

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗАМКНУТОЙ РЫБОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,
Россия, 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1,
E-mail: elina@klgtu.ru

Рассмотрены параметры, влияющие на жизнедеятельность рыбы в замкнутой рыбоводной установке. Проанализированы пути автоматизации процессов аквакультуры. Предложена обобщенная структурная схема модели замкнутой рыбоводной системы. Изложены основные функции системы автоматического управления рыбоводной установкой. Проанализированы измеряемые и управляемые параметры технологического процесса выращивания рыбы.

замкнутая рыбоводная система, аквакультура, автоматическое управление, регулирование

Аквакультура в установках замкнутого рыбоводства является технологией для выращивания рыб и других водных организмов, позволяющей многократно использовать воду для целей производства. Данная технология основана на применении средств автоматического контроля и управления, а также механических и биологических фильтров. Рыбоводные системы используются для выращивания любых объектов аквакультуры, например, рыб, креветок, двустворчатых моллюсков [1-3].

Обеспечение замкнутого цикла позволяет сократить расход чистой воды, а также размещать такие системы на водоисточниках малой мощности. Особенностью замкнутых систем рыбоводства является возможность регулирования в них режимов температуры, освещения, солености, кормления гидробионтов, благодаря чему осуществляется управление их жизненным циклом [1]. Применяя высокую плотность посадки, в установках замкнутого рыбоводства возможно существенно снизить потребность в площадях и объемах для выращивания рыбы.

Контроль температуры, уровня воды и рН, солёности воды, освещенности и других важных параметров обеспечивает стабильные и оптимальные условия для рыб, что приводит к меньшему стрессу и лучшему росту последних (рис. 1) [4 – 7]. Результатом подобных стабильных условий становится постоянный и предсказуемый рост гидробионтов, позволяющий рыбоводу точно прогнозировать, когда рыба достигнет определенного этапа развития или размера. Важным преимуществом является возможность автоматического контроля нескольких рыбоводных установок (рыбоводной фермы), в которых обеспечиваются требуемые условия жизнедеятельности объектов аквакультуры. Это позволяет составлять точный производственный план и прогнозировать время, когда рыба будет готова к реализации. Такой подход оказывает благоприятное влияние на общее управление хозяйством и улучшает способность рыбоводов к конкурентоспособной реализации рыбы [7].

При комплексной автоматизации рыбоводной системы возможна автоматическая подача корма в зависимости от температуры воды, содержания растворённого в ней кислорода, уровня pH, индивидуальной и общей массы рыбы. Интенсивность кормления может изменяться в течение дня, при этом оператор должен иметь возможность задавать минимальное и максимальное значения интенсивности кормления.



Рис. 1. Параметры, влияющие на жизнедеятельность объектов аквакультуры [7]
Fig.1. Parameters affecting the livelihoods of aquaculture [7]

Применение средств и методов автоматизации даёт возможность увеличить темп роста рыбы и привлечь обслуживающий персонал рыбоводных установок к выполнению других операций, что повышает эффективность работы в целом. Кроме того, управляющая микроЭВМ накапливает и обрабатывает информацию о количестве рыб в бассейне, их среднем и общем весе за период выращивания, отходах, суточных дозах и расходе корма, кормовом коэффициенте, расходе воды, содержании растворённого кислорода, температуре, pH, концентрации аммиака, расходе тепла, продолжительности светового дня.

Системы аквакультуры в настоящее время должны строиться на основе современных технических средств автоматики и мехатроники. Поскольку аквакультура включает непрерывные и дискретные процессы, управление рыбоводными установками предполагает применение различных методов автоматического регулирования и управления, таких как двухпозиционное регулирование, ПИД-регулирование, алгоритмы логического управления на основе конечных автоматов, адаптивное управление. При этом система должна учитывать и приспосабливаться к существенным изменениям параметров окружающей среды, наличию возмущающих воздействий, а также своевременно обеспечивать необходимые для водных организмов режимы роста.

Комплекс автоматизации рыбоводной установки для аквакультуры создается в виде единой информационной системы, под управлением и контролем которой находится всё технологическое оборудование. Автоматика работает в темпе протекания технологических процессов (в реальном масштабе времени) и обеспе-

чивается как сбор, обработку и предоставление технологической информации, так и цифровое, а также функционально-групповое управление технологическим оборудованием, их регулирование, защиту.

Система строится как открытая многоуровневая, распределенная по технологическому и функциональному признакам структура, состоящая из цифровых подсистем управления отдельными агрегатами и функциями.

Технические средства имеют иерархическую структуру, в состав которой входят два следующих уровня:

- нижний уровень. Включает датчики технологических параметров, исполнительные устройства, электромагнитные клапаны, локальный измеритель-регулятор, модули сбора данных, программируемый логический контроллер, блок реле;

- верхний уровень. Содержит автоматизированную рабочую станцию оператора на базе ЭВМ, оснащенную монитором, клавиатурой, мышью и принтером.

Система автоматического управления на основе приборов активного контроля получает информацию о состоянии рыболовной установки в режиме реального времени с различных датчиков – аналоговых и цифровых. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые осуществляется при помощи программируемого логического контроллера, измерителя-регулятора и модуля ввода данных.

На основе алгоритма управления и информации, поступающей от датчиков, программы измерителя-регулятора и программируемого логического контроллера осуществляют управление и оптимизацию техпроцесса, реализуют активный контроль аквакультуры, формируя необходимые воздействия на исполнительные устройства. Если значения каких-либо параметров выходят за рамки допустимых, система должна формировать сообщения тревоги, отправляемые на панель оператора и ЭВМ. В случае отсутствия оператора на своём рабочем месте сообщения должны доставляться ему через информационно-коммуникационную сеть. Также оператор в любой момент времени может получить от системы отчёты о ходе техпроцесса, в которых отражаются текущие сведения как по всей рыболовной установке в целом, так и по отдельным составляющим её узлам и резервуарам. Система обладает возможностью визуализировать технологическую информацию.

На панели оператора данные о состоянии технологического процесса установки отображаются в виде:

- мнемосхемы, включающей мнемоническое изображение технологического процесса аквакультуры с выводом информации о технологическом процессе, состоянии оборудования и режиме работы исполнительных устройств;

- значений параметров контуров регулирования (текущее значение, задание, управляющее воздействие);

- графиков технологических параметров за требуемый промежуток времени.

Автоматизированное рабочее место оператора обеспечивает предоставление информации о технологических параметрах в цифровой и символьной форме, в виде мнемосхем. На ЭВМ оператора ведётся архив событий в системе, где регистрируются показания всех аналоговых и дискретных датчиков, предупредительные и аварийные сообщения, сигналы срабатывания защит. ЭВМ верхнего уровня подключена к программируемому логическому контроллеру через сеть Ethernet. Предусматривается также сбор данных через сеть RS-485 по протоколу ModBus.

Наряду с этим, гарантируется автоматическая защита и блокировка технологического оборудования при обнаружении аварийных состояний технологического процесса аквакультуры по аварийным отклонениям технологических параметров. Производится обработка данных синхронно с опросом датчиков, обеспечивается сигнализация о наличии аварийной ситуации на панели оператора и экране монитора ЭВМ в сети Ethernet и ModBus.

При регулировании температуры в рыбоводном бассейне осуществляется оперативный контроль и индикация следующих параметров на локальном измерителе-регуляторе:

- текущего значения регулируемого параметра - температуры;
- задания регулятора;
- сигнала рассогласования;
- состояния регулирующего органа - нагревателя.

Замкнутая рыбоводная установка содержит модель рыбоводного бассейна из диэлектрического материала, отстойник воды, устройства сбора данных, исполнительные устройства, измеритель-регулятор, программируемый логический контроллер, магистраль подачи воды. Обобщенная структурная схема установки показана на рис. 2.

На схеме приняты следующие обозначения: ПЛК – программируемый логический контроллер, ТРМ – локальный измеритель-регулятор температуры, ПД – датчик давления воды, ДО – датчик освещенности, ДУК – датчик уровня корма, ПДУ – поплавковый датчик уровня воды, ДрН - датчик-измеритель рН, ЭМК – электромагнитный клапан, ДТС – датчик температуры воды, ПО – панель оператора, МВ – модуль ввода данных.

В таблице приведены параметры технологического процесса аквакультуры.

Система автоматического управления, построенная на базе измерителя-регулятора и программируемого контроллера, выполняет следующие основные функции:

- измерение параметров водной среды в рыбоводном бассейне;
- локальное регулирование температуры воды в рыбоводном бассейне;
- регулирование параметров водной среды для обеспечения требуемых условий жизнедеятельности объектов аквакультуры;
- логическое управление исполнительными устройствами;
- контроль состояния исполнительных устройств;
- обеспечение требуемого режима кормления объектов аквакультуры;
- отображение информации о технологическом процессе на панели оператора;
- формирование сообщений об отклонениях параметров технологического процесса, требующих вмешательства оператора;
- обеспечение связи с ЭВМ для удаленной визуализации и регистрации параметров, а также передачи информации через информационно-коммуникационную сеть.

В ходе освоения модели замкнутой рыбоводной системы оператор должен:

- ознакомиться с общими принципами управления аквакультурой и конструкцией установки;
- изучить и проанализировать:

- технологические параметры установки;
- принципы работы датчиков;
- принципы работы исполнительных устройств;
- принципы работы измерителя-регулятора;
- принципы работы модуля аналогового ввода;
- принципы работы программируемого логического контроллера;
- общую структуру системы автоматического управления аквакультурой, базовые принципы работы её узлов;
- ознакомиться с различными методами сбора, обработки и визуализации технологической информации на основе приборов, с использованием интерфейсов RS-485 и Ethernet;
- изучить обобщенный алгоритм автоматического управления аквакультурой;
- ознакомиться с системой программирования;
- изучить панель оператора и инструкцию оператора;
- выполнить ввод параметров технологических процессов аквакультуры в систему автоматического управления, используя панель оператора;
- осуществить контроль технологических процессов с персонального компьютера, подключенного к информационно-коммуникационной сети.

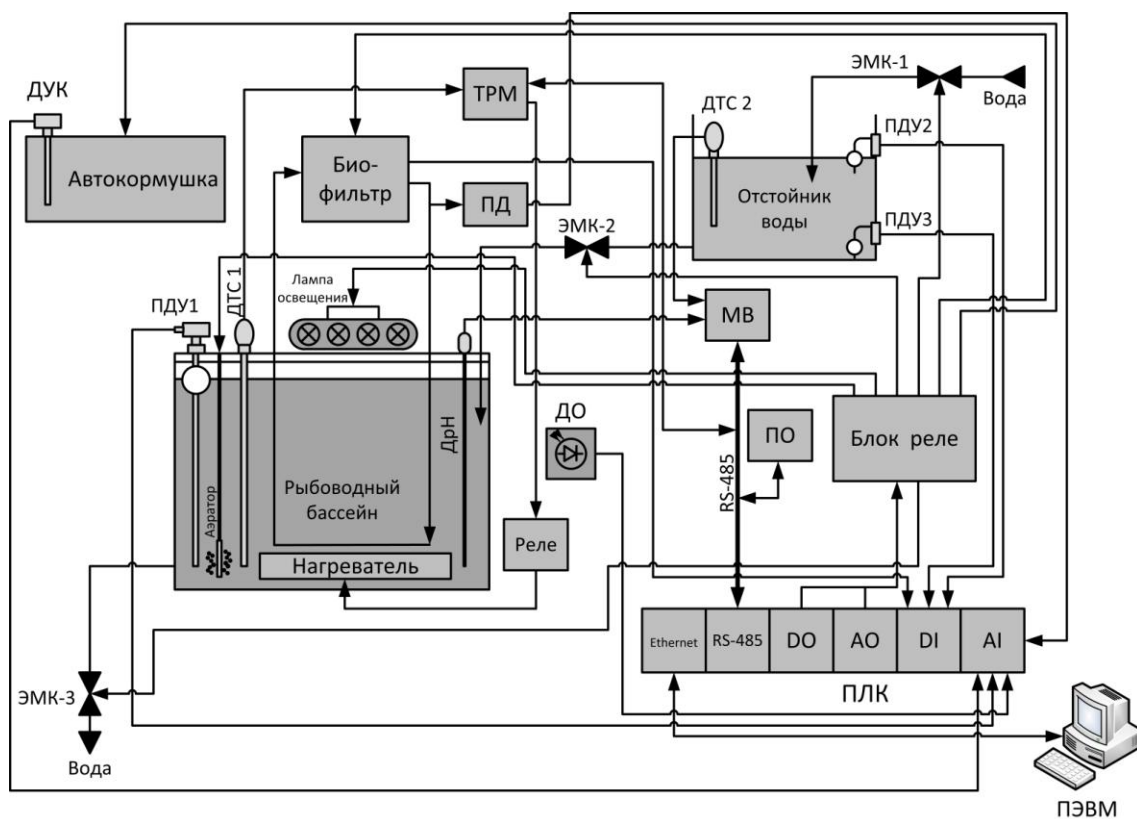


Рис. 2. Структурная схема модели замкнутой рыбоводной системы
 Fig. 2. Block diagram of a model of closed aquaculture systems

Таблица. Параметры технологического процесса аквакультуры
 Table. Parameters of aquaculture process

№ п/п	Наименование параметра	Технические средства
<i>Изменяемые аналоговые параметры</i>		
1	Температура воды в рыбоводном бассейне	Датчик температуры аналоговый, измеритель-регулятор, RS-485, ModBus
2	Уровень воды в рыбоводном бассейне	Датчик уровня аналоговый поплавковый, аналоговый вход ПЛК
3	Уровень pH	Датчик-измеритель pH аналоговый, модуль аналогового ввода, RS-485, ModBus
4	Температура воды в отстойнике	Датчик температуры аналоговый, модуль аналогового ввода, RS-485, ModBus
5	Освещенность водной среды	Датчик освещенности аналоговый, аналоговый вход ПЛК
6	Количество корма в автоматической кормушке	Датчик уровня корма (сыпучего вещества), аналоговый вход ПЛК
<i>Изменяемые дискретные параметры</i>		
7	Режим работы автокормушки	Реле, цифровой вход ПЛК
8	Режим работы аэратора	То же
9	Верхний уровень воды в ёмкости выдержки	Датчик уровня поплавковый, цифровой вход ПЛК
10	Нижний уровень воды в ёмкости выдержки	То же
<i>Управляемые параметры</i>		
11	Режим работы нагревателя	Измеритель-регулятор, RS-485, ModBus
12	Состояние электромагнитного клапана 1	Цифровой выход ПЛК, реле
13	Состояние электромагнитного клапана 2	То же
14	Состояние электромагнитного клапана 3	— «—
15	Режим работы лампы освещения	Аналоговый выход ПЛК
16	Режим работы автокормушки	Цифровой выход ПЛК, реле
17	Режим работы аэратора	Аналоговый выход ПЛК

Разработка модели замкнутой рыбоводной системы создает практическую основу для научных исследований и проведения цикла лабораторных работ по аквакультуре. Система автоматизации реализуется на базе современного программно-технического комплекса, позволяющего осуществить различные алгоритмы управления по технико-экономическим критериям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Спотт, С. Содержание рыбы в замкнутых системах / С. Спотт. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 192 с.
2. Стикни, Р. Принципы тепловодной аквакультуры / Р. Стикни. – М.: Агропромиздат, 1986. – 288 с.
3. Цуладзе, В.Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб: на примере радужной форели / В.Л. Цуладзе. – М.: Агропромиздат, 1990. – 156 с.
4. Проектирование рыбоводных предприятий: справочник / Э. В. Гриневский [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 223 с.
5. Проскуренко, И.В. Замкнутые рыбоводные установки / И.В. Проскуренко. – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – 152 с.
6. Пономарев, С.В. Фермерская аквакультура: рекомендации / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина, И.Ю. Киреева. – М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2007. – 192 с.
7. Брайнбалле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения / Я. Брайнбалле. – Копенгаген: Еврофиш, 2010. – 70 с.

DEVELOPING OF MODELS OF CLOSED AQUACULTURE SYSTEM

Ju. A. Fatychov, O.V. Ageev

Parameters affecting the livelihoods of fish in closed aquaculture facility is offered. Ways to automate the processes of aquaculture is showed. Block diagram model of closed aquaculture system is offered. The basic function of the automatic control of fish farming unit is considered. Measured and controlled process parameters of growing fish is analysed.

closed aquaculture systems, aquaculture, automatic control, regulation