

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Н. Н. КАЗАКОВ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы для студентов факультета безотрывного обучения

Гомель 2009

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра "Управление эксплуатационной работой"

Н. Н. КАЗАКОВ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы
для студентов факультета безотрывного обучения

Одобрено методической комиссией факультета безотрывного обучения

Гомель 2009

УДК 656.6 (075.8)
ББК 39.48
К14

Рецензент – зав. кафедрой «Управление транспортом» д-р техн. наук, профессор *А. Г. Малышкин* (ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»).

Казаков, Н. Н.

К14 Техническая эксплуатация объектов водного транспорта и управление качеством : учеб.-метод. пособие по выполнению контрольной работы для студентов факультета безотрывного обучения / Н. Н. Казаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 40 с.

ISBN 978-985-468-524-3

Приведены методические указания и рекомендации по выполнению контрольной работы, изложены краткие сведения из теории, рассмотрены примеры расчета для каждого типа задач.

Предназначено для выполнения контрольной работы студентами факультета безотрывного обучения специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства» направления 1-27 01 01-06 «Экономика и организация производства (водный транспорт)» по дисциплине «Техническая эксплуатация водного транспорта. Управление качеством и сертификация».

УДК 656.6 (075.8)
ББК 39.48

ISBN 978-985-468-524-3

© Казаков Н. Н., 2009

© Оформление. УО «БелГУТ», 2009

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	4
.....	
1 Содержание, задачи и показатели технической эксплуатации объектов водного транспорта	5
.....	
2 Оценка надежности объектов водного транспорта	1
...	2
2.1 Надежность объекта как составляющая качества.....	1
.....	2
2.2 Основные количественные показатели надежности.....	1
.....	2
2.3 Влияние эксплуатации на надежность объекта.....	1
.....	7
3 Оценка показателей качества. Выбор оптимального варианта системы технической эксплуатации	2
.....	4
3.1 Сущность качества. Связь качества транспортного производства и системы технической эксплуатации транспортных объектов.....	2
.....	4
3.2 Показатели качества.....	2
.....	6
3.3 Измерение и оценка показателей качества.....	2
.....	8
3.4 Выбор оптимального варианта системы технической эксплуатации объекта водного транспорта.....	3
.....	4
Список используемой и рекомендуемой литературы	3
.....	9

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия в мировой экономике произошли существенные изменения, которые затронули и отрасль транспортного обслуживания Республики Беларусь. В этих условиях новый подход к транспорту, как одному из рычагов влияния на конкурентоспособность товара, приводит к необходимости ранжирования факторов эффективности системы доставки в пользу ее качества.

Стандартным механизмом обеспечения качества транспортного обслуживания является реализация системы качества, одним из элементов которой является эффективная система технической эксплуатации транспортных объектов.

Одной из составных частей транспортного комплекса Республики Беларусь является водный транспорт. Для достижения целей своего функционирования водный транспорт располагает соответствующей материально-технической базой.

Содержание технических устройств водного транспорта в востребованном количестве и в техническом состоянии, обеспечивающим эффективное выполнение своих функций, осуществляется системой технической эксплуатации, как комплекса технических и организационных мероприятий, реализуемых для содержания транспортных объектов, отдельных устройств и сооружений в готовности их эффективно выполнять свое функциональное назначение.

Цель пособия – ознакомить студента с методикой решения стандартных задач технической эксплуатации: определение показателей технической эксплуатации объекта водного транспорта; оценка надежности и определение периода предельного состояния технического объекта; выбор оптимального варианта системы технической эксплуатации с учетом показателей качества. Для достижения данной цели в пособии приведены методические материалы и примеры решения данных задач.

1 СОДЕРЖАНИЕ, ЗАДАЧИ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

ВОДНОГО

Техническая эксплуатация – это комплекс технических и организационных мероприятий, реализуемых для содержания технических устройств, сооружений в постоянной готовности эффективно выполнять свое функциональное назначение в течение всего срока эксплуатации: от постройки до утилизации.

Основные задачи технической эксплуатации:

- увеличение рабочего периода объектов водно-транспортной системы за счет сокращения их простоев по техническим причинам;
- повышение надежности и долговечности объектов;
- рациональное использование техники, расходных материалов, топлива и смазочных материалов;
- снижение затрат на техническую эксплуатацию и ремонт объектов;
- широкое распространение передовых методов технической эксплуатации.

Техническую эксплуатацию объектов водного транспорта разделяют на три группы мероприятий: техническое использование, техническое обслуживание и управление технической эксплуатацией (рисунок 1).

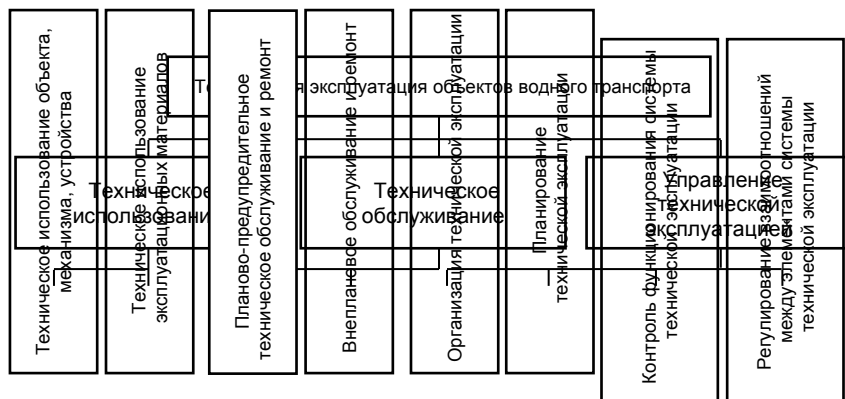


Рисунок 1 – Структурная схема

системы технической эксплуатации водного транспорта

Под *техническим использованием* объекта водного транспорта (судна, отдельного механизма, технического устройства, сооружения) понимается нахождение оптимальных режимов использования объекта, то есть режимов, при работе в которых обеспечивается максимальный период нахождения объекта в эксплуатации с установленными характеристиками при оптимальном уровне затрат.

Техническое обслуживание объекта водного транспорта – это комплекс технических и организационных мероприятий, обеспечивающих содержание объекта в исправном техническом состоянии при должным образом организованном надзоре.

Управление технической эксплуатацией – система мероприятий, обеспечивающих планирование, организацию и контроль выполнения работ по техническому использованию и техническому обслуживанию объектов водно-транспортных систем.

Техническую эксплуатацию объектов водного транспорта, как и любую другую систему, характеризуют показатели. Они отражают состояние отдельных сторон системы и ее связь с общим использованием объекта технической эксплуатации. Назначение показателей – обеспечить планирование технической эксплуатации, анализ, количественную оценку и контроль эффективности технического использования объекта.

В конечном итоге, как и в любой системе менеджмента, при анализе уровня технической эксплуатации представляется возможность установить, какие показатели технической эксплуатации и насколько отстают от показателей объектов водного транспорта аналогичного назначения других структурных подразделений отрасли, смежных видов транспорта и, что надо сделать для того, чтобы предотвратить такое отставание.

Показатели технической эксплуатации условно можно разделить на основные и исходные. Основные определяются на базе исходных, хотя часть последних можно рассматривать как самостоятельные для анализа эффективности технического использования объекта водного транспорта или для каждого отдельного элемента данного объекта.

К числу основных показателей технической эксплуатации относятся:

1) *удельные затраты на техническую эксплуатацию* – отношение суммарных затрат средств, связанных с техническим использованием и техническим обслуживанием объекта, к одному из количественных показателей, отражающих степень их реализации. Например, для оценки технической эксплуатации судна – отношение суммарных эксплуатационных затрат (на топливо, горючесмазочные материалы, заработную плату экипажа, снабжение, ремонт) к грузообороту.

Выбор конкретного показателя, отражающего степень реализации объекта, осуществляется исходя из целей анализа. С помощью показателя, указанного в примере, оценивается эффективность общих затрат на техническую эксплуатацию и обслуживание того или иного судна. Он характеризует как бы технико-экономическую конкурентоспособность судов данной серии в сравнении с судами других серий или одного судна в сравнении с другими;

2) *удельные затраты на ремонт* – отношение среднегодовых затрат на ремонт объекта к одному из количественных показателей его эксплуа-

тации. Важно отметить, что затраты на ремонт могут фигурировать и в первом показателе, но выделяются они из него сознательно, так как среди других затрат на техническую эксплуатацию, как правило, не имеющих тенденции к значительным колебаниям, затраты на ремонт могут ощутимо меняться, характеризую тем самым действующую систему технического обслуживания объекта;

3) *коэффициент технического использования объекта* – отношение эксплуатационного времени к календарному за отчетный период. Поскольку все меры и средства технического обслуживания должны обеспечить работу объекта водного транспорта в течение максимально возможного времени без вывода его из эксплуатации на ремонт, этот показатель дает количественную оценку усилиям кадров, занятым технической эксплуатацией, для заданной степени надежности объектов водного транспорта;

4) *техническое состояние объекта* – степень физического износа и морального старения объекта системы, оцененная в баллах.

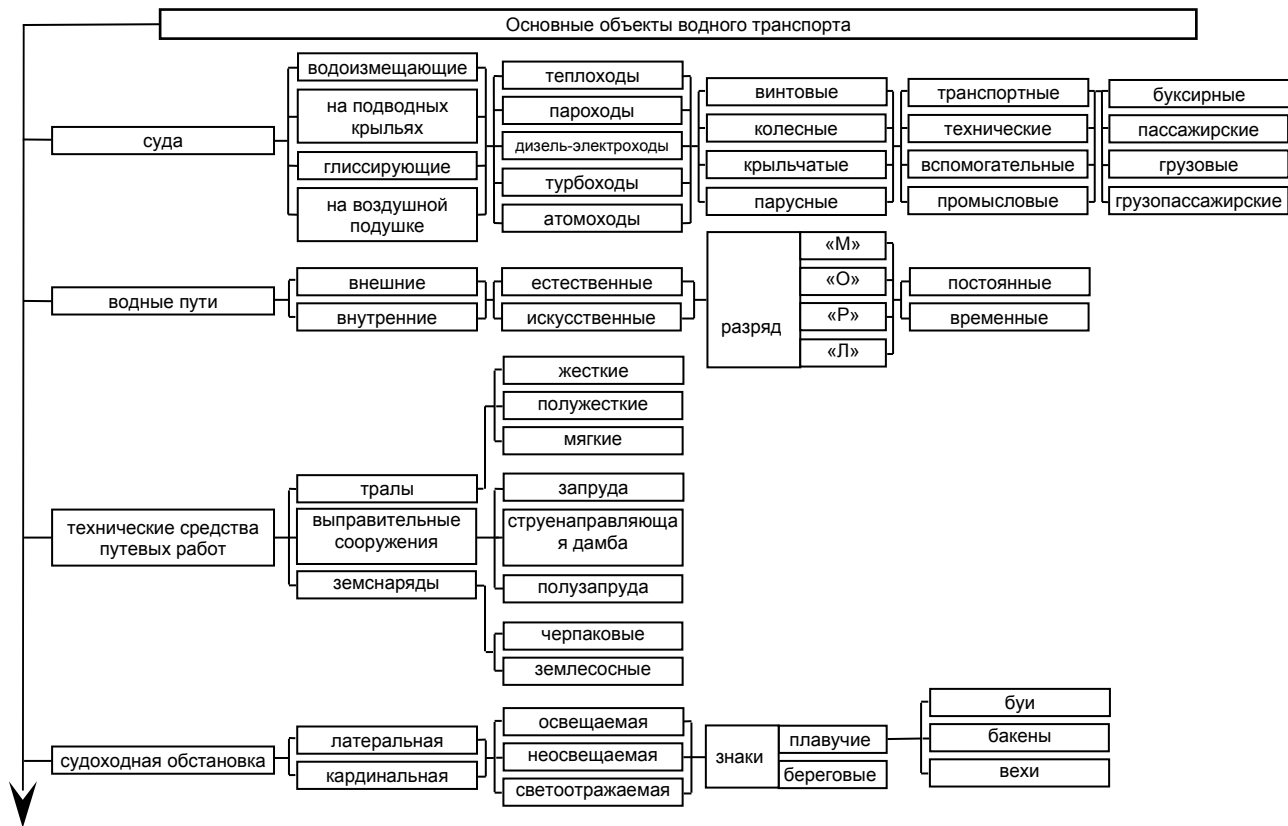
Указанными показателями исчерпывается перечень принятых основных показателей технической эксплуатации. В них отражены важнейшие параметры, характеризующие техническую эксплуатацию отдельного объекта водного транспорта: степень эффективности использования объекта, его техническое состояние и размеры затрат, посредством которых достигается это состояние.

Перечень же исходных показателей технической эксплуатации объектов водно-транспортных систем очень обширен, что определяется широчайшей номенклатурой этих объектов (рисунок 2), их отдельных элементов и конкретных задач технической эксплуатации, направленных на эффективное использование данных элементов, и, соответственно, на эффективную эксплуатацию всей водно-транспортной системы.

Методику расчета вышеуказанных показателей технической эксплуатации можно рассмотреть на примере.

Пример.

Требуется определить значения основных показателей технической эксплуатации транспортного судна, эксплуатирующегося в течение 14 лет. Статистически установлено, что за данный период судно периодически выводилось из эксплуатации вследствие отказов, основными причинами которых являлись технические неисправности механизмов и систем судна, неисправности и недостатки судовой обстановки, а также неисправности портового оборудования и недостатки технологии выполнения портовых операций. Вероятность отказа судна в результате технических неисправностей судового оборудования, механизмов и систем $\rho_{\text{ТНС}}$ составляет 0,022; в результате неисправностей и недостатков судовой обстановки $\rho_{\text{НСО}} = 0,011$; в результате неисправностей портового оборудования и недостатков технологии выполнения портовых операций $\rho_{\text{НПО}} = 0,029$. Средняя продолжительность вывода судна из эксплуатации составила 2,1 суток.



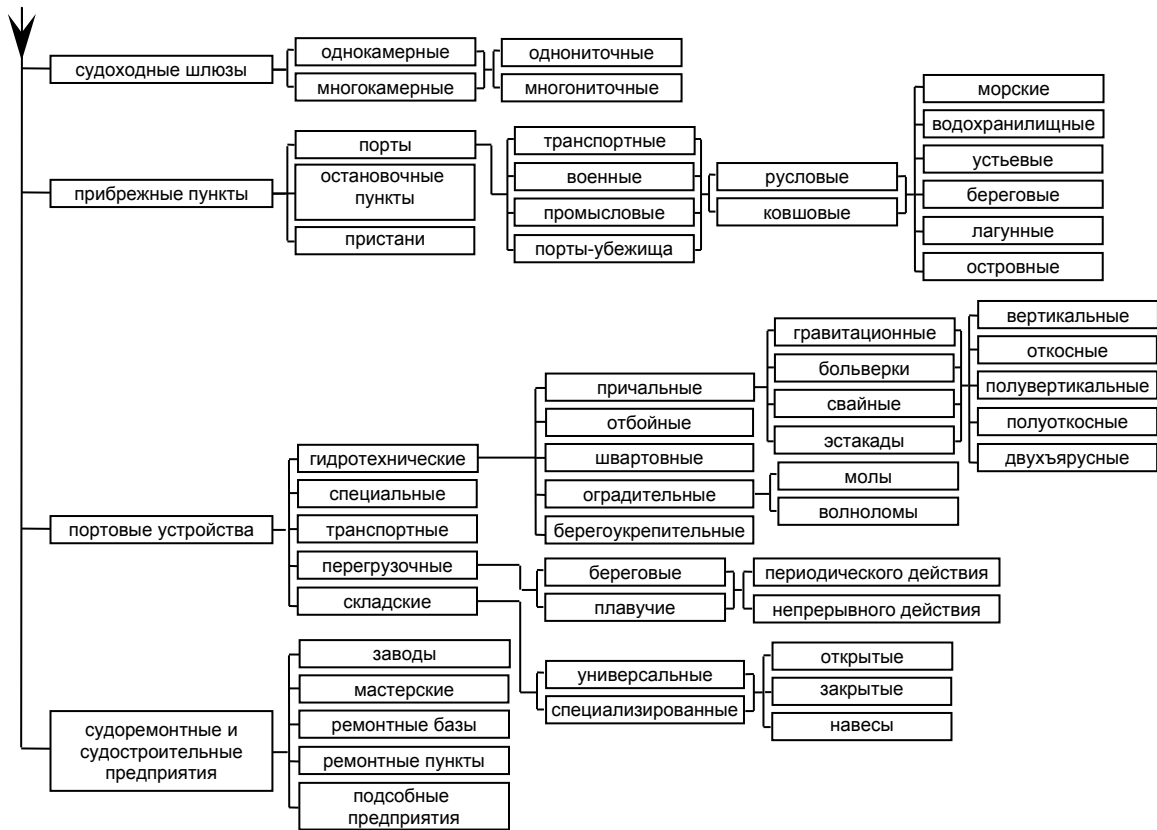


Рисунок 2 – Состав основных объектов водно-транспортной системы



Продолжительность навигационного периода в районе плавания, в котором эксплуатировалось судно, $t_{\text{нав}}$ составляет 214 суток, а средняя продолжительность выполняемого судном рейса $t_p = 8,3$ сут. Данное судно за весь период эксплуатации выполнило транспортную работу в размере 196,9 млн т·км.

За период эксплуатации судна по отношению к нему регулярно реализовывались мероприятия технической эксплуатации, суммарные затраты на которые составили 736,6 тыс. у.д.е., среди которых затраты на различные виды ремонта – 574,1 тыс. у.д.е.

Решение.

В соответствии с определением, установленным в разд. 1, удельные затраты на техническую эксплуатацию судна могут быть определены по формуле

$$z_{\text{тэ}}^{\text{уд}} = \frac{\sum z_{\text{тэ}}}{A}, \quad (1)$$

где $\sum z_{\text{тэ}}$ – суммарные затраты на техническую эксплуатацию судна за период эксплуатации, у.д.е.;

A – грузооборот (количество транспортной работы, выполненной судном за период эксплуатации), т·км.

Удельные затраты на ремонт судна

$$z_{\text{рем}}^{\text{уд}} = \frac{\sum z_{\text{рем}}}{A}, \quad (2)$$

где $\sum z_{\text{рем}}$ – суммарные затраты на ремонт судна, у.д.е.

В соответствии с исходными данными, принятыми в примере, по формулам (1), (2) рассчитывают показатели технической эксплуатации судна:

$$z_{\text{тэ}}^{\text{уд}} = \frac{736,6 \cdot 10^3}{196,9 \cdot 10^6} = 0,0037 \text{ у.д.е.} \cdot \text{км};$$

$$z_{\text{рем}}^{\text{уд}} = \frac{574,1 \cdot 10^3}{196,9 \cdot 10^6} = 0,0029 \text{ у.д.е.} \cdot \text{км}.$$

Согласно определению, коэффициент технического использования судна

$$k_{\text{ти}} = \frac{t_{\text{э}}}{\sum t_{\text{нав}}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{э}}$ – период нахождения судна непосредственно в эксплуатации, сут;

$\sum t_{\text{нав}}$ – общая продолжительность навигаций за отчетный период, сут.

Общая продолжительность навигаций за отчетный период может

быть определена по формуле

$$\sum t_{\text{нав}} = N_{\text{нав}} t_{\text{нав}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{нав}}$ – количество навигаций за базовый период.
Следовательно,

$$\sum t_{\text{нав}} = 14 \cdot 214 = 2996 \text{ сут.}$$

Как установлено в условии задачи, из 2996 суток навигационного периода судно неоднократно выводилось из эксплуатации вследствие различных отказов. Число этих отказов в течение навигационного периода носит случайный характер.

Учитывая, что причины, вследствие которых происходили эти отказы, независимы друг от друга, то в соответствии с положением теории вероятностей [3], можно установить вероятность возникновения любого отказа судна в рейсе по формуле

$$p_p = p_{\text{тнс}} + p_{\text{нсо}} + p_{\text{нпо}}, \quad (5)$$

то есть

$$p_p = 0,022 + 0,011 + 0,029 = 0,062.$$

Зная вероятность возникновения отказа судна в рейсе, можно установить среднее количество выводов судна из эксплуатации за одну навигацию:

$$n_{\text{выв}} = n_p p_p, \quad (6)$$

где n_p – среднее количество рейсов, выполняемых судном за навигацию, определяемое по формуле

$$n_p = \frac{t_{\text{нав}}}{t_p}. \quad (7)$$

Учитывая, что известно среднее время вывода судна из эксплуатации в результате отказа $t_{\text{выв}}$, то можно установить искомый период по формуле

$$t_{\text{э}} = \sum t_{\text{нав}} - n_{\text{выв}} t_{\text{выв}} N_{\text{нав}} = \sum t_{\text{нав}} - \frac{t_{\text{нав}}}{t_p} p_p t_{\text{выв}} N_{\text{нав}}, \quad (8)$$

таким образом

$$t_{\text{э}} = 2996 - \frac{214}{8,3} \cdot 0,062 \cdot 2,1 \cdot 14 = 2949,24 \text{ сут.}$$

В этом случае коэффициент технического использования судна составит:

$$k_{\text{ти}} = \frac{2949,24}{2996} = 0,984.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Дать определение терминов: техническая эксплуатация, техническое использование, техническое обслуживание, управление технической эксплуатацией.
- 2 Какова цель и задачи технической эксплуатации объектов водного транспорта?
- 3 Назовите основные показатели технической эксплуатации объектов водного транспорта. Раскройте их суть.
- 4 Чем объясняется многообразие исходных показателей технической эксплуатации объектов водного транспорта?

2 ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

2.1 Надежность объекта как составляющая качества

Каждому продукту, изделию, объекту эксплуатации, помимо общих показателей качества свойственны свои, особые, присущие только им показатели. Качество изделий промышленного назначения оценивается по техническим показателям, параметрам и характеристикам. Например, для оценки качества буксирного теплохода учитывают функциональные показатели: мощность, скорость движения, силу тяги на гаке, удельный расход топлива, численность экипажа и др.

По каждому виду технического устройства имеется свой набор параметров, показателей качества, указанных в паспорте. Но далеко не всегда на основании паспортных данных объекта можно сделать объективное заключение о его качестве. Дело в том, что все паспортные характеристики и параметры отражают лишь начальные технические возможности объекта, но эти возможности изменяются в процессе эксплуатации. Поэтому при оценке качества некоторого объекта важны не только ее высокие номинальные технические данные, но и ее фактическая способность безотказно работать в течение возможно более длительного времени, сохраняя свои первоначальные технические возможности.

Таким образом, каждый технический объект водного транспорта в той или иной степени обладает способностью сохранять в течение эксплуатационного периода свои характеристики и выполнять возложенные на него функции. Данное свойство определяется его *надежностью*. Очевидно, чем дольше изделие сохраняет свои функции, тем оно надежнее и, естественно, является более качественным. Иными словами, надежность как свойство некоторого объекта является одной из составляющих качества наряду с их функциональными, технологическими, экономическими, эргономическими и прочими показателями. Эти составляющие качества органически взаимосвязаны и имеют значение только во взаимодействии друг с другом.

2.2 Основные количественные показатели надежности

Одним из основных элементов качества перевозочного процесса и работы водного транспорта является надежность его технических объектов, их механизмов и систем. Надежность объекта, предусмотренная на этапе проектирования, называется *технической*. В процессе эксплуатации характеристики оборудования постоянно изменяются, поэтому надежность объекта в эксплуатационный период принято называть *эксплуатационной надежностью*. Эти два вида надежности находятся друг с другом в прямой зависимости, то есть, чем выше техническая надежность, тем легче обеспечить эксплуатационную.

В настоящее время в технических требованиях и технических условиях на разработку механизмов, систем и оборудования задаются следующие показатели надежности.

Нарботка на отказ – среднее время работы объекта между двумя последовательными отказами:

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^n t_{p_i}}{n}, \quad (9)$$

где t_{p_i} – время исправной работы объекта между $(i-1)$ -м и i -м отказами;
 n – число отказов за время эксплуатации или испытаний объекта на надежность.

Среднее время восстановления – t_b . Для определения среднего времени восстановления за определенный период эксплуатации при n отказах суммируются промежутки времени, затраченного на обнаружение и устранение отказов, затем эта сумма делится на число восстановлений, равное числу отказов:

$$t_b = \frac{\sum_{i=1}^n t_{b_i}}{n}, \quad (10)$$

где t_{b_i} – время, затрачиваемое на обнаружение i -го отказа и (или) восстановление объекта после него.

Основным показателем надежности является вероятность безотказной работы объекта за определенный промежуток времени. *Вероятность безотказной работы* $P(t)$ – вероятность того, что объект при определенных условиях эксплуатации будет выполнять свои функции в течение заданного промежутка времени.

Типичная кривая зависимости вероятности безотказной работы от времени называется *функцией надежности* и представлена на рисунке 3.

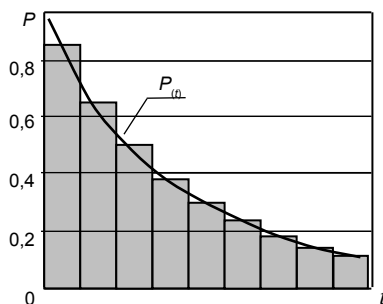


Рисунок 3 – Функция надежности

В начальный момент работы объекта, как видно из рисунка, эта функция принимает значение, близкое к единице (объект работоспособен), и с течением времени $P(t)$ уменьшается до нуля (объект неработоспособен).

Вероятность безотказной работы объекта водного транспорта определяется по результатам испытаний его на надежность или на основании статистических данных за определенный период времени, как отношение числа элементов, оставшихся исправными в конце рассматриваемого интервала времени t , к начальному числу элементов, поставленных на испытание:

$$P_{(t)} = \frac{N_0 - N}{N_0}, \quad (11)$$

где N_0 – число отказавших элементов за период t ;

N – число элементов, поставленных на испытание.

Учитывая многообразие объектов водного транспорта и процессов, выполняемых этими объектами, к которым применяется вышеописанная методика оценки надежности, в качестве параметров N_0 и N могут использоваться и другие характеристики, например, общее число рейсов судна за период и число рейсов судна, в которых произошел отказ.

Надежность также можно оценить по *вероятности отказа* объекта за промежуток времени:

$$Q_{(t)} = \frac{N}{N_0} = 1 - P_{(t)}. \quad (12)$$

Интенсивность отказов элементов за интервал времени Δt определяется по формуле

$$\lambda_i = \frac{N_0}{(N_0 - N)\Delta t}. \quad (13)$$

Для системы, состоящей из последовательно соединенных k элементов, вероятность безотказной работы определяется как произведение вероятностей безотказной работы всех элементов:

$$P_{(t)} = \prod_{j=1}^k P_{(t)_j}. \quad (14)$$

Вероятность безотказной работы системы с последовательным соединением элементов, если известна интенсивность отказов системы $\lambda(t)$, может быть определена следующим образом:

$$P_{(t)} = e^{-\int_0^t \lambda dt}. \quad (15)$$

Если $\lambda = \text{const}$, что справедливо для периода нормальной работы элемента, то применима формула

$$P_{(t)} = e^{-\lambda t}. \quad (16)$$

В теории надежности принято различать несколько видов готовности

объекта к работе после появления отказа: мгновенная, установившаяся готовность и готовность к выполнению задачи. *Мгновенная готовность* есть вероятность того, что объект будет готов выполнять свои функции в любой случайный момент времени после отказа, *установившаяся готовность* – вероятность того, что объект будет готов выполнять свои функции в любой момент времени при условии, что рассматриваемый период времени его работы очень большой. Однако в практике эксплуатации водного транспорта чаще всего применимо понятие *готовность выполнять задачу*, под которой понимается вероятность того, что объект будет готов выполнять свои функции после отказа через промежуток времени t .

Готовность элемента к работе после восстановления можно охарактеризовать *коэффициентом готовности*, определяемым по формуле

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^m t_{p_i}}{\sum_{i=1}^m t_{p_i} + \sum_{j=1}^m t_{B_j}}. \quad (17)$$

Коэффициент готовности может быть также определен через наработку на отказ и среднее время восстановления:

$$K_r = \frac{t_o}{t_o + t_B}. \quad (18)$$

Среднее время безотказной работы t_{cp} связано с вероятностью безотказной работы соотношением

$$t_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (19)$$

и численно равно площади, ограниченной функцией надежности и осью абсцисс (см. рисунок 3).

Как видно из формул (9)–(19), надежность конкретного объекта водного транспорта непосредственно связана со временем его эксплуатации. Пусть, например, имеются два судна, условно обозначаемые I и II, с вероятностями безотказной работы, соответственно, P_I и P_{II} (рисунок 4).

Анализируя график, можно сделать вывод, что судно II более надежно, чем судно I, так как при одинаковом времени их экс-

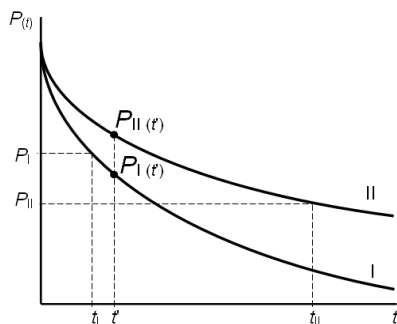


Рисунок 4 – Функции надежности объектов

платации t' соблюдается неравенство

$$P_{II}(t') > P_{I}(t').$$

Однако, если эксплуатацию данных судов рассматривать за различные промежутки времени, может наблюдаться и обратная ситуация, например, если судно II работает в период от 0 до t_{II} , а судно I в период от 0 до t_I (см. рисунок 4).

Вышеперечисленные показатели хотя и не позволяют предсказать надежность данного конкретного устройства или объекта, тем не менее дают возможность сравнивать устройства или объекты по надежности, разрабатывать мероприятия ее повышения, а, следовательно, эффективнее эксплуатировать эти объекты.

Методику расчета показателей надежности технических объектов водного транспорта можно рассмотреть на примере.

Пример.

Требуется определить основные показатели надежности судна на основании исходных данных и результатов решения задачи по примеру из разд. 1.

Решение.

В соответствии с материалами подразд. 2.2 по формулам (9)–(12), (18) рассчитываются основные показатели надежности.

Наработка на отказ t_o определяется как отношение периода нахождения судна непосредственно в эксплуатации t_o к количеству отказов, наблюдаемых за период эксплуатации n .

В соответствии с условием примера разд. 1:

$$n = n_{\text{выб}} N_{\text{нав}}, \quad (20)$$

следовательно,

$$t_o = \frac{2949,24}{1,6 \cdot 14} = 131,7 \text{ сут.}$$

Среднее время восстановления t_b определяется как отношение суммарной продолжительности обнаружения и устранения отказов $\sum t_b$ к числу восстановлений, равных числу отказов n .

Суммарная продолжительность времени обнаружения и устранения отказов, наблюдаемых с судном за период его эксплуатации, может быть определена по формуле

$$\sum t_b = n_{\text{выб}} t_{\text{выб}} N_{\text{нав}}, \quad (21)$$

т. е. $\sum t_b = 1,6 \cdot 2,1 \cdot 14 = 47,04 \text{ сут.}$

Следовательно,

$$t_b = \frac{47,04}{22,4} = 2,1 \text{ сут.}$$

Вероятность безотказной работы и вероятность отказа за период эксплуатации судна (14 лет) определяется по формулам (11), (12). В качестве параметра N_0 для условия рассматриваемой задачи выступает общее число рейсов, выполненных судном за 14 лет эксплуатации, а в качестве параметра N – число рейсов, в которых зафиксированы отказы по каким-либо причинам:

$$N_0 = n_p N_{\text{нав}} = 25,78 \cdot 14 = 360,92 \text{ рейсов};$$

$$N = n_{\text{выб}} N_{\text{нав}} = 1,60 \cdot 14 = 22,4 \text{ рейсов}.$$

Следовательно,

$$P_{(14)} = \frac{360,92 - 22,40}{360,92} = 0,938;$$

$$Q_{(14)} = \frac{22,40}{360,92} = 0,062.$$

Коэффициент готовности судна определяется по формуле (18):

$$K_r = \frac{131,7}{131,7 + 2,10} = 0,984.$$

2.3 Влияние эксплуатации на надежность объекта

Свойства объекта, которым он должен удовлетворять в процессе эксплуатации, регламентируются соответствующей документацией. Отклонение свойств объекта от нормальных условий в одних случаях рассматривается как *дефект*, в других – как *неисправность*. Так, применительно к корпусу судна принято говорить о дефектах, в то время как по отношению к механической части (двигатели, приборы и т. д.) часто употребляют термин «неисправность».

Развитие дефектов объекта может привести к *отказу*, то есть к утрате им эксплуатационных функций. При этом следует рассматривать отдельно отказ детали, отказ агрегата и отказ всего объекта водного транспорта.

Отказ детали может проявиться в виде механического разрушения или потери основных эксплуатационных свойств в результате необратимых физико-химических процессов.

Отказ агрегата является следствием отказа определяющих деталей или нарушения закономерностей их взаимодействия, например регулировки. В зависимости от степени взаимосвязи детали в агрегате ее отказ может как приводить к отказу всего агрегата или объекта, так и не приводить к таким отказам. Например, прикипание одного поршневого кольца несколько ухудшает работу двигателя, но не приводит к его отказу, в то время как поломка коленчатого вала влечет за собой отказ двигателя.

Отказ всего объекта представляет собой нарушение функционирования одного или группы деталей, при котором утрачивается возможность его использования по прямому назначению.

Вероятность отказа детали, агрегата или объекта в значительной степени зависит от надежности технических средств, совершенства степени их взаимодействия и наличия резервирования. Например, отказ судна может явиться следствием отказа одного или нескольких определяющих использование судна изделий, таких как корпус, главный двигатель, рулевое устройство, движитель и некоторых других.

Отказы могут быть внезапные и постепенные. *Внезапные отказы* возникают в результате скрытого развития дефектов (структурные изменения, старение металла) или под воздействием внешних усилий, значительно превышающих расчетные, принятые при проектировании объекта (сжатие корпуса льдами, действие интенсивной динамической нагрузки: взрыва, удара, короткого замыкания). Постепенные отказы проявляются в равномерном изменении эксплуатационных параметров, приводящем затем к резкому переходу к *предельному состоянию* – состоянию объекта, при котором он либо вообще перестает функционировать, либо вероятность возникновения внезапного отказа становится недопустимо большой, что не позволяет гарантировать дальнейшее безотказное использование объекта.

Надежность объекта обуславливается его безотказностью, ремонтно-пригодностью, сохраняемостью, а также долговечностью его частей. Кроме того, всякое изделие должно быть работоспособно, то есть должно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Безотказность – свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.

Ремонтпригодность – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость – свойство изделия сохранять обусловленные эксплуатационные показатели в течение и после срока эксплуатации, установленного в технической документации.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта.

Все рассмотренные свойства объекта представляют собой единый комплекс и находятся в постоянной взаимосвязи. Изменение одного или нескольких свойств приводит к изменению равновесного состояния объекта.

Износ принято подразделять на материальный и моральный. *Материальный износ* является результатом физико-химических и биологических процессов (например, коррозия, старение, трение, воздействие ми-

кроорганизмов), протекающих как при функционировании объекта, так и в нерабочем состоянии; *моральный износ* вызывается старением объекта по сравнению с эталонами.

Факторы, определяющие интенсивность материального и морального износов, могут быть внутренними и внешними. *К внутренним факторам* относятся свойства самого изделия, характеризующие его надежность, и соответствие современному уровню техники. Чем выше качество изделия, тем медленнее его материальный износ. *Внешними факторами* являются условия эксплуатации (напряженность использования, район плавания, различные динамические воздействия, качество технического обслуживания). Внешним фактором по отношению к моральному износу является также интенсивность технического прогресса.

Факторы, определяющие износ, постоянно изменяются, поэтому интенсивность материального и морального износа в общем случае не является постоянной; она изменяется во времени в течение всего периода службы объекта водного транспорта.

Износ объекта может быть *нормальный*, соответствующий интенсивности износа, принятой в технической документации, и *ускоренный*, то есть превышающий интенсивность износа, регламентированную документацией. Интенсификацию износа, уменьшение надежности и долговечности следует рассматривать как следствие конструктивных, технологических и эксплуатационных недостатков объектов.

Конструктивные недостатки объектов проявляются в схемах, не обеспечивающих взаимозаменяемость изделий и резервирование; в результате проектирования узлов с высокими коэффициентами концентрации напряжений; выбора материала, не удовлетворяющего повышенным эксплуатационным требованиям.

Технологические недостатки проявляются в дефектах самого технологического процесса изготовления или ремонта объекта, в нарушении установленного технологического процесса, в недостаточном объеме контрольных операций, в результате чего возникают серьезные дефекты сразу же после изготовления объекта или его составных частей – трещины, расслоения покрытий.

Эксплуатационные недостатки выражаются в нарушении требований эксплуатационной документации, в том числе в нарушении периодических регламентных работ по обслуживанию и ремонту объектов.

Перечисленные недостатки могут многократно снижать долговечность изделий, поэтому при обследовании техники необходимо анализировать, выявлять и устранять причины, интенсифицирующие износ.

Прогнозирование вероятности безотказной работы и долговечности, выявление состава и периодичности работ по уходу за объектами водного транспорта, установление периодичности ремонтов, разработка методов ускоренного обнаружения дефектов, а также способов и технологии

их устранения – все это основано на знании основных законов, определяющих динамические процессы износа (изменения технического состояния) во времени. Важность выявления кинетики процессов изнашивания и установления основных закономерностей износа столь велика, что без ее изучения невозможно глубоко понять основные проблемы обеспечения надежности и долговечности объектов водного транспорта.

На рисунке 5 представлен типовой график изменения числа отказов за время эксплуатации объекта. В период I эксплуатации число отказов резко увеличивается за счет проявления конструктивных и технологических недостатков; период II соответствует установившемуся состоянию изделия и нормальной его эксплуатации. Возрастание числа отказов в периоде III свидетельствует о резком увеличении износа и о переходе изделия в состояние, при котором не может быть обеспечена заданная вероятность безотказной работы – предельное состояние.

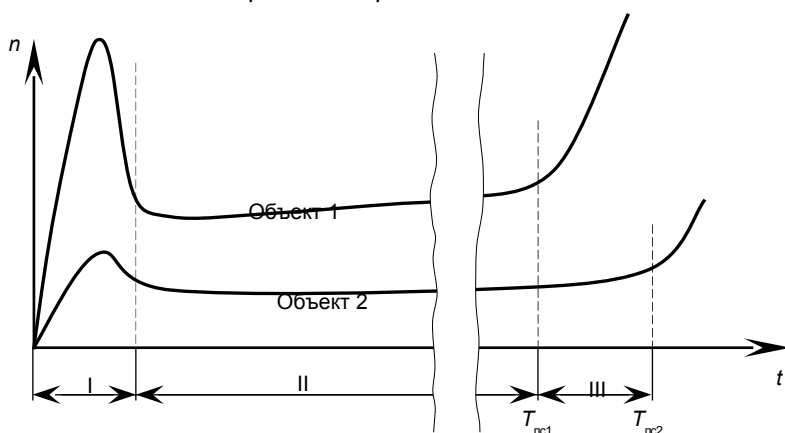


Рисунок 5 – Изменение числа отказов (n) объекта в зависимости от продолжительности его эксплуатации (t):

1 – головное изделие; 2 – серийное изделие;

T_{nc1} , T_{nc2} – период предельного состояния, соответственно, 1-го и 2-го изделия

Определение или прогнозирование периода наступления предельного состояния объекта является важной задачей технической эксплуатации. Фактически, период предельного состояния объекта водного транспорта характеризует время эффективной эксплуатации объекта, когда затраты на устранение определенного количества отказов в работе объекта оправданы, что задается допустимым уровнем вероятности безотказной работы. Следовательно, период предельного состояния, например, некоторого типового объекта может выступать в качестве основы для нормирования амортизационных отчислений для объектов аналогичного типа.

Существуют различные виды отказов. На рисунке 6, а например, показана характерная зависимость увеличения диаметра втулки ΔD , когда определяющим является износ, вызванный трением.

Участок I ускоренного износа соответствует периоду приработки сопряженных деталей, участок II с установившейся минимальной интенсивностью износа определяет основной срок эксплуатации изделия, на участке III быстро нарастает поток отказов, дальнейшая эксплуатация изделия по условиям безопасности или экономическим условиям становится невозможной. Пересечение кривой с горизонтальной линией, соответствующей предельному состоянию втулки, характеризуемому изменением диаметра до $\Delta D_{\text{ц}}$, определяет долговечность изделия, которая является вероятностной величиной, изменяющейся в определенных пределах в зависимости от внутренних и внешних факторов.

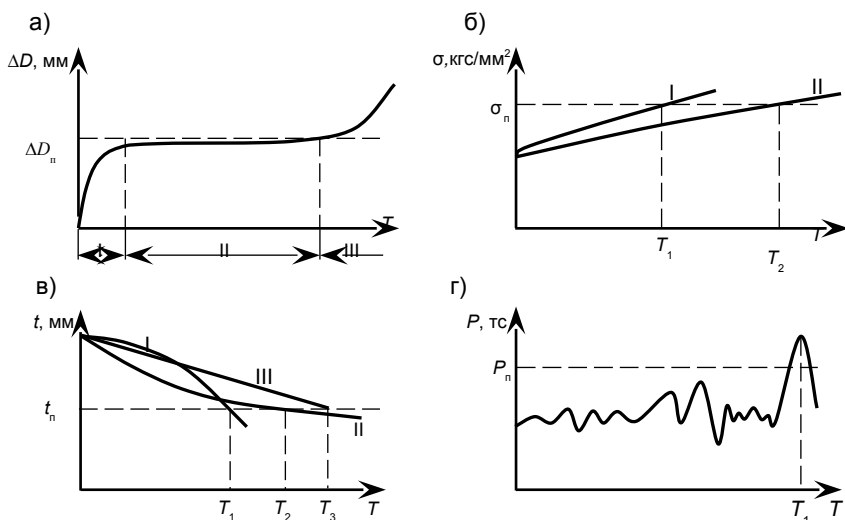


Рисунок 6 – Типовые кривые изменения свойств деталей судна во времени

Изменение напряженности основных корпусных связей во времени в результате физического износа иллюстрирует рисунок 6, б. Пересечение кривых I и II с горизонтальной линией, соответствующей предельно допустимому напряжению σ_n , определяет долговечность связей T_1 и T_2 , которые в общем случае также зависят от внутренних (место расположения связи в корпусе, свойства материалов, запасы прочности) и внешних (характер и условия воздействия внешней среды, качество ухода) факторов.

На рисунке 6, в показаны законы изменения толщины (сечения) детали в результате различных воздействий, определяющих интенсивность физического износа. Кривая I соответствует ускоренному износу при разрушении защитных покрытий и отсутствии в дальнейшем должного ух-

да, кривая II характеризует постепенное замедление износа за счет образования защитных окисных пленок, а кривая III показывает неизменность скорости износа во времени и обычно отражает осредненные данные интенсивности коррозии за длительный промежуток времени.

На рисунке 6, g показаны эксплуатационные нагрузки, воздействующие на объект. Если фактические нагрузки (удары при швартовке, гидравлический удар, взрыв и другие) значительно превосходят предельно допускаемые, может произойти отказ. В этом случае период предельного состояния определяется абсциссой T_1 .

Влияние мероприятий технической эксплуатации на долговечность объекта характеризуется типовыми графиками, приведенными на рисунке 7.

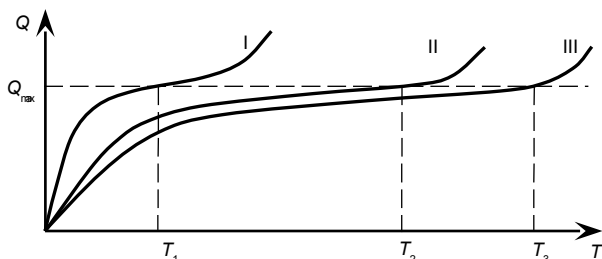


Рисунок 7 – Влияние качества системы технической эксплуатации на долговечность объекта:
 Q – вероятность отказа объекта

Ускоренный износ объекта (кривая I) может быть результатом плохого проектирования, нарушения технологии изготовления, а кроме этого следствием недостатков в процессе ремонта, технического обслуживания, технического использования объекта. Кривая II определяет «нормальный» эксплуатационный ресурс объекта T_2 , соответствующий техническим условиям. Увеличенный ресурс объекта (кривая III) может быть достигнут за счет применения износостойких материалов и покрытий, удачной компоновки деталей, из которых состоит объект, эффективных мероприятий его системы технической эксплуатации.

Ниже приводится один из вариантов определения (прогнозирования) наступления периода предельного состояния транспортного судна.

Пример.

Требуется определить период предельного состояния технического судна, определяемого превышением вероятности отказа свыше 85 %. В течение ряда лет за техническим состоянием данного судна осуществлялся надзор, результаты которого сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты надзора за состоянием транспортного судна

Год эксплуатации t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	2	3	4	5
	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й	й

Общее количество рейсов	19	22	44	26	43	22	22	81	94	52	68	42	88	67	89
Количество рейсов с отказами	1	0	5	9	6	7	5	8	3	9	1	8	9	5	2

Решение.

В качестве одного из методов нахождения периода предельного состояния судна можно использовать графический метод. Для этого требуется построить график изменения вероятности отказа судна по годам его эксплуатации.

Вероятность отказа судна может быть определена по формуле (12), например для первого года эксплуатации судна вероятность отказа

$$Q_{(1)} = \frac{1}{19} = 0,053.$$

Значения вероятностей отказа по остальным 14 годам эксплуатации судна приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Вероятность отказов судна по годам эксплуатации

Год эксплуатации t	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й	15-й
Вероятность отказа $Q_{(t)}$	0,05	0,91	0,34	0,35	0,37	0,32	0,23	0,22	0,24	0,37	0,31	0,43	0,33	0,82	0,81

По данным таблицы 2 строится график изменения вероятности отказов судна во времени (рисунок 8), на котором отмечается установленное в примере максимальное значение вероятности отказа. Период предельного состояния судна $t_{\text{пред}}$ определяется абсциссой точки пересечения графика и прямой $Q_{(t)} = 0,85$.

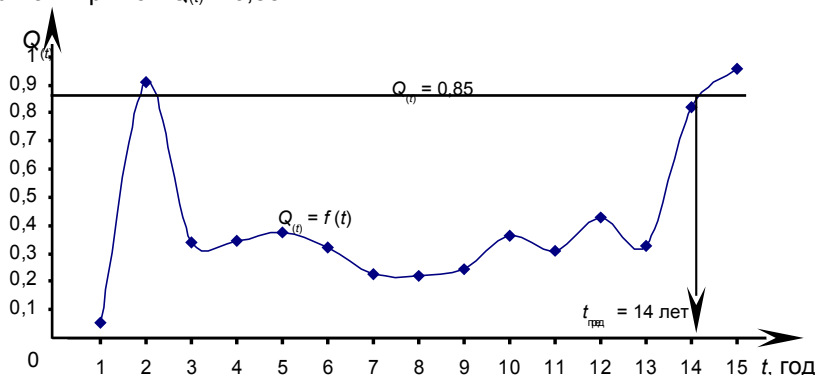


Рисунок 8 – Определение периода предельного состояния судна

Как видно из рисунка 8, период предельного состояния технического судна составляет 14 лет. Превышение вероятности отказа судна, установленного предела в 85 процентов, наблюдаемого в конце первого года

эксплуатации, может быть объяснено причинами, указанными в подразд. 2.3 в комментариях к рисунку 5.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Как надежность технических объектов водного транспорта связана с качеством перевозочного процесса?
- 2 Охарактеризуйте показатели надежности технических объектов.
- 3 Как осуществляется сравнение надежности нескольких технических объектов?
- 4 Какие виды износов деталей (объектов) вы знаете?
- 5 Охарактеризуйте понятие «предельное состояние объекта водного транспорта». Как оно связано с экономическими показателями эксплуатации объекта?

3 ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА. БОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ВЫ- СИСТЕМЫ

3.1 Сущность качества. Связь качества транспортного производства и системы технической эксплуатации транспортных объектов

Рост технического уровня и качества выпускаемой продукции является в настоящее время наиболее характерной чертой работы предприятий. Это объясняется тем, что в условиях насыщенного рынка и преобладающей неценовой конкуренции именно высокое качество продукции служит одним из важнейших критериев при выборе потребителем товара (услуги) того или иного предприятия.

Увеличение производства высококачественных изделий или оказание предприятиями высококачественных услуг в конечном итоге приводит к интенсификации экономических процессов, росту жизненного уровня населения, повышению конкурентоспособности товаров или услуг на внутреннем или мировом рынках. Это обуславливает необходимость предприятий более эффективно использовать экономические, производственные, организационные и правовые рычаги воздействия на процесс формирования, обеспечения и поддержания необходимого уровня качества товара или услуги.

По своему определению качество – это сложное интегрированное понятие. Под качеством понимается совокупность свойств и характеристик продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять потребности в соответствии с назначением.

Качество определяется рядом его составляющих свойств, образующих в своей совокупности так называемую петлю качества. Петля качества – это замкнутая последовательность деятельности на всех этапах производства и эксплуатации продукции, оказывающих влияние на ее качество (рисунок 9). Качество создается и поддерживается на всех этапах петли качества, начиная с исследования потребностей и рыночных возможностей – маркетинга, и заканчивая утилизацией продукции, отслужившей срок.

Высокое качество продукции может быть достигнуто, прежде всего, благодаря продуманной и хорошо организованной системе управления качеством. Она подразумевает упорядоченную совокупность взаимосвязанных действий, предназначенных для создания оптимальных условий для обеспечения требуемого уровня качества объекта.

Каждая стадия жизненного цикла продукции (услуги) характеризуется своими целями и методами достижения или поддержания качества, что требует рассматривать петлю качества как неотъемлемую часть системы управления качеством (см. рисунок 9).

Влияние на качество начинается с исследования потребностей. Дан-

ный этап жизненного цикла товара является одним из важнейших, так как именно на нем устанавливаются общие требования к конечной продукции, определяются ее характеристики. Ошибки на данном этапе наиболее критичны, так как если неверно определены потребности, то в конце производственной цепочки может быть получен невостребованный товар (услуга): его характеристики будут не согласовываться с понятием качество для данного рода товаров.

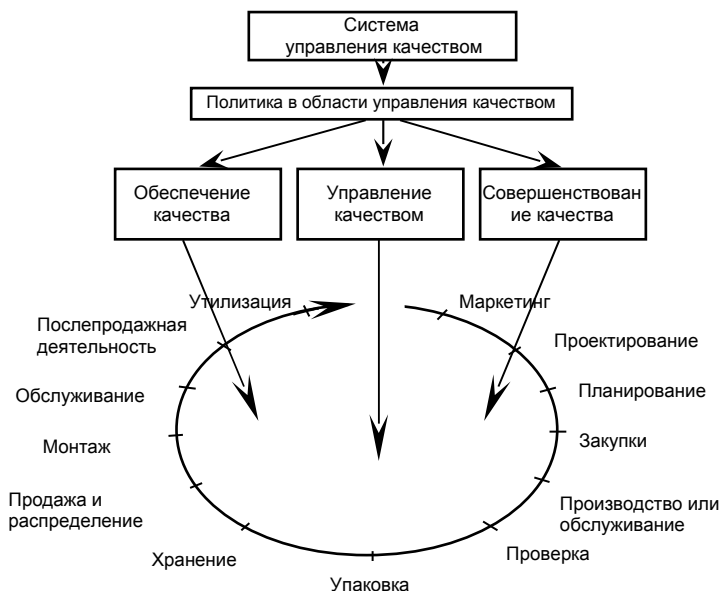


Рисунок 9 – Система управления качеством в жизненном цикле товара

В процессе исследования и проектирования главная задача – повысить полезные свойства продукции в соответствии с требованиями рынка и научно-технического прогресса и отразить их в нормативно-технической документации: стандартах, чертежах, технологических картах, технических условиях.

В процессе производства основной задачей поддержания качества является обеспечение необходимых технических, организационных, производственных и социальных условий в строгом соответствии с нормативной документацией, разработанной на предыдущей стадии. Решение данной задачи включает в себя своевременное введение прогрессивных технологических процессов и высокопроизводительного оборудования; обеспечение качественными расходными материалами, инструментом, оснасткой; улучшение организации и повышение культуры

производства; мобилизация внимания трудовых коллективов на вопросах повышения качества продукции и культуры производства.

На стадии реализации и эксплуатации или потребления важнейшей задачей является создание необходимых условий для более длительного сохранения уже созданных полезных свойств продукта, а также контроль за этими качествами и эффективная техническая эксплуатация.

Утилизация товара – последняя стадия его жизненного цикла. На этой стадии становится актуальной задача выполнения данной функции с максимальной простотой и безопасностью.

Как правило организационно все вышеописанные стадии находятся в некотором разобщении между собой: исследованием и проектированием занимаются одни организации, производством, реализацией, эксплуатацией и утилизацией – другие. Поэтому эффективность системы управления качеством обуславливается степенью этого разобщения, так как формирование качества осуществляется в неразрывной связи всех этих стадий.

3.2 Показатели качества

Для обеспечения и улучшения качества, для управления им, необходимо, прежде всего, решать задачи его количественной оценки. Данная функция возлагается на показатели качества.

В общей совокупности показателей качества продукции (некоторого изделия, детали, механизма, агрегата, объекта) или услуги (например, сервиса, перевозки, организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности движения, мероприятий технической эксплуатации и т. п.) выделяют единичные и комплексные показатели, характеризующие свойства данной продукции или услуги, а также интегральные показатели, выражающие уровень их качества.

Интегральные показатели характеризуют качество выпускаемой продукции независимо от ее вида и назначения, то есть по значениям этих показателей можно судить о качестве выпускаемой продукции в целом на предприятии и в отрасли (например, удельный вес прогрессивных, высокоэффективных видов деталей в общем выпуске судов определенной серии; удельный вес новых, высокоэффективных и прогрессивных судов в общей их численности по парому; социальный эффект от использования техники повышенной экологичности; экономический эффект от использования энергосберегающих технологий на водном транспорте и т. д.).

Единичные и комплексные показатели качества применяются для определения конкретных заданий по улучшению качества с учетом особенностей выпускаемой продукции (оказываемой услуги) и характера ее производства.

Всю совокупность показателей качества можно классифицировать по различным признакам:

- количеству характеризуемых свойств (единичные, комплексные);
- отношению к различным свойствам продукции (показатели надежности, технологичности, эргономичности и т. д.);
- стадии определения (проектные, производственные и эксплуатационные);
- методу определения (расчетные, экспериментальные, экспертные, вероятностные, органолептические, инструментальные и т. д.);
- характеру использования для оценки уровня качества (базовые и относительные);
- способу выражения (показатели, выраженные размерными единицами и безразмерными единицами измерения, например, баллами, долями, процентами и т. п.).

При оценке технического уровня и качества технических объектов водного транспорта используются следующие основные группы показателей качества:

- показатели назначения, характеризующие полезный эффект от эксплуатации и использования объекта и обуславливающие область его применения;
- показатели надежности и долговечности, характеризующие свойства надежности и долговечности объекта в конкретных условиях его использования;
- показатели технологичности, характеризующие эффективность конструкторско-технологических решений при строительстве объекта или при обеспечении высокого качества его технической эксплуатации, например, обеспечения высокой производительности труда при осуществлении различных видов ремонта объекта;
- показатели стандартизации и унификации, характеризующие степень использования при строительстве объекта стандартизированных деталей, механизмов и уровень унификации их составных частей;
- эргономические показатели, характеризующие взаимосвязь элементов системы «человек – объект – среда» и учитывающие комплекс гигиенических, психологических, антропометрических, физиологических, психофизиологических свойств человека, проявляющихся в производственных и бытовых процессах;
- эстетические показатели, характеризующие такие свойства объекта как выразительность, оригинальность, гармоничность, целостность, соответствие среде и стилю;
- патентно-правовые показатели, характеризующее степень патентной защиты объекта в стране и за рубежом, а также его патентную чисто-

ту;

– экономические показатели, отражающие затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию объекта, а также экономическую эффективность его эксплуатации;

– экологические показатели, характеризующие степень влияния объекта в процессе производства или строительства, эксплуатации, утилизации на окружающую среду.

Учитывая широту понятия качества кроме перечисленных выше традиционных групп показателей при оценке технического уровня и качества объектов водного транспорта используются также и другие показатели, например, показатели транспортабельности, однородности продукции и т. д.

3.3 Измерение и оценка показателей качества

Теоретические и прикладные проблемы оценки качества объектов (изделий, услуг, процессов, систем) изучаются областью науки, называемой *квалиметрией* (от латинского слова «квали» – качество и греческого «метро» – мерить).

Квалиметрия ставит перед собой три основные практические задачи, тесно связанные с разработкой:

– единичных, комплексных и интегральных показателей качества;

– единых методов измерения и оценки показателей качества;

– методов определения численных значений показателей качества продукции, сбора и обработки данных для установления требований к точности показателей.

Оценка качества любого изделия или услуги основывается на общих принципах. В пособии изложение этих принципов приведено для объектов водного транспорта, что определяется его тематикой.

1 Качество рассматривается как иерархическая сложная система свойств, представляющих интерес для потребителя. Принимается, что качество как некоторое наиболее обобщенное, комплексное понятие рассматривается на самом высоком, нулевом уровне иерархии, а составляющие его обобщенные свойства – на более низких уровнях (1, 2, ..., m) (рисунок 10).

Элементарный уровень (m -й) иерархии определяется свойствами качества далее неразлагаемыми, что может быть связано с объективными причинами, например, прогрессом науки на данный момент времени, или субъективными, например, требуемой точностью оценки качества.

Например, если за объект оценки качества принять судно, то 1-й уровень иерархии могут составлять следующие его элементы: качество корпуса, качество судовой энергетической установки, качество движителей и т. д. Качество судовой энергетической установки, в свою очередь,

определяет качество свойств 2-го уровня иерархии: качество главных двигателей, качество валопровода, качество генераторов и т. д.

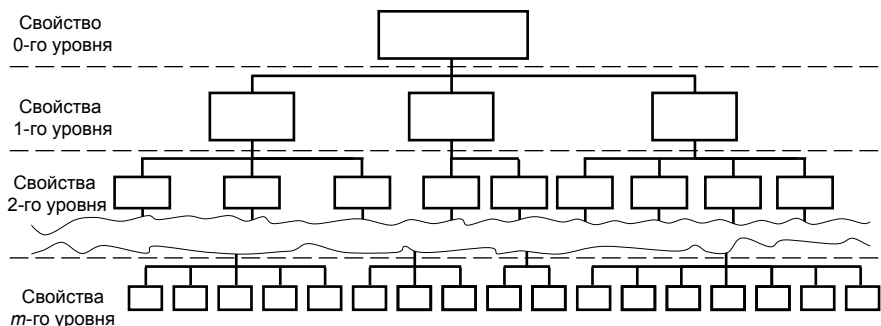


Рисунок 10 – Схема иерархической структуры свойств качеств

Если за объект оценки качества принять систему технической эксплуатации грузового причала, то 1-й уровень иерархии могут составлять следующие элементы: качество технического использования, качество технического обслуживания, качество управления технической эксплуатацией причала.

Для оценки качества системы доставки груза с участием водного транспорта 1-й уровень иерархии может состоять из качества перевозки, качества погрузочно-разгрузочных работ, качества сервиса и т. д.

2 Отдельные свойства, составляющие иерархическую систему качества путем измерений или вычислений, отражаются количественно в абсолютных показателях качества P_{ij} .

Например, абсолютными показателями качества перевозки могут служить: срок доставки, измеряемый в сутках или часах; сохранность, измеряемая в процентах, долях утраченного груза или груза, перевезенного с утратой качества; стоимость доставки, выраженная в денежных единицах, и т. д.

Однако абсолютные показатели качества сами по себе не дают возможность оценить свойство и определить его уровень. Например, известно, что время доставки груза составляет 12 суток, но это значение показателя не может сказать исследователю много это или мало, хорошо или плохо, качественно или нет. Для ответа на данный вопрос требуется сравнение с некоторым значением показателя, характеризующим качество и называемым базовым показателем качества. То есть, если известно, что нормативный срок доставки данного груза составляет, например, 10 суток, то исследователь уже может сделать соответствующее заключение, что перевозка осуществлена с некоторой потерей качества.

По этой причине чаще всего конечным результатом квалиметрических расчетов являются не абсолютные показатели, а относительные – K_{ij} .

Относительный показатель представляет собой функцию двух абсолютных показателей – измеряемого P_{ij} и принятого за базовый $P_{ij}^{\text{баз}}$:

$$K_{ij} = f(P_{ij}; P_{ij}^{\text{баз}}). \quad (22)$$

Как правило, K_{ij} является функцией отношения указанных показателей:

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{ij}^{\text{баз}}}, \quad (23)$$

поэтому относительный показатель качества принимает значение в интервале $K_{ij} \in [0, 1]$: чем ближе значение K_{ij} к нулю – тем хуже обеспечивается качество измеренного показателя относительно базового и наоборот, чем ближе значение K_{ij} к единице – тем лучше обеспечивается качество.

Часто, при оценке качества систем технических и организационных мероприятий задается еще один вид абсолютного показателя качества – предельный $P_{ij}^{\text{пред}}$. В этом случае измеряемый показатель P_{ij} сравнивается с базовым $P_{ij}^{\text{баз}}$ (при приближении к которому наблюдается повышение качества) и с предельным $P_{ij}^{\text{пред}}$ (при приближении к которому качество снижается).

По отношению к базовому и предельному значению абсолютные показатели имеют либо положительную динамику, либо отрицательную. Если показатель имеет положительную динамику, то его увеличение способствует повышению качества (к таким показателям можно отнести, например, скорость доставки груза, грузоподъемность судна, производительность погрузочно-разгрузочной машины, период предельного состояния объекта водного транспорта), если же показатель имеет отрицательную динамику, то повышению качества способствует снижение значения этого показателя (например, себестоимость перевозки, срок доставки, срок окупаемости строительства объекта и т. д.).

В зависимости от динамики показателя относительные показатели качества могут быть определены по одной из двух систем: при положительной динамике:

$$K_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } P_{ij} \geq P_{ij}^{\text{баз}}; \\ \frac{P_{ij}}{P_{ij}^{\text{баз}}}, & \text{при } P_{ij}^{\text{пред}} \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{\text{баз}}; \\ 0, & \text{при } P_{ij} < P_{ij}^{\text{пред}}; \end{cases} \quad (24)$$

отрицательной динамике:

$$K_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } P_{ij} \leq P_{ij}^{\text{баз}}; \\ \frac{P_{ij}^{\text{баз}}}{P_{ij}}, & \text{при } P_{ij}^{\text{пред}} \geq P_{ij} \geq P_{ij}^{\text{баз}}; \\ 0, & \text{при } P_{ij} > P_{ij}^{\text{пред}}. \end{cases} \quad (25)$$

Иногда, при оценке качества формулы (23)–(25) не могут быть применимы. Это наблюдается тогда, когда значения предельного и базового показателей качества должны принимать нулевые значения. Например, при оценке качества мероприятий обеспечения безопасности судоходства. В этом случае $P_{ij}^{\text{пред}} = P_{ij}^{\text{баз}} = 0$, так как на практике не может быть установлена количественная норма нарушений безопасности судоходства, которая будет соответствовать значению $K_{ij} = 1$.

В таких случаях относительный показатель качества может быть определен по формуле

$$K_{ij} = 1 - \frac{N_{\text{откл}}}{N_{\text{общ}}}, \quad (26)$$

где $N_{\text{откл}}$ – количество отклонений (аварий, травм, отказов) в работе, наблюдаемых в ее общем количестве $N_{\text{общ}}$.

Также следует учитывать, что если абсолютный показатель P_{ij} является постоянной характеристикой, то величина измеряемого относительного показателя K_{ij} зависит как от самого оцениваемого свойства, так и от выбранного для сравнения эталонного значения $P_{ij}^{\text{баз}}$. Поэтому для численного определения относительного показателя качества требуется проводить тщательные исследования реальных процессов с целью достоверного установления функциональной зависимости $K_{ij} = f(P_{ij}; P_{ij}^{\text{баз}})$.

3 Любое свойство качества, находящееся на любом уровне рассмотрения, должно быть определено не только относительной оценкой K_{ij} , но и важностью (значимостью) этого свойства M_{ij} .

В иерархии свойств качества (см. рисунок 10) для лица, принимающего решение о качестве того или иного продукта (услуги), данные свойства не равнозначны. Например, для одного пассажира более значимым свойством качественной перевозки является комфорт, а для другого – более низкая стоимость проезда. В этом случае, скорее всего, два данных пассажира (лица, принимающие решения), отзываясь о качестве проезда в одном транспортном средстве (то есть при прочих равных условиях), во мнениях не сойдутся.

Существует множество методов определения важности свойств, но наибольшее распространение получили такие методы как экспертный, вероятностный и смешанный (комбинированный).

Экспертный метод основан на математической обработке значений коэффициентов важности, которые предложены группой экспертов. Данный метод отличается гибкостью, наглядностью и не требует серьезных затрат по обоснованию результатов решения поставленной сложноформализуемой задачи. Учитывая, что качество – сложная, многогранная категория и, как отмечалось ранее, при формализации задачи оценки качества присутствует элемент субъективизма, экспертный метод для ее решения используется в подавляющем числе случаев.

Методика применения данных методов с целью оценки важности свойств рассматривается в специальной литературе [1, 7, 12].

4 Сумма важностей свойств одного уровня есть постоянная величина, называемая шкалой весомостей:

$$\sum_{j=1}^n M_{ij} = \text{const}, \quad (27)$$

где n – число свойств качества на i -м уровне.

Шкала весомостей может быть выбрана любая, например, с суммой важностей свойств, равной 5 (пятибалльная система оценок), 10 (десятибалльная система оценок), 100, 1000, 22, 7 и т. д.

Учитывая многообразие свойств объекта и методов оценки их важности, с целью математической унификации методики оценки качества, рекомендуется использовать шкалу с характеристикой

$$\sum_{j=1}^n M_{ij} = 1, \quad (28)$$

либо осуществлять процедуру нормализации важностей, используя формулу (33).

5 Важность и оценка свойства качества i -го уровня иерархии (см. рисунок 10) определяется требованиями, которые предъявляются к нему со стороны связанного с ним более общего свойства ($i - 1$)-го порядка.

Например, качество перевозки пассажира, как было сказано ранее, комплексное, сложное понятие, подчиняющееся иерархии свойств качества, изображенной на рисунке 10.

Для строительства корпуса пассажирского теплохода используется определенный материал, качество которого (оценка и важность его свойств) определяется с точки зрения характеристик корпуса судна.

В свою очередь, характеристики корпуса судна влияют на сопротивление воды движению, а, следовательно, на ходовые и тяговые характеристики теплохода. Следовательно, качество корпуса судна оценивается с точки зрения качества его ходовых и тяговых характеристик.

Тяговые и ходовые характеристики теплохода влияют на его стоимость содержания и скорость движения, оказывающих непосредственное влияние на такие свойства качества перевозки пассажира, как стоимость проезда и скорость доставки. Следовательно, качество тяговых и ходовых характеристик теплохода должно быть рассмотрено со стороны качества перевозки пассажира.

В данном примере была выстроена простейшая иерархия свойств ка-

чества перевозки, что вполне достаточно для демонстрации последнего принципа квалиметрии, то есть, как было сказано ранее, соответствует требуемой точности оценки качества. Если же лицу, принимающему решение требуется большая точность, то дерево свойств должно быть детализировано, например, добавлением нового уровня (рассмотрение качества производства материала корпуса) или дополнительных связей свойств одного уровня (на тяговые характеристики оказывает влияние не только материал корпуса).

6 Определяется интегральный показатель качества, который можно выразить как функциональную связь между комплексной оценкой каждого свойства качества и важностями этих свойств:

$$F = \mu(K_{ij}; M_{ij}). \quad (29)$$

Учитывая емкость и сложность понятия качества, единой методики определения интегрального показателя F в настоящий момент не существует, поэтому, часто, в квалиметрии применяется субъективный, но наименее трудоемкий способ его определения по принципу средневзвешенного:

– средняя арифметическая величина

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n K_i M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}; \quad (30)$$

– средняя геометрическая величина

$$F = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i^{M_i}}; \quad (31)$$

– средняя гармоническая величина

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{K_i}}. \quad (32)$$

Прежде чем выбрать, по какой средней (арифметической, геометрической или гармонической) величине рассчитывать интегральный показатель качества, требуется выполнить глубокий анализ исследуемого процесса, и изучить динамику изменения его результатов.

Все методы оценки качества можно разделить на две группы: *дифференциальные* и *комплексные*.

Дифференциальные методы, заключающиеся в сравнении показателей оцениваемой продукции с базовыми значениями, применяются в

основном при оценке качества высшего (0-го) уровня иерархии.

Дифференциальная оценка качества является одним из необходимых этапов комплексной оценки, кроме того, комплексные методы применяются для оценки свойств различных уровней иерархии качества, именно поэтому они получили наибольшее распространение.

Примерный алгоритм комплексного метода оценки качества представлен на рисунке 11.

Комплексную оценку качества можно рассматривать как двухэтапный процесс: первый этап – оценка простых свойств (m -го уровня); второй – оценка сложных свойств, вплоть до 0-го уровня.

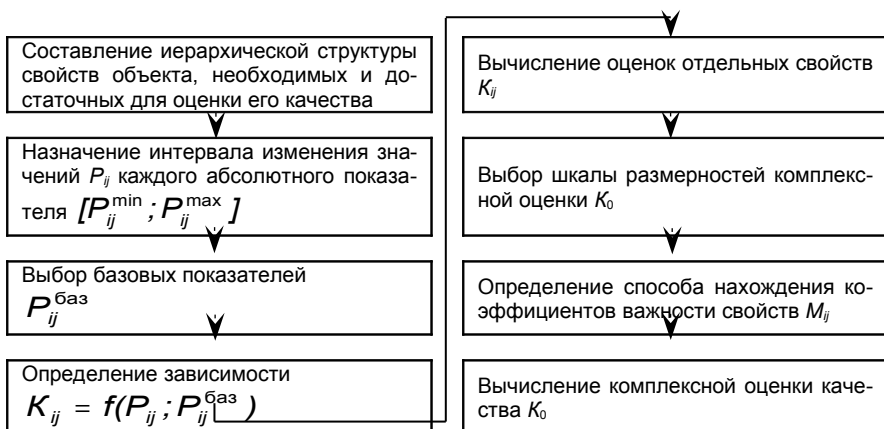


Рисунок 11 – Алгоритм комплексной оценки качества

3.4 Выбор оптимального варианта системы технической эксплуатации объекта водного транспорта

Принятие любого управленческого решения сводится к выбору оптимальной альтернативы среди множества допустимых. Как правило данная цель заключается в оптимизации системы по заданному критерию, что отражается целевой функцией.

Однако в реальных условиях, при принятии управленческих решений в области технической эксплуатации, подобных целей может быть несколько, причем часто противоречивых. Так, например, чем больше капитальных ремонтов судна будет осуществлено за время его эксплуатации, тем благоприятнее это отразится на таком показателе технической эксплуатации, как коэффициент технического использования. Одна-

ко, с другой стороны, каждый такой ремонт увеличивает размер затрат, что негативно сказывается на показателе – удельные затраты на ремонт судна, который имеет отрицательную динамику.

Поэтому при выборе системы технической эксплуатации вместо «жестких» однокритериальных моделей целесообразно использовать более «гибкие» многокритериальные модели, основная идея которых заключается в «компромиссе» между различными целями, в нахождении решений, которые в какой-то мере удовлетворяли бы всем требованиям (а, следовательно, полностью не удовлетворяли бы персонально ни одной из них).

Учитывая, что к системе технической эксплуатации также применимо понятие «качество», то задача выбора оптимальной системы может быть сведена к поиску интегрального показателя качества по всем альтернативам с максимальным значением.

Постановка задачи выбора наиболее эффективной системы технической эксплуатации из нескольких альтернатив при наличии нескольких критериев (показателей), на основании нечетких множеств может быть представлена следующим образом.

Пусть задано множество возможных вариантов систем технической эксплуатации:

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_j \\ \dots \\ X_n \end{pmatrix}.$$

Каждый вариант характеризуется множеством абсолютных показателей качества P (см. разд. 1):

$$P = \{ P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_m \},$$

например P_1 – удельные затраты на техническую эксплуатацию;

P_2 – период предельного состояния объекта и т. д.

Между каждым членом множества X и каждым членом множества P имеет место нечеткое отношение K_{ij} , которое представляет собой относительный показатель качества i -го варианта системы технической эксплуатации по j -му абсолютному показателю P_j .

Как было сказано в подразд. 3.3: $K_{ij} \in [0, 1]$; $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$: если, например $K_{11} = 0$, то это значит, что удельные затраты на техниче-

скую эксплуатацию объекта столь высоки, что система технической эксплуатации (вариант 1), оцененная только по этому показателю, является некачественной; если $K_{21} = 1$, то удельные затраты на техническую эксплуатацию объекта, реализованную по варианту 2, идеально соответствуют требованиям лица, принимающего решения.

Таким образом, данные нечеткие отношения представляют собой матрицу K размером $n \times m$:

$$K = \{ K_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \} = \begin{pmatrix} K_{11} & \dots & K_{1m} \\ \dots & K_{ij} & \dots \\ K_{n1} & \dots & K_{nm} \end{pmatrix}.$$

Для каждого варианта системы технической эксплуатации рассчитывается интегральный показатель качества F_i . Таким образом, совокупность интегральных показателей качества образует множество

$$F = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_i \\ \dots \\ F_n \end{pmatrix}.$$

Как было сказано в подразд. 3.3, для определения интегрального показателя качества в задачу вводится множество важностей показателей

$$M = \{ M_1, M_2, \dots, M_j, \dots, M_m \},$$

где M_j – уровень важности показателя качества P_j .

Уровни важности параметров качества P_j рекомендуется задавать в долях, например, если $M_j = 0$, то показатель P_j не оказывает влияние на выбор варианта системы технической эксплуатации, если же $M_j = 1$, то параметр P_j оказывает максимальное влияние на выбор.

После установления значений множества M для всех показателей множества P осуществляется их нормализация:

$$M_j^{\text{норм}} = \frac{M_j}{\sum_{k=1}^m M_k}. \quad (33)$$

Тогда множество интегральных показателей качества может быть получено как произведение матриц

$$F = K M; \quad (34)$$

$$F_j = \sum_{j=1}^m (K_{ij} \cdot M_j) = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_i \\ \dots \\ F_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & \dots & K_{1m} \\ \dots & K_{ij} & \dots \\ K_{n1} & \dots & K_{nm} \end{pmatrix} \cdot (M_1, M_2, \dots, M_j, \dots, M_m) \quad (35)$$

Оптимальным вариантом системы технической эксплуатации является вариант с максимальным значением интегрального параметра.

Пример.

В порту разработаны пять проектов систем технической эксплуатации транспортного судна. Требуется выбрать оптимальный вариант системы технической эксплуатации. Планируемые значения показателей технической эксплуатации, характеризующие предлагаемые варианты, сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Показатели технической эксплуатации судна по вариантам

Показатель технической эксплуатации судна	Значение показателя по вариантам				
	I	II	III	IV	V
Удельные затраты на техническую эксплуатацию, у.д.е./тыс. т·км	112	69	166	190	111
Суммарные затраты на техническую эксплуатацию, тыс. у.д.е.	600	800	200	400	500
Период предельного состояния судна, лет	24	27	19	13	14
Коэффициент технического использования судна	0,80	0,87	0,81	0,92	0,90

Проведенные изыскания показали, что наиболее приемлемым для порта вариантом системы технической эксплуатации является вариант, для которого удельные затраты на техническую эксплуатацию составляют около 147 у.д.е./тыс. т·км; суммарные затраты на техническую эксплуатацию – около 495 тыс. у.д.е.; период предельного состояния судна – около 13,5 лет; коэффициент технического использования судна – около 0,85.

При выборе оптимального варианта учесть, что из перечисленных показателей для порта наибольшей значимостью обладает показатель «суммарные затраты на техническую эксплуатацию», значимость оценена экспертами на 5 баллов по пятибалльной шкале; показатель «коэффициент технического использования» – 4 балла; показатель «период предельного состояния судна» – 4 балла; показатель «удельные затраты на техническую эксплуатацию» – 2 балла.

Решение .

К выбору представлено 5 вариантов системы технической эксплуатации:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_5 \end{pmatrix}.$$

Каждый вариант характеризуется четырьмя показателями технической эксплуатации (абсолютными единичными показателями качества):

$$P = |P_1, P_2, P_3, P_4|,$$

где P_1 – удельные затраты на техническую эксплуатацию;

P_2 – суммарные затраты на техническую эксплуатацию;

P_3 – период предельного состояния судна;

P_4 – коэффициент технического использования судна.

Так как в примере заданы значения показателей, приемлемые для порта, то их можно использовать как базовые показатели качества:

$$P_1^{\text{баз}} = 147; P_2^{\text{баз}} = 495; P_3^{\text{баз}} = 13,5; P_4^{\text{баз}} = 0,85.$$

В зависимости от динамики показателя по формулам (24) или (25) для каждого варианта рассчитываются относительные показатели качества.

Из рассматриваемых в примере абсолютных показателей качества положительную динамику имеют P_3, P_4 , а отрицательную – P_1, P_2 , следовательно,

$$K_{11} = 1; K_{21} = 1; K_{31} = \frac{147}{166} = 0,886; K_{41} = \frac{147}{190} = 0,774; K_{51} = 1,$$

аналогично рассчитывают относительные показатели качества по абсолютным показателям P_2, P_3 и P_4 . Тогда матрица относительных показателей качества имеет следующий вид:

$$K = \begin{pmatrix} 1,000 & 0,825 & 1,000 & 0,941 \\ 1,000 & 0,619 & 1,000 & 1,000 \\ 0,886 & 1,000 & 1,000 & 0,950 \\ 0,774 & 1,000 & 0,963 & 1,000 \\ 1,000 & 0,990 & 1,000 & 1,000 \end{pmatrix}.$$

Для того чтобы выполнялось условие (27), балльную систему оценок важности показателей требуется привести к нормализованному виду в соответствии с формулой (33), так, например, коэффициент важности показателя P_1 (удельные затраты на техническую эксплуатацию) после

нормализации принимает значение

$$M_1^{\text{норм}} = \frac{5}{5 + 4 + 4 + 2} = \frac{5}{15} = 0,333.$$

Коэффициенты важности остальных показателей рассчитывают аналогично и составляют множество важностей показателей качества:

$$M = |0,333 \quad 0,267 \quad 0,267 \quad 0,133|,$$

как видно, требование (28) соблюдается.

Интегральные показатели качества вариантов систем технической эксплуатации определяют по формулам (34), (35):

$$F = \begin{vmatrix} 1,000 & 0,825 & 1,000 & 0,941 \\ 1,000 & 0,619 & 1,000 & 1,000 \\ 0,886 & 1,000 & 1,000 & 0,950 \\ 0,774 & 1,000 & 0,963 & 1,000 \\ 1,000 & 0,990 & 1,000 & 1,000 \end{vmatrix} \cdot |0,333 \quad 0,267 \quad 0,267 \quad 0,133| =$$

$$= \begin{vmatrix} 1 \cdot 0,333 + 0,825 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,267 + 0,941 \cdot 0,133 & | 0,945 \\ 1 \cdot 0,333 + 0,619 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,133 & | 0,898 \\ 0,886 \cdot 0,333 + 1 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,267 + 0,950 \cdot 0,133 & | 0,955 \\ 0,774 \cdot 0,333 + 1 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,133 & | 0,925 \\ 1 \cdot 0,333 + 0,990 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,267 + 1 \cdot 0,133 & | 0,997 \end{vmatrix}.$$

Как видно из полученного множества интегральных показателей качества, наименее приближенным к базовому варианту системы технической эксплуатации оказался вариант x_2 , а оптимальным вариантом является вариант x_5 .

Данный вариант только по показателю P_2 (суммарные затраты на техническую эксплуатацию) оказался несоответствующим базовому варианту, что, кстати, характерно и для варианта II. Однако, анализируя исходные данные, можно отметить, что суммарные затраты на техническую эксплуатацию по варианту II гораздо выше затрат базового варианта. Этот факт при использовании вышеописанной методики оказался ключевым, тем более, что эксперты обозначили данный показатель как наиболее значимый.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Как система технической эксплуатации объектов водного транспорта связана с качеством перевозочного процесса? Каково место технической эксплуатации в системе управления качеством?
- 2 Приведите классификацию показателей качества.
- 3 Как осуществляется измерение качества?
- 4 Что такое абсолютный и относительный показатели качества?
- 5 Что такое коэффициент важности свойства и как он определяется?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Азгальдов, Г. Г.** О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 184 с.
- 2 **Аристов, Ю. К.** Ремонт речных судов / Ю. К. Аристов, Ф. Ф. Бенуа, А. Ф. Видецкий. – М. : Транспорт, 1988. – 430 с.
- 3 **Вентцель, Е. С.** Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
- 4 **Головачев, П. А.** Техническая эксплуатация и монтаж портовых подъемно-транспортных машин / П. А. Головачев, Ю. И. Гладунко. – М. : Транспорт, 1985. – 304 с.
- 5 **Крыштын, Л. К.** Техническая эксплуатация танкера / Л. К. Крыштын, О. И. Тимченко. – М. : Транспорт, 1980. – 206 с.
- 6 **Малышкин, А. Г.** Организация и планирование работы речного флота / А. Г. Малышкин. – М. : Транспорт, 1985. – 215 с.
- 7 **Пищик, Ф. П.** Техническая эксплуатация железнодорожного транспорта : учеб.-метод. пособие / Ф. П. Пищик. – Гомель: БелГУТ, 2006. – 170 с.
- 8 **Плявин, Н. И.** Эксплуатация морского танкера / Н. И. Плявин. – М. : Транспорт, 1968. – 336 с.
- 9 Правила технической эксплуатации речного транспорта. – М. : РКонсультант, 2004. – 50 с.
- 10 **Розова, Н. К.** Управление качеством / Н. К. Розова. – СПб.: Питер, 2002. – 224 с.
- 11 **Трихунков, М. Ф.** Транспортное производство в условиях рынка; качество и эффективность / М. Ф. Трихунков. – М. : Транспорт, 1993. – 225 с.
- 12 Управление качеством : учеб. пособие / под ред. И. И. Мазура. – М. : Высш. шк., 2003. – 334 с.
- 13 **Уртминцев, Ю. Н.** Агентирование и комплексное обслуживание транспортного флота / Ю. Н. Уртминцев. – Н. Новгород : ВГАВТ, 2005. – 84 с.
- 14 **Яценко, В. С.** Техническая эксплуатация морского флота / В. С. Яценко. – М. : Транспорт, 1971. – 344 с.

$m_{\text{бут. кам.}} = 147$

$m_{\text{щепня}} = 103$

А

Б

В

Учебное издание

КАЗАКОВ Николай Николаевич

**Техническая эксплуатация объектов водного транспорта
и управление качеством**

Учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы
для студентов факультета безотрывного обучения

Редактор *Т. М. Ризевская*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 20.02.2009 г. Формат 60× 84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 2,32 Уч.-изд. л. 2,35. Тираж 120 экз.

Зак. № Изд. № 49

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:

ЛИ № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.

ЛП № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.