

**КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЯ В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ**

**Козырь Алексей Викторович, аспирант**

**Штепа Владимир Николаевич, д.т.н., доцент**

**Полесский государственный университет**

Alexey Viktorovich Kozyr, postgraduate student, tpark.kozyr@gmail.com

Vladimir Nikolaevich Shtepa, Associate Professor, tppoless@gmail.com

Polesky State University

*В работе представлена информация о концепции разрабатываемой интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления, повышения ресурсоэффективности и производительности установок замкнутого водоснабжения на основе математических моделей.*

**Ключевые слова:** установка замкнутого водоснабжения, интеллектуальная система поддержки принятия решений, рыбоводство, управление, анализ, производительность, ресурсоэффективность.

За последние двадцать лет мировая аквакультура значительно ускорила свое развитие, однако последние два года наблюдается существенное снижение темпов роста. Наибольшее развитие на данный момент на территории Европы и Азии получают установки замкнутого водоснабжения, условия которых позволяют круглогодично выращивать гидробионтов при высоких плотностях посадки [1]. Активнее всего развивается тепловодная индустриальная аквакультура, так как объекты ее выращивания, из-за своих метаболических особенностей, имеют наибольшие темпы роста и массонакопления, что позволяет получать большое количество товарной продукции [2].

Распространение установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) обусловлено тем фактором, что большинством процессов в данной системе можно управлять, с целью достижения максимальной производительности системы. УЗВ является сложной симбиотической комбинированной агробιο-технологической системой, в которой культивируются рыбы, микроорганизмы и растения. Система выращивания состоит из различных блоков: механической и биологической фильтрации, рыбоводных емкостей, системы обеззараживания и аэрации, гидропонного модуля и тд. Все эти блоки оказывают взаимное влияние друг на друга в процессе эксплуатации, и требуют постоянного контроля и управления со стороны рыбовода-технолога. Цена ошибки персонала, эксплуатирующего данные системы – гибель культивируемых объектов, что ведет к убыткам предприятия. Зачастую персонал неспособен произвести анализ всех факторов в системе для принятия верного решения при ее управлении [3]. Для минимизации рисков по управлению системой, и повышению ее ресурсоэффективности и производительности за счет вовремя принимаемого верного решения оператора (технолога производства) широкое распространение в смежных отраслях получили интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР) [4].

Новизна разрабатываемой системы определяется тем, что ИСППР будет основана на оригинальных научных результатах раздела теории принятия многокритериальных решений – нейронных сетях. Она будет являться одной из первых таких программ в индустриальном рыбном хозяйстве в Республике Беларусь.

Создаваемая система непосредственно опирается на результаты предыдущих теоретических и практических исследований в области интеллектуальных систем, а также индустриального рыбоводства и аквакультуры.

В разрабатываемой системе будут применяться:

- различные использующиеся установки замкнутого водоснабжения;
- информация по различным биологическим, морфометрическим и технологическим показателям культивируемых гидробионтов;
- различные возрастные и видовые группы ценных пород рыб;
- различные показатели гидрохимического состава оборотных технологических вод установок замкнутого водоснабжения;
- разные виды нейронных сетей;
- системы нечёткого вывода;

- казуальные модели;
- системные подходы проектирования программного обеспечения.

Перспективным является использование ИСППР в индустриальном рыбном хозяйстве, поскольку она позволит обеспечить общее управление и эффективное взаимодействие всех модулей УЗВ для достижения ее максимальной ресурсоэффективности и производительности.

Ожидается, что разрабатываемая система ИСППР позволит:

- существенно снизить количество ошибок рыбовода-технолога при управлении системой;
- снизить гибель культивируемых гидробионтов из-за негативных условий среды, и ошибок оператора;
- повысить ресурсоэффективность и производительность системы за счет вовремя проведенных технологических операций;
- обеспечить общее взаимодействие всех модулей системы выращивания гидробионтов и растений.

Также в программу будет включена информационная система локального плана для динамической оценки эффективности предприятий и выбора оптимальных решений в производственном процессе, зависящих от таких стохастических факторов, как спрос на рыбную продукцию, качество воды по гидрохимическим и гидробиологическим параметрам, качество и стоимость корма, физиологические и морфологические показатели культивируемой рыбы, технологические аспекты выращивания, логистические условия и др. Таким образом продукт будет иметь два блока структура которых представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. – Структура программного продукта

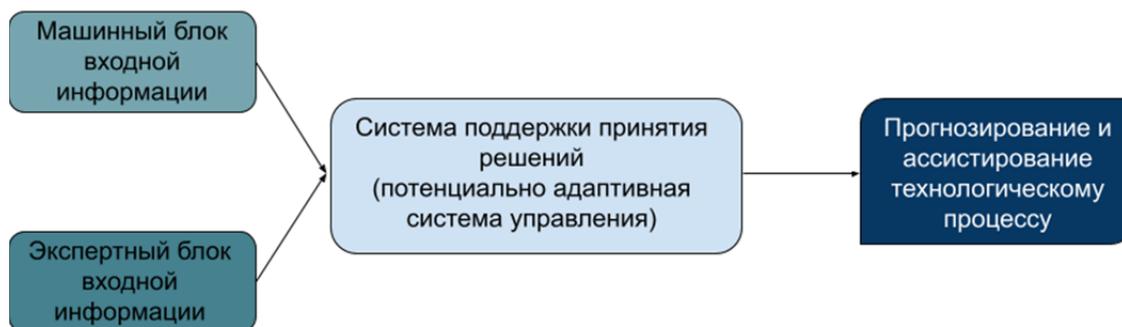
Взаимодействие ИСППР и расчетно-ученого блоков обеспечит максимально цифровизировать процесс выращивания рыбы, и существенно снизить затраты труда путем автоматизации процессов производства рыбы. Программный продукт позволит осуществить эффективное дистанционное взаимодействие предприятия:

Руководитель	Структурированные отчетные данные по производству; Глобальное видение предприятия и основных издержек; Экономическая эффективность отдельных линий; Оптимизация продаж, выбор основных направлений развития предприятия.
Рыбовод	Отслеживание партии и марки кормов; Ежедневный контроль и расчет нормы кормления; Прогноз роста, потребности в кормах; Ведение электронных дневников рыбовода;

	Учет рыбы различных видов и возрастных групп на различных линиях выращивания.
Бухгалтер	Первичный производственный учет; База данных выращиваемой рыбы; Подготовка анализа и прогноза экономической эффективности; Предупреждение сбоев в поставках сырья и материалов, учет склада.

Таким образом будет налажена связь между отделами предприятия, часть документооборота перейдет в цифровой формат, будет открыт оперативный доступ к сложившейся на предприятии ситуации для ее анализа.

Особое значение в работе программного продукта имеет работа блока ИСППР, его структурная схема представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2. – Структура ИСППР**

Машинный блок входной информации основан на данных, получаемых в режиме реального времени от датчиков: рН, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), электропроводности, расхода и температуры воды. Потенциально возможно использование датчиков растворенного кислорода и химического потребления кислорода (ХПК) и других.

Экспертный блок входной информации основан на показателях, вводимых экспертом:

*гидрохимические показатели* (концентрация: аммиак/аммония, нитритов, нитратов, кислорода, взвешенных частиц, светопропускаемости, показатели щелочности, жесткости, и углекислого газа);

*технологические показатели* (активность рыбы, скорость потребления корма, результаты внешнего осмотра и вскрытия, данные контрольного облова, наличие отхода, возраст рыбы, стадии зрелости производителей и тд.) [5].

Обработка данных из выше представленных блоков позволит осуществлять прогнозирование и ассистировать технологическому процессу: осуществлять прогноз эффективности кормления рыбы при существующем гидрохимическом режиме; производить расчет оптимальной дозы и времени кормления рыбы; выдавать “Подсказки” по дате необходимой сортировки рыбы в отдельных рыбоводных емкостях; осуществлять прогнозирование набора рыбы из различных рыбоводных емкостей товарной массы.

Таким образом разрабатываемый продукт для аквакультуры с ИСППР позволит цифровизировать процесс выращивания рыбы, обрабатывать большой объем данных, а также повысить ресурсоэффективность и производительность как системы выращивания, так и предприятия, за счет автоматизации технологических процессов.

#### Список использованных источников

1. Агеец, В.Ю. Экологические проблемы рыбоводства в Республике Беларусь / В.Ю. Агеец // Вести национальной академии наук Беларуси. Сер. Аграрных наук. – 2015. – № 2. – С. 95–101.
2. Report Working Group on Risk Management in Agriculture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://planningcommission.nic.in/aboutus/committee/wrkgrp11> – Дата доступа: 15.04.2022.

3. Борозенец В. Н. Опыт автоматизации управленческого учета на сельскохозяйственных предприятиях // Финансы и кредит. 2006. № 13 (217). С.62-64.

4. Рыков, Н.И. Спецификация производственной функции применительно к прогнозированию развития агропромышленного комплекса [Текст] / Н.И.Рыков// Системные проблемы надёжности, качества, информационных и электронных технологий: Материалы Международной конф. и Российской науч. шк. М., 2004. Ч.7. Т.2. С. 82-87.

5. Барулин Н.В. Комплекс диагностического мониторинга физиологического состояния ремонтно-маточных стад осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения Беларуси /Н.В. Барулин // Вестник Государственной полярной академии. – 2014. – №1. – С. 19 –20.