

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ В САДКИ

Тихонов Е.А., Рогатова С.М.

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются технические аспекты совершенствования технических средств эффективной выдачи кормов в рыбоводные садки. Выполнен анализ конструкции ротационных кормораздатчиков. Проанализированы их недостатки. Определены возможные пути повышения надежности. Предложена конструкция кормораздатчика без подвижных частей, которая обеспечивает требуемые параметры качества раздачи кормов в садки и при этом имеет высокую надежность и практически неограниченный ресурс работы. Выполнено численное многофакторное исследование и определены оптимальные значения конструктивных факторов при максимальном значении интегрального критерия, определяющего эффективность процесса раздачи кормов в садки. По результатам обработки полученных данных определено высокое качество раздачи кормов в садки и перспективность предложенной конструкции кормораздатчика в целом.

Ключевые слова. Выдача кормов в садки, кормораздатчики, пневматические системы, ротационные кормораздатчики, кормопроводы, кормление рыб.

IMPROVING THE RELIABILITY AND SERVICE LIFE OF THE PNEUMATIC DISTRIBUTOR FOR DISTRIBUTING FEED TO CAGES

Tihonov E.A., Rogatova S.M.

Petrosavodsk state university, Petrozavodsk, Russian Federation

Abstract. In this paper, we consider the technical aspects of improving the technical means of effective delivery of feed to fish cages. The analysis of the design of rotary feeders. Their disadvantages are analyzed. Possible ways to improve reliability are identified. The design of the feed feeder without moving parts is proposed, which provides the required parameters of the quality of feed distribution in cages and at the same time has high reliability and almost unlimited service life. A numerical multi-factor study was performed and the optimal values of design factors were determined with the maximum value of the integral criterion that determines the efficiency of the feed distribution process in cages. Based on the results of processing the obtained data, the high quality of feed distribution in cages and the prospects of the proposed design of the feed feeder as a whole were determined.

Keywords. Feed distribution in cages, feed system, pneumatic systems, rotary feeders, feed lines, feeding fish.

1. Введение. Практически каждое предприятие промышленной аквакультуры, в процессе своего становления проходит несколько этапов технологического оснащения, особенно это ярко выражено в процессе кормления. На малых предприятиях данный процесс осуществляется вручную. Порой, вручную выдают достаточно большие объемы корма – до 500 кг в один садок в сутки. А садков, даже на малом предприятии – десятки. Помимо низкой эффективности использования трудовых ресурсов, большой вопрос вызывает качество раздачи корма.

По достижении определенных объемов производства практически любое предприятие переходит на мобильные пневматические кормораздатчики различных конструкций: от достаточно маленьких (емкость загрузки 200 л.) до сравнительно больших (емкость загрузки 1200 – 1500 л.). При применении кормораздатчиков с большими объемами загрузки возникает проблема дозирования. Как правило, данные кормораздатчики не имеют систем дозирования, что приводит к снижению точности выдачи и, как следствие, снижению общей эффективности кормления. Тут возможны два варианта: недокорм и, как следствие, снижение суточного прироста биомассы, и перекорм – рыба не будет съедать весь корм, и он упадет на дно водоема под садком. Наиболее продвинутые конструкции мобильных кормораздатчиков имеют системы дозирования. Например, кормораздатчик, разработанный в Инженерном парке Института лесных горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета. Данный кормораздатчик снабжен дозатором на 25 кг. Это весьма удобно, так как наиболее распространенная фасовка кормов для рыб составляет 25 кг.

По мере роста объемов производства, применение мобильных систем кормораздачи становится неэффективным. Большие объемы кормления требуют большого количества рейсов от пункта загрузки до пункта кормления. Это заставляет предприятия переходить на следующий этап механизации процесса кормления – автоматизация. Данный этап подразумевает применение стационарных (базирующихся на воде) систем кормления, которые обеспечивают полную автоматизацию. Данные системы автоматически определяют норму кормления и кормовой коэффициент в зависимости от температуры воды, концентрации кислорода, средней навески рыбы в садке. Также, они учитывают суточный прирост биомассы и отход. Как правило, одна такая система обслуживает до 16 садков и обладает максимальной производительностью до 500 кг/ч. Единственное ограничение – длина пневматических кормопроводов. Она не должна превышать 300 м.

Для обеспечения наиболее эффективного пятна падения корма в садок применяют ротационные раздатчики, так называемые «спредеры» (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Пневматический ротационный раздатчик кормов

Данные кормораздатчики обеспечивают максимальную эффективность кормления, но не лишены недостатков. Первый – отсутствие отечественных аналогов и высокая цена (до 200 тыс. руб.). Второй – недостаточная равномерность раздачи кормов от центра до края садка.

Второй недостаток связан с конструкцией и принципом работы устройства. Кормораздатчик имеет изогнутый подвод кормопровода, заканчивающийся шарнирно соединенным, изогнутым патрубком. Данный патрубок вращается, благодаря реактивной струе воздуха подаваемой под давлением из кормопровода. Тем самым обеспечивается круговая выдача корма в садок. Слабым узлом конструкции является шарнир.

Так как конструкция шарнира подвержена воздействию влаги, он выполнен в виде подшипника из полимерных материалов. Вращающаяся часть патрубка не сбалансирована, поэтому на внутреннее кольцо подшипника действует циклический изгибающий момент, который значительно сокращает срок службы данного узла кормораздатчика. Как показывает практика, ресурс данного подшипника составляет примерно 1,5 года. Опасность данной ситуации заключается в том, что отказ может быть обнаружен не сразу, что приведет к значительному снижению эффективности кормления садка. Также, на предприятии должен быть запас подшипников, так как оперативную поставку организовать будет невозможно в виду отсутствия отечественных аналогов. Но, наиболее неблагоприятный тип отказа – это отрыв вращающейся части патрубка и падение его на дно садка. В такой ситуации корм будет подаваться вертикально вверх, что при наличии ветра приведет к смещению пятна падения корма из садка и недокорму рыбы.

В связи с этим, необходимо решить проблему надежности ротационных кормораздатчиков и в рамках реализации программы импортозамещения предложить отечественной промышленности техническое решение кормораздатчика с «неограниченным ресурсом» и высокой надежностью.

2. Материалы и методы. В процессе решения поставленной задачи были применены следующие методы: патентный поиск, теория решения изобретательских задач, численное моделирование многофазных газодинамических систем, многокритериальная оптимизация. Для повышения ресурса подшипника были проанализированы возможные пути изменения конструкции вращающейся части патрубка. Из курса общей теории надежности известно, что надежность системы обратно пропорциональна количеству кинематических пар в системе. В связи с этим необходимо применить техническое решение, исключающее кинематические пары в устройстве.

В качестве схемы, исключая подвижные части в конструкции кормораздатчика, в Петрозаводском государственном университете была разработана принципиальная схема, приведенная на рисунке 2.

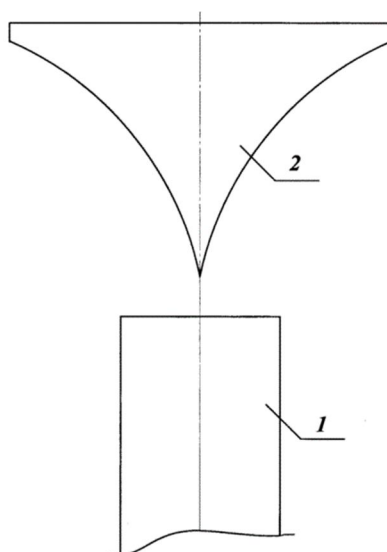


Рисунок 2 – Принципиальная схема раздатчика кормов без подвижных частей:
1 – кормопровод; 2 – обратный конус.

Данная схема работает следующим образом: корм, вылетая из вертикального патрубка пневматического кормопровода 1, отклоняется на определенный угол, ударяясь об обратный конус 2. При этом отклонения корма будет осесимметричным. Данная идея защищена патентом RU184230. Предварительное моделирование показало работоспособность предложенного технического решения и необходимость увеличения дальности выброса корма и достижения максимальной равномерности выдачи по радиусу садка.

Так как наибольший диаметр садков, применяемых в России, как правило, не превышает 30 м, то, в идеальном случае, необходимо обеспечить площадь падения корма в садок в виде кольца наружным диаметром 25 м и внутренним – 0...5 м. Данные параметры будут критериями оптимизации для дальнейшего многофакторного исследования.

Для достижения данной цели были выполнены ряд исследований влияния конструктивных параметров раздатчика на дальность и равномерность выдачи кормов.

Наиболее важным аспектом столкновений кормов с образующей конуса, является кинетическая энергия гранулы, которая будет уменьшаться, переходя в деформацию и нагрев, тем самым уменьшая дальность полета гранулы до момента падения в воду. Вследствие этого, фактор X3 будет влиять на параметры распределения корма в садке.

Высота положения конуса X2 также будет влиять на параметры распределения корма, так как при вылете из патрубка гранулы будут иметь начальный разлет. И чем выше положение конуса, тем больше будет разлет.

В качестве критериев оптимизации определим наружный радиус кольца площадки падения корма – Y1 и ширину кольца – Y2. Также, необходимо учесть фактор равномерности распределения количества выдаваемого корма по ширине кольца – S1. Данный критерий определяется следующим образом. Значение Y2 разбивается на 10 участков: от Y2-1 до Y2-10. Далее, оценивается отношение участка с максимальным количеством падающего корма к участку с минимальным количеством:

$$S_1 = \frac{Y_{2-\max}}{Y_{2-\min}} \quad (1)$$

3. Результаты. Согласно выработанному плану исследования, был выполнен ряд численных экспериментов. Сначала анализировались результаты на предмет удовлетворения критерию Y1. Эксперименты, показывающие значение Y1 < 9м были исключены из дальнейшего анализа. Дальнейший анализ базировался на следующих утверждениях: Y2 должен стремиться к максимуму, а критерий S1 – к минимуму. Отсюда выводим интегральный критерий оптимизации:

$$YS = \frac{Y_2}{S_1} \Rightarrow \text{MAX} \quad (1)$$

Значения достигнутых критериев следующие:

Y1=10,7м;

Y2=9,2м;

S1=3,57;

YS=2,58.

4. Заключение. Выполненное исследование показало принципиальную возможность и техническую выполнимость технического решения кормораздатчика, обеспечивающего «неограниченный ресурс», высокую надежность и равномерность выдачи корма при максимальном использовании внутренней площади садка. «Неограниченный ресурс» - понятие относительное. В предложенном техническом решении отсутствуют движущиеся части, и единственной деталью, подверженной износу, является конус. Круговая образующая конуса будет постепенно истираться от столкновений с гранулами корма. Но, ресурс данной детали будет на несколько порядков выше, чем у подшипника, который применяется в существующих ротационных раздатчиках. При этом отказом в предложенной конструкции будет являться изменение параметров площадки падения корма в садок. Данные изменения будут происходить постепенно и могут быть диагностированы инженерным персоналом предприятия при проведении плановых работ по обслуживанию садков. Изношенный конус может быть достаточно легко заменен на новый. При этом конструкция раздатчика является полностью импортозамещающей.

Список использованных источников

1. IAS Products Ltd. All rights reserved (2017). <https://iasproducts.com/products/aerospreader-s500-feed-broadcaster/> 06.03.2020
2. Кормораздатчики // Петрозаводский государственный университет. Инженерный парк. (2020) <https://petsu.ru/structure/6906/pages/8284/kormorazdattchiki/> 06.03.2020
3. Автоматические кормовые системы // Петрозаводский государственный университет. Инженерный парк. (2020) <https://petsu.ru/structure/6906/pages/8265/avtomaticheskie-kormovye-sistemy/> 06.03.2020
4. Akva group. Rotor spreaders (2019). <https://www.akvagroup.com/pen-based-aquaculture/feed-systems/rotor-spreaders/> 06.03.2020
5. K. R. Skøien and J. A. Alfredsen, Feeding of large-scale fish farms: Motion characterization of a pneumatic rotor feed spreader, *Oceans - St. John's*, (2014), pp. 1-7. doi: 10.1109/OCEANS.2014.7003103
6. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) – (2020) https://www.fips.ru/iiss/search_res.xhtml?faces-redirect=true

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.