

---

---

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

---

---

УДК 664. 951 (075.8) 633

**А.И. Крикун, И.В. Панюкова, С.Д. Угрюмова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЛИНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ

*Рассмотрены методы комплексной оценки эффективности и надежности технологических линий на предприятиях рыбной отрасли. Выявлены их преимущества и недостатки, позволившие отработать наиболее подходящую методику для технологических линий, соединенных последовательно. Разработана программа комплексной оценки эффективности и надежности технологических линий.*

**Ключевые слова:** *методы, надежность, эффективность, технологические линии, рыбная отрасль, программа.*

**A.I. Krikun, I.V. Panyukova, S.D. Ugryumova**

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT PROCEDURE AND EFFICIENCY TOUGH LINE ON ENTERPRISES FISHING INDUSTRY

*Methods for a comprehensive assessment of the effectiveness and reliability of production lines at the fishing industry. Their advantages and disadvantages, allowed to work the most suitable technique for the production lines connected in series. A program of comprehensive evaluation of the effectiveness and reliability of production lines.*

**Key words:** *methods, reliability, efficiency, technological lines, the fishing industry, the program.*

### **Введение**

В настоящее время комплексная оценка эффективности и надежности технологических линий стала насыщенной необходимостью, особенно в тех случаях, когда речь идет о линиях больших масштабов и сложности. Такие факторы, как возрастание сложности технологических линий, усиление борьбы за рынки сбыта, а также конкурентной борьбы за финансовые средства и ресурсы полностью исключают поставку на современный рынок как изделий с низкой эффективностью и надежностью, так и изделий, спроектированных с чрезмерным запасом эффективности и надежности [1, 2].

Каждому этапу разработки или модернизации технологических линий соответствует определенный этап оценки эффективности и надежности [1–3]: предэскизный проект (разработка технического задания) – прикидочная оценка с целью определения норм эффективности и надежности; эскизный проект – ориентировочная оценка норм эффективности и надежности; технический проект – окончательная оценка с учетом режимов эксплуатации и факторов, воздействующих на технологическую линию; рабочий проект – окончательный вариант оценки с учетом дополнительных факторов, зависящих от принятых схемных и конструктивных решений; готовый объект (стендовые и натурные испытания) – экспериментальная оценка уровня эффективности и надежности объекта, выявление узлов с недостаточной надежностью, введение необходимых коррективов в технологическую линию, внесение поправок в окончательную оценку эффективности и надежности.

Стоимость отказов в существующих технологических линиях намного превышает стоимость ремонта оборудования или замены вышедшей из строя детали (неудобства для потребителей, потери продукции, несчастные случаи, снижение производительности) [1, 3, 4].

### **Объекты и методы**

Объектами исследования являлись действующая и модернизированная технологические линии подготовки морской воды для культивирования гидробионтов.

Методы определения показателей надежности и эффективности оборудования в агрегатно-технологических линиях выбирались в зависимости: от целей расчета и требований к точности определения показателей надежности оборудования; наличия и/или возможности получения исходной информации, необходимой для применения определенного метода расчета; уровня отработанности конструкции и технологии изготовления объекта, системы его технического обслуживания и ремонта, позволяющего применять соответствующие расчетные модели надежности.

Рассмотрено несколько методов определения показателей эффективности и надежности оборудования в технологических линиях рыбной отрасли [1, 2]: методы прогнозирования, структурные методы, физические методы, логико-вероятный метод (метод И.А. Рябинина) и топологический метод.

1. Методы прогнозирования [1–5] основаны на использовании для оценки ожидаемого уровня эффективности и надежности оборудования в технологических линиях рыбоводных и рыбоперерабатывающих производств данных о достигнутых значениях и выявленных тенденциях изменения показателей надежности (ПН) объектов-аналогов (идентичного или близкого к рассматриваемому оборудованию в линиях по назначению, принципам действия, схемно-конструктивному построению, технологии изготовления, элементной базе, применяемым конструкционным материалам, условиям и режимам эксплуатации, принципам и методам управления), с помощью которых составляется прогноз или план.

Методы прогнозирования объединяются в следующие большие группы: прогнозирование по временным рядам (методы экстраполяции); прогнозирование с помощью экономико-математических моделей и прогнозирование на основе экспертных оценок.

2. Структурные методы [1–5] оценки эффективности и надежности являются основными методами расчета показателей эффективности и надежности в процессе проектирования технических систем (технологических линий), поддающихся разукрупнению на элементы (отдельное оборудование), технико-экономические и надежность характеристики, которые в момент проведения расчетов известны или могут быть определены другими методами.

3. Физические методы оценки эффективности и надежности основаны на применении математических моделей, описывающих физические, химические и иные процессы, приводящие к отказам оборудования в технологических линиях (к достижению ими предельного состояния), и вычислении показателей эффективности и надежности по известным параметрам (загруженности оборудования в технологических линиях, особенностей конструкции и технологии изготовления, характеристикам примененных веществ и материалов) [1–5].

4. Топологический метод оценки эффективности и надежности (метод ненаправленных графов) основан на использовании математического аппарата Марковских процессов (вероятность нахождения системы в каком-либо состоянии и в будущем, не зависящая от прошлых состояний технической системы по А. Маркову). Применяется для расчета вероятностей состояний сложных технических систем (параллельных и комбинированных технологических линий) [1–5].

5. Логико-вероятный метод (метод И.А. Рябинина) [6, 7] заключается в описании блок-схемы технологической линии с помощью аппарата математической логики с последующим ис-

пользованием теории вероятностей при определении характеристик надежности (предполагается, что в действующей технологической линии выходит из строя 1 и частично 1 элемент).

Анализ известных методик оценки и эффективности и надежности технологических линий рыбной отрасли позволил сформулировать исследовательскую задачу и указать направление на наиболее эффективный результат.

### **Результаты и их обсуждение**

Выявлены основные преимущества и недостатки методов оценки эффективности и надежности технологических линий [1, 2].

Основными преимуществами методов прогнозирования являются: простота применения, наглядность результатов, так как прогноз выдается в виде численных значений параметра, легко реализуется с помощью ЭВМ (Microsoft Excel); комплексный подход к анализируемой ситуации; располагая моделью системы, возможно прогнозировать не только одно, наиболее вероятное развитие ситуации, но и проигрывать различные сценарии и тем самым выбирать наиболее результативные варианты поведения; системный подход (учитывается взаимодействие всех факторов и степень их воздействия на конечный результат); позволяют использовать при разработке прогноза практически всю доступную информацию, в том числе и неформализованную, неопределенную или неполную.

К недостаткам методов прогнозирования относятся: ограниченная сфера применения (прогнозированию подлежат только количественные показатели, при этом необходимо, чтобы имелись их значения за достаточно продолжительный прошлый период); ограниченный горизонт прогнозирования (методы точны в краткосрочный период); прогноз не может предвидеть какие-то значительные качественные изменения прогнозируемого показателя (объем производства определенного вида продукции, замену технологической схемы, которая позволит значительно расширить производство, появление новых видов продукции, которые вытеснят анализируемый продукт с рынка и т.д.); соответствующие параметры должны приводиться в сопоставимых условиях; поскольку методы основаны на анализе уже случившихся событий, то при возникновении несвойственной ситуации не способны обеспечить точный прогноз; в основном применяются в экономической сфере (коммерческая деятельность); практическое использование такого прогноза затруднено, поскольку производственная практика требует точных данных, а приблизительные оценки не могут быть положены в основу решения; выводы экспертов могут быть необъективны и предвзяты; крайне высокая стоимость, напрямую следующая из требований к высокой квалификации экспертов и использования достаточно сложных организационных процедур.

Преимуществами структурных методов оценки эффективности и надежности являются: структурная схема эффективности и надежности технической системы (технологических линий) создается непосредственно по функциональной диаграмме системы, что позволяет сократить количество конструктивных ошибок и/или систематическое описание функциональных путей технической системы; методы пригодны для различных видов технологических систем, включая сложные и комбинированные; пригодны для полного анализа вариантов при изменении параметров эффективности технологических линий; дают компактные результаты вероятностных характеристик для системы в целом.

К основным недостаткам относятся: не обеспечивают полный анализ неисправностей (причинно-следственная связь не определяется); требуют наличия вероятностной модели эффективности для каждого элемента диаграммы; не позволяют различать преднамеренные и непреднамеренные результаты; направлен, прежде всего, на анализ работоспособности системы и не распространяется на сложные стратегии ремонта, технического обслуживания или общий анализ работоспособности.

Основным достоинством физических методов является возможность прогнозирования параметрических отказов оборудования в технологических линиях на основе ускоренных испытаний.

Недостатки физических методов: необходимость испытаний в условиях многономенклатурного производства для новых видов продукции; непредсказуемость катастрофических отказов; отсутствие моделей связи показателей качества и результатов анализа отказов при производстве.

Преимуществами топологических методов являются: пригодны для расчета эффективности и надежности технологических линий с большим числом состояний (свыше 100); простота вычислительных алгоритмов; высокая наглядность графа; возможность приближенных оценок.

Недостатки: сложности при анализе работы сложных технических систем, формулы Мезона (Мейсона) в таких случаях бывает недостаточно; необходимость отыскания большого числа различных деревьев.

Преимуществами логико-вероятных методов являются: системный подход; наглядность полученных результатов; компактные вычисления; подробный анализ возможных параметров и условий при эксплуатации технологических линий; недорогой метод; высокая точность для параллельносоединенных технологических линий.

Основными недостатками этого метода являются: ограничение использования для параллельных и комбинированных технологических линий; не подходит в случае необходимости оперативной оценки эффективности и надежности.

Проведенный анализ преимуществ и недостатков известных методик комплексной оценки эффективности и надежности технологических линий, а также действующих стандартов [8–14] позволил определить наиболее подходящую методику для технологических линий рыбоперерабатывающих предприятий, соединенных последовательно – логико-вероятностный метод (метод И.А. Рябинина), на основе которой была разработана программа комплексной оценки эффективности и надежности технологических линий на рыбноводных и рыбоперерабатывающих предприятиях (на примере линии подготовки морской воды для культивирования гидробионтов) [1, 15].

В соответствии с полученной программой оценка эффективности и надежности предлагалась в виде технического отчета, который содержал: структурную схему надежности с кратким пояснительным текстом; формулировку понятия отказа системы; расчетные формулы для определения количественных показателей надежности; расчет показателей надежности; этапы надежного проектирования; выводы и рекомендации.

#### 1. Формулировалось понятие отказа.

Под отказом понимается любое событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Отказы классифицировались: на катастрофические и некатастрофические; критические и некритические; существенные и несущественные. Совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта устанавливают в документации [8–14].

2. Определялась последовательность операций при анализе характера и последовательности отказов [1–3]: границы технической системы и выработка конкретных требований; перечень учитываемых типов отказов, описание рассматриваемого элемента; интенсивность отказов для каждого типа отказов элемента; перечень воздействий отказов каждого типа на подсистемы и систему в целом; анализ критических отказов каждого типа и проведение необходимых действий.

3. Описывалась модернизированная технологическая линия подготовки морской воды для культивирования гидробионтов.

Разработанная линия подготовки морской воды для культивирования гидробионтов предусматривает наличие большого количества контрольно-измерительных приборов [1, 3, 15]:

датчики солености ( $S$ , ‰) и температуры ( $t$ , °C); мутномеры (TURBIDE), обеспечивающие непрерывный контроль мутности в диапазоне 50÷100 ЕМФ (30÷60 мг/л по каолину); сигнализирующие датчики расхода объема, уровень фильтрата и слоя засыпки ( $\Delta V$ ); анализаторы химического состава морской воды (CHEMIC. STRUCT.); анализаторы взвешенных механических примесей (MECH. ADM.); сигнализирующие датчики кислотности (pH) и кислородосодержания ( $O_2$ ).

Модернизированная технологическая линия подготовки морской воды для культивирования гидробионтов включает: 2 насоса двустороннего входа; 2 отстойника скребковых с горизонтальным перемещением жидкости ( $V_1 = 100 \text{ м}^3$ ) и ( $V_2 = 40 \text{ м}^3$ ), фильтры грубой и тонкой очистки; 4 расходные емкости ( $V = 35 \text{ м}^3$ ) и нагревательный тен.

Забор морской воды из моря осуществляется с глубины 10 м и расстояния от берега 800 м. Отстаивание воды в горизонтальных отстойниках осуществляется не менее одних суток.

Фильтр грубой очистки морской воды изготовлен из высококачественной стали и выкрашен краской, устойчивой к стиранию, что обеспечивает долговечность данных фильтров (пропускная способность  $\approx 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ , основной рабочий элемент – колотый гравий определенной фракции).

Фильтр тонкой очистки морской воды представляет собой прямоточно-противоточные колонны (1-я ступень – керамзит; 2-я ступень – цеолиты, 3-я ступень – морской песок).

#### 4. Этапы жизненного цикла оборудования в технологических линиях.

Жизненный цикл технологического оборудования условно подразделяется на 3 участка: первый – период приработки, второй – период нормальной эксплуатации, третий – период старения объекта.

Период приработки (участок интенсивности отказов) объекта имеет повышенную ИО, вызванную приработочными отказами, обусловленными дефектами производства, монтажа, наладки. Иногда с окончанием этого периода связывают гарантийное обслуживание объекта, когда устранение отказов производится изготовителем. В период нормальной эксплуатации (постоянная интенсивность отказов) ИО уменьшается и практически остается постоянной, при этом отказы носят случайный характер и появляются внезапно, прежде всего, из-за несоблюдения условий эксплуатации, случайных изменений нагрузки, неблагоприятных внешних факторов и т.п. Именно этот период соответствует основному времени эксплуатации объекта. Возрастание ИО относится к периоду старения объекта и вызвано увеличением числа отказов от износа, старения и других причин, связанных с длительной эксплуатацией. Отказы, появляющиеся в период нормальной эксплуатации, называют внезапным, так как они появляются в случайные моменты времени, или, другими словами, внезапно, непредсказуемо [15].

#### 5. Определение метода оценки эффективности и надежности технологических линий.

На основании сравнительного анализа известных методов определения эффективности и надежности технологических линий выбран логико-вероятностный метод [1, 2, 6, 7].

#### 6. Составление схемы расчета надежности (конструктивно оформленные блоки (звенья)).

Рассмотренные нами существующая и модернизированная технологические линии подготовки морской воды представляют собой технические системы с последовательным соединением элементов (оборудование). Технологическое оборудование в линии взаимодействует таким образом, что их отказы являются стохастически независимыми событиями, а отказ хотя бы одного из элементов приводит к отказу всей технологической линии в целом.

В соответствии с выбранной методикой строятся блок-схемы, показывающие роль каждого оборудования при его функционировании в составе всей технологической линии. Вероятность безотказной работы технологических линий ( $R(t)$ ) напрямую зависит от вероятности безотказности каждого отдельного элемента ( $R_i$ ), составляющих эти линии ( $i$  – порядковый номер оборудования в технологической линии,  $i = 1, 2, \dots$ ).

6.1. Составлялась блок-схема типичной линии подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях, занимающихся культивированием гидробионтов (Дальний Восток), состоящая из 9 последовательно соединенных технических элементов (рис. 1).

Предполагали, что из 9 последовательных элементов в типовой линии, которые подвергались испытаниям, через 3÷4 месяца выходит из строя частично 1 элемент, а остальные сохраняют работоспособность.

6.2. Составлялась блок-схема модернизированной линии подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях, состоящая из 13 последовательно соединенных технических элементов (рис. 2).

Допустили, что из 13 последовательных элементов в модернизированной линии, которые подвергались испытаниям, через 3–4 месяца вышел из строя частично 1 элемент, а остальные сохранили работоспособность.

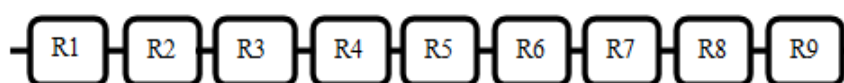


Рис. 1. Блок-схема с последовательным соединением аппаратов в типовой агрегатно-технологической линии подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях: R1 – насос одностороннего входа;

R2 – гравитационный отстойник с плоским или коническим дном ( $V$  до  $75 \text{ м}^3$ );

R3 – насос одностороннего входа; R4 – фильтр грубой очистки; R5 – фильтр тонкой очистки;

R6, R7, R8, R9 – расходные емкости ( $V = 10\text{--}15 \text{ м}^3$ )

Fig. 1. Block diagram with series connection of devices in a standard aggregate-processing line preparing seawater hatcheries: R1 – the pump-sided entrance; R2 – gravity settler with flat or conical bottoms

( $V \approx 75 \text{ м}^3$ ); R3 – the pump-sided entrance; R4 – a coarse filter; R5 – fine filter;

R6, R7, R8, R9 – storage tanks ( $V = 10\text{--}15 \text{ м}^3$ )

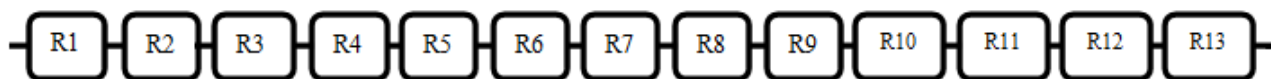


Рис. 2. Блок-схема с последовательным соединением аппаратов в модернизированной агрегатно-технологической линии подготовки морской воды: R1 – насос двустороннего вход; R2 – отстойник скребковый с горизонтальным перемещением жидкости ( $V = 100 \text{ м}^3$ ); R3 – отстойник скребковый с горизонтальным перемещением жидкости ( $V = 40 \text{ м}^3$ ); R4 – насос двустороннего входа;

R5 – фильтр грубой очистки; R6, R7, R8 – соответственно 1-, 2- и 3-я ступени фильтра тонкой очистки; R9, R10, R11, R12 – расходные емкости ( $V = 35 \text{ м}^3$ ); R13 – нагревательный тен

Fig. 2. Block diagram with series connection of devices in a modernizing bath aggregate-processing line desalination: R1 – pump It includes two-way; R2 – the sump scraper with horizontal movement of the fluid

( $V = 100 \text{ м}^3$ ); R3 – sump scraper with horizontal movement of the fluid ( $V = 40 \text{ м}^3$ ); R4 – double-entry pumps; R5 – strainer; R6, R7, R8 – 1, 2 and 3, respectively, a fine filter stage;

R9, R10, R11, R12 – storage tanks ( $V = 35 \text{ м}^3$ ); R13 – ten heater

7. Оценка интенсивности отказов технологических линий с учетом всех расчетных элементов системы.

В соответствии с выбранным методом оценки эффективности и надежности технологических линий (логико-вероятностный метод (метод И.А. Рябинина) [1, 2, 6, 7] определены расчетные формулы.

Вероятность безотказной работы технологических линий ( $R(t)$ ) определялась по формуле (1) [1–3, 15]:

$$R(t) = 1 - \left( 1 - \frac{n_s(t)}{n_s(t) + n_f(t)} \right) = 1 - \left( 1 - \frac{n_s(t)}{n_0} \right), \tag{1}$$

где  $n_s(t)$  – аппараты, сохраняющие работоспособность;  $n_f(t)$  – аппараты, вышедшие из строя;  $n_0$  – всего аппаратов в линии.

Величина  $R(t)$  и вероятность появления отказов  $F(t)$  в момент времени  $t$  (3–4 мес.) связывались соотношением (2) [1, 2, 6]:

$$R(t) + F(t) = 1. \tag{2}$$

Вероятность появления отказов в момент времени  $t$  (3–4 мес.):

$$F(t) = 1 - \left( 1 - \left( 1 - \frac{n_s(t)}{n_0} \right) \right) = 1 - \left( 1 - \left( 1 - \frac{12,5}{13} \right) \right). \tag{3}$$

Результаты комплексной оценки эффективности и надежности существующей и модернизированной технологических линий подготовки морской воды представлены в таблице.

**Результаты комплексной оценки эффективности и надежности существующей и модернизированной технологических линий подготовки морской воды, %  
The results of a comprehensive assessment of the efficiency and reliability of existing and modernized production lines desalination, %**

Существующие технологические линии	
Показатели эффективности и надежности технологических линий	Типовая линия подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях (Дальний Восток)
$R(t)$	94,44
$F(t)$	5,56
Модернизированная линия подготовки морской воды на предприятиях рыбной отрасли	
$R(t)$	96,15
$F(t)$	3,85
Повышение эффективности и надежности линий:	
$R(t)^*$	1,71
$F(t)^{**}$	1,71

\*  $R(t)$  – вероятность появления отказов в момент времени  $t$  (3–4 мес.), %

\*\*  $F(t)$  – вероятность безотказной работы технологических линий, %

8. Составление этапов надежного проектирования.

8.1. Осуществлялся подбор действующих стандартов на надежность в технике [8–14].

8.2. Производился подбор действующих стандартов для агрегатно-технологической линии подготовки морской воды [16–19].

9. Определялись конструктивные параметры системы (продолжительность эксплуатации линии в год, техническое обслуживание линии, численность занятого персонала, условия эксплуатации), показатели надежности, характер отказов, последствия отказов, рекомендации по ремонтпригодности.

Данные об эксплуатации: период эксплуатации линии – 4 месяца в год (июнь–сентябрь), техническое обслуживание – 24 ч/сут, численность занятого персонала – 2 человека, условия эксплуатации – морская вода, агрессивные среды.

Конструктивные параметры системы: количество занятых и резервных емкостей и их объем, погрешности и точности измерения контрольных приборов, степень очистки и подготовки морской воды, габариты оборудования и помещений.

Показатель ремонтпригодности – наличие запасного оборудования для очистки морской воды, наличие материалов.

Анализ характера отказов: некачественные производители, течь оборудования, поломки сложного оборудования, отсутствие расходных материалов, несоблюдение важных технологических параметров: температуры, солености, освещения, кислотности, щелочности сред, скорости воды. Грубое нарушение нормативных документов (стандартов, технических инструкций, норм, технических условий и т.д.). Исследование окончательного варианта линии водоподготовки морской воды и конструкции фильтров грубой и тонкой очистки.

Последствия отказов: финансовые убытки, гибель ценных животных, упущенное время для нереста новой партии, подрыв репутации предприятия. Анализ зарубежных достижений и разработок в области водоподготовки морской воды для рыбоводных предприятий, использование отечественных достижений, обмен опытом в данной области, исследование промежуточных вариантов. Анализ надежности и ремонтпригодности: использование современного и несложного оборудования и приборов (солемеры, насосы, резервуары, посуда, микроскопы, фильтры, трубопроводы, нагревательные приборы).

### **Выводы**

Надежность разработанной нами системы водоподготовки морской воды для культивирования гидробионтов напрямую зависит от стабильности, надежности и срока службы фильтров, используемых в линии.

Модернизация технологической линии подготовки морской воды для культивирования гидробионтов позволила повысить ее эффективность в среднем на 1,71 %, уменьшить количество ручного труда на 15,1 %; контролировать процесс; обеспечивать наиболее быструю, эффективную очистку морской воды; снизить расходы на замену фильтрующей загрузки (картриджи необходимо менять каждые 3 месяца, ориентировочный срок эксплуатации же одной зернистой загрузки составляет 3–5 лет).

Сформулировано возникающее противоречие, применительно к фильтрам, связанное с необходимостью промывки или замены фильтрующих элементов после накопления определенного количества загрязнений.

### **Список литературы**

1. Комплексная оценка эффективности и надежности технологических линий на рыбоводных и рыбоперерабатывающих предприятиях: отчет о НИР / С.Д. Угрюмова, А.И. Крикун, Д.А. Крикун, А.А. Дерябин, Д.Ю. Проскура. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2015. – 210 с. – № ГР 115033120011. – № 619/2015.

2. Крикун, Д.А. Комплексная оценка эффективности и надежности технологических линий / Д.А. Крикун, А.И. Крикун, Д.Ю. Проскура, А.А. Дерябин // Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания: материалы 58-й Всерос. науч. конф.– Владивосток: ТОВМИ им. С.О. Макарова ВУНЦ «ВМА», 2015. – Т. 3. – С. 150–151.

3. Угрюмова, С.Д. Надежность технических и технологических систем: учеб. пособие / С.Д. Угрюмова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. – 98 с.

4. Складчиков, А.А. Оценка надежности и управление рисками технологических нарушений на воздушных линиях электропередачи: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Складчиков Александр Александрович. – Чебоксары, 2012. – 220 с.



5. Диллон, Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем: пер. с англ. / Б. Диллон, Ч. Сингх. – М.: Мир, 1984. – 318 с.
6. Рябинин, И.А. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / И.А. Рябинин, Г.Н. Черкесов. – М.: Радио и связь, 1981. – 264 с.
7. Рябинин, И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб: СПУ, 2007. – 276 с.
8. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2002. – 14 с.
9. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. – 12 с.
10. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 20 с.
11. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2002. – 14 с.
12. ГОСТ Р МЭК 61650-2007. Надежность в технике. Методы сравнения постоянных интенсивностей отказов и параметров потока отказов. – М.: Стандартинформ, 2008. – 16 с.
13. ГОСТ Р 27.004-2009. Надежность в технике. Модели отказов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
14. ГОСТ Р 27.605-2013. Надежность в технике. Ремонтпригодность оборудования. Диагностическая проверка. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
15. Угрюмова, С.Д. Оценка надежной эксплуатации фильтрующей загрузки в линии культивирования дальневосточного трепанга / С.Д. Угрюмова, А.И. Фёдорова // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Т. 27. – С. 171–180.
16. ГОСТ Р ИСО 3968-2011. Гидропривод объемный. Фильтры. Оценка зависимости перепада давления на фильтре от параметров потока. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
17. ГОСТ 26070-83. Фильтры и сепараторы для жидкостей. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1996. – 15 с.
18. ГОСТ Р 53491.2-2012. Бассейны. Подготовка воды. – М.: Стандартинформ, 2013. – Ч. 2. – 44 с.
19. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод. – М.: Комитет по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1992. – 265 с.

**Сведения об авторах:** Крикун Александра Игоревна, аспирант, e-mail: aleksa13@list.ru;  
Панюкова Ирина Владимировна, аспирант, e-mail: strekoza84i@mail.ru;  
Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор.