находящихся в эксплуатации на территории Российской Федерации.

Оценка вероятности выхода из строя является основой для последующего определения показателей потерь (упущенной выгоды) для расчета эффективности.

Эффект надежности эксплуатации узлов и деталей нами был определен в форме потерь – упущенной выгоды в процессе эксплуатации. По экономической природе упущенная выгода в рассматриваемой задаче является маргинальным доходом, который применительно к газоперекачивающему агрегату можно рассчитать как разность тарифа и переменного расхода на единицу услуг, умноженного на объем потерь за время простоя в связи с преждевременным выходом из строя газоперекачивающего двигателя.

Для оценки маргинальная упущенная выгода определялась в расчете на время простоя в году, которое рассчитывалось исходя из времени на демонтаж, перевозку и капитальный ремонт двигателя.

Размер потерь в связи с отказом был определен путем умножения объема потерь в натуральном выражении, рассчитанного на упущенную выгоду на единицу услуг (перекачки газа), на величину простоя в часах и на часовую производительность газоперекачивающего агрегата.

В соответствии с предлагаемой методикой размер упущенной выгоды однозначен вне зависимости от типа агрегата, детали и будет определен только в зависимости от вероятности.

Таким образом, были получены все сведения, которые на языке инвестиционного проектирования относятся к возможным притокам.

Оттоками же являются инвестиции, направленные на повышение надежности, вопрос о которых является наиболее сложным. Это связано с тем, что в имеющихся на предприятии-

изготовителе документов не фиксируются затраты на осуществление мероприятий по повышению надежности и эффект от их реализации, не ведется учет стоимости всех отдельных деталей, узлов. А это затрудняет переход к следующему этапу оценки затрат на повышение надежности. Исключение составляют только детали и узлы, которые ОАО «Моторостроитель» получает по комплектации, так как данные об их стоимости могут быть получены из документов на поставку.

Для проведения последующих исследований нами был выбран подшипник опоры свободной турбины, который, согласно статистическим данным ОАО «Моторостроитель» о дефектах двигателя НК 12-СТ с начала эксплуатации, является одним из наиболее часто встречающихся отказов в работе двигателя за все время с начала его эксплуатации.

Зная стоимость детали, связанной с рассчитанной вероятностью потерь, можно определить инвестиции, необходимые для того, чтобы повысить надежность этой детали до нормативного уровня.

Затраты на повышение надежности нами сформированы путем моделирования прироста единовременных затрат. В расчетах мы исходим из предположения, что затраты на повышение надежности подшипника могут составить 25%, 50%, 75% или 100% от его стоимости.

Подготовленная обработанная информация дает возможность выйти на расчет финансово-инвестиционного бюджета, разные варианты которого строятся в зависимости от затрат на упрочнение детали и предполагаемого размера упущенной выгоды, оцененной по вероятности наступления неработоспособного состояния этой детали.

Для оценки эффективности с помощью финансово-инвестиционного бюджета необходимо установить:

- расчетный период, который может быть равен длительности межремонтного цикла или жизненного цикла изделия;

- шаг расчета – мы приняли его равным одному кварталу;

- источники и условия финансирования – для упрощения все расчеты были проведены в постоянных ценах, а также учитывалось, что все работы осуществляются за счет единственного источника, то есть за счет собственных средств;

- норму дохода, приемлемую для предприятия, которая была принята на уровне рентабельности предприятия-изготовителя газотурбинного двигателя НК12-СТ, – 30%.

На основании сформированного финансово-инвестиционного бюджета рассчитываются показатели экономической эффективности, назначение которых состоит в решении задачи сравнительной эффективности проектов:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- потребность в дополнительном финансировании (другие названия – ПФ, стоимость проекта, капитал риска);
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- срок окупаемости;
- группа показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия – участника проекта.

Необходимо отметить, что прежде чем принимать решение относительно предпочтительности одного из сравниваемых инвестиционных проектов, следует определить, сравниваются ли между собой альтернативные проекты, то есть, по существу, варианты реализации одной и той же производственной задачи, или независимые проекты.

При оценке альтернативных проектов, то есть когда надо выбрать один вариант из нескольких, предпочтение следует отдать проекту, который обеспечивает более высокий уровень чистого дисконтированного дохода. Оценка предпочтительности в данном случае проводится по показателю чистого дисконтированного дохода, а роль ВНД сводится к оценке пределов, в которых может находиться норма дохода.

При выборе независимых проектов для наиболее выгодного распределения инвестиций отбор проектов следует производить с учетом значений внутренней нормы дохода [5, с. 143].

Так как набор процессов по вариантам будет одинаковым, ведь изменяться по проектам будет только набор мероприятий, направленных на повышение надежности оборудования, то эти проекты могут считаться альтернативными.

Границы целесообразности инвестирования в мероприятия по повышению надежности определяются приростом инвестиций.

Расчеты эффективности показали, что повышение надежности подшипника свободной

турбины по ряду групп наработки нецелесообразно из-за низкой вероятности наступления отказа и высоких затрат на проведение мероприятий по повышению надежности.

Необходимо обратить внимание на то, что определение экономически целесообразного срока службы, т. е. периода эффективной работы машины, путем соизмерения возможных простоев и потерь с затратами на их предотвращение – задача, которая должна решаться изготовителем новой техники на стадии конструкторской подготовки производства.

При этом следует отметить, что проектно-конструкторские параметры, установленные изготовителем техники, находятся в тесной взаимосвязи с планированием и организацией системы ее ремонта и обслуживания, которая играет важную роль в повышении надежности машин. Совершенство этой системы позволяет наилучшим образом использовать потенциальную надежность машин, заложенную на стадии конструирования и производства, и обеспечить высокую экономическую эффективность их использования. Следовательно, чтобы обеспечить достижение проектных параметров долговечности, необходимо иметь научно обоснованную систему ППР.

Система ППР, которая была разработана в СССР и впервые утверждена Советом Министров СССР в апреле 1955 г. под названием «Единая система планово-предупредительного ре-

монта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий», ориентирована на достижение экономически целесообразных границ работы машин и оборудования.

Система планово-предупредительных ремонтов (ППР) – это совокупность организационных и технических мероприятий, обеспечивающих планово-предупредительный характер выполняемым ремонтам, чередование и периодичность которых определяются назначением агрегата, его конструктивными и ремонтными особенностями, габаритами и условиями эксплуатации, по заранее составленному плану [7, с. 23].

Основными задачами системы планово-предупредительного ремонта являются:

- предупреждение преждевременного износа всех элементов объекта;
- обеспечение и поддержание надежности работы всех элементов системы;
- снижение затрат на проведение ремонтных работ;
- повышение качества проведения ремонтных работ.

Исходя из задач планово-предупредительного ремонта, может быть определено назначение этой системы, которое мы схематично изобразили на рисунке 2.

Следует отметить, что оценка экономической целесообразности реализации этих мер, исключая возможность нарушения нормального хода производственного процесса

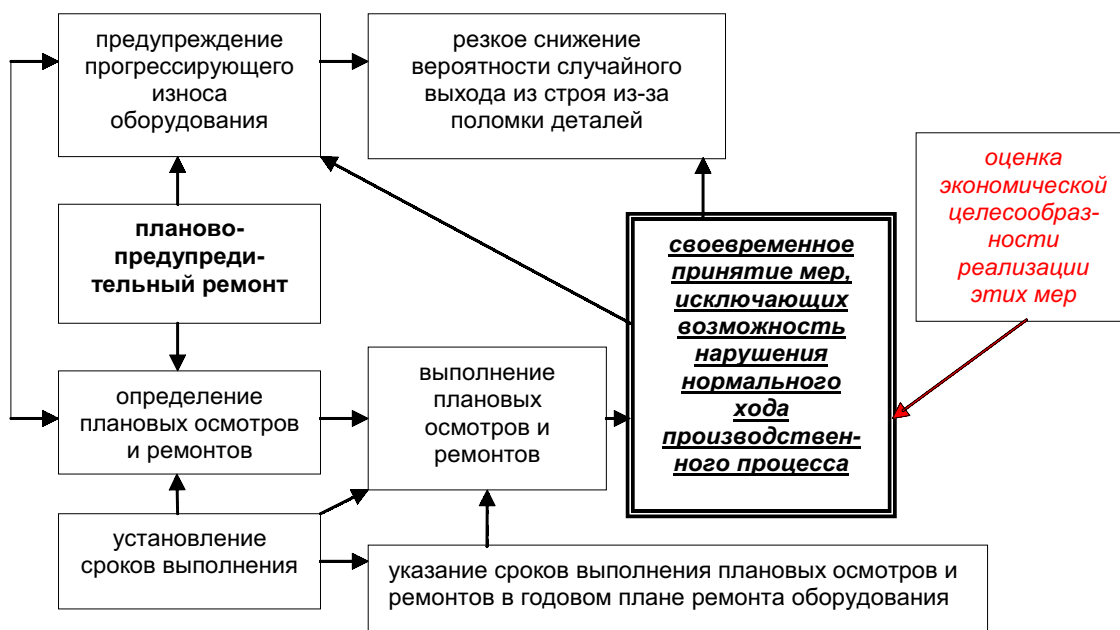


Рисунок 2. Назначение планово-предупредительного ремонта

хода производственного процесса, как основной цели системы планово-предупредительного ремонта, т. е., по сути, определение экономически целесообразных границ повышения надежности, не входит в задачу разработки системы ППР, что, по нашему мнению, является существенным упущением.

Однако следует обратить внимание на то, что в предлагаемой нами схеме расчета экономически целесообразных границ повышения надежности остаются нерешенными следующие вопросы:

1) как быть с потерями, вероятность проявления которых ниже, чем по основному узлу (или группе узлов);

2) как быть с оценкой надежности по вновь проектируемым машинам, если по ним не на-

коплена статистическая информация о работе составляющих ее узлов и деталей.

Последняя задача может быть решена на базе информации по эксплуатации техники предыдущего поколения. Но более надежным, на наш взгляд, следует считать путь моделирования, в котором можно отразить результаты стендовых испытаний и материалы анализа аналогичной техники предыдущих поколений.

В заключение стоит сказать о том, что, учитывая трудоемкость расчетов, необходимость хранения и систематизации первичной информации для определения экономически целесообразных границ повышения надежности возникает потребность в разработке специальной компьютерной программы, в основу которой должен быть заложен предложенный нами алгоритм.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения, <http://sklad-zakonov.narod.ru/gost/G27002-89.htm>.
2. Козенко Ю.А. Система решения антикризисных задач в АПК Российской Федерации / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина; Волгоградский государственный университет. Волгоград, 2002. С. 251.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая ред.) / Мин-во экономики РФ, Мин-во финансов РФ; ГК РФ по строительству, архитектуре и жилищной политике / Рук. авт. кол.: В.В. Косов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. – М.: «Экономика», 2000.
4. Ример М.И. Управление эффективностью использования основных фондов. – Издательство Саратовского университета, 1981. С. 158-159.
5. Экономическая оценка инвестиций / Под ред. М. Римера. 3-е изд., перераб. и доп. (+CD с учебными материалами). – СПб.: Питер, 2009. С. 143.
6. Экономическая эффективность повышения ресурса и надежности газотурбинных двигателей. В.М. Акимов, Д.Э. Старик, А.А. Морозов, М., «Машиностроение», 1972. С. 4.
7. Якобсон М.О. Планово-предупредительный ремонт в машиностроении. – М.: «Машиностроение», 1969. С. 23.

Chudaeva A.A.

RELIABILITY AND TERM OF EQUIPMENT WORK AS AN ECONOMIC CATEGORY

The concepts of reliability and term of equipment work are regarded in this article. The necessity of regarding of these categories as economic is proved here. The author suggests the algorithm of determination of economically expedient limits of reliability increase with help of method of economic appraisal of investments effectiveness. Also the tasks which are stayed undecided in suggested scheme of calculations are noted here.

Key words: reliability and term of equipment work, economic expediency

Информация об авторе:

Чудаева А.А. аспирант Самарского государственного экономического университета, 443090, г. Самара, ул. Советской Армии, 141, тел.: (846) 2240717, e-mail: vicdevils@inbox.ru