

УДК 669.713.7

С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова

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

ОЦЕНКА НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ В ЛИНИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА

При разработке линии подготовки морской воды нами были полностью заменены фильтры грубой и тонкой очистки морской воды с целью усовершенствования процесса фильтрования и получения на выходе фильтрата более высокого качества.

Ключевые слова: *фильтр, загрузка, водоподготовка, морская вода, модернизированная линия.*

S.D. Ugryumova, A.I. Fedorova

ASSESSING THE RELIABILITY OF OPERATION OF THE FILTER LOAD LINE CULTIVATION FAR TREPANG

In developing the training of sea water line, we were completely replaced filters for coarse and fine cleaning of sea water, in order to improve the filtering process and to obtain a filtrate output quality.

Key words: *filter, download, water, sea water, the upgraded line.*

Одной из важнейших характеристик, учитываемых при проектировании, разработке и эксплуатации технических систем, является показатель надежности [1, 2].

Такие факторы, как возрастание сложности систем, усиление борьбы за рынки сбыта, а также конкурентной борьбы за финансовые средства и ресурсы полностью исключают поставку на современный рынок как изделий с низкой надежностью, так и изделий, спроектированных с чрезмерным запасом надежности.

Надежность разработанной системы водоподготовки морской воды в линии культивирования дальневосточного трепанга напрямую зависит от стабильности и срока службы фильтров, используемых в линии.

Ориентировочный срок эксплуатации одной фильтрующей загрузки (в фильтре грубой очистки морской воды) составляет 3-5 лет эксплуатации до полной замены (в зависимости от агрессивности среды), а в фильтре тонкой очистки загрузки хватает на 1-1,5 лет эксплуатации до полной замены, что значительно лучше, чем при использовании картриджей тонкой очистки, которых хватает на срок от 3 до 6 мес.

Основные понятия и определения теории надежности, сформулированные применительно к фильтрам, имеют специфические особенности; они связаны с необходимостью промывки или замены фильтрующих элементов после накопления определенного количества загрязнений.

С точки зрения теории надежности фильтр является системой, работающей с многократной заменой отказавших элементов. Отказ, связанный с забиванием пор загрузочного материала, по характеру возникновения является постепенным отказом, а по условиям возникновения – отказом, возникшим в нормальных условиях эксплуатации. При эксплуатации фильтров возможны внезапные технологические и эксплуатационные отказы, связанные с производственными и эксплуатационными нарушениями (течь в корпусе, разрыв или разгерметизация фильтрующих элементов, выход из строя контрольно-измерительных приборов и т.п.) [2].

Фильтр работает с многократной заменой или промывкой загрузочного материала, поэтому параметром, определяющим степень загрязнения элемента, является перепад давления. Уменьшение перепада давления на фильтре ниже первоначального свидетельствует о разрыве или разгерметизации фильтрующего элемента; в этом случае отказ фильтра можно

относит к внезапным. Если разрыв или разгерметизация фильтрующего элемента произойдет в процессе эксплуатации фильтра, когда на нем уже имеется достаточное количество загрязнений, перепад давления в случае разгерметизации может и не снижаться до первоначальной величины, особенно если из строя вышел только один фильтрующий элемент из нескольких, параллельно установленных в фильтре. Поэтому всякое падение перепада давления на фильтре при неизменяющейся пропускной способности свидетельствует о возникновении отказа, а условие безотказной работы будет выполнено, если приращение перепада давления будет положительным в любой момент времени.

Срок службы фильтра, определяемый его надежностью, является важным экономическим показателем, позволяющим проводить сравнительную оценку фильтров разных типов, при которой помимо стоимости фильтра и затрат на его обслуживание учитывают количество очищенного масла, число замен или промывок фильтрующих элементов, число ремонтов фильтра, не связанных с заменой фильтрующих элементов, и т. п.

Разработанная нами линия водоподготовки морской воды (рис. 1) может работать беспрерывно в течение всего цикла выращивания мальков трепанга (июль-сентябрь). Но каждый месяц нужно проводить профилактику фильтров и их элементов – фильтрующую загрузку в фильтре грубой очистки в трехступенчатом фильтре тонкой очистки. И ежедневно проводить проверку производственных и эксплуатационных отказов (течь корпуса, разрыв или разгерметизация корпуса и т.д.).

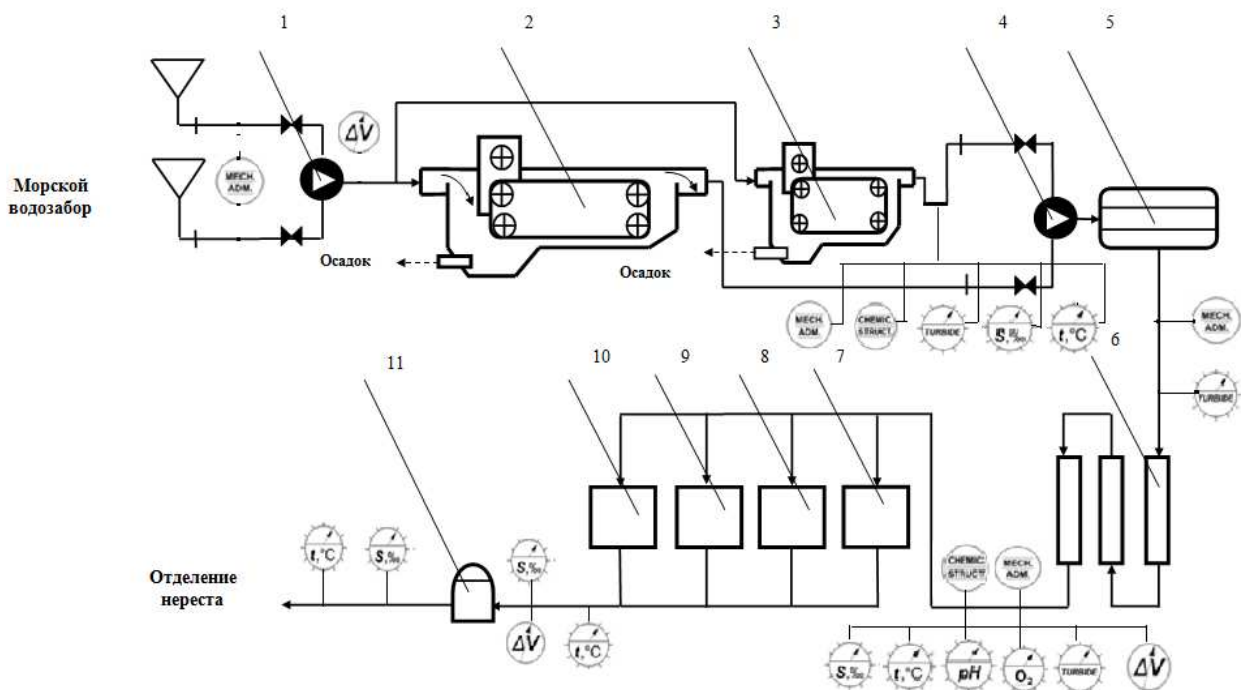


Рис. 1. Модернизированная линия водоподготовки морской воды для культивирования дальневосточного трепанга: 1, 4 – насос двустороннего входа Д320-50; 2 – отстойник скребковый с горизонтальным перемещением жидкости ($V = 100 \text{ м}^3$); 3 – отстойник скребковый с горизонтальным перемещением жидкости ($V = 40 \text{ м}^3$); 5 – фильтр грубой очистки; 6 – фильтр тонкой очистки прямоточно-противоточный 3-ступенчатый; 7, 8, 9, 10 – расходная емкость ($V = 20 \text{ м}^3$); 11 – нагревательный тен ($23 \text{ }^\circ\text{C}$)

Fig. 1. The upgraded line of water sea water for cultivation of the Far Eastern Sea Cucumber: 1, 4 – Pump Double-entry D320-50; 2 – sump scraper with horizontal movement of fluid ($V = 100 \text{ м}^3$); 3 – sump scrapers-st with horizontal movement of fluid ($V = 40 \text{ м}^3$); 5 – pre-filter; 6 – fine filter uniflow-counter 3-stage; 7, 8, 9, 10 – day tank ($V = 20 \text{ м}^3$); 11 – heating ten ($23 \text{ }^\circ\text{C}$)

Чтобы определить надежность линии водоподготовки морской воды для выращивания дальневосточного трепанга, нами была определена последовательность операций при анализе характера и последовательности отказов (рис. 2).

На рис. 3 изображена блок-схема из 13 аппаратов, соединенных последовательно, поскольку каждая из трех ступеней фильтра тонкой очистки рассматривается как отдельный элемент.

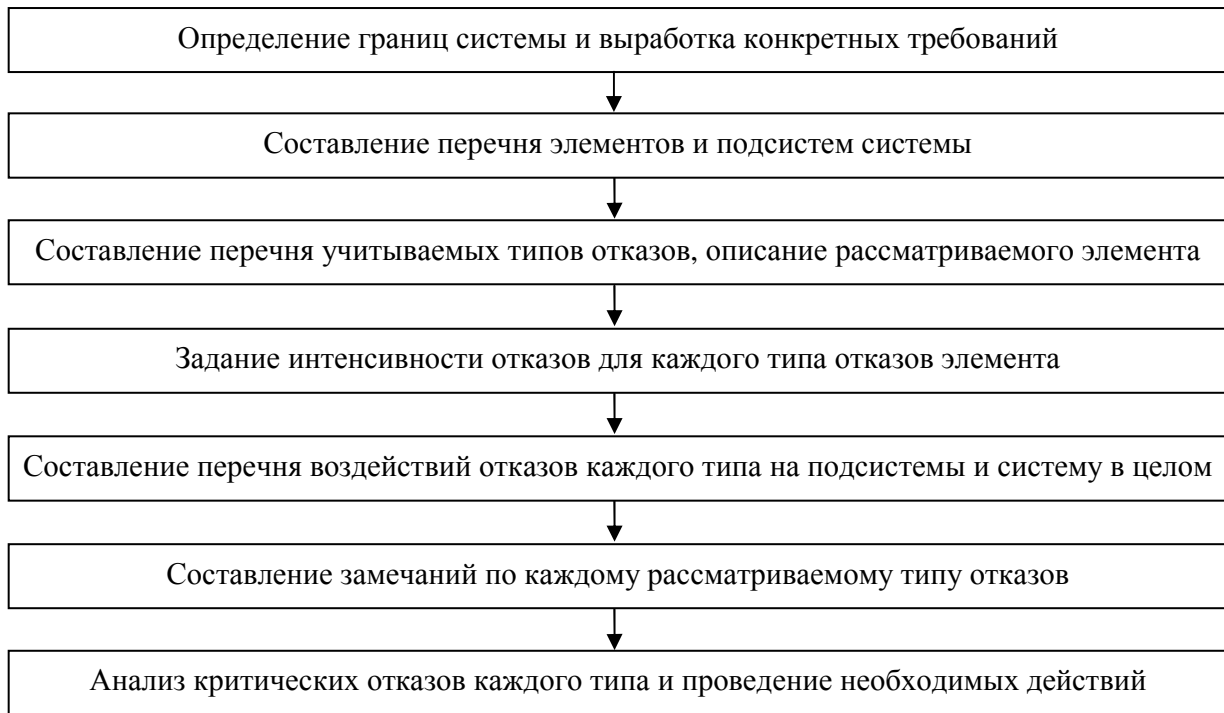


Рис. 2. Последовательность операций при анализе характера и последовательности отказов
 Fig. 2. The sequence of operations in the analysis of the nature and sequence of failures

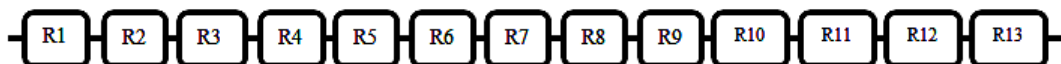


Рис. 3. Блок-схема с последовательным соединением аппаратов
 Fig. 3. Block diagram of a series connection of devices

Допустим, что из 13 последовательных элементов в линии, которые подвергаются испытаниям, через 3-4 мес вышел из строя частично 1 элемент, а остальные сохраняют работоспособность. Вероятность безотказной работы определяется по формуле [3]

$$R(t) = 1 - \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_0} \right) = 1 - \left(1 - \frac{12,5}{13} \right) = 0,96 \cdot 100 \% = 96 \%,$$

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 (3-6 мес) связаны соотношением

$$R(t) + F(t) = 1.$$

Вероятность появления отказов в момент времени t (3-4 мес)

$$F(t) = 1 - \left(1 - \left(1 - \frac{n_s(t)}{n_0} \right) \right) = 1 - \left(1 - \left(1 - \frac{12,5}{13} \right) \right) = 1 - 0,96 = 0,04 \cdot 100 \% = 4 \%$$

Кривая интенсивности отказов представлена нами на рис. 4, где область исследования условно подразделена на три участка: первый – период приработки, второй – период нормальной эксплуатации, третий – период старения объекта.

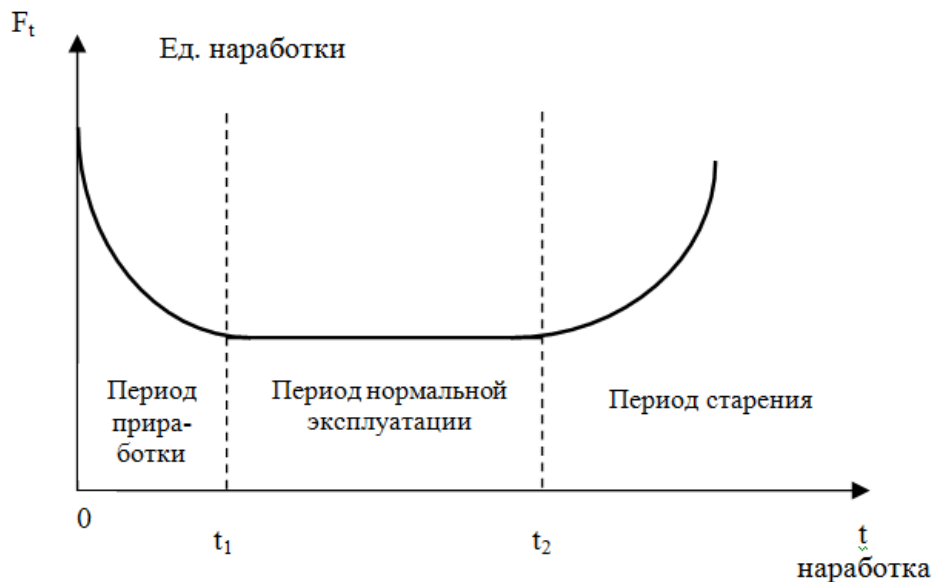


Рис. 4. Интенсивность отказов в течение срока службы изделия
 Fig. 4. The failure rate for the life of the product

В соответствии с полученными данными по изучению надежности технологической линии культивирования дальневосточного трепанга за исследуемый период (июнь-сентябрь) можно сделать следующие выводы: безотказность работы технологической линии лежит в допустимых пределах, что составляет 96 %, вероятность появления отказов в работе данной линии ничтожно мала (4 %), соответственно разработанная нами линия подготовки воды для культивирования дальневосточного трепанга удовлетворяет всем техническим показателям надежности и имеет право на существование.

Основной характеристикой совершенства организованного на предприятии технологического потока производства продукции, обеспечивающей устойчивое производство при возникновении внешних и внутренних возмущающих воздействий, является стабильность или целостность его как технологической системы. Это свойство системы, по смыслу идентичное ее надежности (и технической, и технологической), и характеризует реальную эффективность созданного технологического потока по отношению к теоретически возможной.

Работы по повышению эффективности существующего производства условно можно разделить на следующие этапы:

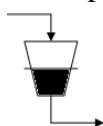
- на основании имеющейся информации формируется цепочка процессов технологического потока производства данного вида продукции;
- цепочка технологических процессов преобразуется в операторную модель, и проводится экспериментальная оценка уровня целостности функционирующего на предприятии технологического потока;
- по результатам оценки осуществляется корректировка технологического потока, производства (операторной модели), включающая уточнение содержания и последовательности выполнения технологических операций, допусков на их технические параметры, на параметры сырья и внешних условий. При необходимости уточняются номенклатура параметров и методы их определения.

Повышение эффективности технологии обеспечивается как за счет использования новых более совершенных технологических процессов воздействия на сырье на отдельных этапах его преобразования в конечный продукт, так и за счет повышения качества выполнения уже действующих процессов, ужесточения контроля за их выполнением.

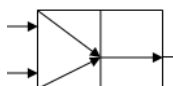
Основной этап на пути создания машинной технологии и формирования оптимального технологического потока – выделение операций и формирование подсистем, т. е. построение операторной модели производства.

Модели процессов графически изображаются следующим образом:

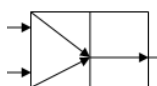
- 1) временное хранение (емкости, фильтры, отстойники и др.);
temporary storage (tanks, filters, sumps, etc.);



- 2) соединение без сохранения поверхности раздела (смешивание сред);
without saving the connection interface (mixed media);



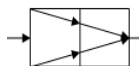
- 3) разделение на фракции (вода, осадок);
fractionation (water, sediment);



- 4) водозабор (морской);
intake (sea);



- 5) соединение с сохранением поверхности раздела (образование осадка);
connection with preservation of the interface (sedimentation);



- б) термостатирование (поддержание постоянной температуры – 23 °С).
thermostatic control (constant temperature – 23 °С).



Оценка стабильности (уровня целостности) технологического потока, определяемой через фактические стабильности функционирования отдельных входящих в нее подсистем, проводится в течение часа, смены, недели или другого временного периода, который определяется продолжительностью технологического цикла производства продукции и должен гарантировать достоверность оценки стабильности производства на весь период его функционирования между остановками на профилактические ремонты. При этом рассчитывается вероятность выхода из подсистемы годной продукции:

$$P_i = \frac{n_i}{n} \cdot 100 \% [\pm 10 \%], \tag{1}$$

где n_i – количество сырья, полученного на выходе; n – общее количество сырья, поступившее на переработку.

Операторная модель линии водоподготовки морской воды приведена на рис. 5.

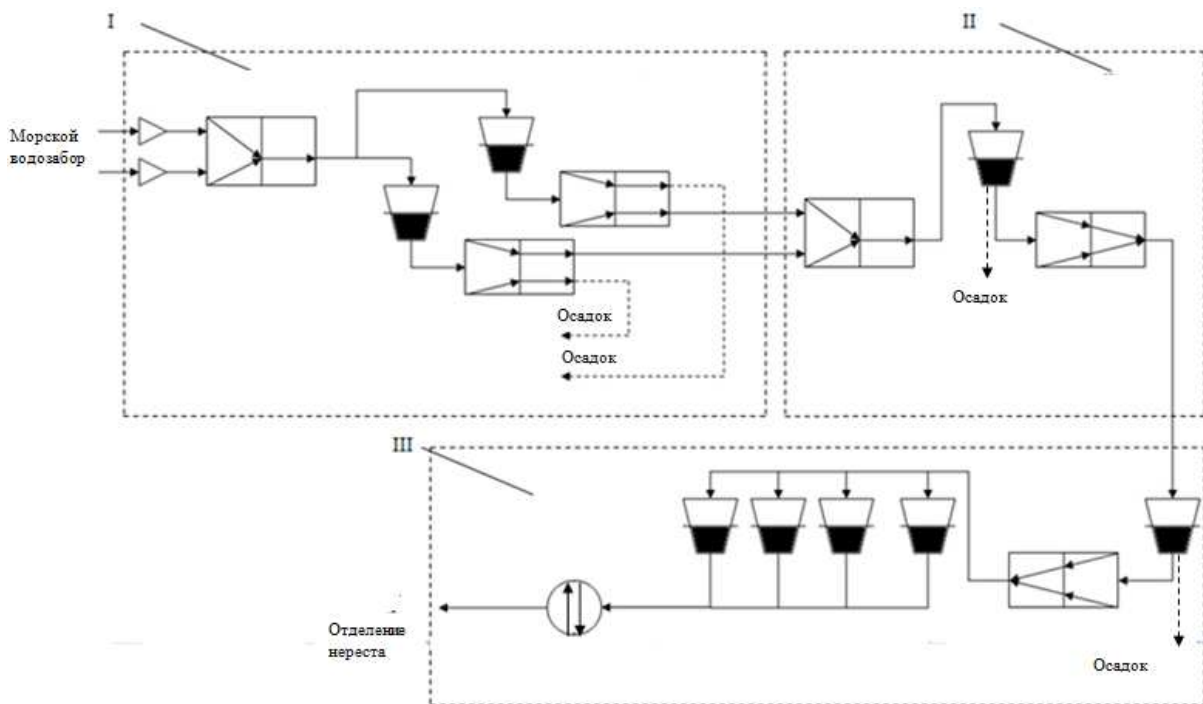


Рис. 5. Операторная модель управления линии водоподготовки морской воды для культивирования трепанга: I – морской водозабор и механическая очистка морской воды; II – грубая очистка морской воды; III – тонкая очистка морской воды и хранение
 Fig. 5. The operational model for managing water line of sea water for cultivation of cucumber: I – sea water intake and mechanical cleaning of seawater; II – primary purification of sea water; III – fine purification of sea water and storage

Входные параметры – морская вода из места обитания трепанга и морская вода из отделения водоподготовки, качество которых определяется соответствующими приборами. Управляющие параметры подсистемы – температура, соленость, окисляемость, кислотность, – регистрируемые соответствующими приборами. Выходные параметры – величины расхода и загрязнения отработанной воды – оцениваются соответствующими приборами.

Нами рассматривается каждая из подсистем операторной модели управления и рассчитывается вероятность выхода готовой продукции.

На рис. 6 представлена подсистема I для предварительной подготовки морской воды с заданными показателями качества. Морская вода, поступающая в данную систему, проходит процесс механической очистки, заключающийся в осаждении или задержании взвешенных частиц грязи и последующем удалении их из системы. После механической очистки морская вода поступает на стадию грубой очистки II, а осадок через приемки удаляется самотеком из отстойника за счет его небольшого уклона.

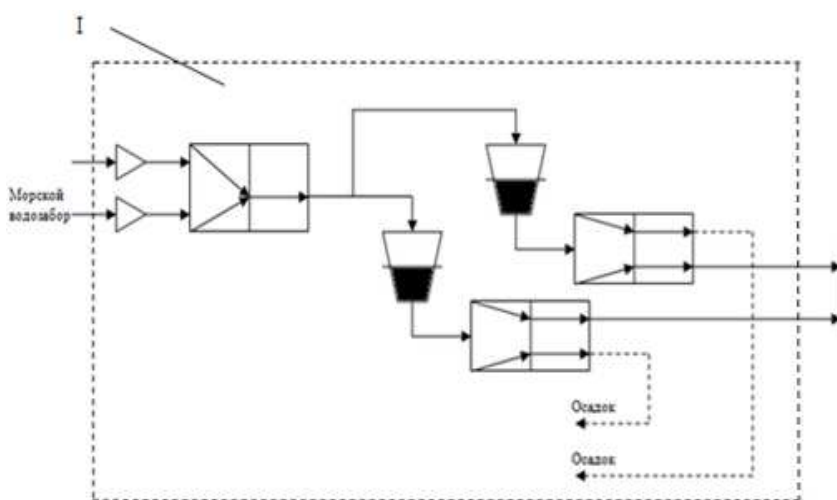


Рис. 6. Стадия I механической очистки морской воды
Fig. 6. Phase I of mechanical treatment of sea water

Возможность выхода из подсистемы I подготовленной воды:

$$P_I = \frac{n_I}{n} \cdot 100 \% [\pm 10 \%], \quad (2)$$

где n_I – количество морской воды, полученной на выходе, м^3 ; n – общее количество морской воды, поступившее на механическую очистку, м^3 .

$$P_I = \frac{140}{140} \cdot 100 \% = 100 \% [\pm 10 \%],$$

На рис. 7 представлена подсистема II для грубой очистки морской воды с заданными показателями качества. Морская вода, поступающая в данную систему, проходит процесс грубой очистки, заключающийся в фильтрации морской воды от механических примесей и микроводорослей после механической фильтрации. После грубой очистки морская вода поступает на стадию тонкой очистки III.

Возможность выхода из подсистемы II подготовленной воды:

$$P_{II} = \frac{n_{II}}{n} \cdot 100 \% [\pm 10 \%], \quad (3)$$

где n_{II} – количество морской воды, полученной на выходе, m^3 ; n – общее количество морской воды, поступившее на грубую очистку, m^3 .

$$P_{II} = \frac{50}{50} \cdot 100 \% = 100 \% [\pm 10 \%].$$

На рис. 8 представлена подсистема III для тонкой очистки морской воды с получением на выходе морской воды с нужными показателями качества.

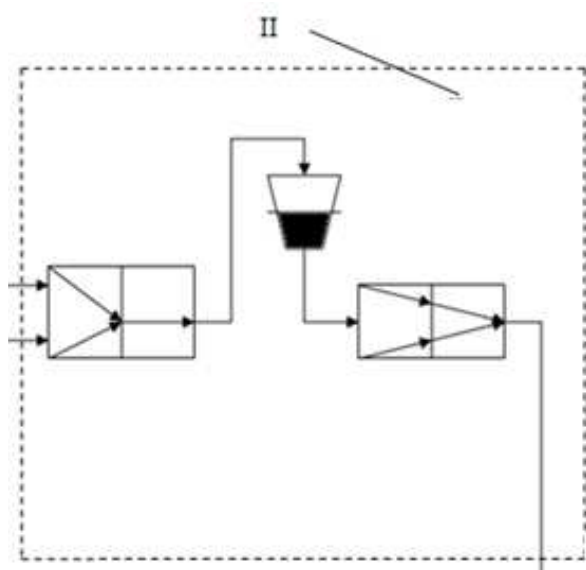


Рис. 7. Стадия II грубой очистки морской воды
Fig. 7. Stage II coarse sea water

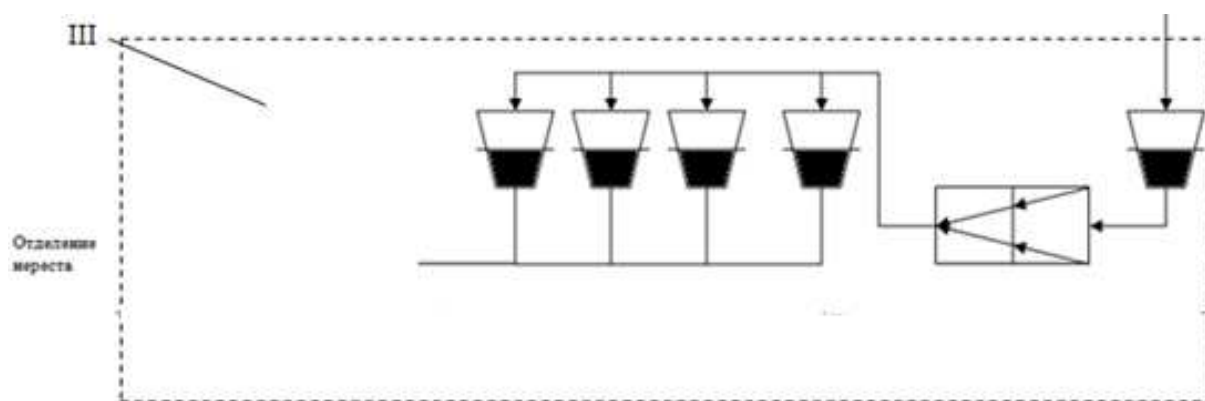


Рис. 8. Стадия III тонкой очистки морской воды и хранение
Fig. 8. Stage III fine cleaning of sea water and storage

Возможность выхода из подсистемы III подготовленной воды:

$$P_{III} = \frac{n_{III}}{n} \cdot 100 \% = 100 \% [\pm 10 \%], \quad (4)$$

где n_{III} – количество морской воды, полученной на выходе, м³; n – общее количество морской воды, поступившее на тонкую очистку, м³.

$$P_{III} = \frac{50}{50} \cdot 100 \% = 100 \% [\pm 10 \%]$$

Общая вероятность выхода из подсистем годной продукции:

$$P_{общ} = \frac{P_I + P_{II} + P_{III}}{3}, \quad (5)$$

$$P_{общ} = \frac{100 + 100 + 100}{3} = 100 \% [\pm 10 \%].$$

Экспериментальные исследования показали, что операторные модели управления, разработанные для каждой подсистемы, входящей в технологическую линию, позволяют оценивать эффективность выхода отработанной морской воды и оценить стабильность функционирования отдельных подсистем.

Список литературы

1. Ветошкин А.Г. Надежность и безотказность технических систем / А.Г. Ветошкин, В.И. Марунин / под ред. доктора техн. наук, профессора, академика МАНЭБ А.Г. Ветошкина. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 180 с.
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения. – М., 1989. – 24 с.
3. Малкин В.С. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 432 с.

Сведения об авторах: Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;
Федорова Александра Игоревна, аспирант.