

Автоматизированная система управления траловым комплексом

DOI 10.37663/0131-6184-2022-3-79-89

Кандидат технических наук,
доцент **В.А. Пелешенко** –
Департамент анализа данных
и машинного обучения
Финансового университета
при Правительстве Российской
Федерации

@ vitaliy.peleshenko@yandex.ru

AUTOMATED TRAWL COMPLEX MANAGEMENT SYSTEM

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **V.A. Peleshenko** – Department of Data Analysis and Machine Learning of the Financial University under the Government of the Russian Federation

The article is devoted to the problems of developing an automated control system for a trawl complex. The analysis of trawl systems from the point of view of the concepts of lean production and lean environmental management is presented. The main design features of the developed automated trawl complex control system are described.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в промышленном рыболовстве на правительственном уровне реализуется несколько концепций развития. Первая концепция – бережливое природопользование, которое на текущий момент активно лоббируется Федеральным агентством по рыболовству, и доктрины, которая впервые прозвучала в федеральном законе от 20 декабря 2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». Вторая концепция – это концепция бережливого производства, сформулированная под эгидой Министерства промышленности и торговли РФ, и которая предполагает максимизацию результатов промышленной деятельности с минимизацией затрат

за счёт использования новых технологических решений. Для реализации этих двух направлений в промышленном рыболовстве мной была проведена научно-исследовательская работа по созданию автоматизированной системы для траловых комплексов, способной интегрироваться в уже эксплуатируемые траловые системы и существенно расширять их технические характеристики, а также увеличивать выловы и рентабельность промысла.

ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАЛОВЫХ СИСТЕМ

Как известно, водная среда населена более чем двумястами тысячами видов животных, среди которых более тридцати

Ключевые слова:
траловые системы,
траловый комплекс,
автоматизированные
системы управления,
концепции бережливого
производства,
концепции бережливого
природопользования

Keywords:
trawl systems, trawl
complex, automated control
systems, lean production
concepts, lean environmental
management concepts

тысяч видов рыб и ракообразных, а также – более пятидесяти тысяч наименований моллюсков. Вместе с более чем двадцатью тысячами видов растений и одноклеточных организмов они образуют замкнутые высокоэффективные самоподдерживающиеся экосистемы. Даже в северных акваториях биологические системы сложны, многообразны и полны жизни. На рисунке 1 представлена экологическая система Баренцева моря – одного из основных районов российского

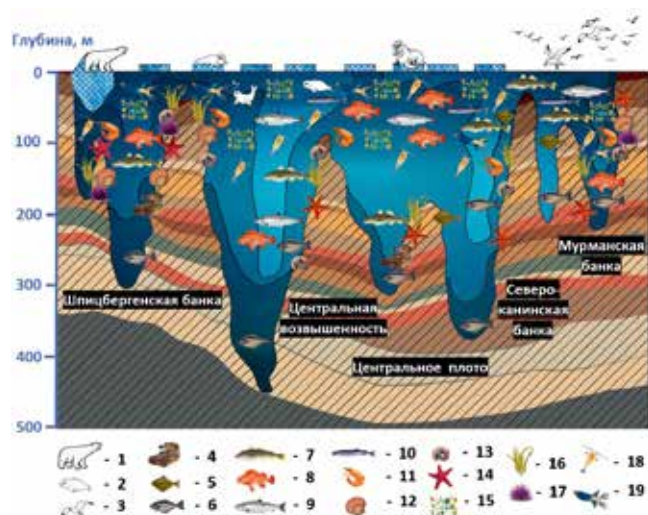


Рисунок 1. Экологическая система Баренцева моря

Figure 1. Ecological system of the Barents Sea

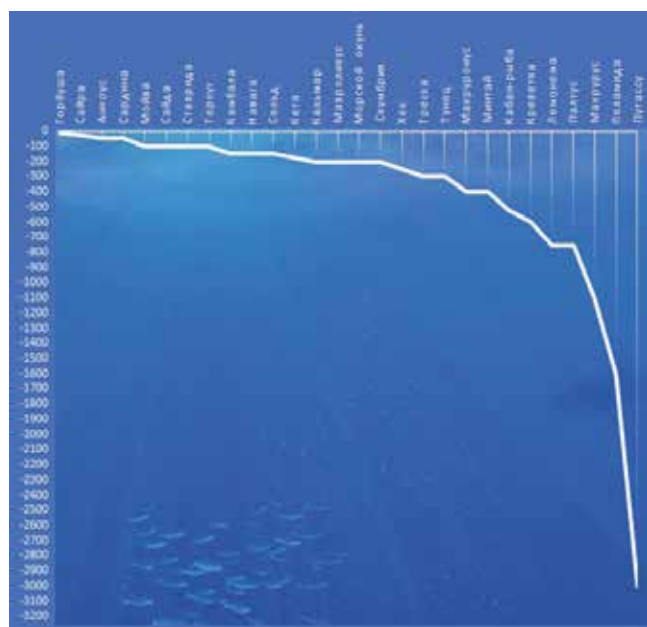


Рисунок 2. Глубина обитания основных объектов промысла

Figure 2. Habitat depth of the main fishing objects

рыболовства. В его экосистеме обитают 19 видов различных организмов, к которым относятся: 1 – белый медведь; 2 – морские звери; 3 – птицы;

Статья посвящена проблемам разработки автоматизированной системы управления траловым комплексом.

Представлен анализ траловых систем с точки зрения концепций бережливого производства и бережливого природопользования. Изложены основные конструкционные особенности разработанной автоматизированной системы управления траловым комплексом.

4 – зубатки; 5 – камбалы; 6 – палтусы; 7 – треска; 8 – морские окуни; 9 – семга; 10 – мойва; 11 – креветка; 12 – морской гребешок; 13 – многощетинковые черви; 14 – морские звезды и офиуры; 15 – диатомовые водоросли; 16 – жгутиковые водоросли; 17 – морские ежи; 18 – крылоногие моллюски; 19 – калыну и другие веслоногие раки.

Каждый из членов экосистемы обитает в диапазоне своего горизонта и выполняет уникальную роль внутри естественных биологических процессов экосистемы. При этом, из всего многообразия объектами промышленного рыболовства является менее ста основных видов, на которые приходится более 90% всей добычи гидробионтов. К ним относятся: анчоусы, горбуша, кальмар, кета, креветки, макрорусы, минтай, мойва, навага, палтус, пелагида, путассу, сайра, сардина, сельдь, скумбрия, ставрида, треска, тунец и другие, каждому из этих видов характерна своя глубина обитания, обусловленная особенностями вида, сезоном, районом промысла и множеством других факторов. Усреднённые величины этих глубин для основных объектов промысла показаны на рисунке 2.

Задачей тралового промысла является нахождение рыбных скоплений видового объекта и обеспечения его изъятия из водной среды для последующей переработки в пищевую продукцию при помощи разделки и переработки, позволяющей донести продукцию до потребителя. Основным способом изъятия объекта промысла из водной среды являются траловые комплексы. Как известно, для успешного промысла трал необходимо доставить на горизонт обитания вылавливаемого типа гидробионта, обеспечить его точное позиционирование относительно рыбного скопления, при этом, поддерживая форму трала, в частности, его раскрытие. Оснащение судна, включая конфигурацию его тралового комплекса и рыбообрабатывающего оборудование, нацелено на конкретный объект промысла, под который судовладелец оформляет определённый объём квот, согласно собственной модели бизнес планирования. Вся продукция, выловленная вне квотируемого объекта промысла, является сопутствующим приловом и возвращается обратно в водную среду. Рыба, травмируемая тралом, уже не может нормально функционировать и в 80% случаев умирает. Официальные показатели прилова при этом варьируются от 30-60%. Неофициальные цифры намного больше и достигают диапазона 60-70%. При этом стоит отметить, что в выбраковку часто попадают некондиционные, молодые, не достигшие нуж-

ных размеров особи, что также снижает остаточные показатели, из которых уже исключен прилов других видов гидробионтов. Это приводит к существенному экологическому ущербу и стремительному сокращению видового состава гидросферы, а также – уменьшению запасов объектов промысла, из-за нарушения связей внутри естественной водной экосистемы. При этом судовладелец также несет убытки, так как для заполнения трюмов вынужден осуществлять, по сути, в два раза больше циклов траления. Основная причина сопутствующего прилова при этом заключается в том, что траловые комплексы, для достижения нужного горизонта промысла, проходят через все, выше расположенные, слои водной экосистемы, попутно захватывая другие виды гидробионтов. Также захват происходит при выборке трала. Поднимаясь после траления обратно, он пересекает горизонты обитания гидробионтов, не являющихся объектами промысла, попутно захватывая их. При этом страдают также ценные породы объектов промысла. Так, к примеру, вылавливая палтуса, согласно имеющейся у рыбопромыслового судна квоты, могут пострадать ценные виды, обитающие в более высоких водных слоях, такие как горбуша, сайра, анчоус, сардина, мойва, сайда, ставрида, терпуг, камбала, навага, сельдь, кета, кальмар, мавроликус, морской окунь, скумбрия, хек, треска, тунец, макруронус, минтай и кабан-рыба. На рисунке 3 красным цветом показана зона пересекаемых горизонтов обитания гидробионтов при данном ведении промысла.

Задачами данного исследовательского проекта было создание интеллектуального инновационного экологичного трала, который бы помог в решении проблем сопутствующих приловов и сокращал, таким образом, экологический ущерб, наносимый тралением. В рамках решения задач бережливого производства исключение сопутствующего прилова позволяет увеличить рентабельность промысла за счёт сокращения ресурсов, расходуемых на обеспечение сопутствующего прилова при спуске и выборке трала, а также при его продольно-поперечном движении в условиях траления. Насыщение трюмов без дополнительного прилова будет происходить быстрее, так как высвободившийся объем в трале будет заполнен целевым объектом промысла и, таким образом, потребуется меньше циклов тралений. Для достижения этих задач необходимо, чтобы при спуске и выборке трал был в закрытом положении и быстро раскрывался только при приближении к рыбному скоплению, двигаясь в пределах водного горизонта обитания объекта промысла. Таким образом, необходима активная автоматизированная система, способная управлять формой и положением трала в пространстве, в зависимости от горизонта хода.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМОЙ И ПОЛОЖЕНИЕМ ТРАЛА В ПРОСТРАНСТВЕ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОРИЗОНТА ХОДА

При проведении текущего исследования траловый комплекс подвергся доскональному изуче-

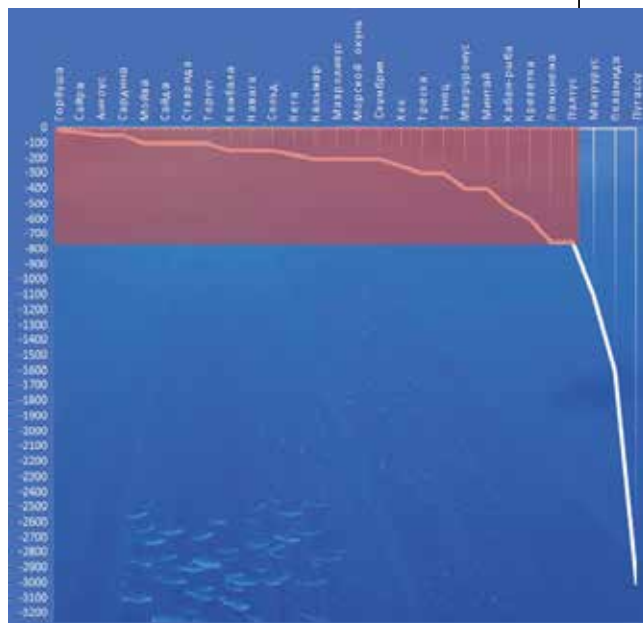


Рисунок 3. Зона сопутствующего прилова
Figure 3. The zone of associated by-catch

нию, как относительно его сетных элементов, так и относительно элементов его оснастки и взаимосвязи их деятельности. Была разработана математическая модель тралового комплекса, благодаря которой выявлено, что основным способом для управления формой трала, включая его рас-

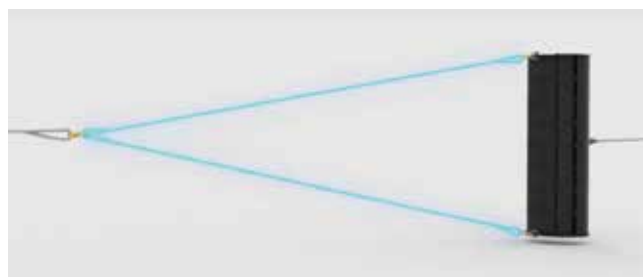


Рисунок 4. V-образное крепление
кабелей траловой доски
Figure 4. V-shaped attachment of trawl board cables



Рисунок 5. Параллельное крепление
кабелей траловой доски
Figure 5. Parallel fastening of trawl board cables

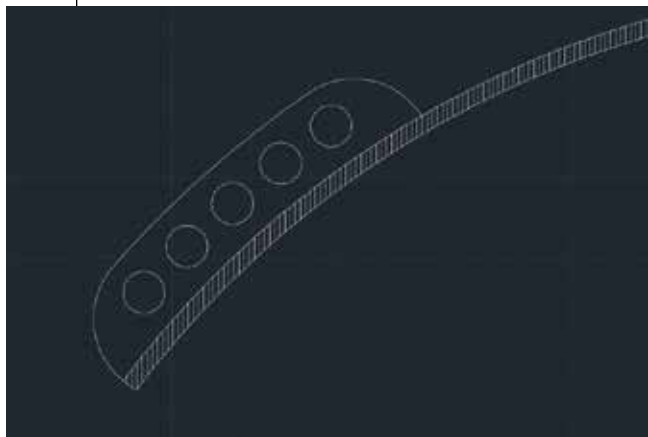


Рисунок 6. Крепёжная пластина кабелей
Figure 6. Cable mounting plate



Рисунок 7. Смещение крепежа кабеля вперед
Figure 7. Cable fastener offset forward



Рисунок 8. Смещение крепежа кабеля назад
Figure 8. Cable fastener offset backwards

крытие и закрытие, являются траловые распорные устройства – траловые доски. Они занимают центральную позицию в траловой системе. Благодаря им, траловый комплекс способен обеспечивать рабочие расчётные величины устья трала и стабильно действовать, независимо от внешней среды и режимов траления, включая переходные процессы и маневрирование, при наведении на косяки рыбных скоплений. В соответствии с требованиями, выдвигаемыми траловым доскам в составе тралового комплекса, при обеспече-

нии траления конкретных видов гидробионтов, акватории промысла, погодных условий, эксплуатационных характеристик судна и элементов, входящих в траловую систему, происходит тонкая предварительная настройка траловых досок. Настройка осуществляется заранее перед каждым тралением, когда трал находится на промысловой палубе. После чего сбрасывается за корму судна. Траловые доски начинают работу сразу же, как только оказываются в воде. От правильной настройки траловых досок зависит величина и направление приложенных сил, создаваемых судном при буксировке трала. Помимо раскрытия трала, они также влияют на скорость заглубления и подъема, его статическую и динамическую устойчивость, маневренность и в целом задают общую эффективность траления. Рассмотрим способ управления траловыми досками, с целью достижения целевых проектных характеристик автоматизированной системы управления, таких как обеспечение контроля раскрытия устья трала, а также – управления действия гидродинамической силы на распорные устройства. Достижение этого позволит непрерывно контролировать трал и практически полностью исключить сопутствующий прилов и существенно повысит эффективность промысла.

Траловые доски, соединённые с судном посредством ваеров, и с тралом – посредством кабелей, занимают центральную позицию в системе разнотрава. При этом соединении с концами трала посредством кабельных креплений может быть двух видов. Кабели могут образовывать V-образные крепления, как показано на рисунке 4.

Также возможно параллельное крепление, как показано на рисунке 5.

Независимо от типа крепления, на каждой траловой доске имеются ровно две точки крепления кабелей. Одна точка – в районе верхней кромки траловой доски, вторая – в районе нижней кромки траловой доски. Рассмотрим способ управления траловой доской по регулировке точек крепления кабелей. На рисунке 6 представлена крепёжная планка кабелей.

На обоих крепежных планках кабелей имеется несколько отверстий. Ранее было произведено исследование сил, действующих на траловую доску. Положение траловой доски в пространстве определяется равновесием силы реакции ваера, кабелей, силы гидродинамического сопротивления и распорной силы. Каждая из этих сил создаёт момент относительно центра тяжести траловой доски. Таким образом, любое изменение в положении крепежных элементов меняет характеристики моментов сил и приводит к новому равновесному положению траловой доски в пространстве.

Смещение точки крепления кабелей вперёд, как показано на рисунке 7, приведёт к повороту траловой доски что увеличит угол атаки.

Увеличение угла атаки в диапазоне рабочих значений, не превышающих его критических показателей и не приводящее к срыву, обтекающе-

го траловую доску, потока жидкости, приводит к увеличению распорной силы. Увеличение распорной силы, в свою очередь, приведёт к увеличению раскрытия устья трала.

Теперь сместим точку крепления траловой доски в обратном направлении – назад к крайнему положению, вблизи оконечности траловой доски, как показано на рисунке 8.

Такое смещение крепежа кабеля приведет к обратному пространственному повороту. Траловая доска изменит своё положение таким образом, что угол атаки уменьшится и соответственно упадет распорная сила. Снижение распорной силы, в свою очередь, приведёт к уменьшению устья трала.

Для обеспечения более высоких манёвренных качеств тралового комплекса опытные рыбопромысловики часто задают траловой доске небольшой дифферент назад. Это достигается за счёт большего смещения нижнего крепежа кабеля, ближе к кормовой оконечности, без изменения положения верхней точки крепления ваера, как показано на рисунке 9.

Дифферент назад увеличивает манёвренные характеристики траловой доски, при подъёмах, связанных с огибанием препятствий и позиционированию относительно рыбных скоплений в сложных условиях рельефа акваторий промысла. За счет того, что набегающий поток жидкости на профиль траловой доски складывается из продольного и вертикального движений, он немного отклонён в подобных ситуациях в продольно-вертикальной плоскости, что как раз и компенсируется полученным деферентом. Также, при маневрировании в расщелинах, траловая доска может столкнуться с грунтом, как показано на рисунке 10. В таких случаях при дифференте траловая доска отбрасывается вверх, не цепляясь за препятствия.

Это спасает трал от повреждений. Однако дифферент имеет и негативные последствия. Они выражаются неравномерным обтеканием верхней и нижней кромок траловой доски, что приводит к увеличению индукционного сопротивления. При нормальных режимах работы, связанных с движением в рамках одного горизонта, обтекание основного профиля будет отличаться от расчётных за счёт дифферента, что ухудшит его гидродинамические свойства и приведет к сокращению распорной силы при дифференте доски и больших энергетических затрат на промысле.

Мы рассмотрели возможности регулировки при помощи кабельного крепления траловых досок. Помимо него траловые доски оснащены ваерным креплением, через которое испытывают буксировочное усилие посредством ваера. Ваерное крепление также состоит из нескольких перфорированных планок и позволяет регулировать положение траловой доски. На рисунке 11 представлена конструкция ваерного крепления.

Крепление ваерной планки на теле траловой доски осуществляется через дужки ваерной планки, обозначенные позицией 1, через которые проходит удерживающий штифт, обозначенный пози-

цией 2 с крепёжной гайкой 3. В ваерной планке, представленной позицией 4, имеется несколько крепежных отверстий позволяющих устанавливать ваер на разной высоте. Крепление ваера осуществляется посредством штифта 5, фиксиционной гайкой 6, которые удерживают крепёжную скобу ваера 7.

Съёмное крепление ваерной планки, посредством штифтового соединения, позволяет пере-

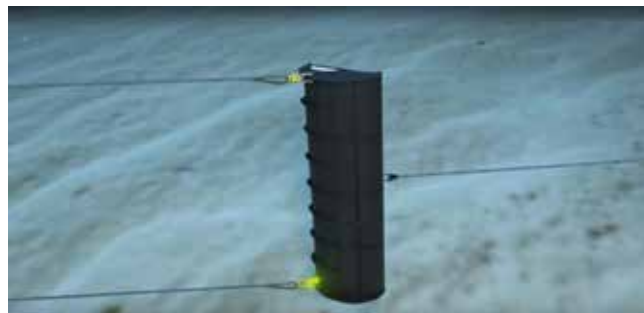


Рисунок 9. Смещение нижнего крепежа кабеля

Figure 9. Offset of the lower cable fastener



Рисунок 10. Столкновение с грунтом

Figure 10. Collision with the ground

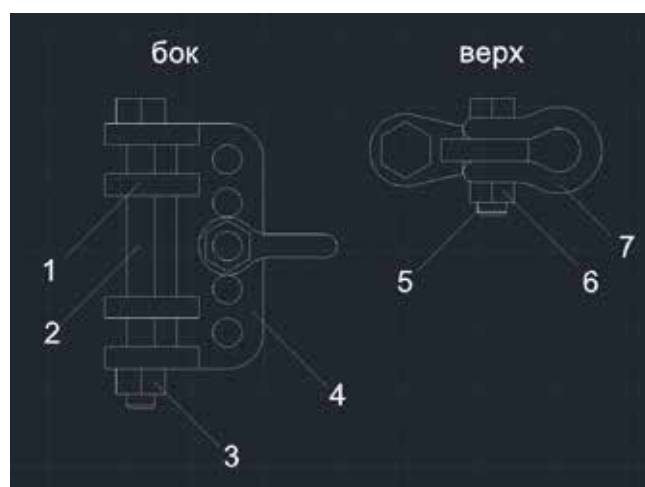


Рисунок 11. Конструкция ваерного крепления

Figure 11. Door mounting design



Рисунок 12. Смещение ваерной планки вперёд

Figure 12. Displacement of the anchor bar forward



Рисунок 13. Смещение ваерной планки назад

Figure 13. Displacement of the anchor bar back



Рисунок 14. Смещение крепежа ваера вверх

Figure 14. Displacement of the waer fastener upwards



Рисунок 15. Смещение крепежа ваера вниз

Figure 15. Displacement of the waer fastener downwards

мещать точку буксировки в горизонтальной плоскости. Таким образом, можно также добиться изменения величины распорной силы, за счёт изменения положения траловой доски по отношению к набегающему потоку жидкости и соответствующего угла атаки. При смещении точки крепления ваера вперёд, ближе к носовой кромке траловой доски, как показано на рисунке 12, угол атаки, распорная сила и раскрытие трала уменьшаются.

При смещении ваерной планки назад, ближе к кормовой оконечности траловой доски, как показано на рисунке 13, угол атаки, распорная сила и раскрытие трала увеличиваются.

Достижимый эффект, по своей сущности, является аналогом, за счёт регулировки при помощи кабельных креплений. Помимо регулировки в горизонтальной плоскости, из-за оборудования ваерной планки несколькими отверстиями, расположенными друг над другом, существует возможность регулирования точки ваерного крепления по вертикали. При поднятии крепёжной скобы выше середины траловой доски, согласно системы уравнений сил траловой доски, описанной ранее, и формулы 77, образуется момент сил, кренящий траловую доску по направлению к её внутренней плоскости, как показано на рисунке 14.

При поднятии крепёжной скобы ниже середины траловой доски, как показано на рисунке 15, образуется момент сил, кренящий траловую доску по направлению к её внешней плоскости.

Таким образом, траловой доске можно задавать крен. При крене вовнутрь, часть распорной силы приобретает вертикальную составляющую, направленную вверх траловой доски, что обеспечивает всплытие тралового комплекса. При крене во внешнюю часть распорной силы, приобретает вертикальную составляющую, направленную вниз, и траловая доска начинает заглублять трал. Следовательно, можно обеспечивать более быстрое всплытие или спуск трала. Однако, учитывая, что настройка производится единократно на борту судна перед замётом трала, на современных траловых досках можно использовать только одно из выше перечисленных свойств. Также стоит отметить, что при данном виде настройки в своем рабочем режиме, при облове рыбных скоплений в условиях движения по водному горизонту обитания объекта промысла, траловая доска будет постоянно терять распорную силу на вертикальную составляющую, и эффективность промысла, при облове рыбных скоплений, будет при этом падать, за счёт уменьшения раскрытия устья трала и зоны облова.

Таким образом, техническое решение для достижения проектных показателей может базироваться на физических моделях, описанных в главе 1, главе 2 и главе 6, подкреплённых техническими средствами автоматизации, базирующихся на конструктивных особенностях точек крепления кабелей и вееров на траловых досках.

В качестве базовых технических принципов управления траловой доской были взяты:

1. Продольное перемещение точек крепления кабелей;

2. Вертикальное перемещение точки крепления ваера.

Исходя из проведённого ранее описания перемещения точек крепления кабелей и перемещения точки крепления ваера, это позволит менять угол атаки траловой доски, а также задавать ей необходимый крен и деферент и, тем самым, управлять траловой системой в целом, включая его позиционирование в пространстве и величину раскрытия трала. Главной особенностью, разработанных автоматических средств, является то что регулировку можно производить непрерывно,

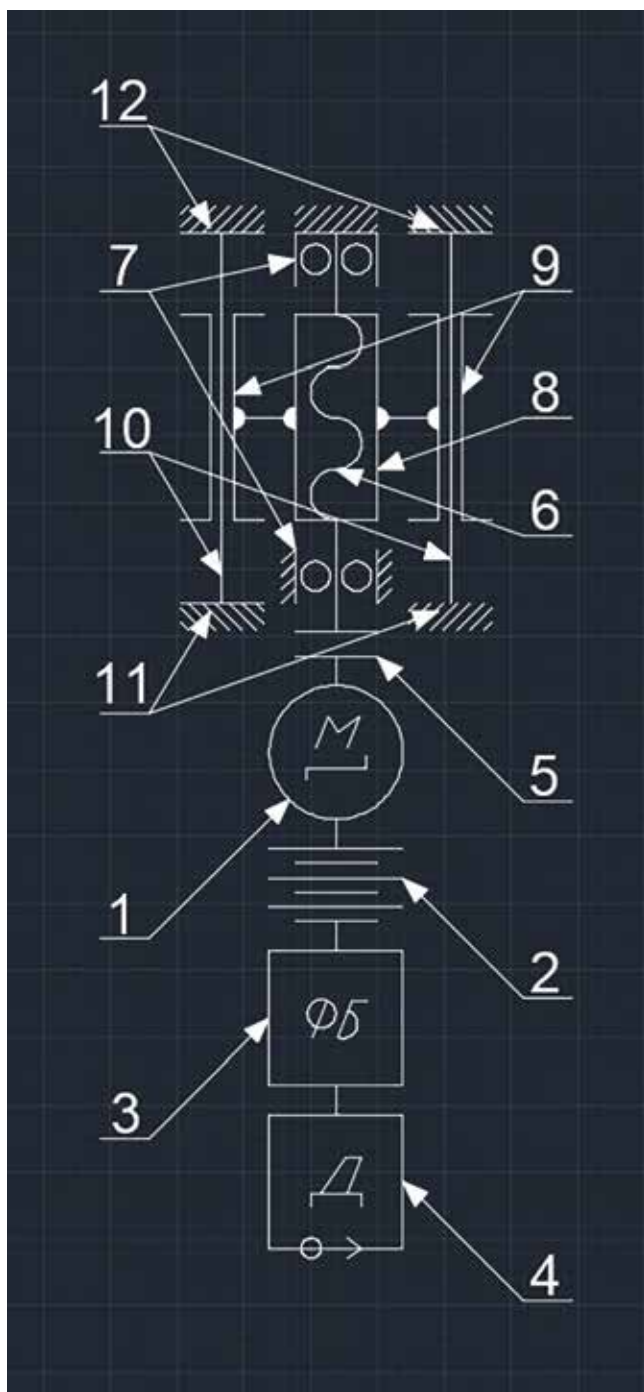


Рисунок 16. Схема автоматизированного механического блока управления тралом
Figure 16. Diagram of an automated mechanical trawl control unit

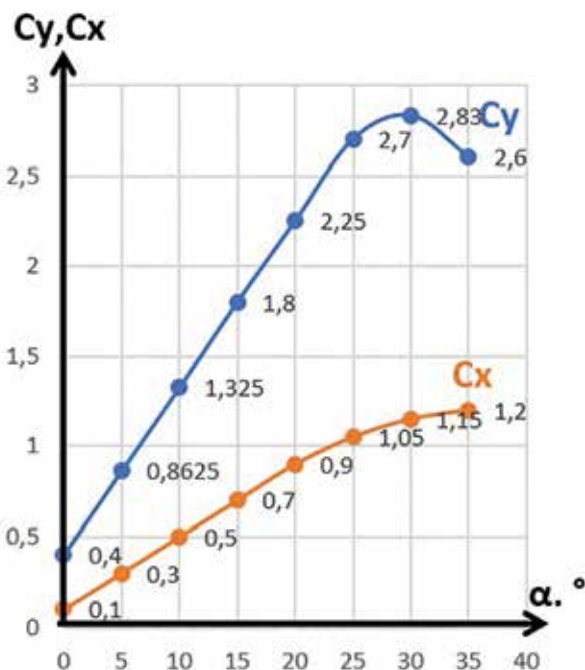


Рисунок 17. Гидродинамические коэффициенты траловой доски удлинения 3
Figure 17. Hydrodynamic coefficients of the trawl board elongation 3

а не единовременно на борту, оптимизируя в каждый момент времени, в соответствии с этапами траления, тем самым многократно увеличивая эффективность траления.

Всего на каждую траловую доску тралового комплекса, в штатные крепёжные отверстия, устанавливается три автоматизированных механических блока. Разберём устройство механических блоков.

Схема разработанного автоматизированного механического блока представлена на рисунке 16.

На первой позиции схемы автоматизированного механического блока управления тралом изображён шаговый двигатель. Питание шагового двигателя осуществляется за счёт бортового литийного аккумулятора – позиция 2. Управление вращений шаговым двигателем осуществляется за счёт функционального блока 3. В функциональном блоке установлены логические микросхемы, опирающиеся, при задании вращения двигателя, на информацию с датчиков 4. При вращении шагового двигателя через герметичную муфту 5. При передаче вращения на червячный вал 6. Вал закреплён в корпусе при помощи подшипников 7. Через винтовую передачу 8 он преобразует вращательное движение электродвигателя в поступательное движение. Поступательное движение передаётся на линейные подшипники крепёжной каретки 9. Линейные подшипники закреплены на линейных валах 10. Линейные валы имеют жесткое крепление с корпусом установки 11 и 12.

Автоматизированный механический ваерный блок монтируется вертикально в крепления план-

ки ваера. Автоматизированные механические кабельные блоки монтируются горизонтально на кабельную планку. Таким образом, они являются промежуточными звеньями между траловой доской, ваером и кабелями.

При работе шаговым двигателем необходимо обеспечивать работы с весовыми нагрузками эквивалентной массой траловых досок. На текущий момент наиболее эффективными траловыми досками являются траловые доски с коэффициентом удлинения 3, соотношения ее высоты к ширине, что позволяет уменьшить индуктивное сопротивление на оконечность траловой доски и достичь наилучшего гидродинамического качества. Гидро-

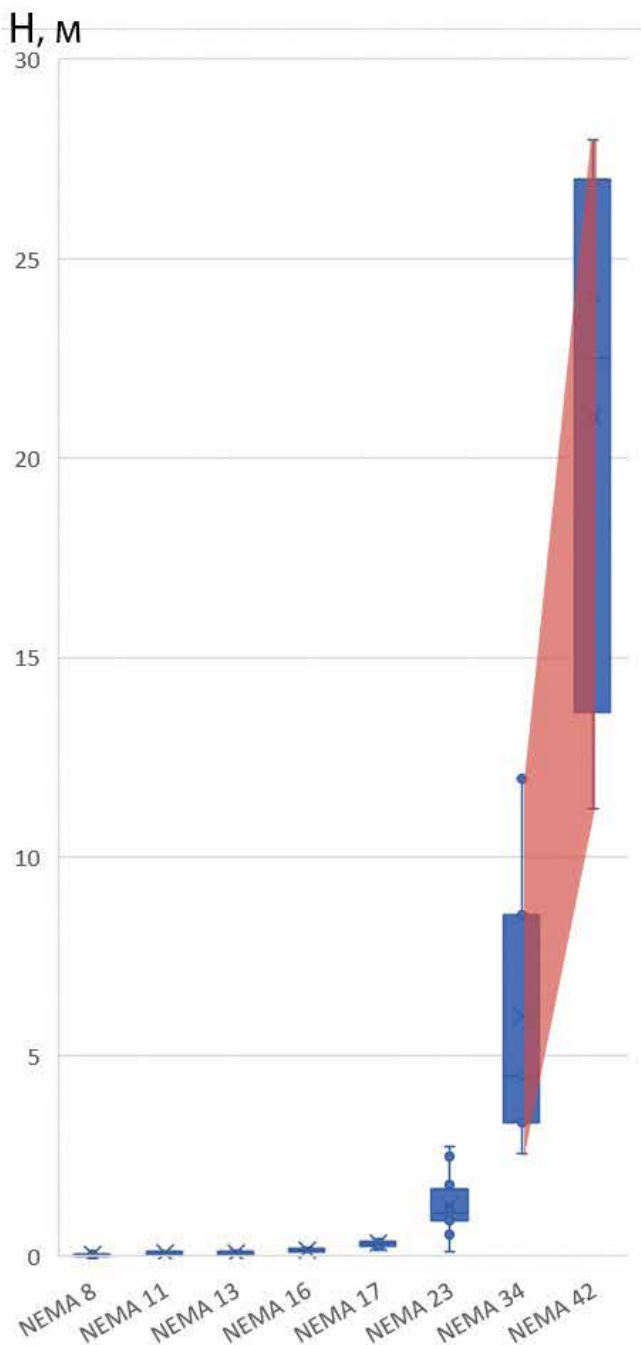


Рисунок 18. Характеристики шаговых двигателей

Figure 18. Characteristics of stepper motors

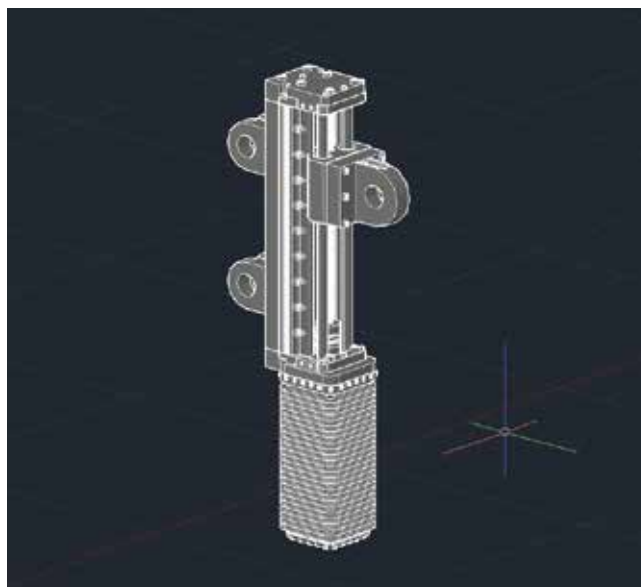


Рисунок 19. Автоматизированный механический блок управления ваерным креплением траловой доски рыбопромыслового комплекса

Figure 19. Automated mechanical control unit for the anchorage of the trawl board of the fishing complex

динамические коэффициенты данного типа траловых досок представлены на рисунке 17 [1; 2].

В соответствии с данными гидродинамическими коэффициентами, для обеспечения необходимой распорной силы для раскрытия натурального трала, необходимы будут доски площадью не менее 2 м².

В таблице 1 представлены весовые характеристики траловой доски с удлинением 3 [3;4; 5].

Вес траловых досок варьируется в диапазоне от 100 кг до 3 тонн. Для проектируемого тралового комплекса вес траловой доски составляет 217 кг.

Конструкции автоматизированного механического блока управления трала и, в частности, шаговому двигателю придётся преодолевать при работе существенные нагрузки. На текущий момент серийно выпускаются восемь видов шаговых двигателей. На рисунке 18 представлены их характеристики.

Большинство из серий не подходят для автоматизации в промышленном рыболовстве, однако серии стандарта NEMA 34 и NEMA 42, обозначенные на графике красным, в совокупности с правильно подобранным, при удачной червячной передаче, способны развивать линейные усилия, превосходящие массу траловой доски. При КПД такой передачи 95% и шаге червячного вала 2 мм, 1 Нм шагового двигателя может продуцировать 2985 Н осевой силы. Таким образом, автоматизированные механические блоки управления тралом на базе NEMA 34 и NEMA 42 могут применяться на траловых досках площадью от 1 до 15 м². В рамках текущего проекта были спроектированы блоки управления тралом на базе NEMA 42, с крутящим моментом 20 Нм, с шагом червячного вала 4 мм, что позволяет развивать линейное

Таблица 1. Весовые характеристики траловой доски с удлинением 3 /
Table 1. Weight characteristics of a trawl board with an elongation of 3

Площадь, м ²	Вес, кг
1,0	98
1,5	162
2,0	217
2,5	294
3,0	462
3,5	546
4,0	630
4,5	672
5,0	840
5,5	1092
6,0	1260
6,5	1512
7,0	1680
7,5	1848
8,0	1932
8,5	2016
9,0	2100
9,5	2184
10,0	2226
10,5	2268
11,0	2352
11,5	2520
12,0	2604
12,5	2688
13,0	2772
13,5	2856
14,0	2940
14,5	3024
15,0	3192

регулирующее усилие в 30 кН, так что они способны эксплуатироваться практически с любыми траловыми досками, применяемыми в промышленном рыболовстве.

На рисунке 19 представлен автоматизированный механический блок управления ваерным креплением траловой доски рыбопромыслового комплекса.

На рисунке 20 представлен автоматизированный механический блок управления кабельным креплением траловой доски рыбопромыслового комплекса.

Конструкция блоков унифицирована, что улучшает их ремонтпригодность. Автоматизированный механический блок управления ваерным креплением обтекает потоком жидкости в поперечной плоскости, поэтому рёбра охлаждения корпуса электронного блока выполнены в поперечном исполнении. Автоматизированный механический блок управления кабельным креплением обтекает потоком жидкости в продольной плоскости, поэтому рёбра охлаждения корпуса электронного блока выполнены продольными. Также для улучшения гидродинамических свойств, при кабельном креплении, на носовую оконечность автоматизированного механического блока установлен обтекатель.

На рисунке 21 представлено внутреннее насыщение электронных блоков автоматизированной системой управления траловым комплексом.

Под шаговым двигателем NEMA 42 установлена аккумуляторная сборка из стандартизированных аккумуляторных ячеек серии 18650. Данный тип аккумуляторных ячеек хорошо зарекомендо-

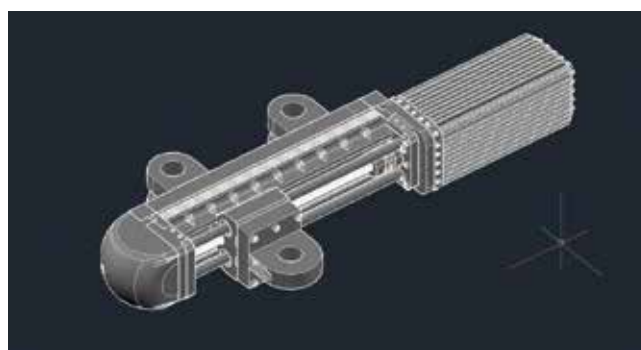


Рисунок 20. Автоматизированный механический блок управления кабельным креплением траловой доски рыбопромыслового комплекса
Figure 20. Automated mechanical control unit for cable fastening of the trawl board of the fishing complex

вал себя в электромобилях и обладает высокими показателями емкости до 4200мАч, и мощности до 30А. Под аккумуляторным блоком установлена сборка из двух плат BMS с максимальным током 100 А обеспечивающих контроль аккумуляторного блока. Под платой BMS установлены платы управления шагового двигателя, плата управления внутренними реле и аппаратными датчиками на основе arduino mega 2560, а также – логическая операционная плата управления NVIDIA Jetson. Нижний отсек корпуса размещает катушку беспроводной зарядки, блоки беспроводной связи, датчики давления, инклинометр и гироскоп.

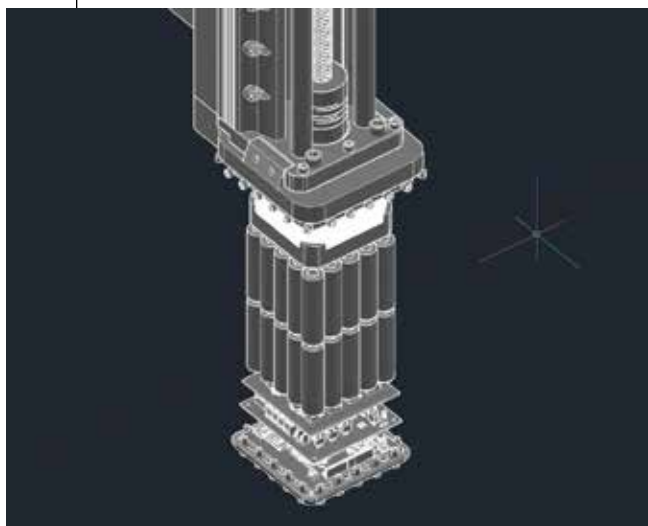


Рисунок 21. Внутреннее насыщение автоматизированного механического блока управления траловой системой
Figure 21. Internal saturation of the automated mechanical control unit of the trawl system

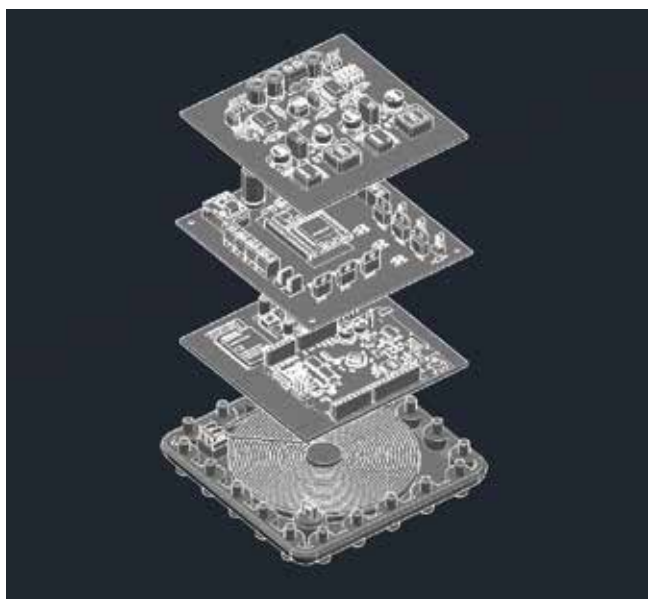


Рисунок 22. Электронная часть насыщения автоматизированного механического блока управления траловой системой
Figure 22. Electronic part saturation of the automated mechanical control unit of the trawl system

На рисунке 22 представлена электронная часть насыщения автоматизированного механического блока управления траловой системой.

Внутреннее насыщение механической части, представленное на рисунке 23, состоит из шагового двигателя, червячной передачи, линейных валов, крепёжных планок и болтовых соединений.

На рисунке 24 представлена траловая доска с установленной автоматизированной системой управления траловым комплексом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведём реальную картину на основаниях показателей трала, с установленной автоматизированной системой управления траловым комплексом и без неё.

В качестве объекта промысла возьмём минтай. Данная рыба обитает на сравнительно небольшой глубине равной 400 метрам. С текущими проектными характеристиками траловый комплекс способен добывать до 15 т рыбы за одно траление. При этом время траления варьируется в диапазоне от 40 до 70 мин., в качестве расчётного возьмём среднее время равное 55 минутам. Скорость траления при добыче минтая варьируется в диапазоне от 3,5 до 4,5 узлов, возьмём в качестве расчётного среднее значение равное 4 узлам. Скорость спуска трала лежит в диапазоне от 0,75 до 1,25 м/с, в качестве расчётной возьмём среднюю скорость спуска равную 1 м/с. Скорость выборки трала в диапазоне от 0,5 до 0,75 м/с, в качестве расчётной возьмём среднюю скорость выборки равную 0,6 м/с.

Без автоматизации промысловый цикл обусловлен следующими показателями. Сразу после спуска, находясь в абсолютно вертикальном положении, траловые доски выходят на рабочий угол атаки в 30° и начинают продуцировать распорную силу 1×10^4 Н. Трал раскрывается до максимального показателя. При этом сопротивление трала достигает показателей 8×10^4 Н, а сопротивление траловых досок – $0,36 \times 10^4$ Н. Эти показатели сохраняются на всём диапазоне спуска, который длится 7 минут. Попутно происходит захват нецелевых гидробионтов, к моменту выхода на рабочий горизонт их величина достигает 2 тонны. После выхода на рабочий горизонт стравление ваеров прекращается и трал начинает двигаться в горизонтальной плоскости. Пройдя в рабочем горизонте около 5 км трал заполняется на 80%. Начинается подъём трала. При выборке он попутно захватывает около 3 т дополнительного прилова. Таким образом, из 15 т улова 5 т является нецелевым приловом, возвращаемым за борт, и остаётся 10 т котируемого целевого объекта промысла.

Рассмотрим промысловый цикл с установленной системой автоматизированного управления траловым комплексом. После спуска трала кабельные блоки автоматики отодвигают крепление кабелей в крайнее положение к оконечности траловой доски. Траловая доска вместо рабочего положения угла атаки выставляется на нулевой угол атаки. При этом сила, продуцируемая траловой доской, падает с рабочей 1×10^4 Н до $0,14 \times 10^4$ Н. Гидродинамическое сопротивление траловых досок при этом падает с $0,36 \times 10^4$ Н до $0,04 \times 10^4$ Н. Трал полностью смыкает устье и его сопротивление падает с 8×10^4 Н до $1,6 \times 10^4$ Н. Блок ваерной автоматики приподнимает блок ваерного крепления, траловая доска разворачивается из вертикального положения в горизонтальное и начинает работать на заглубление, перенаправляя остаточную силу $0,14 \times 10^4$ Н в вертикальную плоскость, вниз. За счёт этого скорость заглубления увеличивает-

ся на 14% и достигает 1,14 м/с, что сокращает время спуска. При достижении рабочего горизонта автоматика возвращает крепление ваера в рабочее положение, и доска принимает вертикальное положение. Блоки управления кабельными креплениями пододвигают крепление кабелей ближе к носу до достижения траловой доски рабочего угла атаки. Траловая доска начинает продуцировать распорную силу 1×10^4 Н, трал раскрывается на 100%. Происходит облов целевого объекта промысла. Трал заполняется на 15 тонн. После этого автоматика кабельных креплений отодвигает крепление кабелей в крайнее положение к задней оконечности траловой доски. Угол атаки падает до нулевого значения. Сила на траловых досках уменьшается до $0,14 \times 10^4$ Н. Устье трала смыкается, что препятствует потере улова и сокращает сопротивление трала до $1,6 \times 10^4$ Н. Автоматика ваерных креплений понижает высоту ваера, что приводит к развороту траловой доски вовнутрь и настройке её на всплытие. Из вертикального положения они переходят в горизонтальное, так что остаточная гидродинамическая сила $0,14 \times 10^4$ Н направлена вверх. Это ускоряет выборку трала на 14%. Таким образом удаётся достичь сокращения времени траления на 9%, увеличить объём добычи целевого гидробионта за одно траление в абсолютном выражении на 5 т, а в относительном – на 33%. Средние показатели суммарного гидродинамического сопротивления траловых досок и трала сокращаются с 9×10^4 Н до 5×10^4 Н, что в относительном выражении составляет 60%. Контроль раскрытия трала абсолютный и выражается 100% полным раскрытием в рабочем режиме и 0% смыканием на нецелевых горизонтах кода. Среднее сопротивление траловых досок сократилось с $0,36 \times 10^4$ Н до $0,2 \times 10^4$ Н, что в относительном выражении составило 55%. Таким образом, удалось достичь существенного увеличения как рентабельности, так и экологичности промысла, и в полной мере реализовать концепцию бережливого природопользования и бережливого производства.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Вуд К.Д. Техническая аэродинамика / К.Д. Вуд // М.: Ученые записки ЦАГИ. – ЦАГИ, 1938. – 252с.
1. Wood K.D. Technical aerodynamics / K.D. Wood // M.: Scientific notes of TsAGI. – TsAGI, 1938. – 252 p.
2. Карпенко В.П. Исследование гидродинамических характеристик распорных траловых устройств / В.П.Карпенко // Тр. ЦНИИ-ТЭИРХ. Промышленное рыболовство. – М., 1973. – Т. 2. – С. 47-49.
2. Karpenko V.P. Investigation of hydrodynamic characteristics of spacer trawling devices / V.P.Karpenko // Tr. TSNIITEIRH. Industrial fishing. – M., 1973. – Т. 2. – Pp. 47-49.
3. Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства / Фридман А.Л. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 379 с.
3. Friedman A.L. Theory and design of tools for industrial fishing / Friedman A.L. – M.: Light and food industry, 1981. – 379 p.
4. Hampidjan trawl doors// [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hampidjan.is/products/fishing/trawl-doors/> (дата обращения: 06.03.2016).

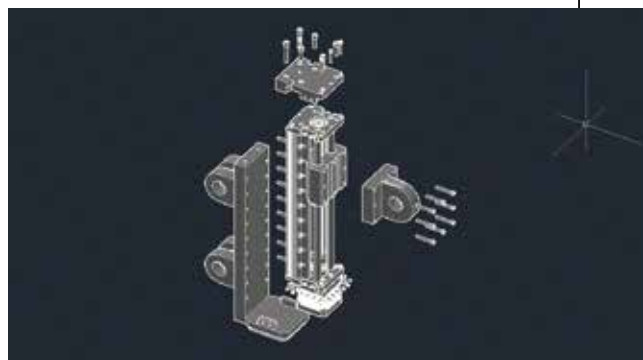


Рисунок 23. Внутреннее насыщение механической части автоматизированного блока управления траловой системой
Figure 23. Internal saturation of the mechanical part of the automated control unit of the trawl system

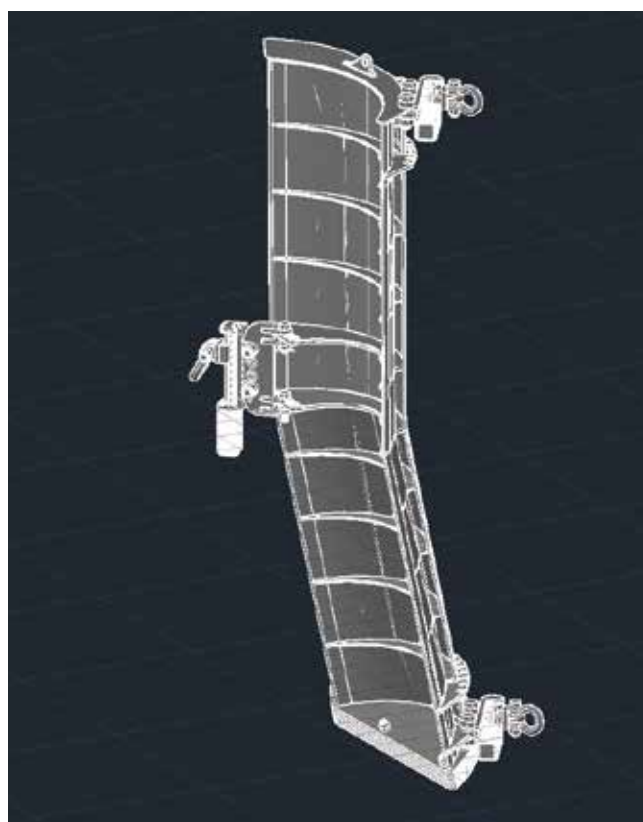


Рисунок 24. Траловая доска с установленной автоматизированной системой управления траловым комплексом
Figure 24. A trawl board with an installed automated control system for the trawl complex

4. Hampidjan trawl doors// [Electronic resource]. URL: <http://www.hampidjan.is/products/fishing/trawl-doors/> / (accessed: 06.03.2016).
5. Thyborøn Pelagic Trawl doors // [Электронный ресурс]. URL: <http://thyboron-trawldoor.dk/products/pelagic-trawldoors/> (дата обращения: 06.03.2016).
5. Thyborøn Pelagic Trawl doors // [Electronic resource]. URL: <http://thyboron-trawldoor.dk/products/pelagic-trawldoors> (accessed: 06.03.2016).