

Методика комплексной оценки эффективности и надежности технологических линий подготовки морской воды для культивирования гидробионтов

Светлана Д. Угрюмова,¹ ms.s.d.u@mail.ru
Александра И. Крикун¹ aleksa13@list.ru

¹ кафедра технологических машин и оборудования, Дальневосточный гос. техн. рыб. хоз. ун-т, ул. Луговая, 52-Б, г. Владивосток, Россия

Реферат. Определены факторы, влияющие на эффективность и надёжность технических систем. Установлены этапы разработки и модернизации технологических линий, соответствующие определённым этапам оценки эффективности и надёжности. Рассмотрено несколько методов определения показателей эффективности и надёжности оборудования в технологических линиях рыб хозяйственной отрасли: методы прогнозирования, структурные методы, физические методы, логико-вероятный метод (метод И. А. Рябинина) и топологический метод. Выявлены их преимущества и недостатки, позволившие отработать наиболее подходящую методику, для технологических линий подготовки морской воды для культивирования гидробионтов, соединённых последовательно. Модернизирована технологическая линия подготовки морской воды для культивирования гидробионтов, отличающаяся от типовых, установленных на рыбоводных предприятиях (Дальний Восток), как наличием большого количества контрольно-измерительных приборов: датчиков солёности и температуры; мутномеров, обеспечивающих непрерывный контроль мутности в диапазоне 50–100 ЕМФ (30–60 мг/л по каолину); сигнализирующих датчиков расхода объёма, уровня фильтра и слоя засыпки; анализаторов химического состава морской воды; анализаторов взвешенных механических примесей; сигнализирующих датчиков кислотности и кислородосодержания, так и заменой фильтров грубой, тонкой очистки и вспомогательного оборудования. Разработана программа комплексной оценки эффективности и надёжности технологических линий для культивирования гидробионтов, позволившая установить, что проведённая модернизация позволила повысить её 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.

Ключевые слова: методы, надёжность, эффективность, технологические линии, культивирование, программа, морская вода

Methodology of comprehensive evaluation of the effectiveness and reliability of production lines of preparation of sea water for the cultivation of aquatic organisms

Svetlana D. Ugryumova,¹ ms.s.d.u@mail.ru
Aleksandra I. Krikun¹ aleksa13@list.ru

¹ technological machines and equipment department, Far Eastern state technical fisheries university, Lugovaya, 52-B, Vladivostok, Russia

Summary. The factors affecting the efficiency and reliability of technical systems. Set stages of development and modernization of production lines that correspond to specific stages of evaluating the effectiveness and reliability. Considered several methods of definition of indicators of indicators of efficiency and reliability of the equipment in technological lines of fisheries sector: forecasting methods, structural methods, physical methods, logical-probability method (method by I.A. Ryabinin) and topological method. Advantages and disadvantages, allowing you to work out the most suitable method, process lines preparation of sea water for the cultivation of aquatic organisms, connected in series. Modernized technological line of preparation of sea water for the cultivation of aquatic organisms differing from the typical line of seawater in hatcheries (Far East), as the presence of a large number of instrumentation: sensors, salinity and temperature; motomeru that continuously monitor turbidity in the range of 50÷100 EMF (30÷60 mg/l by kaolin); signaling the flow sensors volume level of the filtrate and the backfill layer; analyzers of chemical composition of sea water; analyzers of suspended mechanical impurities; signaling sensors of acidity and oxygen content and replacement filters coarse, fine cleaning and auxiliary equipment. A program of comprehensive evaluation of the effectiveness and reliability of production lines, revealed that conducted the modernization of production line preparation of sea water for the cultivation of aquatic organisms has improved its efficiency by an average of 1.71% to reduce the amount of manual labor by 15.1%; control the process; provide the most rapid, efficient purification of sea water; reduce the cost of replacement filter media

Keywords: methods, reliability, efficiency, technological lines, cultivation, program, seawater

Введение

В настоящее время комплексная оценка эффективности и надёжности технологических линий стала насыщенной необходимостью, особенно в тех случаях, когда речь идёт о линиях больших масштабов и сложности. Такие факторы, как возрастание сложности технологических

линий, усиление борьбы за рынки сбыта, а также за средства и ресурсы, полностью исключают поставку на современный рынок изделий с низкой эффективностью и надёжностью [1, 2].

Каждому этапу разработки или модернизации технологических линий соответствует определённый этап оценки эффективности и надёжности [1–3] (проекты):

Для цитирования

Угрюмова С. Д., Крикун А. И. Методика комплексной оценки эффективности и надёжности технологических линий подготовки морской воды для культивирования гидробионтов // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. С. 175–182. doi:10.20914/2310-1202-2016-2-175-182

For citation

Ugryumova S. D., Krikun A. I. Methodology of comprehensive evaluation of the effectiveness and reliability of production lines of preparation of sea water for the cultivation of aquatic organisms. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 2. pp. 175–182 (in Russ.). doi:10.20914/2310-1202-2016-2-175-182

- предэскизный (разработка ТЗ) – прикидочная оценка с целью определения норм эффективности и надёжности;
- эскизный – ориентировочная оценка норм эффективности и надёжности;
- технический – окончательная оценка с учётом режимов эксплуатации и факторов;
- рабочий – окончательный вариант оценки с учётом дополнительных факторов, зависящих от принятых схемных и конструктивных решений;
- готовый (стендовые и натурные испытания) – экспериментальная оценка, выявление узлов с недостаточной надёжностью, введение необходимых коррективов в технологическую линию, внесение поправок в окончательную оценку эффективности и надёжности.

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

1.1 Объекты и методы

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

Методы исследования выбирали исходя из целей расчёта и требований к точности определения показателей надёжности оборудования; наличия и/или возможности получения исходной информации, необходимой для применения определённого метода расчёта; уровня отработанности конструкции и технологии изготовления объекта, системы его технического обслуживания и ремонта, позволяющего применять соответствующие расчётные модели надёжности.

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

1.1.1 Методы прогнозирования

Основаны на использовании для оценки эффективности и надёжности оборудования в технологических линиях данных о достигнутых значениях и выявленных тенденциях изменения показателей надёжности (ПН) объектов-аналогов, с помощью которых составляется прогноз или план.

Данные методы объединяются в нижеперечисленные группы, имеющие свои особенности, требования к исходным данным и области применения.

1.1.1.1 Методы экстраполяции

Является чисто статистическим и применяется в случаях, когда имеются достаточно полные данные о каждом оборудовании в технологических линиях, но неизвестны общие закономерности изменения состояния технического объекта за время эксплуатации [1–4].

При прогнозировании по временным рядам серия данных о прошлом оборудования в технологических линиях продлевается на будущее, образуя прогнозную оценку рассматриваемого количественного параметра.

Главным требованием метода экстраполяции является достаточный объем данных о прошлом значении показателя анализируемого объекта.

1.1.1.2 Метод экономико-математического моделирования

Основан на прогнозировании ситуаций будущего в соответствии с современной ситуацией: рассматриваются одновременно группы подобных показателей; строится модель, увязывающая друг с другом основные параметры, характеризующие состояние моделируемой системы.

При этом некоторые переменные являются независимыми или входными параметрами, а другие – зависимыми или выходными, их значения определяются с помощью входных. Используемые соотношения могут носить качественный и количественный характер, быть записаны в форме разного рода уравнений, неравенств и тождеств.

1.1.1.3 Прогнозирование на основе экспертных оценок

Применяется при решении сложных, труднорешаемых задач, в случае, когда отсутствует достоверная информация об оборудовании в линиях и данные об изменениях его состояния в процессе эксплуатации.

Сущность метода заключается в том, что группа специально отобранных экспертов (или одиночный эксперт) высказывает свои предположения о тенденциях будущего развития той или иной производственной ситуации. Затем эти предположения согласовываются и, если это возможно, формализуются [1–4].

Прогнозирование на основе экспертных оценок подразделяется на индивидуальные и коллективные экспертные оценки (методы мозгового штурма, синектики и Дельфи).

Метод мозгового штурма (коллективной генерации идей) предусматривает свободное обсуждение предложенной ситуации, во время которого фиксируются все выдвигаемые предположения, включая самые фантастические. Критика выдвинутых идей не допускается, вся дискуссия

обязательно записывается. После этого происходит детальный разбор и классификация выдвинутых предположений, из них выбираются наиболее вероятные, вокруг которых и строится прогноз.

Метод Дельфи является формализованной процедурой. На первом этапе производится отбор экспертов по формальным или неформальным признакам, затем каждому из экспертов предлагается ответить на ряд вопросов, полностью характеризующих объект исследования. При этом опрос экспертов проводится изолированно. Все ответы экспертов анонимны, комиссия, осуществляющая обработку ответов, не знает, кто из экспертов дал то или иное заключение. Обработка ответов заключается в проверке согласованности, то есть выяснении того, пришли эксперты к единому мнению или нет. Если единого мнения нет, то проводятся дополнительные процедуры: эксперты могут познакомиться с ответами друг друга, уточнить перечень вопросов, после чего опрос повторяется [1–5].

Синектический метод предполагает объединение специалистов из самых разных сфер, в том числе и не относящихся к анализируемой задаче. Привлечение разностороннего опыта позволяет найти возможный правильный ответ по аналогии.

Рассмотренные методы прогнозирования зачастую применяются совместно, что способствует повышению точности прогнозов.

1.1.2 Структурные методы

Расчёт показателей этой группой методов включает:

- представление технологической линии в виде структурной схемы, описывающей логические соотношения между состояниями каждого отдельного оборудования и технологической линии в целом с учётом структурно-функциональных связей и взаимодействия элементов, принятой стратегии технического обслуживания и других факторов;

- описание построенной структурной схемы надёжности линии адекватной математической моделью, позволяющей в рамках введённых предположений и допущений вычислить показатели надёжности всей линии по данным о надёжности её элементов (технологического оборудования) в рассматриваемых условиях применения [1–5].

1.2 Физические методы

Применяются для расчёта безотказности, долговечности и сохраняемости оборудования в технологических линиях, для которых известны механизмы их деградации под влиянием различных внешних и внутренних факторов, приводящие к отказам (предельным состояниям) в процессе эксплуатации (хранения).

1.2.1 Топологический метод (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 расчёта вероятностей состояний сложных технических систем (параллельных и комбинированных технологических линий) с использованием формулы Мезона (Мейсона) [1–4] для сигнальных графов с некоторыми изменениями в связи со спецификой задач расчёта надёжности:

$$X = \{x_i, i \in I, i = \overline{1, n}\}, \quad (1)$$

где X – множество состояний технической системы (технологической линии); x_i – i -е состояние; I – множество индексов всех возможных состояний системы; n – количество возможных состояний системы.

Основные виды топологических методов анализа эффективности и надёжности и пути их расчёта [1–5]:

- граф Мезона (Мейсона) – сигнальный (метод зависимых отказов, связанных между собой групп оборудования);
- граф Коутса – направленный (метод процесса функционирования в стационарном и переменных режимах установок);
- цепи Маркова (метод стационарных значений и временных зависимостей вероятностей состояний оборудования и технологических линий) и др.

1.2.2 Логико-вероятностный метод

Заключается в описании блок-схемы технологической линии с помощью аппарата математической логики с последующим использованием теории вероятностей при определении характеристик надёжности (предполагается, что в действующей технологической линии выходит из строя 1 и частично 1 элемент).

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

1.3 Результаты и их обсуждение

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

Основными преимуществами методов прогнозирования являются:

- простота применения, наглядность результатов, так как прогноз выдаётся в виде численных значений параметра, легко реализуется с помощью ЭВМ (Microsoft Excel);

- комплексный подход к анализируемой ситуации; располагая моделью системы, возможно прогнозирование не только одного, наиболее вероятного развития 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, неопределённую или неполную.

К недостаткам методов прогнозирования относятся:

- ограниченная сфера применения (только количественные показатели, при этом необходимо, чтобы имелись их значения за достаточно продолжительный прошлый период);

- краткосрочный период прогнозирования;

- прогноз не может предвидеть какие-то значительные качественные изменения прогнозируемого показателя (объем производства определённого вида продукции, замену технологической схемы, и т. д.);

- соответствующие параметры должны приводиться в сопоставимых условиях; 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 использованием достаточно сложных организационных процедур.

Преимущества структурных методов:

- структурная схема эффективности и надёжности технической системы создаётся непосредственно по функциональной диаграмме системы, что позволяет сократить количество конструктивных ошибок и/или систематическое описание функциональных путей технической системы;

- пригодны для различных видов технологических систем, включая сложные и комбинированные;

- возможен полный анализ вариантов при изменении параметров эффективности технологических линий;

- 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;

- направлены, 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 расчёта эффективности и надёжности технологических линий с большим числом состояний (свыше 100); простота вычислительных алгоритмов; высокая наглядность графа; возможность приближённых 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; не дорогостоящий метод; высокая точность для параллельно-соединённых технологических линий.

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

Проведённый анализ преимуществ и недостатков известных методик [5–11] позволил определить наиболее подходящую методику для технологических линий водоподготовки, соединённых последовательно — логико-вероятностный метод (метод И. А. Рябина), на основе которой была разработана программа комплексной оценки эффективности и надёжности технологических линий подготовки морской воды для

культивирования гидробионтов [1, 12], включающая: структурную схему надёжности с кратким пояснительным текстом; формулировку понятия отказа системы; расчётные формулы для определения количественных показателей надёжности; расчёт показателей надёжности; этапы надёжного проектирования; выводы и рекомендации.

1. Формулировалось понятие отказа.

Под отказом понимается любое событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта устанавливаются в документации [5–11].

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; 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 предусматривает наличие большого количества контрольно-измерительных приборов [1, 3, 12]: датчики солёности (S , ‰) и температуры (t , °C); мутномёры (Turbide), обеспечивающие непрерывный контроль мутности в диапазоне 50–100 ЕМФ (30–60 мг/л по каолину); сигнализирующие датчики расхода объёма, уровень фильтрата и слоя запытки (ΔV); анализаторы химического состава морской воды (Chem. Struct.); анализаторы взвешенных механических примесей (Mech. Adm.); сигнализирующие датчики кислотности (pH) и кислородосодержания (O_2).

Модернизированная линия подготовки морской воды для культивирования гидробионтов включает: 2 насоса двустороннего входа; два отстойника скребковых с горизонтальным перемещением жидкости ($V_1 = 100 \text{ м}^3$) и ($V_2 = 40 \text{ м}^3$), насыпные зернистые фильтры грубой и тонкой очистки; 4 расходные ёмкости ($V = 35 \text{ м}^3$) и нагревательный тэн, позволяющий поддерживать необходимую температуру, очищенной морской воды, в зависимости от вида гидробионтов (16–23 °C).

Фильтр грубой очистки морской воды изготовлен из высококачественной стали и выкрашен краской устойчивой к стиранию, основной рабочий элемент – колотый гравий определённой фракции.

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

4. Этапы жизненного цикла оборудования в технологических линиях.

Жизненный цикл технологического оборудования условно подразделяется на 3 участка (периода): первый – приработка, второй – нормальная эксплуатация, третий – старение объекта [6].

5. Определение метода оценки эффективности и надёжности технологических линий.

На основании сравнительного анализа известных методов определения эффективности и надёжности технологических линий выбран логико-вероятностный метод [1, 2, 12].

6. Составление схемы расчёта надёжности (конструктивно оформленные блоки (звенья)).

Рассмотренные нами существующая и модернизированная технологические линии подготовки морской воды представляют собой технические системы с последовательным соединением элементов (оборудования).

В соответствии с выбранной методикой строились блок-схемы, показывающие роль каждого оборудования при его функционировании в составе технологической линии. Вероятность безотказной работы ($R(t)$) напрямую зависящая от вероятности R_i каждого отдельного элемента $i = 1, 2, \dots, n$.

Составлялись блок-схемы типичной линии подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях, занимающихся культивированием гидробионтов (Дальний Восток), с 9 последовательно соединёнными техническими элементами (рисунок 1) и соответственно модернизированной линии подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях, с 13 элементами (рисунок 2).



Рисунок 1. Блок-схема типовой технологической линии подготовки морской воды для рыбоводных предприятий: R1, R3 – насос одностороннего входа; R2 – гравитационный отстойник с плоским или коническим дном (V до 75 м^3); R4 – фильтр грубой очистки; R5 – фильтр тонкой очистки; R6–R9 – расходные ёмкости ($V = 10\text{--}15 \text{ м}^3$)

Figure 1. Block diagram model of the technological line of preparation of sea water for hatcheries: R1, R3 – single inlet pump; R2 – the gravitational settling tank with a flat or conical bottom ($V = 75 \text{ м}^3$); R4 – strainer; R5 – fine filter; R6–R9 – storage tanks ($V = 10\text{--}15 \text{ м}^3$)



Рисунок 2. Блок-схема модернизированной технологической линии подготовки морской воды: R1, R4 – насос двустороннего входа; R2, R3 – отстойник скребковый с горизонтальным перемещением ($V = 100$ и 40 м^3); R5 – фильтр грубой очистки; R6–R8 – соответственно 1, 2 и 3 ступень фильтра тонкой очистки; R9–R12 – расходные ёмкости ($V = 35 \text{ м}^3$); R13 – нагревательный тэн

Figure 2. Block diagram model of the modernized technological line of preparation of sea water: R1 – pump two-way input; R2, R3 – scraper settling tank with a horizontal displacement of fluid ($V = 100$ and 40 м^3); R4 – pump two-way input; strainer R5 – strainer; R6–R8 – 1, 2 and 3 stage fine filter respectively; R9–R12 – storage tanks ($V=35 \text{ м}^3$); R13 – heating heater

Предполагали, что в типовой и модернизированных линиях через 3–4 месяца вышел из строя частично 1 элемент, а остальные сохраняют работоспособность.

Результаты комплексной оценки эффективности и надёжности линий подготовки морской воды, %

Таблица 1

Table 1

The results of a comprehensive evaluation of the effectiveness and reliability of the lines of sea water, %

Существующие технологические линии Existing production lines	
Показатели эффективности и надёжности Indicators of efficiency and reliability	Типовая линия подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях (Дальний Восток) Typical seawater preparation line in hatcheries (Far East)
R(t)	94,44%
F(t)	5,56%
Модернизированная линия подготовки морской воды на предприятиях рыбной отрасли The upgraded line of desalination on fishing plants	
R(t)	96,15%
F(t)	3,85%
Повышение эффективности и надёжности линий на: Improving the efficiency and reliability of the lines:	
R(t)*	1,71%
F(t)**	1,71%
* R(t) – вероятность появления отказов в момент времени t (3–4 мес.), % the probability of failure at time t (3–4 months.), %	
** F(t) – вероятность безотказной работы технологических линий, % probability of failure-free operation of production lines, %	

8. Составление этапов надёжного проектирования.

8.1. Осуществлялся подбор действующих стандартов на надёжность в технике [4–9].

8.2. Производился подбор действующих стандартов для агрегатно-технологической линии подготовки морской воды [10–12].

9. Определялись конструктивные параметры системы (продолжительность эксплуатации линии в год, техническое обслуживание линии, численность занятого, условия эксплуатации), показатели надёжности, характер отказов, последствия отказов, рекомендации по ремонту-пригодности, данные об эксплуатации: период

7. Оценка интенсивности отказов с учётом всех расчётных элементов системы.

В соответствии с выбранным методом оценки эффективности и надёжности технологических линий И. А. Рябина [1, 2] определены расчётные формулы.

Вероятность безотказной работы технологических линий определялась по формуле (3) [1, 2, 12]:

$$R(t) = 1 - \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_s(t) + n_f(t)} \right) = 1 - \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_0} \right), \quad (2)$$

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 месяца) связывались соотношением: $R(t) + F(t) = 1$ [1, 2, 6].

Результаты комплексной оценки эффективности и надёжности существующей и модернизированной технологических линий подготовки морской воды представлены в таблице 1.

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

Конструктивные параметры системы: количество занятых и резервных ёмкостей 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, солёности, освещения, кислотности, щёлочности сред, скорости воды. Грубое нарушение нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, ТИ, ТУ 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 надёжности и ремонтпригодности: использование современного и несложного оборудования и приборов (солемеры, насосы, резервуары, посуда, микроскопы, фильтры, трубопроводы, нагревательные приборы).

ЛИТЕРАТУРА

1 Угрюмова С.Д., Крикун А.И., Крикун Д.А., Дерябин А.А. и др. Отчет о НИР № 619/2015. Комплексная оценка эффективности и надёжности технологических линий на рыбоводных и рыбоперерабатывающих предприятиях. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2015. 210 с.

2 Угрюмова С.Д. Надёжность технических и технологических систем. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. 98 с.

3 Складчиков А.А. Оценка надёжности и управление рисками технологических нарушений на воздушных линиях электропередачи: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02. Чебоксары, 2012. 220 с.

4 ГОСТ 27.301–95. Надёжность в технике. Расчет надёжности. Основные положения. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. 12 с.

5 ГОСТ 27.003–90. Надёжность в технике. Состав и общие правила задания требований по надёжности. М.: Стандартинформ, 2007. 20 с.

6 ГОСТ Р МЭК 61650–2007. Надёжность в технике. Методы сравнения постоянных интенсивностей отказов и параметров потока отказов. М.: Стандартинформ, 2008. 16 с.

7 ГОСТ Р 27.004–2009. Надёжность в технике. Модели отказов. М.: Стандартинформ, 2010. 16 с.

8 ГОСТ Р 27.605–2013. Надёжность в технике. Ремонтпригодность оборудования. Диагностическая проверка. М.: Стандартинформ, 2014. 28 с.

9 Угрюмова С.Д., Фёдорова А.И. Оценка надёжной эксплуатации фильтрующей загрузки в линии культивирования дальневосточного трепанга // Сб. научных трудов Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. Т. 27. С. 171–180.

Заключение

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

Модернизация технологической линии подготовки морской воды для культивирования гидробионтов позволила повысить их 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 определённого количества загрязнений.

10 ГОСТ 26070–83. Фильтры и сепараторы для жидкостей. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1996. 15 с.

11 ГОСТ Р 53491.2–2012. Бассейны. Подготовка воды. Часть 2. М.: Стандартинформ, 2013. 44 с.

12 РД 52.10.243–92. Руководство по химическому анализу морских вод. М.: Комитет по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1992. 265 с.

REFERENCES

1 Ugryumova S.D., Krikun A.I., Krikun D.A., Deryabin A.A. et al. Otchet o NIR № 619/2015. Kompleksnaya otsenka effektivnosti i nadezhnosti tekhnologicheskikh linii na rybovodnykh i rybopererabatyvayushchikh predpriyatiyakh [Research report number 619/2015. Comprehensive assessment of the efficiency and reliability of production lines on fish and fish processing plants] Vladivostok, Dalrybvuz, 2015. 210 p. (in Russian).

2 Ugryumova S.D. Nadezhnost' tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh sistem [The reliability of the technical and technological systems] Vladivostok, Dalrybvuz, 2014. 98 p. (in Russian).

3 Skladchikov A.A. Otsenka nadezhnosti i upravlenie riskami tekhnologicheskikh narushenii na vozdushnykh liniyakh elektroperedach [Evaluation of reliability and risk management process violations in the overhead power lines. Dis. cand. tech. sci.] Cheboksary, 2012. 220 p. (in Russian).

4 GOST 27.301–95. Nadezhnost' v tekhnike. Raschet nadezhnosti. Osnovnye polozheniya [State standard 27.301–95. The reliability of the technique. Calculation of reliability. The main provisions]. Minsk, Mezhgosudarstvennyi soviet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii, 2002. 12 p. (in Russian).

5 GOST 27.003–90. Nadezhnost' v tekhnike. Sostav i obshchie pravila zadaniya trebovaniy po nadezhnosti [State standard 27.003–90. The reliability of the technique. The composition and common rules on the safety requirements of the job] Moscow, Standartinform, 2007. 20 p. (in Russian).

6 GOST R IEC 61650–2007. Nadezhnost' v tekhnike. Metody sravneniya postoyannykh intensivnostei otkazov i parametrov potoka otkazov [State standard 61650–2007. The reliability of the technique. Comparison methods constant failure rates and failure flow parameter] Moscow, Standartinform, 2008. 16 p. (in Russian).

7 GOST R 27.004–2009. Nadezhnost' v tekhnike. Modeli otkazov [State standard 27.004–2009. The reliability of the technique. failure models] Moscow, Standartinform, 2010. 16 p. (in Russian).

8 GOST R 27.605–2013. Nadezhnost' v tekhnike. Remontoprignost' oborudovaniya [State standard 27.605–2013. The reliability of the technique.

Maintainability of equipment. The diagnostic test] Moscow, Standartinform, 2014. 28 p. (in Russian).

9 Ugryumova S.D. Evaluation of the safe operation of filter media in the culture of the Far Eastern trepang line. Sbornik nauchnykh trudov glavrybvtuza [Collection of scientific works of Dalrybvtuza] Vladivostok, Dalrybvtuz. 2012, vol. 27, pp. 171–180. (in Russian).

10 GOST 26070–83. Fil'try i separatory dlya zhidkosti [State standard 26070–83. Filters and separators for liquids] Moscow, Gosudarstvennyi komitet SSSR po standartam, 1996. 15 p. (in Russian).

11 GOST R 53491.2–2012. Basseiny. Podgotovka vody [State standard 53491.2–2012. Pools. Preparation of water. Part 2] Moscow, Standartinform, 2013. 44 p. (in Russian).

12 RD 52.10.243–92. Rukovodstvo po khimicheskemu analizu morkikh vod [GD 52.10.243–92. Guidelines for chemical analysis of sea water] Moscow, Komitet po gidro meteorologii i monitoring okruzhayushchei sredy, 1992. 265 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана Д. Угрюмова д. т. н., профессор, кафедра технологических машин и оборудования, Дальневосточный гос. техн. рыб. хоз. ун-т, ул. Луговая, 52-Б, г. Владивосток, Россия, ms.s.d.u@mail.ru

Александра И. Крикун старший преподаватель, кафедра технологических машин и оборудования, Дальневосточный гос. техн. рыб. хоз. ун-т, ул. Луговая, 52-Б, г. Владивосток, Россия, aleksa13@list.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Svetlana D. Ugryumova Dc. Sci., professor, technological machines and equipment department, Far Eastern state technical fisheries university, Lugovaya, 52-B, Vladivostok, Russia, ms.s.d.u@mail.ru

Aleksandra I. Krikun senior lecturer, technological machines and equipment department, Far Eastern state technical fisheries university, Lugovaya, 52-B, Vladivostok, Russia, aleksa13@list.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Светлана Д. Угрюмова предложила методику проведения эксперимента

Александра И. Крикун обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

CONTRIBUTION

Svetlana D. Ugryumova proposed a scheme of the experiment

Aleksandra I. Krikun review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 10.03.2016

RECEIVED 3.10.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.04.2016

ACCEPTED 4.7.2016