



# Автоматизированная система управления подводным рыбководным садком

Андрей Быкадоров, Дмитрий Ерёмин

Морское садковое выращивание товарной рыбы является одним из наиболее перспективных направлений рыбководства в мире. Для автоматизации этого процесса компанией «Антрел» по заказу ООО «Экофиш» был разработан и внедрён программируемый контроллер подводного автономного рыбководного садка (ПК ПАРС).

Прибрежная зона российского берега Чёрного моря (шириной от 0,2 до 20 километров с кромкой материкового шельфа глубиной до 100 м) благоприятна для морского садкового рыбководства. Скорость роста форели в море до шести раз выше, чем в холодной пресной воде береговых хозяйств.

Объектами товарного рыбководства в данной зоне могут служить радужная форель или стальноголовый лосось, черноморский лосось, осетровые и камбаловые породы.

Очень высок темп роста черноморского лосося. Если высаживать в садки рыбу навеской 160 г (температура которой составляет 0,94% в сутки), особи первого нереста со средней длиной 61 см могут достигать массы 2,7 кг.

Нужно учесть океанографические условия: высокую поверхностную температуру воды (до 30°C) и штормовые условия (волны до 5-8 м высотой). Поэтому для круглогодичного разведения

рыбы лучше применять подводную технологию рыбководства. В рамках этой технологии стало возможным разработать такой садок, чтобы процесс выращивания проводился на наиболее комфортной глубине для данного вида рыб (в зоне физиологического оптимума).

Для лососёвых рыб наиболее подходящей является зона с температурами в диапазоне 18-21°C, которая на шельфе Чёрного моря находится на глубине 10-25 м в тёплое время года.

В итоге можно отметить ряд существенных преимуществ подводной технологии выращивания.

1. Она позволяет обеспечить полную сохранность рыбы и садков при самых жёстких штормах.
2. Кормление может проводиться независимо от метеоусловий (даже во время шторма).
3. Рыбководные фермы могут быть выдвинуты в открытое море (в зону

наилучшей промываемости акваторий).

4. Возможны регулировка положения садка по глубине и его перемещение в зону оптимальных для данного вида рыбы температур.
5. Решается проблема поверхностного загрязнения садков.
6. Значительно снижается уровень загрязнения от рыбководной фермы в прибрежной зоне.

## ОПИСАНИЕ АВТОНОМНОГО САДКА

В подводном автономном рыбководном садке ПАРС-2500 с объёмом сетной камеры 2500 м<sup>3</sup> можно вырастить до 70-100 тонн товарной рыбы.

Садок состоит из верхней и нижней шестиугольных рам с регулируемой плавучестью. Рамы изготовлены из стальных труб, между которыми закрепляется сетная камера (рис. 1) В центре верхней рамы расположен прочный корпус кессонного типа, где смонтированы системы управления садком и кормораздатчик с бункером для корма.

В подводном положении ПАРС выдерживает шторм со скоростью течения до 2 м/с. В надводном положении садок обслуживается при волнении моря до 3 баллов. При глубине акватории до 50 м ПАРС удерживают на грунте три гравитационных якоря, которые расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной около 100 м. Бункер, вмещающий 2 тонны гранулированного корма, обеспечивает автономность садка до 25 суток, в зависимости от веса рыб.



Рис. 1. ПАРС-2500 готов к спуску на воду

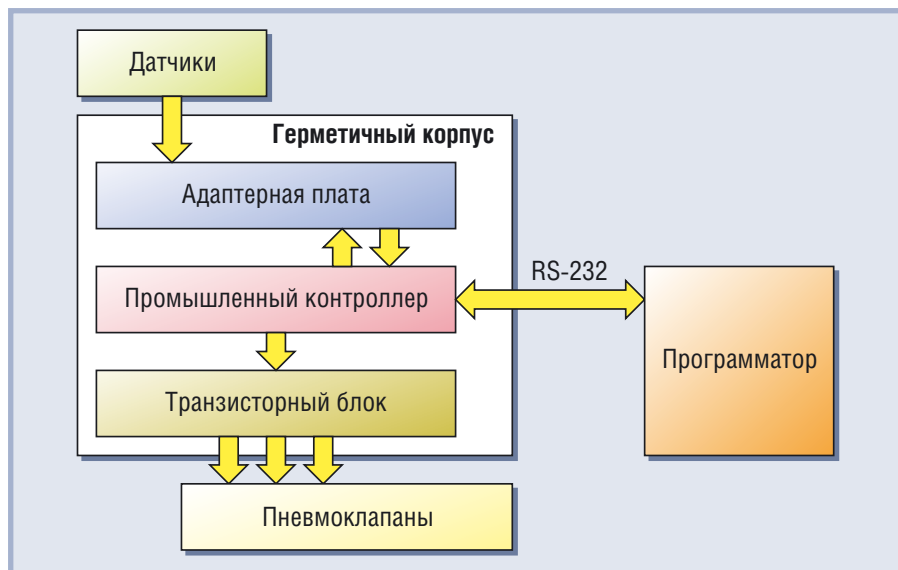


Рис. 2. Структурная схема оборудования рыбоводного садка ПАРС-2500

Структурная схема оборудования рыбоводного садка ПАРС-2500 представлена на рис. 2.

Системами кормления, всплытия и погружения управляет контроллер. Связь с контроллером для управления садком с берега осуществляется через SMS-модем, установленный на бую. Программа позволяет ввести время кормления, обеспечивает точную дозировку и частоту подачи корма, что сокращает расходы на питание, уменьшает количество отходов.

С целью экономии заряда бортовой аккумуляторной батареи питание платы микроконтроллера отключается в интервалах между кормлениями, но может быть включено при поступлении соответствующей SMS-команды или сигнала аварийной ситуации.

### Возможности системы управления

Бортовая система управления в базовом варианте включает:

- водонепроницаемый блок контроллера (рис. 3), который состоит из одноплатного микроконтроллера, платы управления питанием и адаптеров сигналов, модулей силовых транзисторов;
- аккумулятор для автономного питания;
- SMS-модем;
- аналого-цифровой термодатчик;
- дискретные датчики уровня воды;
- пневмоавтоматику.

Для управления ПАРС извне используются:

- сотовые телефоны (для SMS-сообщений и команд);
- радиопульт для передачи команды погружения;

- сервисный контроллер-программатор.

ПК ПАРС устанавливается внутри центрального корпуса садка и предназначен для выполнения следующих функций:

- управление погружением и всплытием рыбоводного садка;
- автоматическое кормление рыбы по заданному оператором режиму;
- измерение параметров водной среды (температура, скорость течения);
- проведение дополнительных измерений (натяжение крепёжных тросов при помощи тензометрических датчиков, напряжение аккумулятора, приём данных с аппаратуры определения размеров рыб и др.);
- формирование телеметрической информации (передаваемой посредством SMS-модема).

В качестве процессорной платы выбран традиционный для морских применений микроконтроллер типа 5083 фирмы Octagon Systems, с расширенным набором COM-портов, аналоговых и дискретных сигналов ввода-вывода, встроенным языком программирования и с относительно невысоким энергопотреблением. Приём дискретных сигналов от внешних датчиков организован через преобразователи уровня на специальной адаптерной плате, включающей также энергонезависимый таймер и преобразователь

питания 12/5 В постоянного тока, а подача управляющих токов в соленоиды пневмоклапанов в системах кормления, всплытия, погружения — через внешние транзисторные ключи на дискретных выходах ПК. Установка внешнего таймера, включающего питание платы микроконтроллера перед следующим кормлением и сбор информации с термодатчика, осуществляется последовательным кодом посредством интерфейса I<sup>2</sup>C.

Напряжение питания системы может изменяться в пределах от 10 до 14 В в зависимости от степени зарядки аккумуляторной батареи. Питание платы микроконтроллера (+5 В) обеспечивается импульсным преобразователем напряжения.

Для облегчения проведения работ по ремонту системы управления в открытом море контроллер выполнен в лёгком и компактном пластиковом водонепроницаемом корпусе фирмы Vorla с герметичными разъёмами, что максимально упрощает его транспортировку и монтаж, а также предохраняет от случайного попадания морской воды на электронные платы. Доступ к контроллеру осуществляется через ремонтный люк в центральном корпусе, когда последний находится в надводном положении. Если ремонт заключается в замене выходных транзисторов в цепях управления пневмоклапанами, можно, не извлекая контроллер, снять его крышку и заменить модуль с неисправным транзистором. Для этого управляющие транзисторы встроены в съёмные модульные корпуса фирмы WAGO.



Рис. 3. Программируемый контроллер в водонепроницаемом корпусе

ПК осуществляет управление кормлением рыбы разных видов в соответствии с таблицей режимов питания, заданной производителем корма. Таблица представляет собой зависимость суточной нормы корма (в кг или %) на 100 кг рыбы от температуры воды. Пользователь может изменять таблицы режимов кормления с помощью программатора, соединяемого с контроллером по каналу RS-232 во время обслуживания.

С помощью программатора в контроллер вводятся следующие параметры:

- биомасса рыбы в садке;
- вес и размер рыбы;
- кормовой коэффициент (коэффициент усвоения корма);
- морской коэффициент (характеристики воды);
- процент от дневной нормы на каждое кормление;
- общее количество корма, загруженного в бункер;
- часы кормления;
- таблица зависимости количества необходимого корма от температуры воды.

По окончании каждой фазы кормления контроллер отправляет сообщение оператору посредством SMS-модема.

**Программатор** предназначен для внесения параметров в контроллер садка, изменения текущих данных и отображения телеметрических параметров (напряжения батареи, температуры во-

ды и др.), а также замены прикладного ПО ПК ПАРС (рис. 4).

Питание программатора (напряжением от 10 до 30 В постоянного тока) осуществляется от внешнего источника при подключении его к герметичному разъему снаружи центрального корпуса садка либо к блоку питания персонального компьютера. За первые 5 секунд происходит установление режима обмена информацией. После этого загружается меню. Данные, задаваемые в ПК ПАРС, можно подготовить заранее на персональном компьютере или ввести, используя клавиатуру программатора.

В один программатор можно загрузить данные для большого количества ПК, а значит, обслужить с его помощью все требуемые садки за один выход в море.

**SMS-модем** с помощью приёма/передачи сообщений осуществляет:

- информирование пользователя об авариях (затекание, пониженное напряжение в бортовой сети и т.д.) и прохождении процесса кормления;
- передачу на контроллер команд «Всплытие», «Тензометрия».

Приём и передача SMS-сообщений со стороны оператора осуществляется с помощью обычного сотового телефона. Для обеспечения безопасности в отправляемые сообщения добавляется пароль, индивидуальный для каждого SMS-модема.

**Радиопульт** используется для управления процессом всплытия/погружения садка в надводном состоянии.

**Термодатчик** измеряет температуру воды перед кормлением для расчёта нужного количества корма.

## Функционирование ПК ПАРС

Для наглядности рассмотрим на примере рабочий цикл садка.

Отправляется SMS-сообщение «Всплытие», модем принимает его и включает контроллер, который с помощью пневматических клапанов продувает балластные цистерны. Когда садок оказывается на поверхности, всплытие автоматически завершается, после чего оператором, подплывшим на моторной лодке, производится техническое обслуживание садка (засыпка корма, смена батареи, закачка воздуха).

Далее подсоединяется программатор, посредством которого корректируются количество корма, биомасса рыбы, график кормления и т.д. Погружение садка осуществляется по коман-

де радиопульта. Когда погружение закончено (завершается автоматически), ПК выставляет на таймере следующее время и обесточивается.

Включение таймера «пробуждает» контроллер, который измеряет температуру, вычисляет нужное количество корма для данного веса рыбы. В процессе кормления с помощью датчиков отслеживается выполнение всех операций (открытие/закрытие нижнего люка, сброс корма и др.). В случае неисправности вырабатывается SMS-сообщение «Авария». После кормления ПК снова «взводит» таймер на следующее кормление и отключается. О последнем кормлении ежедневно оповещает SMS «Кормление прошло».

При получении SMS-сообщения «Тензометрия» ПК активируется, в течение трёх минут выполняет измерения с тензодатчиков, после чего отключается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время подводный автономный рыболовный садок находится в опытной эксплуатации, в ходе которой добавляются новые функции автоматизированной системы управления и происходит обучение операторов обслуживания.

Внедрение ПК ПАРС позволило существенно повысить гибкость настройки системы и добавить новые функции:

- возможность ввода таблицы коэффициентов кормления произвольной размерности;
- тензометрия;
- самодиагностика (по данным встроенных датчиков);
- надёжная система энергосбережения;
- возможность дистанционного управления (SMS);
- возможность изменения алгоритмов управления путем модификации ПО контроллера.

В результате использования ПК ПАРС значительно сократились трудозатраты на обслуживание садков в открытом море и повысилась возможность точной настройки управления процессом выращивания рыбы. Это позволит продуктивно выращивать разные виды рыб в широком диапазоне климатических условий. ●

**Авторы — сотрудники группы компаний «Антрел»  
Телефон/факс: (495) 775-1721**



Рис. 4. Портативный контроллер, используемый в качестве программатора