

*На правах рукописи*



Скуратов Николай Александрович

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УСИЛИЯ  
ВЫБОРКИ ТРАЛОВЫХ МЕШКОВ С УЛОВОМ ПО СЛИПУ СУДНА ОТ  
ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ СУДНО-ТРАЛ-ПРОМЫСЛОВАЯ  
МАШИНА**

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Калининград – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»).

**Научный руководитель:** Суконнов Анатолий Владимирович, кандидат технических наук, доцент.

**Официальные оппоненты:**

**Лисиенко Светлана Владимировна** – доктор технических наук, доцент, профессор базовой кафедры биологической и биохимической инженерии, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО «ДВФУ»).

**Рязанова Татьяна Валерьевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры судовождения и промышленного рыболовства, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Керченский государственный морской технологический университет» (ФГБОУ ВО «КГМТУ»).

**Ведущая организация:**

Общество с ограниченной ответственностью «Фишеринг Сервис» (ООО «Фишеринг Сервис»).

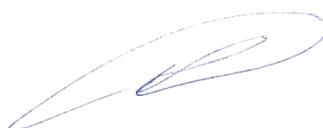
Защита состоится «28» апреля 2026 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета 37.2.007.04 на базе ФГБОУ ВО «КГТУ» по адресу г. Калининград, ул. Профессора Баранова, д. 43, зал заседаний диссертационных советов (ауд. 101).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «КГТУ» по адресу: [https://klgtu.ru/upload/dissertations/skuratov/skuratov\\_diss.pdf](https://klgtu.ru/upload/dissertations/skuratov/skuratov_diss.pdf)

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждения, следует направлять по адресу: 236022, г. Калининград, Советский пр., д. 1, ФГБОУ ВО «КГТУ», диссертационный совет 37.2.007.04, ученому секретарю Недоступу А.А., а также на электронный адрес: [nedostup@klgtu.ru](mailto:nedostup@klgtu.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
37.2.007.04  
кандидат технических наук,  
доцент



Александр Алексеевич  
Недоступ

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** При подъёме траловых мешков с уловом по слипу, наблюдается возникновение пиковых нагрузок в вытяжных концах лебёдок. Данные нагрузки нередко превышают тяговые усилия промысловых вытяжных лебёдок, что приводит к травмам экипажа, порывам орудий, поломкам промысловых механизмов и потери качества уловов за счёт повреждаемости промысловых объектов.

Описать процесс подъёма траловых мешков по слипу на уровне физической задачи не представляется возможным ввиду его сложности и большого количества влияющих факторов. Провести морские комплексные испытания на натуральных промысловых судах крайне затруднительно, поскольку охватить значительное количество промысловых схем и их сочетаний на конкретном судне невозможно, а на группе судов крайне дорогостояще. Учитывая вышеизложенное целесообразно провести исследования процесса подъёма траловых мешков по слипу на действующем макете промыслового судна с возможностью имитации реальных условий эксплуатации траловых систем на промысле.

Актуальность предпринятых исследований определяется необходимостью создания методов оценки усилия выборки траловых мешков с уловом по слипам рыболовных судов, направленных на обеспечение безопасности выполнения промысловых операций, снижение энергозатрат промысловых комплексов, износа орудий рыболовства и промысловых машин, уменьшение потери качества улова.

### **Степень разработанности темы исследования**

Изучением процесса движения траловых мешков с уловом по слипам судов занимались советские учёные и инженеры-конструкторы, такие как Карпенко В.П., Торбан С.С., Долин Г.М., Фридман А.Л., Дерменко В.В., Крагельский И.В. Указанные работы были направлены на изучение коэффициента трения при движении различных видов рыб по стали, влияния качки, коэффициента трения рыболовных материалов и слиповых поверхностей, форм слиповых поверхностей и их влияния на усилие возникающее во время выборки. Также были выведены зависимости усилия в вытяжном конце от указанных факторов. Однако применение данных формул на практике затруднительно, поскольку, коэффициент трения изменчив, а многие параметры, такие как проекции расстояния элемента до центра тяжести судна, радиус кривизны направляющей кривой слипа, ускорение по направлению тяги, угловое ускорение при килевой качке траулера снять крайне затруднительно. Результаты модельных испытаний не были проверены в морских условиях.

**Целью диссертационной работы** является установление закономерностей изменения усилия выборки траловых мешков с уловом по

слипу судна от сочетаний факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, для создания инструментов прогнозирования данных процессов и выработки рекомендаций по обеспечению безопасности промысловых работ.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- разработка методики проведения экспериментальных исследований на макетно-измерительном комплексе и натуральных траловых системах;
- конструирование и изготовление макетно-измерительного комплекса по исследованию влияния факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина на величину усилия выборки траловых мешков слиповым методом;
- проведение экспериментальных исследований на макетных и натуральных траловых системах в соответствии с разработанными методиками;
- проведение математической обработки данных, полученных в результате экспериментальных работ;
- получение зависимостей величины усилия выборки траловых мешков от влияющих факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина;
- проведение проверки адекватности полученной зависимости величины усилия выборки мешков с уловом по слипам промысловых.

#### **Научная новизна работы.**

Впервые установлены зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом по слипам промысловых судов с применением имитационного метода от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, которые позволяют выбирать сочетания значений факторов, обеспечивающих безопасность выполнения промысловых операций, работоспособность промысловых машин и орудий рыболовства за счёт снижения нагрузок, в том числе и пиковых.

Предложен метод оценки усилия выборки траловых мешков с уловом на палубу промыслового судна.

В диссертации получены следующие научные результаты:

- динамограммы изменения усилия выборки тралового мешка с уловом слиповым методом при различном сочетании факторов характеризующих систему судно-трал-промысловая машина;
- графические и аналитические зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом при варьировании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина (формы поверхности слипового настила, угла наклона слипа, угла выхода вытяжного конца, наполнения мешка, скорости выборки и площади соприкосновения мешка и слипа);

- проведена оценка значимости влияния исследуемых факторов на усилие выборки траловых мешков с уловом по слипам судов;
- создан алгоритм расчёта усилия выборки траловых мешков по слипу на промысловых судах.
- подтверждена возможность применения имитационного метода для оценки усилий, возникающих во время выборки траловых мешков по слипу для натуральных траловых систем.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Теоретическая значимость. Выполненная работа является базовым вариантом при проведении проектных работ для новых судов с целью обеспечения безопасности промысловых операций и снижения аварийности проведения работ с траловым комплексом, за счёт выбора сочетания влияющих факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, позволяющих снизить усилия выборки.

Практическая ценность работы состоит в возможности использования полученных в диссертации результатов для оценки численных значений усилия выборки траловых мешков при различных сочетаниях параметров натурной системы судно-трал-промысловая машина с целью обеспечения безопасности проведения промысловых работ и сопоставления усилия с возможностями промысловых машин, что позволит повысить их работоспособность и безопасность обслуживания при ведении промысла.

#### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Материалы диссертационной работы Скуратова Н.А. на тему «Экспериментальное определение зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом по слипу судна от характеристик системы судно-трал-промысловая машина» соответствуют паспорту научной специальности 4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (технические науки): п. 8. Разработка орудий промышленного рыболовства, средств механизации, методики их использования.

**Методология и методы исследования.** Для достижения поставленной цели применялись:

- методы проведения исследований на экспериментальной установке и натурной траловой системе;
- экспериментальные исследования по определению усилия выборки на экспериментальной установке и натурной траловой системе;
- современные системы и методы математической обработки данных.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- экспериментальная установка по исследованию процесса подъёма траловых мешков с уловом слиповым методом;

- методика экспериментального определения усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки при выборке траловых мешков по слипу с учётом факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина;

- зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина.

- алгоритм расчёта усилия выборки траловых мешков по слипу на промысловых судах с учётом реальных условий эксплуатации.

### **Степень достоверности результатов и апробация работы.**

Достоверность проведенных исследований по определению зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом по слипу судна от характеристик системы судно-трал-промысловая машина, подтверждается полученными зависимостями, описывающими процесс возникновения и изменения усилия во время выборки траловых мешков с уловом по слипам промысловых судов с высокой точностью расчета, которые апробированы в условиях промысла.

Основные результаты и положения диссертации докладывались на расширенных заседаниях кафедры промышленного рыболовства, представлялись на VIII и XI Международном Балтийском морском форуме, «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», г. Калининград, 2020 и 2024 г. (очно); X Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». г. Петропавловск-Камчатский, 2019 г. (заочно), публиковались в научных журналах «Известия КГТУ» №54 и №57 в 2019 и 2020 году соответственно, в «Морские интеллектуальные технологии» 2022 г. № 4 часть 1, в «Научные труды Дальрыбвтуза» 2024 г. Т. 69, № 3. и в 2025 г. Т. 74, № 4., а так же в «Вопросы рыболовства» 2025 г Т. 26, № 4.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, в том числе 5 – в изданиях из перечня Российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России и 1 – в перечне Web of Science, подана заявка на патент на изобретение.

### **Личный вклад автора**

В 2019 – 2025 гг. автором сформулированы цели и задачи исследования, разработана методика проведения многофакторных испытаний, сконструирован и изготовлен действующий макет экспериментальной установки, выполнена серия экспериментальных работ на высокоточном и современном оборудовании, обработаны и проанализированы полученные экспериментальные данные, подготовлены научные материалы для научно-технических конференций и публикации в научных журналах.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и шести приложений. Общий объём – 223 страницы (с учётом приложений), в том числе 63 рисунков, 61 таблиц. Библиографический список литературы состоит из 88 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформулирована цель исследования, научная новизна, приведена степень достоверности и апробации результатов исследования, теоретическая и практическая значимость работы, а также указаны методы исследования. Вопросами оценки усилия выборки уловов по слипам судов занимались ученые такие как Карпенко В.П., Торбан С.С., Долин Г.М., Фридман А.Л., Дерменко В.В., Крагельский И.В.

Учитывая сложность физической сущности процесса движения траловых мешков по слипу, Карпенко В.П., Торбаном С.С., Долиным Г.М., Фридманом А.Л., Дерменко В.В., Крагельский И.В. были проведены научные исследования, направленные на определение нагрузочного режима промысловых машин и причин формирования пиковых нагрузок, исследование коэффициента трения мешка и рыбы о поверхность слипа.

Большинство работ проводилось без учёта сочетания влияющих факторов, характеризующих судно, промысловую машину, орудие рыболовства, что не позволило установить зависимости усилия выборки при одновременном влиянии групп факторов. Также исследователями было установлено, что коэффициент трения не однороден в процессе движения и изменяется по мере выборки мешка по слипу в достаточно широком диапазоне (от 0,3 до 0,6). Это обстоятельство не позволяет проводить точные расчёты усилий выборки траловых мешков с уловом. Как следует из вышеизложенного, процесс подъёма траловых мешков слиповым методом описать на уровне физической задачи не представляется возможным ввиду его сложности и большого количества влияющих факторов, а провести морские комплексные испытания на натуральных промысловых судах крайне затруднительно, поскольку охватить значительное количество промысловых схем и их сочетаний на конкретном судне невозможно, а на группе судов крайне дорогостояще. Учитывая данное обстоятельство целесообразно провести исследования процесса подъёма траловых мешков по слипу на действующем макете промыслового судна, выполненного в масштабе с возможностью имитации реальных условий эксплуатации траловых систем на промысле.

В первой главе **«Обзор промысловых схем, устройств, методов, способов выливки улова судов кормового траления»** представлен обзор научной, технической литературы и патентной информации по теме диссертации. Проведена классификация промысловых схем по способам и

методам выборки траловых мешков и выливки улова. Проведен обзор и анализ слиповых устройств промысловых судов тралового лова. Выполнен обзор научных исследований по теме диссертации. На основании выполненных этапов работ были сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе **«Методика проведения экспериментальных исследований на действующем макете промысловой палубы судов кормового траления»** приводится методика проведения макетных экспериментальных исследований.

Для проведения исследований была разработана методика, которая включает в себя описание:

- 1) экспериментальной установки,
- 2) объекта исследования;
- 3) применяющейся контрольно-измерительной аппаратуры;
- 4) исследуемых факторов;
- 5) проведения экспериментальных работ;
- 6) математической обработки результатов испытаний.

Для проведения испытаний по исследованию процесса поднятия мешков с уловом по слипам судов была разработана макетная установка с возможностью имитацией процесса выборки траловых мешков с уловом на промысловых судах, работающих слиповым методом. Процесс выборки принят как квазистатический.

В качестве базовой промысловой схемы была принята промысловая схема судна типа «рыболовный траулер морозильный консервный– супер» (РТМК-С), как наиболее современная и широко применяющаяся на промысле. Учитывая размеры помещений, в которой будет находиться установка, размеры базовой схемы были выполнены в масштабе 1:25. С учётом масштабных коэффициентов макетная установка имеет следующие габаритные размеры: 4,0х1,0х1,5 м.

При разработке макетной установки и моделей траловых мешков использовался метод масштабного моделирования, для этого были рассчитаны масштабные коэффициенты (таблица 1) и определены их геометрические размеры.

Схема действующей макетной установки по исследованию процесса подъёма траловых мешков по слипу представлена на рисунке 1.

Для проведения экспериментов были изготовлены стальные слиповые поверхности с прямой и сферической формами. Для имитации процесса движения трала в воде при выборке мешков с уловом установка имеет ванну с возможностью регулирования высоты подъёма, в которую набирается вода для проведения опыта. Угол выхода вытяжного конца обеспечивается направляющим блоком, установленным на стойке. Также было смонтировано устройство, позволяющее изменять и фиксировать слиповые поверхности и углы

их наклона. С целью имитации поверхности промысловой палубы рыболовного судна настил на макете бы выполнен из дерева.

Таблица 1 – Наименование и значения масштабных коэффициентов, принимаемых в работе

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$	Расчётные значения масштабов
Физические характеристики	Обозначение		
Длина	$C_l$	$C_l$	0,04
Площадь	$C_A$	$C_l^2$	0,0016
Объём	$C_V$	$C_l^3$	0,000064
Масса	$C_m$	$C_l^3$	0,000064
Время	$C_t$	1	1
Скорость	$C_v$	$C_l$	0,04
Сила	$C_R$	$C_l^3$	0,000064
Ускорение	$C_W$	$C_l$	0,04
Плотность	$C_\rho$	1	1
Угол	$C_a$	1	1
Коэффициент трения	$C_{\mu d}$	1	1

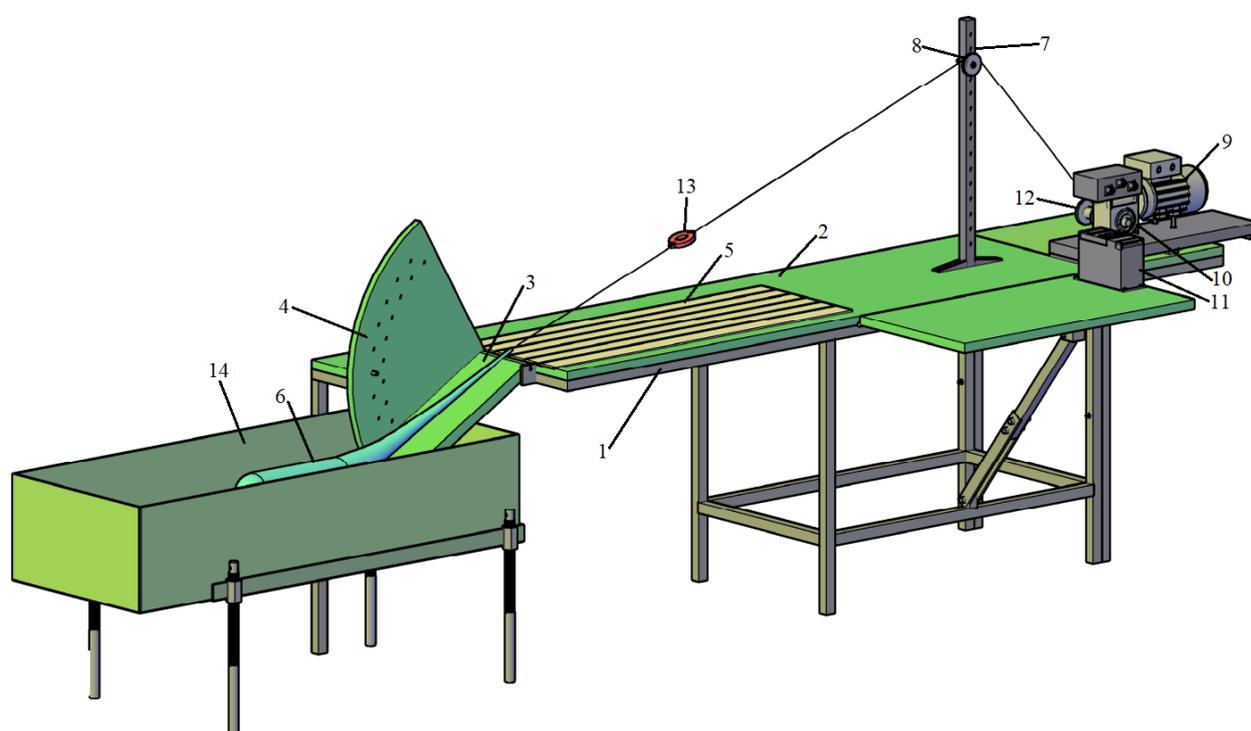


Рисунок 1 – Схема макетной установки:

1 – каркас, 2 – палуба, 3 – слиповое устройство, 4 – направляющая слипа, 5 – настил палубы, 6 – мешок, 7 – стойка крепления, 8 – блок, 9 – электродвигатель, 10 – редуктор, 11 – блок управления (частотомер), 12 – кабельно-сетной барабан, 13 – динамометр, 14 – ванна

Выборка моделей траловых мешков на установке осуществляется электрической лебёдкой с навивным барабаном, расположенной на месте вытяжной лебёдки. Регулировка скорости выборки моделей траловых мешков обеспечивалась за счёт применения управляющего блока с частотомером и коммутатором.

При проведении испытаний применялась следующая контрольно-измерительная аппаратура:

- 1) Силоизмерительный комплекса «Mіc 200» для замера усилия, возникающего в вытяжном конце при подъёме модели тралового мешка с уловом. Состоит из силоизмерительного датчика тензометрического типа и обрабатывающего устройства (ноутбук);
- 2) Весы для проведения измерений загрузки траловых мешков;
- 3) Секундомер для измерения временного параметра;
- 4) Линейка для измерения линейных параметров.

Модель тралового мешка, изготавливалась с учётом масштабных коэффициентов. За прототип взят траловый мешок В-408 пелагического трала для судов типа БМРТ, БАТМ, РТМК-С и пр.

Модель тралового мешка заполнялась полиамидными гранулами, которые имитировали улов с учётом масштабных коэффициентов.

Исследования по определению зависимости усилия подъёма траловых мешков от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина проводились в три этапа. На каждом этапе были отобраны серии влияющих факторов.

С целью полного охвата сочетания факторов при изучении физической сущности процесса подъёма траловых мешков применялся многофакторный метод планирования эксперимента, в частности была составлена матрица трёхфакторного эксперимента на 2 уровнях.

Порядок проведения испытаний на всех этапах следующий:

- Устанавливается сменный слиповый настил определённой формы
- Устанавливается угол наклона слипа ( $\alpha^\circ$ ) в интервале изменения. Для этого на установке имеются соответствующие отградуированные отверстия для стопоров, через каждые  $5^\circ$ .
- Устанавливается угол выхода вытяжного конца.
- Устанавливается скорость выборки с помощью регулятора частоты вращения вала электродвигателя в интервале изменения.
- Заполняется ванна водой до уровня, соответствующего порогу слипа.
- Заполняются мешки полиамидными гранулами, соответствующими плотности рыбы, и выдерживаются в течении 12 часов в воде.
- Подключается силоизмерительный датчик в линию вытяжного конца промысловой лебёдки, а затем он подключается к станции MІC 200.

- Включается лебёдка на выборку, фиксируется при этом изменение усилия в вытяжном конце лебёдки.

- Результаты отображаются в виде динамограмм и численных значений на мониторе тензостанции и записываются.

- Каждый эксперимент повторяется не менее 10 раз;

- Оценивается точность полученных результатов.

Для оценки точности полученных результатов определили погрешность измерения.

Погрешность измерения при многократных наблюдениях определили по формуле (1):

$$\delta x_{s,mbt} = t S_{x,mbt}, \quad (1)$$

где  $S_{x,mbt}$  – средняя квадратичная погрешность измерения;

$t$  – коэффициент доверительной вероятности.

Относительное отклонение результатов проведённых экспериментов находили по формуле (2):

$$C = \frac{\delta x_{s,mbt}}{x_{cp}} * 100\%, \quad (2)$$

где  $x_{cp}$  – среднее значение усилия выборки макетов траловых мешков, Н. Систематическую погрешность измерений (прибора) определяем в соответствии с формулой (3):

$$\Delta x_{пр} = \frac{E_{пр} x_{max}}{100\%} \quad (3)$$

Полная погрешность прямого измерения находим в соответствии с формулой (4):

$$\Delta x = \sqrt{\delta x_{x,mbt}^2 + \Delta x_{пр}^2} \quad (4)$$

После обработки полученных экспериментальных данных, в соответствии с планированием экспериментов в промышленном рыболовстве Долина Г.М. получаем зависимости усилия выборки траловых мешков.

Для понимания, насколько точно зависимость описывает влияние независимых факторов определяем индекс детерминации  $R^2$  (5):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \check{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

где

$x_i$  - фактические значения усилия выборки при  $n$ -ом сочетании факторов;

$\check{x}$  - расчётные значения усилия выборки при  $n$ -ом сочетании факторов;

$\bar{x}$  – среднее значение усилия выборки, соответствующее условию.

Для удобства расчёта предварительно сводим значения факторов и полученные результаты в таблицу.

После чего рассчитываем индекс детерминации для полученной зависимости.

В связи с небольшим числом строк, необходимо скорректировать индекс детерминации, который определяется по формуле (6):

$$R_{\text{кор}}^2 = (1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - k}) \quad (6)$$

где  $n$  – количество наблюдений в наборе данных;

$k$  – количество параметров модели.

**Четвёртая глава «Результаты экспериментальных исследований по определению усилия выборки траловых мешков по слипу судов от характеристик системы судно-трал-промысловая машина»** описывает проведение экспериментальных исследований и полученные с их помощью результаты.

**На первом этапе** проводилось экспериментальное исследование по определению зависимости усилия при подъёме траловых мешков с уловом по слипу от угла наклона слипа, угла выхода вытяжного конца и веса тралового мешка.

На основе анализа промысловых схем, тягово-скоростных возможностей промысловых лебёдок и корпусных конструкций промысловых судов кормового траления были выбраны значения и диапазоны изменения влияющих факторов, в частности:

Значения:

1. Форма слипового настила: прямая;
2. Скорость выборки модели тралового мешка составляет: 0,045 м/с;

Диапазоны:

1. Угол наклона слипа 30°-45°;
2. Угол выхода вытяжного конца: 5°-20°;
3. Вес мешка 1,25-2,0 кг, что соответствует заполнению гранулами 0,68 и 1,0.

Для данного этапа экспериментальных работ была составлена матрица трёхфакторного эксперимента на двух уровнях, и эксперименты выполнялись в соответствии со строками и столбцами матрицы, в соответствии с планом проведения экспериментов по десять раз по каждой строке матрицы с целью исключения случайно полученных величин, рассчитывался коэффициент вариации.

Относительное отклонение при испытаниях не превышала 5%, что говорит об достоверности полученных данных.

В результате экспериментальных работ были получены: силовые диаграммы изменения усилий в вытяжном конце во время выборки, которые подтвердили наличие пиковых нагрузок (рисунок 2).

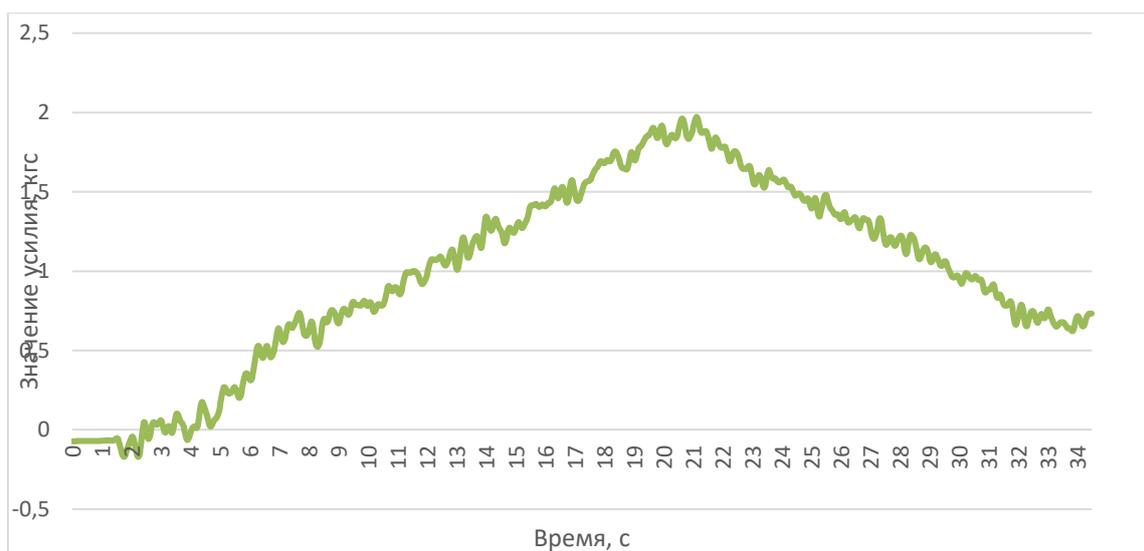


Рисунок 2 – Динамограмма усилия в вытяжном конце лебёдки при выборке мешка массой 2,0 кг на установке с углом наклона слипа 30° и угле выхода вытяжного конца 20°

После математической обработки данных и расчётов коэффициентов регрессии, была получена зависимость усилия в вытяжном конце для прямой поверхности слипового настила от угла наклона слипа, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка (7):

$$T = 19,85 + 4,59x_1 + 2,09x_2 - 1,63x_3 + 0,42x_1x_2 - 0,79x_1x_3 - 0,01x_2x_3 + 0,15x_1x_2x_3, \quad (7)$$

где  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  – значения заполнения мешка, угла наклона слипа и выхода вытяжного конца соответственно, записанные в кодированном виде (кодированные значение факторов ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

Анализ результатов испытаний и полученной зависимости показал, что главное значение на усилии в вытяжном конце траловой лебёдки имеет степень наполнение тралового мешка. Меньшее влияние оказывает угол наклона слипа. И незначительное – угол выхода вытяжного конца.

Исследования для слипов со сферической формой поверхности проводились с тем же набором и диапазоном исследуемых факторов в дополнение к проведённым выше. Эксперименты проводились по десять раз по каждой строке матрицы с целью исключения случайно полученных величин, рассчитывался коэффициент вариации.

Были получены динамограммы и численные значения усилия, возникающего в вытяжном конце лебёдки.

После математической обработки данных и расчётов коэффициентов регрессии была получена зависимость усилия в вытяжном конце для сферической поверхности слипового настила от угла наклона слипа, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка (8):

$$T = 19,79 + 2,86x_1 + 1,15x_2 - 0,67x_3 + 0,37x_1x_2 - 0,12x_1x_3 - 0,16x_2x_3 + 0,10x_1x_2x_3, \quad (8)$$

где  $x_1, x_2, x_3$  – значения заполнения мешка, угла наклона слипа и выхода вытяжного конца соответственно, записанные в кодированном виде (кодированные значение факторов ( $x_1, x_2, x_3$ ) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

Анализ результатов испытаний и полученной зависимости показал, что, как и при прямой форме слипа, главное значение на усилие в вытяжном конце траловой лебёдки имеет степень наполнение тралового мешка. Меньшее влияние оказывает угол наклона слипа. И незначительное – угол выхода вытяжного конца.

С целью получения универсальной зависимости на основе выполненных выше экспериментальных работ была составлена матрица четырёхфакторного эксперимента (факторами явились: форма слипа, заполнение мешка, угол наклона слипа и угол выхода вытяжного конца). После расчётов коэффициентов регрессии зависимость имеет вид (9):

$$T = 19,82 - 0,03x_1 + 3,72x_2 + 1,62x_3 - 1,15x_4 - 0,86x_1x_2 - 0,47x_1x_3 + 0,48x_1x_4 + 0,39x_2x_3 - 0,46x_2x_4 - 0,08x_3x_4 - 0,03x_1x_2x_3 + 0,33x_1x_2x_4 - 0,07x_1x_3x_4 + 0,03x_2x_3x_4 - 0,13x_1x_2x_3x_4, \quad (9)$$

где  $x_1, x_2, x_3, x_4$  – форма слипа, заполнение мешка, угол наклона слипа и угол выхода вытяжного конца соответственно, записанные в кодированном виде (кодированные значение факторов ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

Анализ полученной зависимости позволяет определить степень влияния исследуемых факторов на усилие в вытяжном конце промышленной лебёдки, в частности: первостепенное значение при обеих формах слиповых поверхностей имеет наполнение тралового мешка. Меньшее влияние оказывает угол наклона слипа. И незначительное – угол выхода вытяжного конца.

Подводя итог выполненных исследований по первому этапу работ можно сделать следующие выводы:

- 1) на слипах с прямой формой поверхности:
  - увеличение веса мешка в 1,6 раза (в диапазоне с 1,25 кг до 2,0 кг), приводит к увеличению усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом в среднем в 1,6 раза;
  - увеличение угла наклона слипа в 1,5 раза (в диапазоне с 30° до 45°) увеличит усилие в среднем на 23,7%;
  - изменение выхода вытяжного конца в 4 раза (в диапазоне с 5° до 20°) способствует снижению усилия в среднем на 14,3%.

- 2) на слипах со сферической формой поверхности:

- увеличение веса мешка в 1,6 раза (в диапазоне с 1,25 кг до 2,0 кг), приводит к увеличению усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом в среднем в 1,3 раза;
- увеличение угла наклона слипа в 1,5 раза (в диапазоне с 30° до 45°) увеличит усилие в среднем на 12,3%;
- изменение выхода вытяжного конца в 4 раза (в диапазоне с 5° до 20°) способствует снижению усилия в среднем на 6,5%.

**Второй этап** был посвящен исследованию влияния скорости на усилие выборки траловых мешков с уловом при сочетании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина.

Исследования были проведены в соответствии с предложенной методикой, по результатам которых была получена зависимость усилия в вытяжном конце от вышеуказанных факторов (10).

$$T = 32,02 - 5,00x_1 + 3,21x_2 + 1,43x_3 + 0,40x_1x_2 + 0,04x_1x_3 + 0,23x_2x_3 + +0,70x_1x_2x_3, \quad (10)$$

Где  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  – кодированные значения формы поверхности слипа, угла наклона слипа и скорости выборки мешка соответственно (кодированные значение факторов ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

Анализ полученной зависимости позволил определить приоритет исследуемых факторов и сделать вывод:

1. Наибольшее влияние на усилие выборки оказывает форма поверхности слипового настила, а незначительное влияние из рассмотренных факторов, оказывает скорость выборки.

2. При увеличении скорости выборки в 2 раза (с 0,031 м/с до 0,064 м/с) на прямом слипе при угле наклона слипа 30° рост усилия в вытяжном конце составил 8,9%, на слипе со сферической формой поверхности рост составил 15,9%. При угле наклона слипа, равном 45°, рост составляет 5,1%, 17,4% для прямого и сферического слипа соответственно.

3. Максимальные усилия возникают в месте перехода мешком порога слипа и слиповой канавки, данное обстоятельство справедливо для всех форм слипов.

**Третий этап** был посвящен исследованию влияния скорости и площади соприкосновения тралового мешка с поверхностями слипа и палубы на усилие выборки последних, при сочетании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина. Исследования были проведены в соответствии с предложенной методикой, по результатам которых были получены зависимость усилия в вытяжном конце от характеристик системы судно-траловый мешок-промысловая машина (11).

$$T = 36,122 - 0,481x_1 + 3,51x_2 + 0,678x_3 + 0,73x_4 - 0,159x_1x_2 + \quad (11)$$

$$0,27x_1x_3 - -1,065x_1x_4 + 0,437x_2x_3 - 0,516x_2x_4 - 0,576x_3x_4 -$$

$$0,493x_1x_2x_3 - 0,435x_1x_2x_4 + 0,383x_1x_3x_4 + 0,862x_2x_3x_4 -$$

$$0,39x_1x_2x_3x_4,$$

где  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_4$  – кодированные значения формы поверхности слипа, угла наклона слипа, скорости выборки и площади тралового мешка соответственно (кодированные значение факторов ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ ) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

Анализ полученной зависимости позволил определить приоритет исследуемых факторов и сделать вывод:

1. Наибольшее влияние на усилие выборки оказывает угол наклона слипа, меньшее - площадь тралового мешка и скорость выборки, и незначительное влияние из рассмотренных факторов оказывает форма поверхности слипового настила.

2. Для мешков с площадью соприкосновения 246 см<sup>2</sup>, на прямой поверхности слипа усилие выборки на 2% больше чем на сферической поверхности слипа, в то же время для мешков с площадью соприкосновения 182 см<sup>2</sup> данное усилие меньше на 8%.

3. Увеличение площади трения на 35% (с 246 см<sup>2</sup> до 182 см<sup>2</sup>) в диапазоне исследований с углами наклона в 30° при скорости выборки 0,3 м/с приводит к снижению усилия на 7,9% на прямолинейных слиповых поверхностях и на 21,8% на сферических слиповых поверхностях. Аналогичное сочетание факторов, но с углом наклона в 45°, приводит к росту на 8,6% на прямом слипе и снижению на 7,0% на сферическом.

4. Увеличение площади трения на 35% в диапазоне исследований с углами наклона в 30° при скорости выборки 0,5 м/с приводит к увеличению усилия на 0,3% на прямолинейных слиповых поверхностях и на 2,1% на сферических слиповых поверхностях. Аналогичное сочетание факторов, но с углом наклона в 45°, приводит к увеличению на 4,9% на прямом слипе и к снижению усилия на 9,2% на слипе со сферическим типом поверхности.

Действительная погрешность результатов испытаний на всех этапах не превышала 5%, что говорит об достоверности полученных зависимостей.

**Пятая глава «Морская проверка экспериментальных зависимостей тягового усилия подъёма траловых мешков слиповым методом от реальных факторов эксплуатации системы судно-промысловая машина-трал»** посвящена проверке адекватности зависимости усилия подъёма траловых мешков с уловом слиповым методом, полученной экспериментальным путём, применительно к реальным условиям эксплуатации системы судно-трал-промысловая машина.

Для этого была разработана методика проведения морских испытаний.

Для проведения исследований было выбрано научно-исследовательское судно средний траулер морозильный «Атлантида» (СТМ «Атлантида» проекта К-1704 Атлантик-833, тип Профессор Марти) Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), ведущее траловый промысел в зоне Центрально-Восточной Атлантики.

Реальные значения исследуемых факторов на данном судне следующие:

- скорость подъёма тралового мешка 0,5 м/с.
- угол наклона слипового настила, равный 40°;
- форма слипового настила – прямая;
- угол выхода вытяжного конца на кабельно-вытяжную лебёдку равный 11°.

В качестве прототипа для изготовления модели тралового мешка принят траловый мешок натурального трала РТ 70/300 – М-45.

Для проведения (замера) соответствующих измерений силовых нагрузок (усилий), применялся электрический динамометр ЭД-РМ 20 кН отечественного производства фирмы «Элна-Север+», состоящий из силоизмерительного тензорезисторного датчика и терминала. Диапазон измерения от 0 до 2 Т, с точностью измерений 1Н.

Динамометр включали в линию скобами, входящими в стандартную комплектацию прибора, предназначенными для крепления к нему различных элементов. С одной стороны, скобой к прибору крепился шкентель с огоном, необходимый для быстрого набрасывания на гак канатной дороги, с другой стороны крепился пентергак для быстрого крепления удавного стропа.

Работы по замеру усилия в вытяжном конце проводились методом перестропки первого кутца с подключением динамометра в линию вытяжного конца и вытягивания его на палубу. При выборке на палубу проводился замер улова в кутце тралового мешка.

По результатам испытаний были получены динамограммы и численные значения усилий. Результаты замеров представлены на рисунке 3 и в таблице 2.

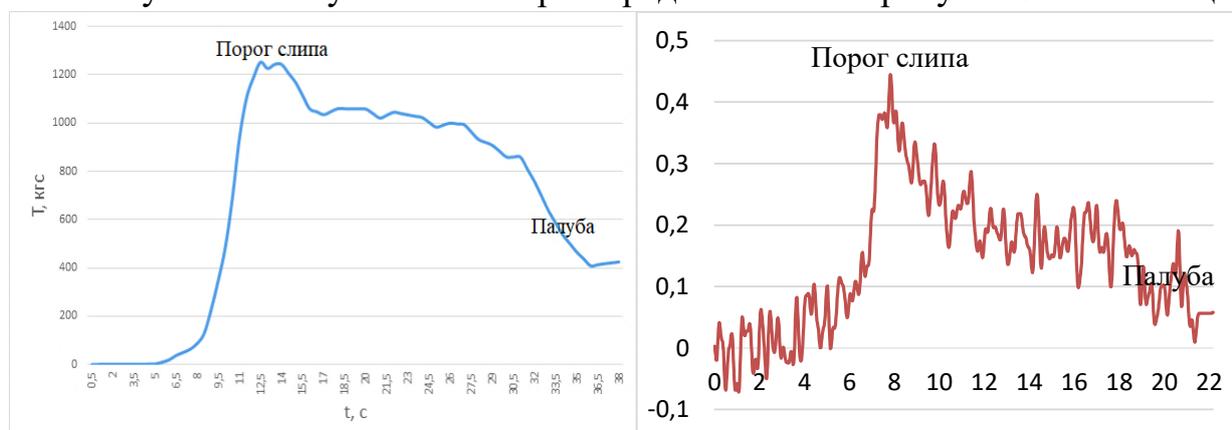


Рисунок 3 – Динамограммы изменения усилия, возникающего в вытяжном конце во время выборки кутца мешка с уловом на палубу судна во время проведения 6-го замера (слева) и при выборке мешка малой загрузки (200 г) (справа)

Таблица 2 – Результаты замеров усилий и веса, проведённых на СТМ «Атлантида» К-1704

№	Форма поверхности слипа	Угол наклона слипа $\alpha^\circ$	Угол выхода вытяжного конца $\beta^\circ$	Скорость выборки $v_b$ , м/с	Максимальное усилие на пороге слипа $M_m$ , (Н)	Усилие при выборке мешка $M_{п}$ , (Н)	Вес мешка $P_m$ , (Н)
1	прямая	40°	12°	0,5	1579	1373	1344
2	прямая	40°	12°	0,5	1972	1373	1452
3	прямая	40°	12°	0,5	1903	1530	1334
4	прямая	40°	12°	0,5	11703	6798	5798
5	прямая	40°	12°	0,5	5768	4473	4179
6	прямая	40°	12°	0,5	12282	10202	10556
7	прямая	40°	12°	0,5	3178	2708	2894

Для оценки полученных натуральных замеров был применён метод перехода к безразмерным величинам. В качестве основного критерия для сравнения приняли соотношение тягового усилия в вытяжном конце к весу мешка.

Одновременно для подтверждения достоверности и точности выполненных исследований рассчитывалось относительное отклонение.

В результате выполненных натуральных исследований среднее соотношение усилия выборки на пороге слипа к весу мешка составляет 1,37, а соотношение усилия выборки при прохождении мешком слиповой канавки к весу мешка 1,04. Это свидетельствует о наличии пиковых нагрузок при движении мешка по слипу судна.

С целью оценки усилий выборки тралового мешка с уловом слиповым методом на основе зависимости полученной на макете необходимо воспользоваться формулами пересчёта с учётом масштабных коэффициентов. (таблица 3).

Порядок расчёта усилия выборки по полученной зависимости с учётом натуральных данных.

Для кодирования параметров применяется формула пересчёта для каждого из факторов (12).

$$x_i = \frac{x_i^* - x_{i0}^*}{\Delta x_i^*} \quad (12)$$

где  $x_i$  – кодированные значения фактора;  
 $x_i^*$  – натуральное значение факторов;  
 $x_{i0}^*$  – нулевой уровень;  
 $\Delta x_i^*$  – интервал варьирования.

Таблица 3 – Наименование и значения масштабных коэффициентов при макетировании промысловой системы СТМ «Атлантида»

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб $C_l$	Расчётные значения масштабов
Физические характеристики	Обозначение		
Длина	$C_l$	$C_l$	0,0667
Площадь	$C_A$	$C_l^2$	0,0044
Объём	$C_V$	$C_l^3$	0,0003
Вес	$C_m$	$C_l^2$	0,0044
Время	$C_t$	1	1
Скорость	$C_v$	$C_l$	0,0667
Сила	$C_R$	$C_l^2 C_\mu$	0,0044
Ускорение	$C_W$	$C_l$	0,0667
Плотность	$C_\rho$	1	1
Угол	$C_a$	1	1
Коэффициент трения	$C_\mu$	1	1

Подставив в зависимость (2) кодированные параметры значения факторов, с учётом масштабных коэффициентов ( $C_m$ ,  $C_R$  – данные масштабные коэффициенты необходимы в связи с наличием размерностей), получим следующую зависимость усилия выборки на натурном судне  $T_H$  (13):

$$T_H = \left( 19,85 + 4,59 \frac{x_1^* C_m - x_{10}^*}{\Delta x_1^*} + 2,09 \frac{x_2^* - x_{20}^*}{\Delta x_2^*} - 1,63 \frac{x_3^* - x_{30}^*}{\Delta x_3^*} + 0,42 \frac{x_1^* C_m - x_{10}^*}{\Delta x_1^*} * \frac{x_2^* - x_{20}^*}{\Delta x_2^*} - 0,79 \frac{x_1^* C_m - x_{10}^*}{\Delta x_1^*} * \frac{x_3^* - x_{30}^*}{\Delta x_3^*} - 0,01 \frac{x_2^* - x_{20}^*}{\Delta x_2^*} * \frac{x_3^* - x_{30}^*}{\Delta x_3^*} + 0,15 \frac{x_1^* C_m - x_{10}^*}{\Delta x_1^*} * \frac{x_2^* - x_{20}^*}{\Delta x_2^*} * \frac{x_3^* - x_{30}^*}{\Delta x_3^*} \right) / C_R \quad (13)$$

где: Параметры, характеризующие природу:

$x_1^*$  - вес натурального тралового мешка с уловом, 1000 кг;

$x_2^*$  - угол наклона слипа промыслового судна, 40°;

$x_3^*$  - угол выхода вытяжного конца на промысловом судне, 11°;

$C_m$  – масштаб масс модели к натуре;

$C_R$  – силовой масштаб;

Параметры, характеризующие модель:

$x_{10}^*$  - нулевой уровень диапазона изменения фактора, характеризующего загрузку мешка, равный 1,625;

$\Delta x_1^*$  - интервал варьирования диапазона изменения фактора, характеризующего загрузку мешка, равный 0,375;

$x_{20}^*$  - нулевой уровень диапазона изменения фактора, характеризующего угол наклона слипа, равный 37,5;

$\Delta x_3^*$  - интервал варьирования диапазона изменения фактора, характеризующего угол наклона слипа, равный 7,5;

$x_{30}^*$  - нулевой уровень диапазона изменения фактора, характеризующего угол выхода вытяжного конца, равный 12,5;

$\Delta x_3^*$  - интервал варьирования диапазона изменения фактора, характеризующего угол выхода вытяжного конца, равный 7,5.

Подставив численные значения факторов в зависимость (8) с учётом масштабных коэффициентов, получим усилие выборки тралового мешка для реальных условий  $T_n = 12,95$  кН.

Измеренное в промысловых условиях усилие выборки составляет 10,2 кН.

Величина усилия выборки траловых мешков, полученная расчётным путём по формуле (8) выше на 21,2% по сравнению с натурной величиной. То есть при оценке усилия для натуральных траловых систем с помощью расчётной формулы, полученной на макете, необходимо вводить коэффициент равный 0,8.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе выполненной работы можно заключить, что поставленная цель достигнута, выполнены следующие этапы работ:

- разработана методика проведения экспериментальных исследований на макетных и натуральных траловых системах, позволяющая проводить оценку усилия выборки траловых мешков с уловом слиповым методом, с учётом реальных условий эксплуатации системы судно-трал-промысловая машина;

- на основе методов физического моделирования и рассчитанных масштабных коэффициентов был сконструирован и изготовлен макет промысловой палубы судов тралового лова, оснащённый промысловыми механизмами и измерительным комплексом, предназначенный для исследования процесса подъёма траловых мешков имитационным методом с возможностью обеспечения реальных условий эксплуатации системы судно-трал-промысловая машина;

- проведена серия экспериментальных работ по установлению зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом от влияющих факторов. По каждой серии испытаний был проведён расчёт среднеквадратичного отклонения, который не превышал 5%. Испытания проводились на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГТУ» и на СТМ «Атлантида», согласно разработанной методике. По результатам выполненных экспериментальных работ получены:

- 1) динамограммы изменения усилия в вытяжном конце промышленной лебёдки в процессе выборки траловых мешков по слипу для модели и натуре, которые подтверждают наличие пиковых нагрузок на пороге слипа и на месте перехода слипа на палубу судна;
- 2) графические зависимости усилия в вытяжном конце промышленной лебёдки от обоснованно выбранных влияющих факторов (форма слиповой поверхности, угол наклона слипа, угол выхода вытяжного конца, скорость выборки), проведена аппроксимация.

Также проведены макетные исследования, направленные на снижение пиковых нагрузок на прямом слипе, с удлинённым порогом;

- проведена математическая обработка результатов экспериментальных исследований. Достоверность результатов, полученных при проведении экспериментальных работ, составляет 95%, так как относительное отклонение значений усилия при проведении экспериментальных работ не превышает 5%.

- получены зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом от влияющих факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина (8)-(12). По всем полученным зависимостям проведена оценка значимости влияния исследуемых факторов на изменение усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом. Наибольшее влияние оказывает загрузка тралового мешка и угол наклона слипа, незначительное влияние оказывает площадь соприкосновения тралового мешка со слиповой поверхностью и форма слипа. Анализ полученных зависимостей позволил сделать следующие выводы:

- 1) на малых углах наклона слиповой поверхности в диапазоне исследования наблюдаются пиковые нагрузки при выходе траловых мешков с уловом на порог слипа, с увеличением угла наклона пиковое усилие на прямом слипе возрастает на 15%, на сферических поверхностях в среднем рост составляет 5%;
- 2) зависимости усилия в вытяжном конце при подъёме траловых мешков с уловом на палубу судна от факторов системы судно-трал-промысловая машина носит линейный характер;
- 3) при выборке мешков с уловом, соизмеримым с длиной слипа, на сферических поверхностях по сравнению с прямой поверхностью (в диапазоне исследований) усилие выборки моделей траловых мешков ниже на 9,0%;
- 4) увеличение загрузки тралового мешка на 60% повышает усилие в вытяжном конце во время выборки мешка с уловом в 1,6 раза на слипах с прямой формой поверхности и в 1,3 раза на слипах со сферической формой поверхности;
- 5) увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° приводит к росту усилия в вытяжном конце при выходе тралового мешка со слипа на палубу на слипе с

прямой формой поверхности в 1,24 раза, и в 1,12 раза на слипе со сферической формой поверхности;

- 6) увеличение угла выхода вытяжного конца в 4 раза (в диапазоне с 5° до 20°) способствует снижению усилия в среднем на 14,3% на прямой поверхности слипового настила и на 6,4% на сферической;
- 7) увеличение скорости выборки траловых мешков в 2 раза приводит к росту усилия в вытяжном конце на 7,0% на слипах с прямой формой и на 16,7% на слипах со сферической формой поверхности;
- 8) увеличение площади соприкосновения мешка и слиповой поверхности на 35%, в диапазоне исследования, приводит к уменьшению усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом на 9,0% на слипе со сферической формой и к увеличению усилия на 1,5% на слипе с прямой формой поверхности.

- впервые проведена проверка адекватности полученной зависимости усилия выборки мешков с уловом для слипов прямолинейной формы поверхности на промышленном судне СТМ «Атлантида» К-1704 (Атлантик-833, тип Профессор Марти) Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО») (акт проведения НИР от 05.12.2023 г., СТМ «АТЛАНТИДА», ЦВА). Установлено, что характер изменения усилий выборки для натурального судна и макетной установке идентичен. Разработан алгоритм определения усилия выборки траловых мешков на конкретном промышленном судне расчётным путём, для различных сочетаний факторов, с учётом реальных условий эксплуатации натурной траловой системы.

Подводя итог экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- впервые экспериментально была получена и апробирована в натуральных условиях зависимость величины усилия, возникающего в вытяжном конце промышленной лебёдки от факторов системы судно-трал промышленная-машина, что позволит:

- 1) оценивать усилия, возникающие в вытяжном конце промышленной лебёдки при проектировании и во время эксплуатации промышленных схем.
- 2) на стадии разработки промышленных схем на макетной установке проводить компоновочные технические решения по рациональному расположению промышленных механизмов с целью повышения безопасности выполнения промышленных работ, снижения энергозатрат и повышения срока службы механизмов.
- 3) определять необходимые мощности промышленных механизмов применяемых для подъёма мешков различной конструкции для различных промышленных схем с учётом растущих размеров тралов.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Предложенный метод и экспериментальная установка позволят обоснованно:

- проводить оценку усилий при подъёме траловых мешков с уловом для различных промысловых схем, с целью обеспечения безопасности выполнения промысловых операций, снижение энергозатрат, а также повысит долговечность промысловых комплексов и орудий рыболовства;

- предпринимать методологические действия по выбору рационального сочетания факторов системы «судно-трал-промысловая машина», обеспечивающих снижение усилий в вытяжном конце промысловой лебёдки, в том числе и пиковых, что повысит безопасность выполнения промысловых работ и обслуживания механизмов при ведении промысла. В частности, было предложено техническое решение, по изменению угла выхода вытяжного конца, которое было апробировано на НИС СТМ «Атлантида», что позволило при увеличении угла выхода на 20° снизить усилие выборки на 15% (акт внедрения от 06.12.2023 г., СТМ «АТЛАНТИДА», ЦВА).

### **Список работ, в которых опубликованы основные положения научно – квалификационной работы (диссертации)**

#### **Статьи, опубликованные в журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки:**

1. Скуратов, Н. А. Экспериментальное исследование процесса подъёма траловых мешков с уловом по слипу судна / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов // Известия КГТУ. – 2019. – № 54 – С. 187–195.
2. Скуратов, Н. А. Экспериментальные исследования по оценке влияния скорости подъёма траловых мешков с уловом по различным формам слипов судов на усилие в вытяжном конце промысловой лебёдки / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова // Известия КГТУ. – 2020. – № 57 – С. 67–76.
3. Скуратов, Н. А. Морские испытания по проверке результатов макетных исследований по определению усилия выборки траловых мешков по слипам судов / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова, Е. Е. Львова // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2024. – Т. 69, № 3. – С. 196–206.
4. Скуратов, Н. А. Методика оценки усилия выборки траловых мешков на промысловом судне посредством макетной установки / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов // Вопросы рыболовства. – 2025. – Т. 26, № 4. – С. 127–132.
5. Скуратов, Н. А. Сравнение результатов замеров усилия выборки тралового мешка с уловом на натурном судне с результатами, полученными на макете и с помощью зависимости / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, С.В. Попов, Т.Е. Суконнова, Е.Е. Львова // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. – С. 164–171.

#### **Статьи, опубликованные в журналах в перечне Web of Science**

6. Скуратов, Н. А. Исследование процесса подъёма траловых мешков по слипам судов на модельной установке / Н. А. Скуратов, Е. Е. Львова, А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – Ч. 1, № 4. – С. 26–32.

### Научные статьи в других журналах и материалах конференций

7. Суконнов, А. В. Экспериментальное определение зависимости тягового усилия выборки трала с уловом на палубу судна от параметров системы судно – трал на модели промысловой палубы судов типа РТМ-С / А. В. Суконнов, Н. А. Скуратов // Известия КГТУ. – 2018. – № 48. – С. 39–46.
8. Скуратов, Н. А. Оценка способов подъема уловов на палубу судна для различных промысловых схем тралового лова / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, Н. А. Чеусов // Сборник материалов X национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ. – 2019.
9. Скуратов, Н. А. Экспериментальное определение зависимости усилия подъёма траловых мешков с уловом от тягово-скоростных параметров промысловой лебёдки / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова, А. А. Быков. // VIII Междунар. Балтийский морской форум, 5–10 октября 2020 года [Электронный ресурс]: в 6 т.: материалы – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. – Т. 2: «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», VIII Междунар. науч. конф. – С. 277–282.
10. Скуратов, Н. А. Теоретическая подготовка и обоснование экспериментальных работ по определению зависимости усилия подъёма траловых мешков с уловом / Н. А. Скуратов, А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова // IX Междунар. Балтийский морской форум, 4-9 октября 2021 года [Электронный ресурс]: в 6 т.: материалы. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – Т. 2: «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», IX Междунар. науч. конф. – С. 404-408.
11. Скуратов, Н. А. Сравнение результатов испытаний по определению усилия выборки траловых мешков по слипам судов с данными натурных замеров / Н. А. Скуратов А. В. Суконнов, Т. Е. Суконнова, Е. Е. Львова // XII Междунар. Балтийский морской форум, 30 сентября – 4 октября 2024 года [Электронный ресурс]: в 6 т.: материалы. – Электрон. дан. – Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – Т. 2: «Морская техника и технологии. Безопасность морской индустрии», XII нац. науч. конф. с междунар. участием. – С. 271–275.

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «КГТУ». 236022, Калининград, Советский проспект, 1

Подписано в печать \_\_. \_\_. 2025 г. Тираж \_\_ экз. Заказ №