

Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Калининградский государственный технический университет"
(ФГБОУ ВО "КГТУ")

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

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук, доцент
Суконнов Анатолий Владимирович

Калининград 2025

Оглавление

Введение	5
Глава 1 Обзор промысловых схем, устройств, методов, способов выливки улова судов кормового траления	12
1.1 Промысловые устройства с полным вытягиванием (подъемом) трала на судно	13
1.1.1 Промысловые устройства с полным вытягиванием (подъемом) трала на судно многобарабанной и траловой лебёдками с последующей растяжкой его на палубе	14
1.1.2 Промысловые устройства с полным вытягиванием (подъемом) трала на судно с отдельными лебёдками	16
1.1.3 Промысловое устройство с полным вытягиванием по слипу (или полуслипу) и намотке трала на кабельно-сетной барабан	18
1.1.4 Промысловое устройство с полным подъемом трала на кабельно-сетной барабан, расположенный на высоком портале	19
1.1.5 Устройство для подъёма улова рыбы на судно кормового траления (1964 г.) ..	21
1.1.6 Устройство для подъёма трала на суда кормового траления и выливка из него улова (1988 г.)	22
1.2 Промысловое устройство с частичным вытягиванием (подъемом) трала на судно	23
1.2.1 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала и улова стрелами	24
1.2.2 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала и улова кранами	25
1.2.3 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала и улова качающейся дугой	26
1.2.4 Промысловое устройство с вытягиванием крыльев и подбор по полуслипу и подъемом улова качающейся дугой	28
1.2.5 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала на кабельно-сетной барабан, а улова — вспомогательными грузовыми средствами	29
1.2.6 Устройство для выливки улова из мешка трала (1976 г.)	34
1.2.7 Способы передачи улова из трала на судно и устройство для его осуществления (1982 г.)	35
1.2.8 Устройство для подъёма трала на промысловое судно кормового траления и выливка из него улова (1988 г.)	36
1.2.9 Устройство для подъёма трала на судах кормового траления (1970 г.)	37

1.2.10 Траловое судно со шлюзовой камерой	38
1.2.11 Траловое судно, оборудованное приемным гидроканалом	40
1.3 Анализ промысловых схем по способам выборки и подъёма улова	41
1.4 Анализ слиповых устройств промысловых судов	43
1.5 Анализ проведённых по данной теме исследований	47
1.6 Постановка задачи исследования	52
Глава 2 Методика проведения экспериментальных исследований на действующем макете промысловой палубы судов кормового траления	55
2.1 Экспериментальная установка	55
2.2 Измерительная аппаратура	63
2.3 Модели траловых мешков	67
2.4 Порядок проведения экспериментальных работ	70
2.4.1 Матрица многофакторного эксперимента	70
2.4.2 Порядок проведения экспериментальных работ на макетной установке	71
2.4.3 Определение точности проведённых работ	72
2.4.4 Оценка точности полученной зависимости	73
Глава 3 Результаты экспериментальных исследований по определению усилия выборки траловых мешков по слипам судов от характеристик системы судно-трал-промысловая машина	74
3.1 Исследования зависимости усилия выборки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, относящихся к геометрическим параметрам промыслового комплекса (Приложение Б)	74
3.1.1 Эксперименты по прямолинейному слипу	74
3.1.2 Эксперименты по сферическому слипу	81
3.1.3 Экспериментальные исследования по установлению универсальной зависимости	88
3.2 Исследования зависимости усилия выборки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина с учётом скоростных параметров промысловой лебёдки (Приложение В)	91
3.2.1 Эксперименты по определению влияния тягово-скоростных параметров механизмов	91
3.2.2 Проведение экспериментальных работ по оценке усилия выборки траловых мешков на слипах с удлинённым порогом	96

3.3 Исследования зависимости усилия выборки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина с учётом конструкции тралового мешка (Приложение Г)	103
3.4 Заключение	111
Глава 4 Морская проверка экспериментальных зависимостей тягового усилия подъёма траловых мешков слиповым методом от реальных факторов эксплуатации системы судно-промысловая машина-трал.....	114
4.1 Методика проведения морских испытаний	114
4.2 Программа проведения испытаний	116
4.2.1 Выбор судна.	116
4.2.2 Определение величин влияющих факторов	118
4.2.3 Определение характеристик тралового мешка	120
4.2.4 Контрольно-измерительная аппаратуры	120
4.2.5 Порядок проведения испытаний	122
4.3 Результаты проведённых работ	123
4.4 Порядок определения усилия выборки натурных систем расчётным путём	124
4.5 Проверка соответствия результатов макетных испытаний с натурными замерами..	129
Заключение	133
Список литературы	138
Приложение А	145
Приложение Б.....	155
Приложение В	171
Приложение Г.....	189
Приложение Д.....	213
Приложение Е.....	220

Введение

В последнее время Российской Федерацией добывается порядка 5 млн. т. рыбы, причём около 70 % вылова приходится на траулеры кормового траления.

Траулеры кормового траления по промысловому устройству разделяют на бесслиповые и с применением слипа, при этом подавляющее большинство, как малотоннажных, так и крупнотоннажных, работает именно слиповым методом, с частичным или полным втягиванием мешка на палубу, с применением рыбонасосных установок и прочих средств интенсификации лова.

Способ ведения промысла, при котором трал отдаётся по слипу и буксируется с кормы судна, обладает достоинствами, такими как: возможность маневрировать и наводить трал на подвижные скопления, простота ведения промысла (эксплуатации) и возросшая безопасность экипажа. Именно эти вышеописанные достоинства определили его широкое применение.

На современных траулерах уловы могут достигать 120 – 150 т, целиком поднять которые на промысловую палубу невозможно. Повреждаемость улова в траловых мешках на слипе при их подъеме превышает 30 – 35 %. На практике отмечено, что при работе слиповым методом подъёма траловых мешков с уловом возникают пиковые нагрузки в вытяжном конце промысловой лебёдки, которые приводят к высокой аварийности и травмам экипажа, порывам орудий, поломкам промысловых механизмов и потере качества уловов за счёт повреждаемости промысловых объектов.

Для решения вышеизложенных недостатков предлагались различные технические решения, реализация которых в большинстве случаев носила идейный характер, была затруднена в применении и недолговечна. Так, например, применение рольгангов, покрытие слипов антифрикционными смолами, пенками, позволяющими снизить трение мешков о поверхность слипа.

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 натурных 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.

Актуальность темы диссертационного исследования

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.

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 натурных 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 натурных 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.

Ценность научной работы

Выполненная работа позволяет:

- определить численные значения усилия выборки по полученным зависимостям, а также сопоставить их с тяговым усилием промысловых машин эксплуатируемых рыболовных судов, что позволит повысить их срок службы и безопасность обслуживания при ведении промысла;
- на стадии проектирования промысловой схемы с помощью полученных зависимостей проводить предварительную проработку промыслового комплекса тралового лова;
- выработать рекомендации по снижению усилия выборки траловых мешков за счёт сочетания факторов, обеспечивающих минимизацию усилия выборки траловых мешков с

уловом слиповым методом на эксплуатируемых рыболовных судах с учётом реальных условий эксплуатации.

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 «Вопросы рыболовства» 2025 г Т. 26, № 4.

Использование результатов работы

Результаты выполненных исследований найдут применение:

- при проведении проектных работ для новых судов с целью оценки мощностных параметров промысловых механизмов, выбора оптимального сочетания влияющих факторов, позволяющих снизить усилия выборки, в том числе и пиковые, а также выработке технических предложений по совершенствованию схем эксплуатируемых рыбопромысловых судов;

- в учебном процессе при выполнении лабораторных и практических работ студентами и магистрами по направлению подготовки «Промышленное рыболовство» (акт внедрения от 09.09.2025 г., ФГБОУ ВО «КГТУ»).

Рекомендации данные по результатам работы были применены на НИС СТМ «Атлантида» и позволили снизить усилие выборки тралового мешка за счёт выбора оптимального сочетания факторов. (акт внедрения от 06.12.2023 г., СТМ «АТЛАНТИДА», ЦВА).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, в том числе 5 – в изданиях из перечня Российских рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России.

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.

Объём и структура работы

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

В приложении А приводится эскизная документация на экспериментальную установку для моделирования процесса выборки траловых мешков по слип.

В приложении Б приводятся результаты экспериментальных исследований на модельной установке на первом этапе работ.

В приложении В приводятся результаты экспериментальных исследований на модельной установке на втором этапе работ.

В приложении Г приводятся результаты экспериментальных исследований на модельной установке на третьем этапе работ.

В приложении Д приводятся результаты замеров на СТМ «Атлантида».

В приложении Е приводятся акты проведения научно-исследовательских работ и внедрения результатов исследования.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность научному руководителю к.т.н., доценту кафедры промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «КГТУ» Суконнову Анатолию Владимировичу за неоценимую помощь и поддержку на всех этапах подготовки диссертационной работы.

Большая благодарность к.т.н., доценту, заведующему кафедры промышленного рыболовства Недоступу А.А., доценту кафедры промышленного рыболовства Суконновой Т.Е., к.т.н., доценту кафедры промышленного рыболовства Попову С.В. и д.т.н., профессору кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Архипову А.Г. за помощь в подготовке диссертации на различных ее этапах, за профессиональные советы и консультации.

Благодарность д.т.н., профессору кафедры техносферной безопасности и природообустройства Наумову В.А. за помощь в части математической обработки экспериментальных данных и ценные замечания по диссертационной работе.

Глава 1 Обзор промысловых схем, устройств, методов, способов выливки улова судов кормового траления

Для ведения тралового промысла применяются различные классы судов начиная от маломерных судов до больших автономных траулеров. Все траулеры кормового траления для ведения промысла имеют промысловые схемы, позволяющие осуществлять механизацию промысловых операций с орудием лова.

Промысловая схема – совокупность промысловых механизмов обеспечивающих механизацию промысловых операций в соответствии с техникой и тактикой лова.

К промысловым операциям тралового лова относятся следующие: спуск и постановка трала, отдача и приём траловых досок, травление и выборка кабелей и ваеров, подъём тралового мешка, выливка улова.

Промысловые схемы тралового лова в зависимости от промыслового комплекса траулера делят по:

- 1) конструкции кормовой оконечности судна – слиповые, полуслиповые, бесслиповые;
- 2) способу приёма и отдачи траловых досок – с полным отсоединением (присоединением) от линии ваер-кабель, с частичным отсоединением (присоединением);
- 3) способу выборки канатно-сетной части трала – с полной выборкой, с частичной выборкой;
- 4) способу подъёма кутка трала с уловом на палубу судна – с полным подъёмом, с порционным подъёмом, без подъёма на палубу;
- 5) способу выливки улова из кутка – с порционной выливкой, с непрерывной выливкой.

Для выполнения промысловых операций на судах кормового траления применяются три типовые промысловые схемы: с траловой, с ваерными и с комбинированной лебёдками. Дальнейшие попытки повышения уровня механизации привели к появлению схем, имеющих различный комплекс промысловых механизмов.

В зависимости от способа подъёма улова на палубу судна промысловые схемы делятся на схемы с полным и частичным поднятием трала и улова по слипу (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Классификация по способам подъёма улова на палубу судна и промысловых схем для траулеров кормового траления

Как видно из приведённой классификации на промысловых судах тралового лова применяется большое разнообразие промысловых схем, созданных на базе типовых. Далее проведём краткий анализ вышеуказанных способов подъёма траловых мешков на палубу судна и последующей выливки улова.

1.1 Промысловые устройства с полным вытягиванием (подъёмом) трала на судно

Вытягивание по слипу и растяжку трала на палубе осуществляют на судах с длинной промысловой площадкой, например, на шельтердечных траулерах, длиной более 50 – 60 м, обработка улова на которых происходит в междупалубном пространстве [5].

Из-за недостаточной длины кормовой промысловой площадки или же с целью повышения удобства и интенсификации лова, часть трала, втягиваемого также по слипу (у высокобортных судов) или по полуслипу, наматывают на сетевой барабан, устанавливаемый на палубе в средней части судов. При короткой промысловой площадке подъём всего трала на судно осуществляется в вертикальной (или близкой к вертикальной) плоскости (такое расположение механизмов распространено на малых и средних зарубежных траулерах) за счёт подъёма на барабан, размещённый на высоком портале. Такая схема промыслового устройства используется обычно на малых судах длиной до 30 – 40 м с промысловой площадкой длиной 6 – 8 м.

Промысловый комплекс для схемы с полным втягиванием трала по слипу и последующей растяжкой его на палубе достаточно распространен и по сей день, и включает в себя такой основной элемент, как траловую или многобарабанную лебёдку.

Промысловая схема, включающая в себя траловую либо многобарабанную лебёдку выполнена на большинстве отечественных траулеров, таких как БМРТ типа «Лесков», «Пушкин», «Маяковский», «Пионер Латвии», «Грумант», «Рембрандт», РТМ типа «Тропик» и «Атлантик», на консервных траулерах типа «Наталья Ковшова», на средних траулерах типа «Железняков» и «Профессор Марти», на сейнерах-траулерах типа Альпинист, МРТК типа «Балтика».

Во всех разновидностях промыслового устройства используются слип, дуги-кронштейны для траловых досок, кормовая промысловая площадка, промысловый механизм (агрегатированный), грузовые средства для выливки улова. Работа с тралом осуществляется следующим образом. При подходе траловых досок к кронштейнам (дугам), их отключают (или удерживают на ваерных лебёдках), затем переводят ваеры (кабели) на слип и выбирают их вплоть до подхода клячёвок к траловой (или вытяжной) лебёдке. Если часть трала остаётся в воде, то производят остропку трала в районе слиповой канавки. Далее грузоподъёмными средствами поднимают и выливают улов в бортовые рыбные ящики или подпалубные бункеры. Полное втягивание трала исключает возможность деления улова [2].

Данный промысловый комплекс до сих пор достаточно широко применяем, имеет отличительные черты в зависимости от:

- способа включения и отключения траловых досок, наличия либо отсутствия отдельных траловых лебёдок, перевода ваеров (кабелей) на слип при подъёме трала и наличия заводки их в подвесные блоки при спуске;
- перехватов трала при втягивании (зависящих непосредственно от размеров трала и промысловой палубы);
- типа устанавливаемых лебёдок (одной траловой лебёдки (рисунок 1.2) либо же нескольких отдельных (рисунок 1.3) – ваерных, многобарабанных, однооперационных-вытяжных и др.);
- количества используемых тралов (одного или двух попеременно).

1.1.1 Промысловые устройства с полным втягиванием (подъёмом) трала на судно многобарабанной и траловой лебёдками с последующей растяжкой его на палубе

Промысловое устройства с полным втягиванием (подъёмом) трала на судно многобарабанной и траловой лебёдками с последующей растяжкой его на палубе является

первой в своём классе, поэтому достоинства относительно других ранее используемых схем выделить затруднительно.

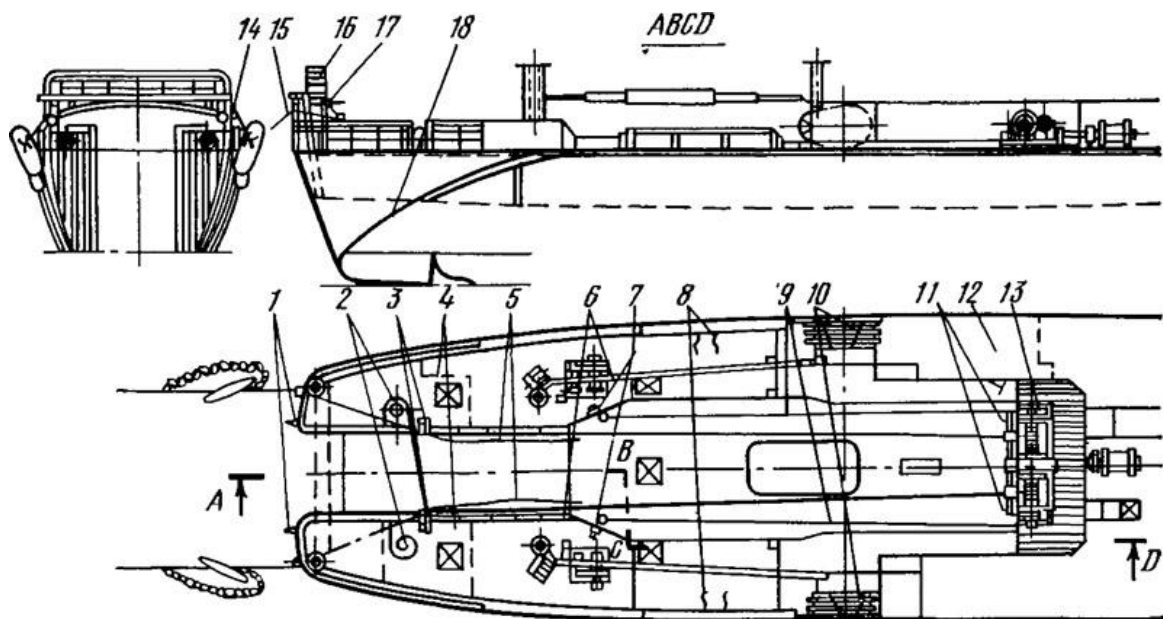


Рисунок 1.2 – Схема промыслового устройства для кормового траления с агрегатированной траловой лебёдкой на БМРТ типа Лесков:

- 1 – короткие оттяжки; 2 – подъемные концы; 3 – направляющие ролики; 4 – сетные трюмы; 5 – стопорные оттяжки; 6 – кормовые стрелы; 7 – ролики для промера ваеров; 8 – бортовые вспомогательные оттяжки; 9 – вытяжные концы; 10 – запасные траловые распорные доски; 11 – стопоры клячочных бобинцов; 12 – сетевая мастерская; 13 – траловая лебедка; 14 – цепные стопоры траловых досок; 15 – подвесные ваерные блоки (ролики); 16 – транцевый портал; 17 – подвесной канифас-блок со спусковым тросом; 18 – слип

Но можно выделить следующие достоинства:

- возможность поднятия больших уловов на палубу судна;
- способность наводить трал на скопление, что увеличивает потенциальные уловы;
- относительная простота проектирования, перестройки старых и постройки новых судов с данным промысловым устройством.

Данная промысловая схема обладает рядом характерных недостатков:

1. Высокая степень травмоопасности и риска для матросов находящихся в палубной команде обусловлена не только нахождением их вблизи блоков, канатов и тросов, находящихся под натяжением, и возможностью их поломки и порыва, но и самим порядком проведения промысловых операций во время выборки, когда при перестропке необходимо заводить строп в районе слиповой канавки, подобное действие повышает шансы моряков оказаться за бортом судна.
2. Повышенным износом механизмов, блоков и направляющих и трудностью их обслуживания, ремонта и замены.

3. Повышенным временем, необходимым на выборку трала, повышение которого осуществляется за счёт наличия перестропки во время выборки.
4. Низким качеством добываемых гидробионтов за счёт поднятия уловов по слипу.
5. Большая промысловая площадка.

Промысловому устройству с полным втягиванием (подъёмом) трала на судно с последующей растяжкой его на палубе, в состав которого входит многобарабанная или траловая лебёдка, присущи такие недостатки, как высокая травмоопасность и значительная степень износа промысловых механизмов. Тем ни менее схема является довольно простой в производстве.

Следующая схема, в состав которой входит кабельно-сетной барабан, позволяет уменьшить влияние данных недостатки.

1.1.2 Промысловые устройства с полным втягиванием (подъёмом) трала на судно с раздельными лебёдками

Промысловые устройства с полным втягиванием (подъёмом) трала на судно с раздельными лебёдками, схожи с вышеописанным вариантом, но имеет и некоторые различия. Здесь также используется слип, кормовая промысловая площадка, грузовые средства для выливки улова, но роль дуг-кронштейнов для траловых досок выполняет тралмейстерский мостик, промысловый механизм раздельный. Работа с тралом осуществляется следующим образом. При подходе траловых досок к блоку на тралмейстерском мостике их отключают, ставят на стопор (или удерживают на ваерных лебёдках), затем переводят (сбрасывают) переходной конец на слип и выбирают их вплоть до подхода крыльев трала к многобарабанной лебёдке (или кабельно-вытяжным барабанам). Если часть трала остаётся в воде, то производят остропку трала в районе слиповой канавки. Далее грузоподъёмными средствами поднимают и выливают улов в бортовые рыбные ящики или подпалубные бункеры. Полное втягивание трала также исключает возможность деления улова (рисунок 1.3).

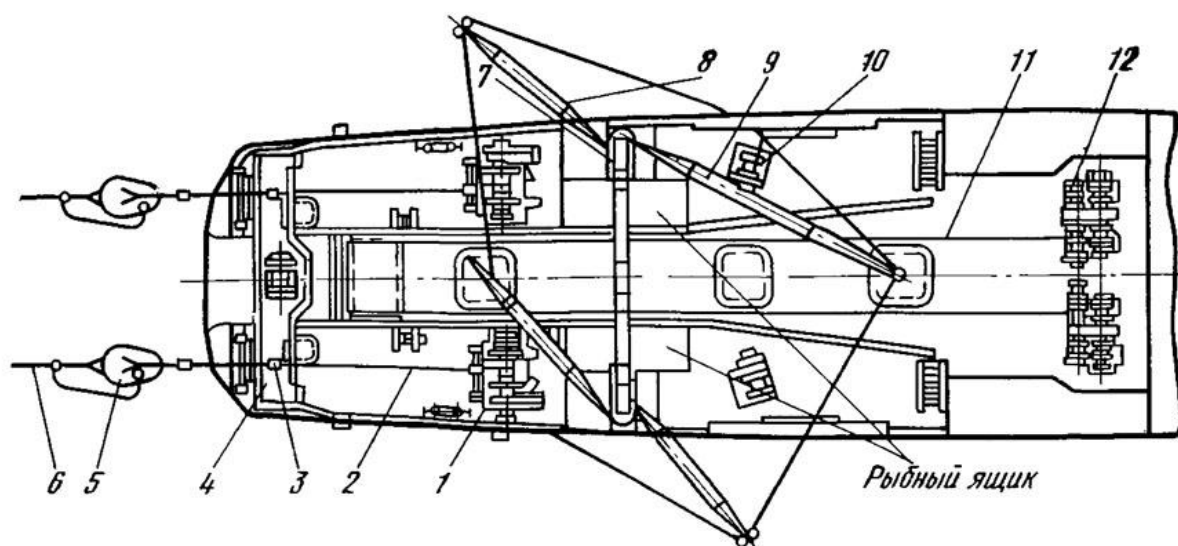


Рисунок 1.3 – Схема промыслового устройства для кормового траления с отдельными лебедками:

1 – ваерная лебедка; 2 – ваер; 3 — ваерный ролик; 4 – тралмейстерский мостик; 5 – траловая доска; 6 – кабель; 7 – портал; 8, 9 – грузовая стрела; 10 – грузовая лебедка; 11 – вытяжной конец; 12 – кабельная вытяжная лебедка

Достоинствами представленной схемы (по сравнению с предыдущей схемой) являются:

- возможность подъёма крупных мешков с уловом;
- упрощённая система подключения и отключения досок (отсутствие стопорных оттяжек);
- меньшая травмоопасность для членов экипажа;
- распределение нагрузки на несколько механизмов и следующее за этим снижение вероятности поломки;
- упрощённый ремонт промысловых механизмов.

У промысловых схем с поднятием трала с уловом по слипу судна и дальнейшей растяжкой его на палубе имеется ряд недостатков, которые снижают их эффективность:

- высокая вероятность выхода из строя промысловых механизмов (за счёт их износа и поломки), а также трудоёмкость в их обслуживании;
- необходимость установки данной схемы на судах с большой промысловой площадкой;
- высокая травмоопасность, обусловленная необходимостью движения моряков вдоль ваерно-вытяжных линий, находящихся под нагрузкой, для подключения или отключения элементов орудия и дальнейшей его выборки;
- продолжительность времени затрачиваемое палубной командой на постановку и выборку трала, за счёт большого количества переключений и перестропок, с сохранением достаточного низкого качества улова, характерного для тралов, выбираемых по слипам судов.

1.1.3 Промысловое устройство с полным втягиванием по слипу (или полуслипу) и намотке трала на кабельно-сетной барабан

Схема, в состав которой входит кабельно-сетной барабан, позволяет сократить или исключить недостатки, такие как: высокое время выборки, высокую травмоопасность, снизить износ механизмов, однако мешки по-прежнему выбираются по слипу, а поэтому данная промысловая схема всё так же обладает связанными с этими недостатками.

Такое промысловое устройство (рисунок 1.4) впервые применено на американском траулере «Наррагансэтт», а позднее на «КеньонПринс», в настоящее время применяется на судах от МРТКм, до РТМК-С.

Кабельно-сетной барабан установлен в ДП (диаметральная плоскость судна) соосно с раздельными ваерными лебёдками в носовой части промысловой площадки. После отключения траловых досок и выборки кабелей трал поднимают по слипу до тех пор, пока куток не окажется на палубе, затем производят его остропку для последующей выливки улова грузовыми средствами и (или) порталом.

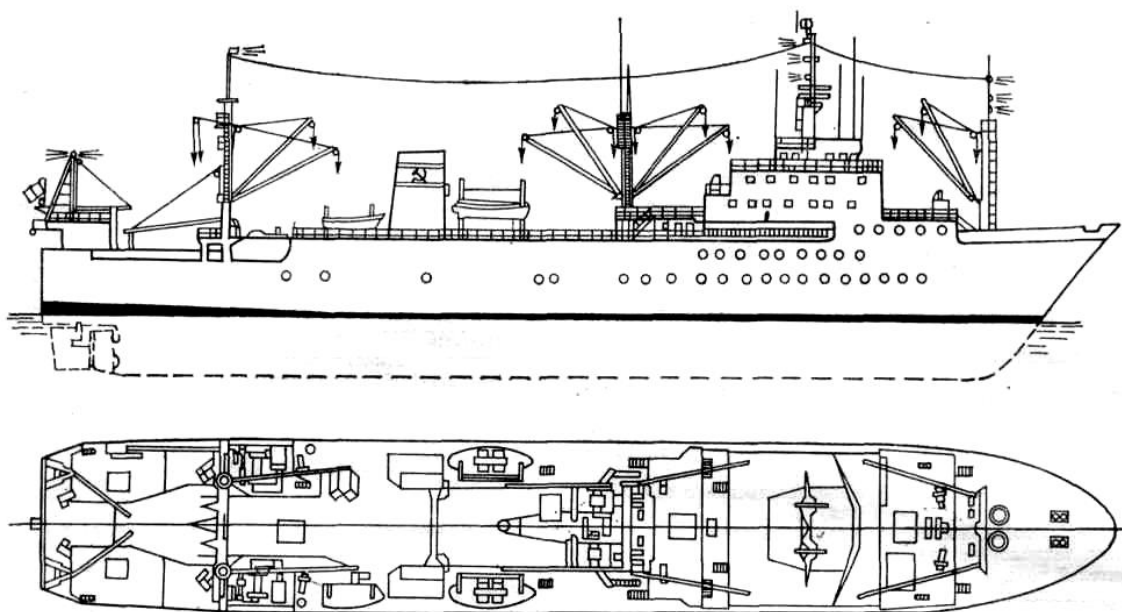


Рисунок 1.4 – Основные элементы промыслового устройства для кормового траления с полным втягиванием по слипу с частичной или полной намоткой трала на сетевой барабан:

1 – ваерные лебёдки; 2 – сетевой барабан; 3 – слип (полуслип); 4 – траловая дуга с подвесным ваерным блоком; 5 – стрела

Кабельно-сетной барабан может быть смещён к любому борту, а слип расположен под некоторым углом к ДП. Это позволяет освободить середину и один край кормовой рабочей площадки для размещения грузового люка, рыбных ящиков, рабочих мест для выливки и сортировки улова, или же для установки дополнительного промыслового оборудования для работы схемой «Дубль».

Схема является простой в эксплуатации, её достоинства следующие:

- трал поднимают на палубу за один приём, без остановок, необходимых для перестропок;
- не нужны специальные лебёдки или барабаны для выборки вытяжных тросов;
- трал легко сматывается с барабана для осмотра и починки;
- работа с тралом достаточно механизирована, поэтому требуются минимальные затраты труда;
- повышен уровень безопасности при проведении промысловых операций, за счёт сокращения времени пребывания людей около движущихся механизмов и кабельно-вытяжных линий под натяжением.

Данной промысловой схеме, в состав которой входит кабельно-сетной барабан, присущи такие недостатки, как низкое качество улова и его потеря. Это обусловлено методом подъёма улова на палубу судна по слипу за один раз, также, как и у других схем, поднимающих улов по слипу.

1.1.4 Промысловое устройство с полным подъемом трала на кабельно-сетной барабан, расположенный на высоком портале

Такой промысловый комплекс (рисунок 1.5) имеет в кормовой части судна на портале подвешенный кабельно-сетной барабан и ряд подвесных блоков для подводки вытяжных или подъёмных тросов. В свою очередь на баке размещается одна многобарабанная лебёдка с турочками или кабельно-сетной барабан.

Особенности работы данной схемы состоят в следующем. После подхода траловых досок к траловым кронштейнам и подвесным блокам производят выборку кабелей вспомогательными лебёдками, барабанами траловой лебёдки или кабельно сетным барабаном. Затем в одном случае при отсутствии слипового устройства поднимают за квартропы и заваливают на палубу через транцевый фальшборт подборы трала, в другом – при наличии слипа, выбирают их по слипу (полуслипу) судна. Остропленную сетную часть трала поднимают на сетевой барабан-катушку с помощью вытяжного троса, вторым вытяжным тросом поднимают куток с уловом для выливки. Деление улова не производится, поэтому сеть упрочняется. Следует отметить, что вытяжные тросы проводят высоко, чтобы они не загромождали палубу и создавали, таким образом, безопасное для работы место.



Рисунок 1.5 – Основные элементы бесслипового промыслового устройства кормового траления с полным подъёмом трала на сетевой барабан, расположенный на высоком портале:

1 – траловая лебёдка; 2 – направляющие ролики; 3 – ваеры; 4 – рыбные ящики;
5 – кронштейны с подвесными ваерными блоками; 6 – портал; 7 – сетевой барабан-катушка; 8 – вытяжной трос

Достоинства и недостатки.

Из достоинств стоит отдельно выделить более высокий показатель качества добытых объектов промысла по сравнению со схемой выборки мешка по слипу судна на кабельно-сетной барабан. Однако из устройства и расположения механизмов вытекает и недостаток, относящийся к незначительному ухудшению мореходных качеств судна за счёт изменения центра масс, обусловленного более высоким расположением промысловых механизмов, а также за счёт поднятия уловов во время выборки.

На протяжении долгого времени для устранения недостатков перспективных схем предлагались различные методы, способы и устройства. В частности, те, которые рассмотрим далее.

1.1.5 Устройство для подъёма улова рыбы на судно кормового траления (1964 г.)

Первым из предлагаемых решений, предполагающих снижение пиковых усилий, возникающих при выходе мешка на порог слипа, рассмотрим устройство для подъёма улова рыбы на судно кормового траления представленное на рисунке 1.6.

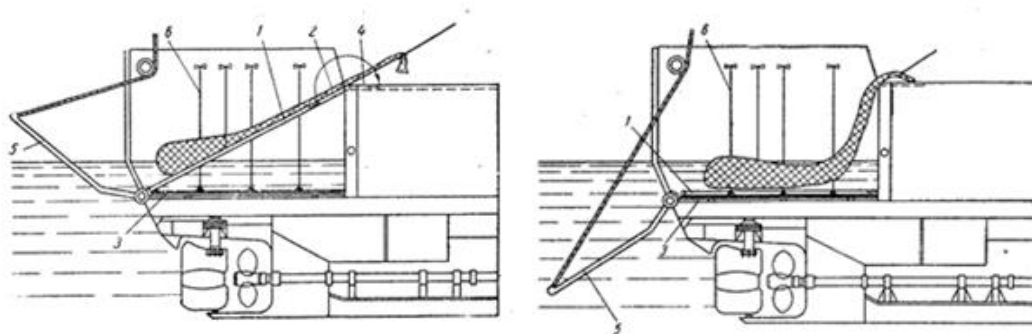


Рисунок 1.6 – Устройство для подъёма улова рыбы на судно кормового траления: слева – подъём малых уловов по слипу (плите); справа – подъём больших уловов по фальшборту на платформу

Устройство для подъёма улова рыбы на судно кормового траления (рисунок 1.6) состоит из следующих узлов и деталей:

1. Плита 1
2. Плита 2
3. Подъёмная платформа
4. Ниша
5. Фальшборт
6. Тросовая система, гидравлическая или другая передача

Устройство предназначено для подъёма малых уловов по слипу (плите) и позволяет сократить действующие в этот момент на неё нагрузки благодаря фальшборту, который подхватывает мешок ещё в воде. Большие же уловы поднимают по фальшборту, но слип опускают и улов размещают на платформе, плиту убирают в нишу. Мешок поднимают платформой.

Данное устройство позволяет снизить потери качества улова, но система очень дорогая и имеет ряд недостатков:

1. Ограничение по уловам, в частности по размерам мешка и его весу.
2. Дороговизна механизмов, большая промысловая палуба.
3. Изменение конструкции.
4. Большое количество деталей и вероятность выхода их из строя.

5. Качество улова значительно возрастёт, как и его цена, из-за дороговизны этой системы и невозможности поднятия сверх уловов из-за технического несовершенства современных технологий.

Достоинства:

1. Невысокая повреждаемость улова.

1.1.6 Устройство для подъёма трала на суда кормового траления и выливка из него улова (1988 г.)

Данное устройство требует меньших экономических затрат нежели предыдущее и направлено на сохранение качества уловов (рисунки 1.7, 1.8).

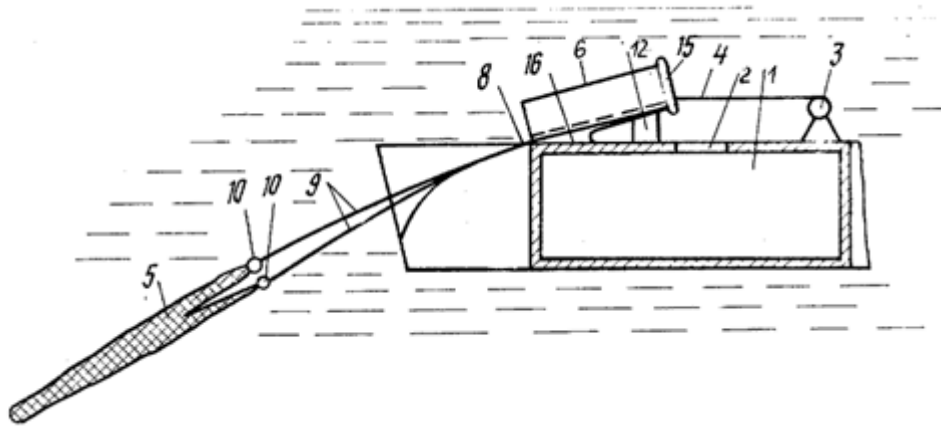


Рисунок 1.7 – Устройство для подъёма трала на суда кормового траления и выливка из него улова (вид сбоку)

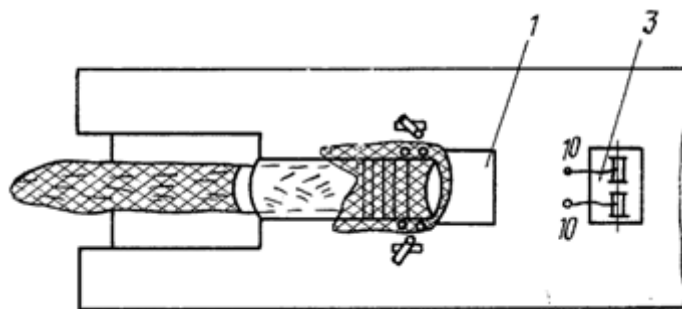


Рисунок 1.8 – Устройство для подъёма трала на суда кормового траления и выливка из него улова (вид сверху)

Устройство для подъёма трала на суда кормового траления состоит из следующих узлов и деталей: 1 – бункер; 2 – люк бункера; 3 – траловые лебёдки; 4 – ваера; 5 – трал; 6 – труба; 7 – механизм для протягивания топчантов; 8 – слип; 9 – кабели; 10 – замок (скобы или гаки).

После наполнения мешка трал выбирают до подхода замков рассоединения к отбортовке трубы, их рассоединяют, а топчанты заводят в механизмы на ролики. Перемещают

устье трала и мешок с помощью привода на роликах. Куток трала с уловом перемещается внутри трубы и выворачивается, таким образом освобождаясь от улова, падающего в бункер для рыбы. Спускают же трал обратным выворачиванием с прикреплённым к нему плавучим якорем на наружном конце кутка.

Схема обладает достоинствами, тем ни менее ей присущи недостатки:

1. Увеличение времени на выливку улова, за счёт переподключения с лебёдок на ролики и специальные механизмы.
2. Невозможность использования в связи с наличием в мешке трала делёжных стропов, у которых радиус должен быть меньше чем в трубе, иначе мешок в неё просто не пройдёт, но поскольку радиус делёжных стропов меньше, то не представляется возможным вывернуть мешок, не повредив его и улов.
3. Ограничения по размерам трала.

Достоинства:

1. На данном техническом уровне эта система не жизнеспособна и не даёт ничего достойного внимания в области сохранения улова, его качества. Единственно что может ей помочь – это наличие отключающихся стропов, которые позволят вывернуть трал, и наличие распускного шва.

1.2 Промысловое устройство с частичным втягиванием (подъёмом) трала на судно

Частичное втягивание (подъём) трала осуществляется обычно на малых судах с короткой промысловой кормовой площадкой. Это характерно для бесслиповых и полуслиповых методов, при этом в воде постоянно остаётся его средняя часть. В одном случае поднимают только крылья, в другом – подборы, в третьем – и то, и другое. Во всех случаях извлекают из воды куток для последующей выливки рыбы с кормы или с борта. После подъёма канатно-сетной части осуществляется деление улова.

В предлагаемых промысловых схемах с целью снижения нагрузок и сохранности улова применяют съёмные или пологие полуслипы.

Чтобы ускорить и облегчить процесс постановки и выборки путём соединения выборки кабелей и подъема подбор в одну непрерывную операцию, иногда на малых траулерах кормового траления выполняются пологие или крутые полуслипы. Обычно их смещают к какому-либо борту, что позволяет, во-первых, улучшить условия деления больших уловов, во-вторых, разделить кормовую промысловую площадку на две части. На одной из них осуществляют работу с тралом, а на другой – первичную обработку улова (сортировку и др.).

Улов можно поднимать такими же грузовыми средствами, как и в бесслиповых промысловых устройствах: стрелами, качающимися дугами, кранами, стационарными порталами и пр. Для частичной намотки трала могут также применяться кабельно-сетные барабаны.

У всех данных схем процесс постановки происходит по классической отработанной схеме, такой же, как и при постановке и выборке трала по слиповому настилу, за исключением схем, в которых применяется качающаяся дуга.

Операции производятся следующим образом. Сначала спускают краном или стрелами куток. За счет сопротивления воды трал через кормовой рол стягивается за корму. Затем стравливают полностью кабели, стопорят лебедки, присоединяют к ваерам траловые доски и отдают их со стопоров, после чего вытравливают ваера на необходимую длину, затормаживают лебедки и приступают к тралению.

Среди разновидностей промысловых схем по наличию промысловых устройств и механизмов, необходимых для частичной или полной выливки улова на судно, отмечаются следующие промысловые устройства:

- 1) с применением стрел;
- 2) с применением кранов;
- 3) с применением качающейся дуги;
- 4) с применением сетного барабана (кабельно-сетного барабана).

1.2.1 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала и улова стрелами

В бесслиповом промысловом устройстве кормового траулера с подъемом части трала и улова стрелами (рисунок 1.9), подъем подбор трала, их укладку осуществляют стрелами после подхода и крепления к дугам траловых досок и выборки кабелей. Куток с уловом подтягивается линем удавного стропа и переводится обычно к борту для дальнейшего подъема. Основным отличительным признаком его является наличие рола, установленного непосредственно на транцевом фальшборте, и наклонных лотков, имеющих подъем в направлении от транца к носу судна и предназначенных для укладки на них подбор фала, вытянутых с помощью отдельных лебедок. Поднятый стрелой куток с уловом выливается в рыбные ящики, расположенные по правому борту, в корму за надстройкой. В остальном оно по применяемому оборудованию, его размещению и приемам работы с тралом аналогично обычным бесслиповым бортовым промысловым устройствам со стрелами.

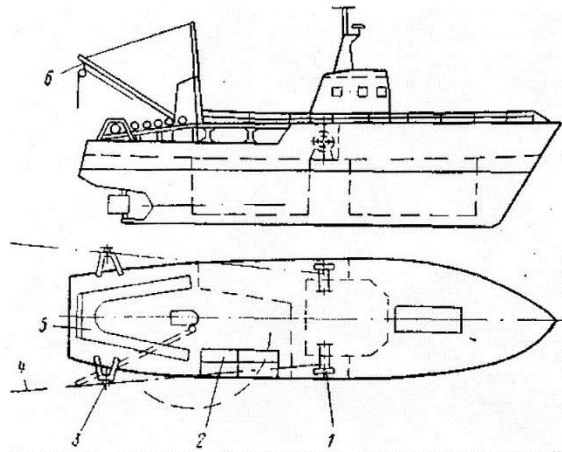


Рисунок 1.9 – Пример расстановки промысловых механизмов с частичным подъемом трала стрелой:

1 – отдельные траловые лебедки; 2 – рыбные ящики; 3 – траловая дуга с подвесным ваерным блоком; 4 – ваер; 5 – наклонные лотки для укладки подбор; 6 – стрела

Следует отметить, что бесслиповое промысловое устройство со стрелами явилось основой, на которой базировалось совершенствование бесслиповых промысловых устройств для малых траулеров кормового траления.

1.2.2 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала и улова кранами

Особенности схемы с бесслиповым промысловым устройством с подъемом части трала и улова кранами (рисунок 1.10) состоит в следующем: угол соединения палубы с транцем в средней части закруглен; ближе к бортам имеются ниши для крепления траловых досок; отсутствие траловых дуг, подвесных блоков и направляющих палубных роликов, отдельная траловая лебедка обеспечивают прямую проводку ваеров и безопасную работу с тралом.

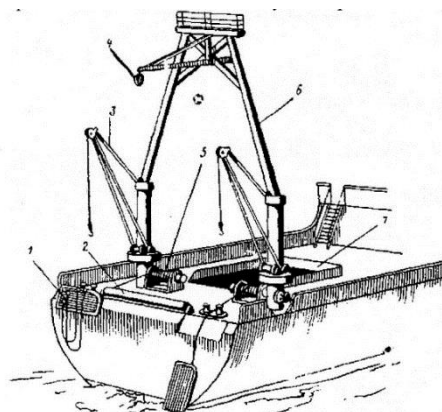


Рисунок 1.10 – Основные элементы бесслипового промыслового устройства для кормового траления с подъемом части трала и кутка с уловом кранами:

1 – траловая доска; 2 – кормовой рол; 3 – подъемный кран; 4 – блок салинга; 5 – отдельные траловые лебедки; 6 – мачта-портал; 7 – рыбный ящик

При подъеме трала выбирают ваера до подхода траловых досок. Последние стопорят и отсоединяют. Затем выбирают кабели до подхода клячевок. Крылья вытягивают кранами и одновременно выбирают кварттропы для подъема и укладки на палубе подбор. С помощью удавного и дележного стропов подтягивают и поднимают куток для последующей выливки улова в рыбные ящики или через люки в отделение рыбообработки. Большой улов поднимают частями (деление улова осуществляется на воде).

Достоинства:

- промысловая палуба более свободна от промысловых механизмов.

Недостатки:

- длительность выборки трала на палубу судна;
- ограничения по весу улова, за счёт использования стрел;
- малый разовый допустимый размер улова, ограниченный не только размерами палубы, но и высотой стрел.

1.2.3 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала и улова качающейся дугой

В состав промыслового устройства (рисунок 1.11) входит качающаяся дуга (портал) типа «Униган». Угол соединения палубы с транцем скругляется, устанавливается горизонтальный рол и закрывается проем в транцевом фальшборте. Устройство может обслуживаться одной агрегатированной траловой лебедкой или отдельными, разнесенными к бортам у кормовой стенки надстройки (рубки).

При спуске, с помощью специального троса, проведенного через подвесной блок на дуге, сетная часть трала вываливается за корму, увлекается кильватерной струей и вытягивается. Операцию осуществляют за счет качания дуги в крайние носовое и кормовое положения. Лежащие на палубе траловые доски поднимают к ваерным блокам, включают в ваеры, затем дугу поворачивают в корму и спускают доски в воду.

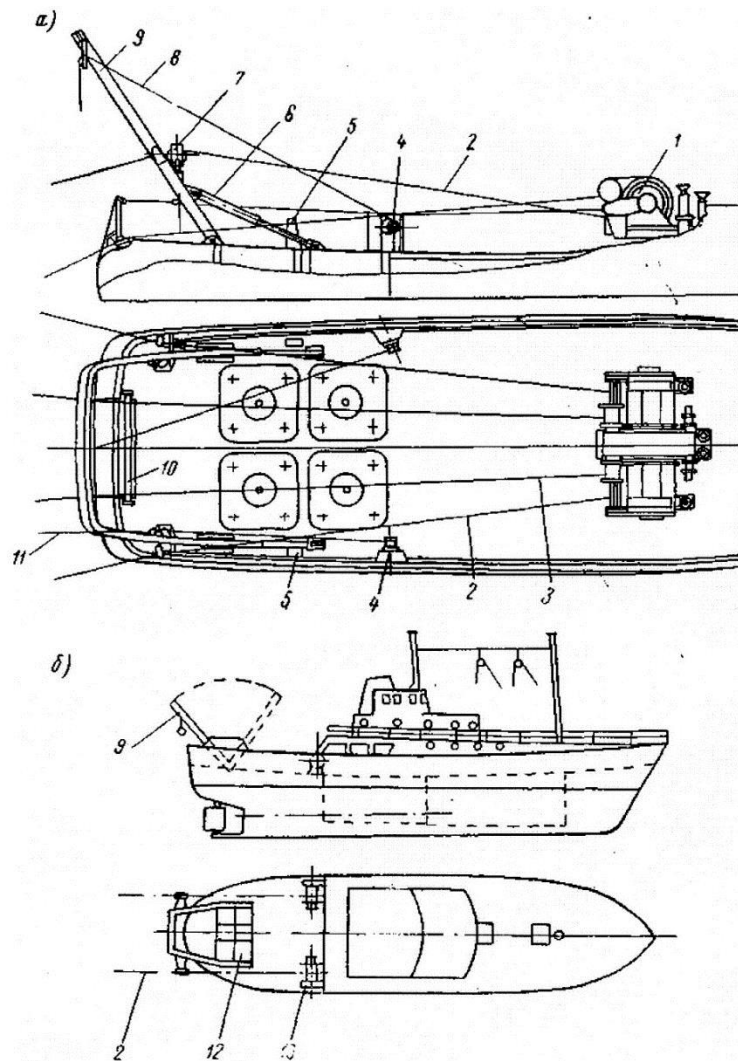


Рисунок 1.11 – Основные элементы бесслипового промыслового устройства для кормового траления с частичным подъемом трала качающейся дугой:

а – с агрегатированной траловой лебедкой; б – с отдельными лебедками

1 — лебедка; 2 — ваеры; 3 — вытяжные, переходные концы и кабели; 4 — бортовые турачки; 5 — упор под качающуюся дугу; 6 — гидропривод качающейся дуги; 7 — ваерный блок; 8 — трос для подъема улова; 9 — качающаяся дуга; 10 — кормовой рол; 11 — трос для перемещения устья трала; 12 — палубные рыбные ящики; 13 — отдельные траловые лебедки

При подъеме трала доски выбирают до подхода к ваерным блокам, дугу поворачивают в сторону носа, доски отключают и опускают на палубу. Далее выбирают кабели. После подхода к блокам клячевочных бобинцев за квартропы поднимают и заваливают на палубу подборы. Подтягивание кутка к корме, подъем и выливку улова осуществляют с помощью удавного и делёжного стропов. Куток поднимается и проносится качающейся дугой к рыбным ящикам, там его освобождают от улова. Так как на палубу выбирают только подборы и на ней размещаются только рыбные ящики, длина рабочей кормовой площадки может быть уменьшена до 6 – 8 м независимо от длины трала. Это позволяет наиболее удобно разместить весь комплекс оборудования траулера и улучшить обитаемость экипажа. При этой схеме промыслового устройства возможно деление улова. От недостатка, связанного с

невозможностью осмотра и ремонта трала, можно избавиться, подвесив под верхом качающейся дуги (портала) кабельно-сетной барабан-катушку, через который протягивается трал.

Особенность данной схемы состоит в следующем: угол соединения палубы с транцем скруглен; установлен горизонтальный рол и закрыт проем в транцевом фальшборте; отсутствует тралмейстерский мостик и траловые дуги.

Достоинства:

- промысловая палуба более свободна от промысловых механизмов.

Недостатки:

- длительность выборки трала на палубу судна;
- повышенный износ оборудования;
- невозможностью осмотра и ремонта трала;
- малый допустимый размер улова, ограниченный размерами палубы, высотой дуги.

1.2.4 Промысловое устройство с втягиванием крыльев и подбор по полуслипу и подъемом улова качающейся дугой

Отдельно стоит упомянуть о промысловом устройстве с втягиванием крыльев и подбор по полуслипу и подъемом улова качающейся дугой (рисунок 1.12)

Такая схема промыслового устройства запатентована французской фирмой «Амио» и осуществлена на траулере Океан. Узкий полуслип смещен к борту. Так как суда, на которых осуществляется лов по такой схеме, как правило, низкобортные, слип снабжается закрытием заподлицо с палубой, а проем в транцевом фальшборте ограждается.

Основная особенность этого промыслового устройства заключается в том, что после перевода переходных концов на полуслип представляется возможным осуществить непрерывную выборку кабелей, крыльев и подбор до подхода клячевок к лебедке. Мешок с уловом подтягивается к корме линем удавного стропа и поднимается с помощью качающейся дуги «Униган».

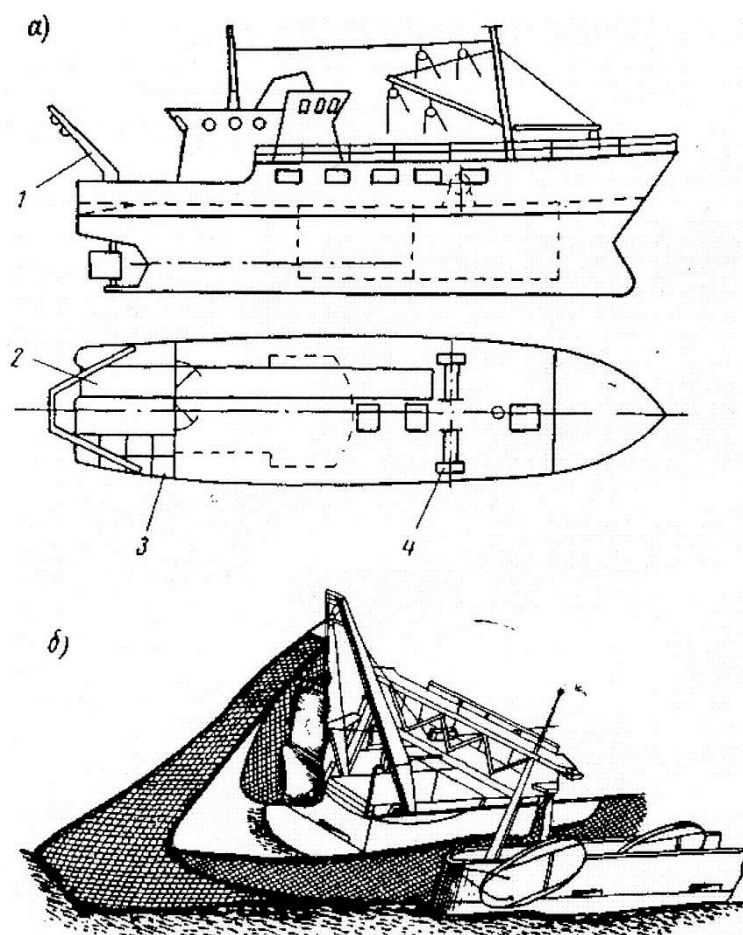


Рисунок 1.12 – Основные элементы промыслового устройства для кормового траления с полуслипом для частичного втягивания трала:

а – схема компоновки основных элементов; б – подъем улова

1 – качающаяся дуга типа «Униган»; 2 – полуслип; 3 – рыбные ящики; 4 – отдельные траловые лебедки

Достоинства:

- промысловая палуба более свободна от промысловых механизмов;
- наблюдалась значительная сохранность качества уловов.

Недостатки:

- длительность выборки трала на палубу судна;
- повышенный износ оборудования;
- невозможностью осмотра и ремонта трала;
- малый допустимый размер улова, ограниченный размерами палубы, высотой дуги.

1.2.5 Бесслиповое промысловое устройство с подъемом части трала на кабельно-сетной барабан, а улова – вспомогательными грузовыми средствами

В состав промыслового устройства (рисунок 1.13), кроме сетного барабана, входят траловая агрегатированная или отдельные лебедки, дуги или кронштейны для подвески

ваерных блоков и крепления траловых досок, палубные ролики для проводки ваеров на ваерные блоки, грузовые средства для спуска трала и подъема улова, иногда горизонтальный рол на несколько скругленном углу соединения палубы с транцем, закрытие проема в транцевом фальшборте и др.

Подъем трала происходит следующим образом. Выбирают ваера до подхода к дугам или кронштейнам траловых досок, последние затем стопорят. Переходные концы крепят на кабельно-сетной барабан и начинают выборку кабелей, крыльев и подбор трала. Сетную часть трала выбирают барабаном настолько, чтобы можно было с помощью удавного и дележного стропов подтянуть мешок с рыбой к корме или к борту. В первом случае улов поднимается с помощью подъемного троса, проведенного через подвесной грузовой блок на кормовом стационарном портале или мачте, во втором случае – стрелой. Выливка улова возможна и с помощью применения рыбонасосных установок. Траловые доски отключают от системы тросов ваер – кабель обычно частично и оставляют на ваерах. Может производиться и полное их отключение. Для осмотра и ремонта трал можно выбирать полностью.

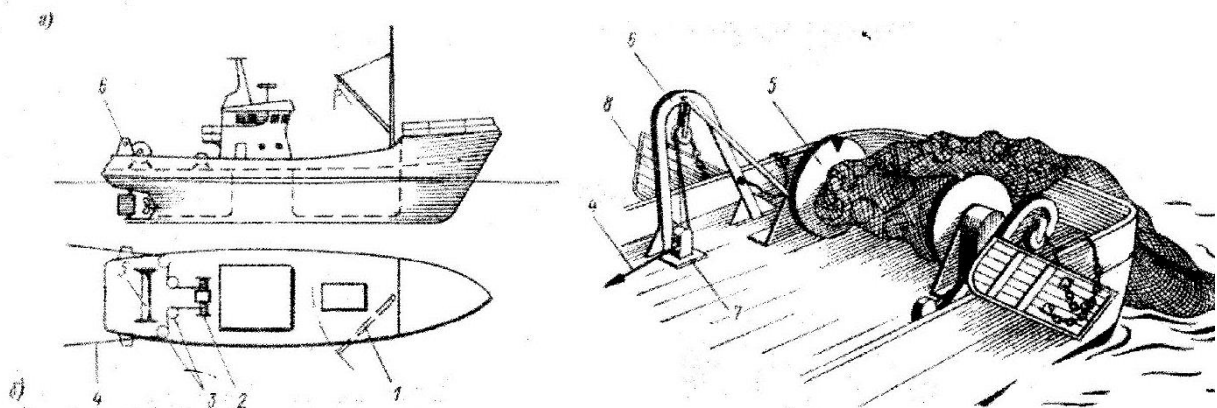


Рисунок 1.13 – Бесслиповые промысловые устройства для кормового траления с частичным подъемом трала на сетевой барабан:

а – схема компоновки основных элементов промыслового устройства; б – схема расположения промыслового оборудования на кормовой части палубы сейнер-траулера Блю Уотерс;

1 – стрела для выливки улова; 2 – ваерная лебедка; 3 – палубные ролики для проводки ваеров; 4 – ваер; 5 – сетевой барабан; 6 – траловая дуга с ваерным блоком; 7 – коренной ролик; 8 – траловая доска

Оригинальное решение бесслипового промыслового устройства с использованием кабельно-сетевого барабана (рисунок 1.14) найдено при переоборудовании английского малого траулера Росс Дэринг. Сетевой барабан установлен на расстоянии несколько более 3,5 м от транца и смещен к правому борту. По левому борту размещены рыбные ящики. Такое расположение, обусловленное кормовым положением моторного отделения и местоположением кожуха выхлопной трубы, дает возможность создания отдельных площадок для работы с тралом и первичной обработки улова.

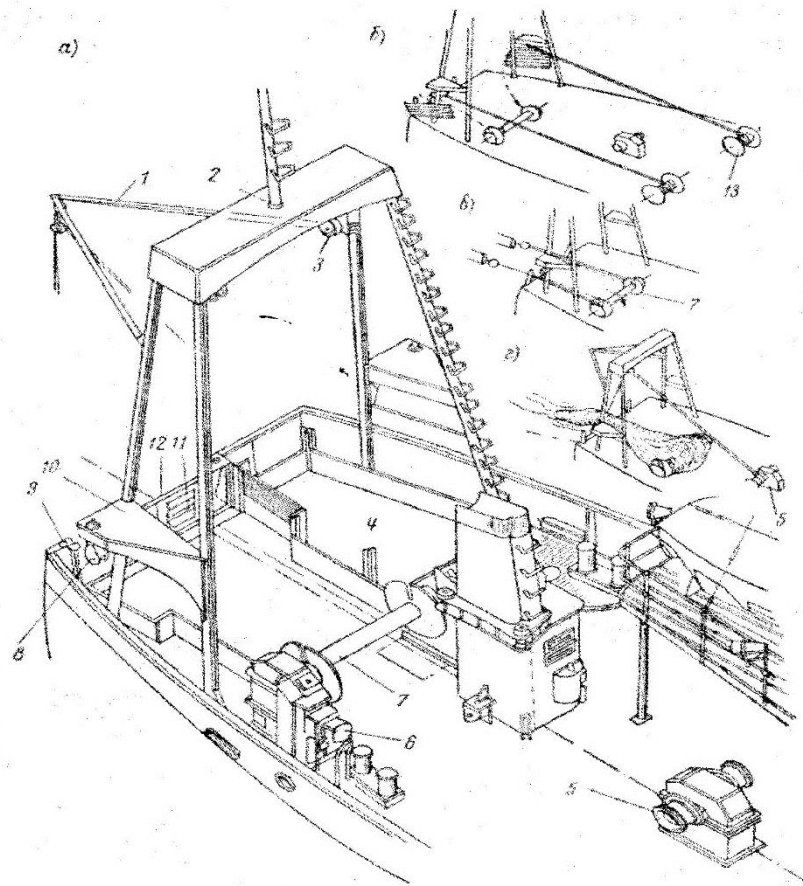


Рисунок 1.14 – Промысловое устройство английского траулера Росс Дэринг:

а – схема компоновки основных элементов; б – выборка ваеров, стопорение траловых досок, отключение и шведка переходных концов в концевые тросовые барабаны, в – выборка переходных концов и кабелей до подхода клячевок; г – намотка трапа на сетевой барабан, подъем улова;

1 – двуногая стрела для сбрасывания в воду кутка града; 2 – четырех нагая мачта-портал; 3 – блок для подъема кутка; 4 – рыбные ящики; 5 – вспомогательная промысловая лебедка; 6 – редукторный гидропривод кабельно-сетного барабана;

7 – кабельно-сетной барабан; 8 – ваерный подвесной блок; 9 – вертикальный рол; 10 – кронштейн для подвесного блока; 11 – горизонтальный рол; 12 – закрытие кормы; 13 – ваерные лебедки

Дальнейшее развитие рассмотренных выше вариантов промыслового устройства привело к оснащению судна полуслипом для втягивания крыльев и подбор и дополнительным полуслипом (рисунок 1.15) в ДП для втягивания кутка с уловом. Выливка улова производится вспомогательными грузовыми средствами.

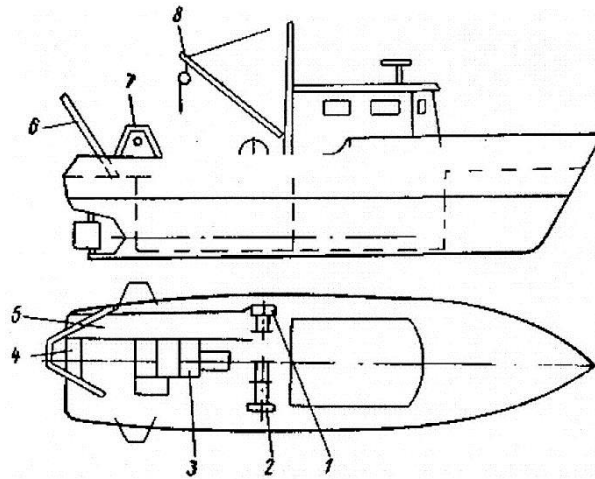


Рисунок 1.15 – Основные элементы промышленного устройства для кормового траления с двумя полуслипами для частичного втягивания трала:

1 – раздельная траловая лебедка; 2 – раздельная траловая лебедка со вспомогательным барабаном для намотки трала по окончании лова; 3 – рыбные ящики; 4 – крутой полуслип для облегчения подъема улова; 5 – пологий полуслип для втягивания крыльев и подбор трала; 6 – вспомогательная дуга портал с грузовыми блоками для облегчения подъема кутка с уловом; 7 – траловая дуга с подвесными ваерными блоками; 8 – стрела для выливки улова

Обычно для упрощения проводки ваеров, кабелей и вытяжных тросов такое промышленное устройство обслуживается раздельными лебедками, которые устанавливают в носовой части промышленной площадки. Одну из лебедок снабжают сетевым барабаном, на который после окончания лова полностью наматывают трал. Подтягивание кутка с уловом к корме траулера осуществляется с помощью линия удавного стропа, а выливка улова в рыбные ящики, расположенные в кормовой части палубы – грузовой стрелой. Так как выполнение пологого полуслипа достаточной длины на судах с короткой промышленной площадкой практически неосуществимо, то для облегчения вытягивания кутка с уловом дополнительно можно устанавливать легкую качающуюся дугу или стационарный портал. Комплексным использованием крутого полуслипа и качающейся дуги устраняется недостаток последней: ограничение величины разового подъема улова.

Немного отличающийся вариант был разработан и реализован на траулере «Iris» (рисунок 1.16).

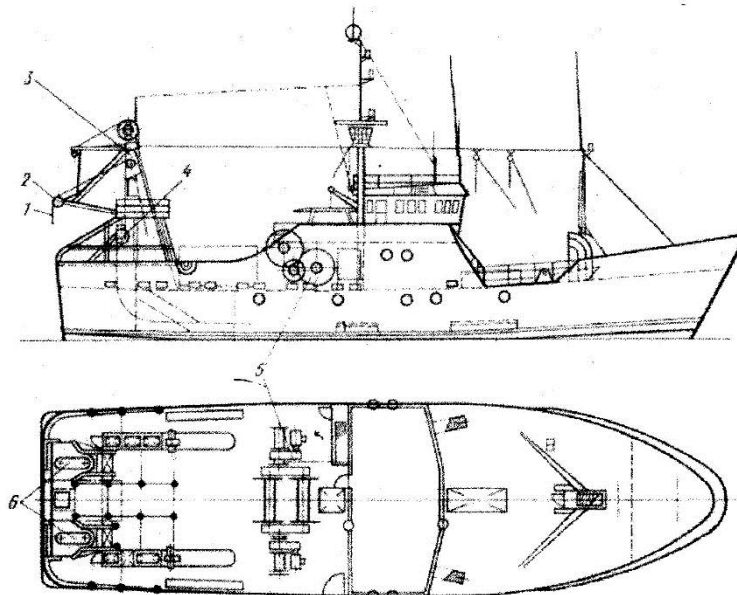


Рисунок 1.16 – Общий вид траулера ФРГ «Iris» с промысловой схемой типа «Dirk-Dirk»:
1 – вытяжной конец; 2 – блок; 3 – грузовой портал; 4 – ролл; 5 – траловая лебёдка; 6 – бункеры

В данной схеме двойные кабельно-сетные барабаны смещены ближе к середине судна, что позволяет осматривать целостность орудия лова и быстро менять тралы за счёт переключения барабанов.

Промысловый комплекс (рисунок 1.16) включает агрегатированную (комбинированную) траловую лебёдку 5 с ваерными барабанами, двумя кабельно-сетными и несколькими грузовыми барабанами. Вблизи кормовой оконечности установлен грузовой портал 3 с блоками 2 для проводки вытяжных концов 1, с помощью которых осуществляют порционную выборки и выливку улова в рабoприёмные бункеры 6.

Выборка трала осуществляется следующим образом. После выборки ваеров ваерными барабанами и приёма траловых досок на кормовые бортовые кронштейны 4 барабана. Последними выбирают кабели, крылья, канатную и крупноячейную часть трала до мешка. На этом выборка сетной части заканчивается. Затем делёжный линь, соединённый с делёжным стропом кутка, отсоединяют от мешка трала и соединяют с вытяжным концом одного из грузовых барабанов траловой лебёдки 5, с помощью которого выбирают и поднимают над бункером 6 первую порцию улова. После выливки первой порции куток стравливают, набивают очередной порцией, поднимаю её, далее процесс многократно повторяется до полного освобождения кутка трала от улова. Выливка осуществляется небольшими порциями так, чтобы повреждение рыбы было минимальным. Судно движется при выливке небольшим ходом, что обеспечивает быстрое заполнение каждой очередной порции подпираемой части кутка.

У данных схем есть как достоинства, так и недостатки.

Достоинства:

- возможно применение на малых промысловых палубах;
- хорошая сохранность улова.

Недостатки:

- невозможность нормального осмотра и ремонта трала на судне;
- большое время выливки улова при работе методом деления улова.

1.2.6 Устройство для выливки улова из мешка трала (1976 г.)

С целью сохранения качества уловов и безопасности промысловых операций при бесслиповом способе выборки трала предлагалось специальное устройство для подъёма и выливки улова из мешка трала (рисунок 1.17).

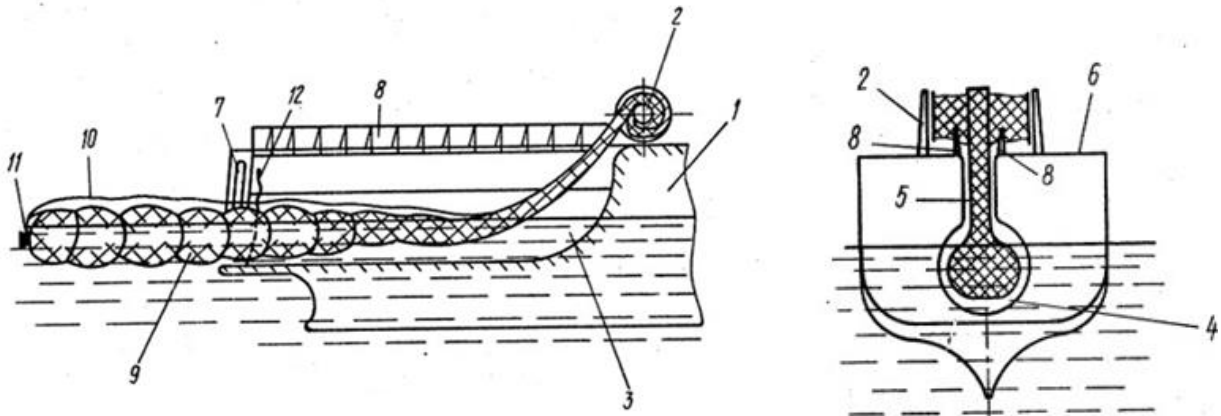


Рисунок 1.17 – Устройство для выливки улова из мешка трала:

- 1 – кормовая оконечность судна; 2 – тяговый механизм; 3 – носовая часть ёмкости;
 4 – проём; 5 – сквозная щель; 6 – промысловая палуба; 7 – аппарат для открытия и закрытия проёма; 8 – задвижка; 9 – мешок; 10 – сигнальный канат; 11 – глаголь гак;
 12 – эластичная перегородка; 13 – эластичный жгут; 14 – кольца; 15 – сетное полотно

Устройство представляет из себя ёмкость (3), заполненную водой, проём в корме судна, наполненный водой. Во время выборки трала с уловом канатно-сетную часть заводят на тяговый механизм. В процессе намотки мешок заводят через проём (4), при этом под весом улова мешок оттягивает эластичный жгут (13), входящий в состав эластичной перегородки (12), в состав которой входят также кольца (14) и сетное полотно (15), предохраняющее от выхода рыбы из проёма. После прохождения мешка перегородка возвращается в исходное положение, после чего улов выливается и выкачивается из проёма.

Недостатки схемы:

1. Нагрузки при прохождении трала по эластичной перегородке, которая постоянно давит и мешает проходу мешка в проём.
2. При выливке улова рыбонасосом, рыба повреждается и нет возможности выкачивать крупных особей.

Достоинства:

1. Повышается качество улова за счёт выливания объекта лова из водной среды в водную.

1.2.7 Способы передачи улова из трала на судно и устройство для его осуществления (1982 г.)

Также предлагались устройства, направленные на сокращение непроизводительных затрат на выливку улова из тралового мешка, с сохранением его качества (рисунок 1.18, 1.19).

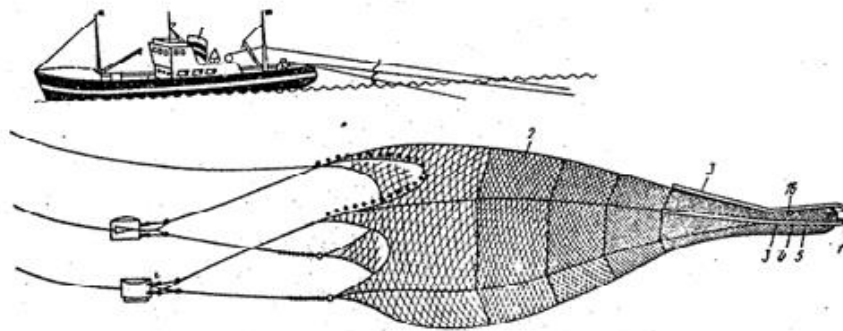


Рисунок 1.18 – Способы передачи улова из трала на судно и устройство для его осуществления (общий вид)

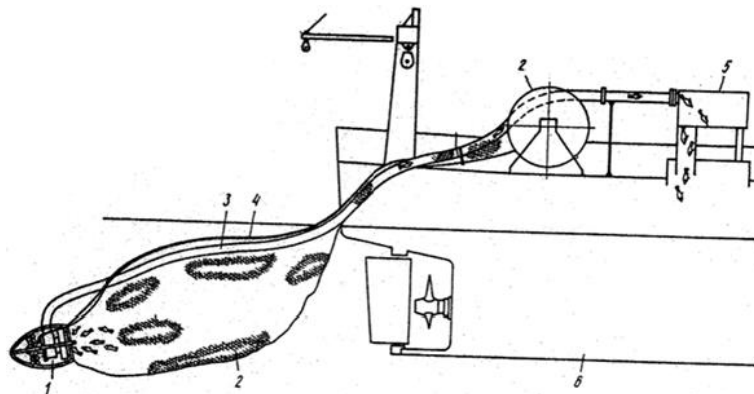


Рисунок 1.19 – Способы передачи улова из трала на судно и устройство для его осуществления (выборка):

- 1 – насос; 2 – трал; 3 – трубопровод; 4 – средство для подачи энергии; 5 – рыбосборник 6 – карма судна

В данном изобретении выливка из трала осуществляется с помощью рыбонасосных установок.

Перед спуском трала в кутке крепят трубопроводы и средства для подачи энергии к рыбонасосу и сам рыбонасос. Рыбонасос имеет положительную плавучесть. После наполнения мешка трал выбирают до подхода труб, которые подключают и начинают выливку.

Недостатки:

1. Отсутствие возможности выкачки крупных особей.

2. Высокие энергозатраты.

Достоинства:

1. Значительное сокращение времени на не производительные затраты, связанные с подъёмом мешка на палубу, за счёт непрерывного выкачивания рыбы;
2. Высокое сохранение качества уловов;
3. Нет необходимости в наличии большой промысловой палубы.

1.2.8 Устройство для подъёма трала на промысловое судно кормового траления и выливка из него улова (1988 г.)

Устройство для подъёма трала на промысловое судно кормового траления и выливка из него улова путём применения удавного стропа представлена на рисунке 1.20.

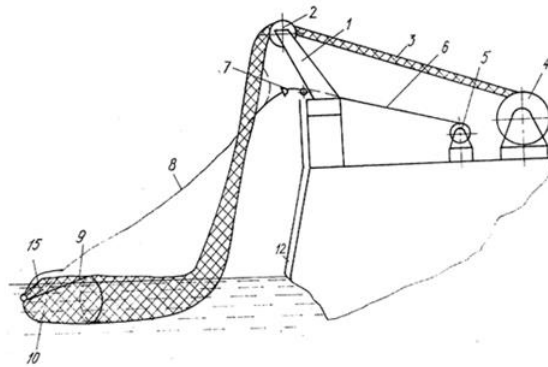


Рисунок 1.20 – Устройство для подъёма трала на промысловое судно кормового траления и выливка из него улова:

- 1 – портал; 2 – направляющий рол; 3 – трал; 4 – траловая лебёдка с барабаном;
 5 – лебёдка для подъёма и выливки улова; 6 – шкентель; 7 – разъёмный элемент;
 8 – подтяжной линь; 9 – удавный строп; 10 – куток трала; 11 – транец;
 12 – направляющий элемент

Трал подтягивают с помощью траловой лебёдки через направляющий рол на портале к транцу. После этого подтяжным линём подтягивают куток трала с жёсткой рамой к верхним частям направляющих элементов и опускают трал к ограничителям перемещения. Подбирают трал, рыба всё более концентрируется в кутке трала. Часть улова в кутке отделяют удавным стропом и толкатели поднимают часть улова, а сетчатая крышка открывается под весом рыб и выливает улов. Эта операция повторяется.

Недостатки:

1. Повреждаемость рыбы за счёт применения перестропки (сжатие мешка удавными стропами).
2. Чем больше улов, тем больше процент повреждаемости.

3. Существующие суда должны быть переоборудованы под соответствующие схемы.

Достоинства:

1. Снижены нагрузки на промысловые механизмы.
2. Качество уловов выше, чем при полном вытягивании тралового мешка на палубу.

1.2.9 Устройство для подъёма трала на судах кормового траления (1970 г.)

Достаточно необычный способ выборки тралового мешка на палубу судна представлен на рисунке 1.21.

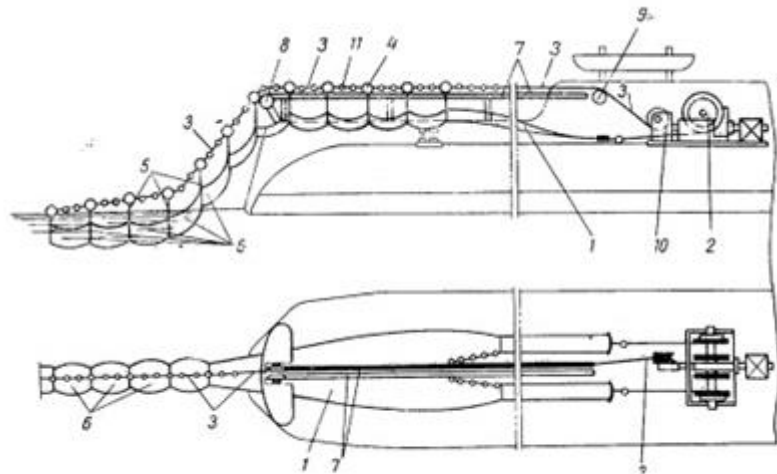


Рисунок 1.21 – Устройство для подъёма трала на судах кормового траления:

1 – устройство для подъёма трала; 2 – траловая лебёдка; 3 – подъёмный канат; 4 – вращающиеся шары; 5 – поперечные (делёжные) стропы; 6 – секции; 7 – направляющие; 8,9 – ролики; 10 – барабан; 11 – поплавки

Это устройство собой представляет трал, оснащённый канатом, проходящим по центру, к которому крепятся шары (полые шаровые чаши), связанные с делёжными стропами. Эти шары заводят в направляющие, расположенные на корме судна, вдоль его диаметральной плоскости, и имеющие клиновидный профиль.

После траления трал с уловом выбирают, до подхода к корме траулера, переднюю часть трала поднимают на судно с помощью траловой лебёдки, затем канат с шарами втягивается по направляющей и крепится к барабану траловой лебёдки, трал поднимается.

При подходе секции мешка к горловине бункера она открывается и улов выливается, затем мешок передвигают далее до тех пор когда вторая секция не окажется над горловиной и тоже выливается. Данный процесс повторяется пока не опустеет весь трал.

Недостатки:

1. Трудность в заведении трала в направляющие.

2. Увеличение сопротивления при тралении, за счёт применения дополнительных вращающихся шаров и поплавков.
3. Для подготовки трала к повторному спуску необходимо размотать намотанный трал и соединить (зашить) мешок, который при выливке улова разъединяли (поскольку в схеме не указан способ разъединения, то можно предположить, что имеется в виду распускная шворка или трал просто разрезают).

Достоинства:

1. Сохранение качества улова за счёт уменьшения нагрузок.
2. Уменьшение времени выборки трала.
3. Уменьшение нагрузок на трал.

1.2.10 Траловое судно со шлюзовой камерой

Изобретение относится к способу выливки улова из тралового мешка (рисунок 1.22, 1.23), при этом за счёт того, что мешок и улов попадают на борт траулера, находясь ещё в воде, и выливка уловов осуществляется также в воде, то и усилия, оказываемые на механизмы должны быть незначительны.

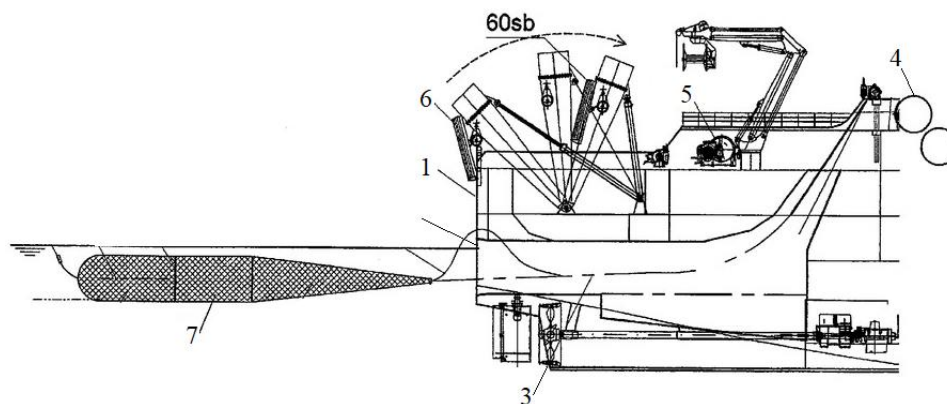


Рисунок 1.22 – Траловое судно со шлюзовой камерой (подход мешка и поднятие досок)

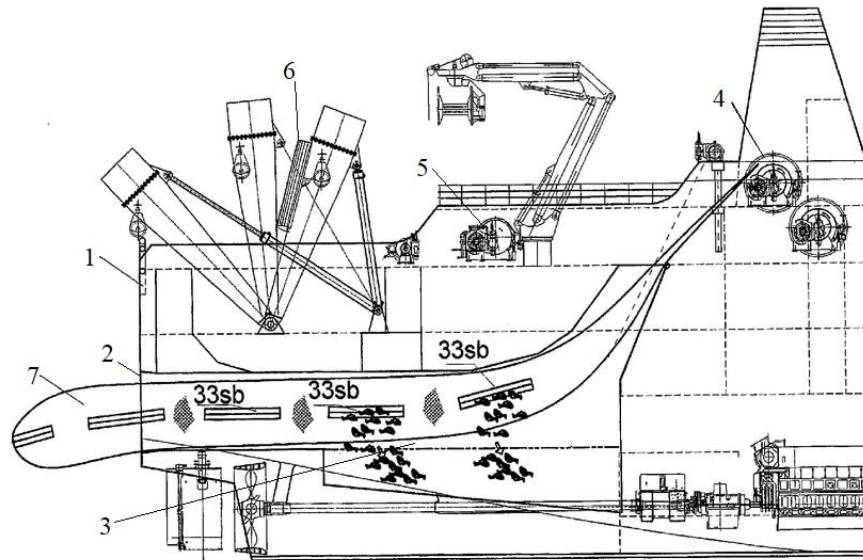


Рисунок 1.23 – Траловое судно со шлюзовой камерой:

1 – кормовой оконечности судна; 2 – шлюзовой камеры; 3 – шахтного канала; 4 – тралового барабана; 5 – ваерных лебёдок; 6 – траловых досок; 7 – тралового мешка

После выборки траловых досок подключают тяговый трос, который предназначен для направления мешка в шлюзовую камеру. Согласно варианту осуществления конструкции установлена транспортерная лента для тягового троса, проходящая вдоль углубленного рельса между верхней горловиной переднего шахтного канала и через шлюзовую камеру, чтобы направлять его от кормы для крепления к тралу перед подъемом трала через проход для шлюзования. Эта транспортерная лента может заканчиваться вблизи от соответствующей вертикальной транспортерной ленты для тягового троса на корме, чтобы подводить тяговый трос вверх к уровню палубы для крепления к тралу перед подъемом.

Во время прохода мешка, представленного на рисунке 1.23, показано, что траловый мешок растянут и раскрыт, причем в данном случае он показан раскрытым вдоль застежек-молний в его боковых сторонах, при этом удлинение тралового мешка поднято вверх через переднюю шахту. В заднем конце тралового мешка также может быть расположена задняя застежка-молния. Рыбу нагнетают из шлюзовой камеры посредством рыбного насоса, например, к помещению для хранения или для очистки на борту судна. Отделённую от улова канатно-сетную часть трала наматывают на траловый барабан.

Недостатки:

1. Необходимость внесения серьёзных корпусных изменений.
2. Трудоёмкость операций и невозможность визуально следить за процессом.
3. Неудобство эксплуатации, связанное с трудностями подключения тягового троса и других элементов, в том числе раскрытие застёжек-молний.

Достоинства:

1. Сохранение высокого качества улова.
2. Почти все операции механизированы.

1.2.11 Траловое судно, оборудованное приемным гидроканалом

Также было предложено устройство подобное описанному выше (рисунок 1.24).

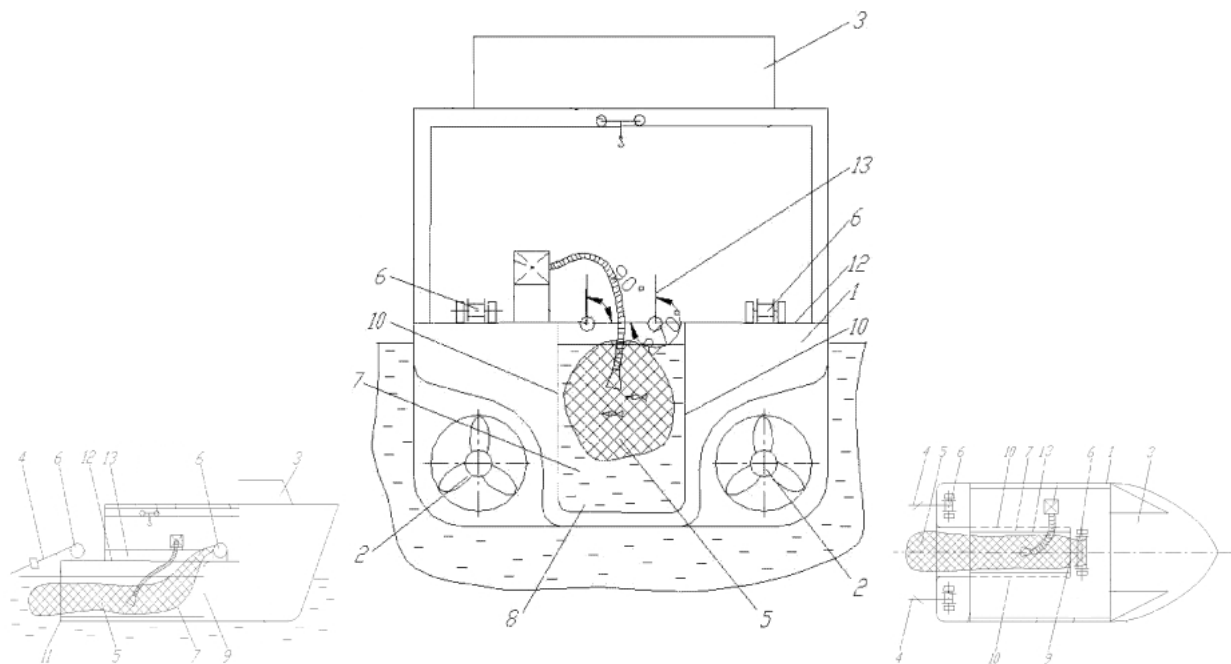


Рисунок 1.24 – Траловое судно, оборудованное приемным гидроканалом
(снизу находятся бок и верх)

Траулер содержит корпус (1), оснащенный двумя движителями (2), общесудовые надстройки (3), трал (4), тросы для буксирования и подъема трала (5), траловые барабаны для подъема сетной части трала (6), устройства для обработки улова и ремонта сетной части трала, приспособление для приема трала (7). Приспособление для приема трала выполнено в виде гидроканала (8), проходящего по оси симметрии корпуса (9) от выреза в кормовом срезе корпуса до вертикальной стенки корпуса. Гидроканал ограничен боковыми стенками (10), нижняя часть гидроканала совпадает с днищевой частью корпуса (11), а сверху он ограничен главной палубой (12). По всей длине гидроканала главная палуба выполнена в виде створок (13), раскрывающихся вверх от центральной оси гидроканала. Траловые барабаны для подъема сетной части трала размещены на главной палубе.

Траулер работает следующим образом. При заполнении трала 5 рыбой начинают его подъем посредством траловых барабанов 6, при намотке сетной части трала 5 мешок, содержащий улов, поступает через вырез 8 в гидроканал 7, образованный дном 11, боковыми 10 стенками и главной 12 палубой, после чего начинают выливку улова. Для этого открывают раскрывающиеся вверх створки 13 с помощью шарниров и через образовавшийся проем

опускают в гидроканал 7 всасывающую часть рыбонасоса, установленного внутри ангара на главной 12 палубе, и включают его. С рыбонасоса рыба поступает в технологические помещения (на чертеже не обозначены), расположенные в корпусе 1 судна вне ангара 15 и общесудовых надстроек 3. По мере освобождения тралового мешка от водо-рыбной смеси (пульпы) шланг рыбонасоса задвигается далее в мешок трала 5, при этом сетная часть мешка наматывается на траловый барабан 6, размещенный на главной 12 палубе. Операцию освобождения от рыбы ведут до его полного опорожнения, после чего траловый мешок через проем главной 12 палубы между открытыми раскрывающимися створками 13 с помощью тельфера выбирают на главную 12 палубу, а раскрывающиеся створки закрывают и начинают подготовку трала 5 к следующей постановке [8].

Достоинства:

1. Уменьшение нагрузки на промысловые механизмы, увеличение срока их эксплуатации.
2. Снижение энергозатрат главной энергетической установки судна.
3. Повышение качества улова по сравнению с подъёмом улова по слипу судна.

Недостатки:

1. Необходимо провести серьёзную модернизацию корпуса и установку дополнительного оборудования.
2. Не указан способ подключения рыбонасоса без риска для жизни работника.
3. Существует повреждаемость от использования рыбонасоса.

1.3 Анализ промысловых схем по способам выборки и подъёма улова

Бесслиповые и полуслиповые схемы применяются в основном на маломерных, малотоннажных и среднетоннажных траулерах. Данное обстоятельство обусловлено ограниченными размерами судна и промысловой палубы, что приводит к невозможности расположения полноценного слипового устройства. На некоторых судах, таких как МСТБ, применяются «кринолины» (съёмные слипы), позволяющие снизить усилие выборки и сохранить качество улова [70].

Для выполнения процесса подъёма трала и мешков с уловом на судах с полуслипом и без слипа применяются стрелы, качающиеся дуги, краны, стационарные порталы, позволяющие приподнимать мешок над бортом с целью исключения трения между судном и орудием лова, что в конечном итоге сохраняет качество улова и снижает износ промысловых механизмов и орудий рыболовства. Применение сетного барабана в данных схемах позволяет частично укладывать канатно-сетную часть трала, что исключает выборку трала методом

перестропок. Реализация данной меры снижает износ орудия лова, повреждение рыбы сырца, а также повышает безопасность промысловых операций и ускоряет процесс выборки. Выливку улова из тралового мешка на судах с полуслипом и без слипа осуществляют по частям, либо с применением рыбонасосов.

Большинству из этих промысловых схем присущи следующие достоинства:

- невысокая повреждаемость улова (около 15 %);
- более высокий уровень безопасности промысловых операций за счёт малых нагрузок на промысловые механизмы;
- незначительный износ механизмов.

При вышеперечисленных качествах эти схемы обладают рядом недостатков, а именно:

- траловый мешок с уловом во время выборки частично остаётся плавать за кормой, в результате возможно его скручивание, а при тралении в свежую погоду – повреждение трала судном;
- для осмотра и починки необходимо поднимать трал на борт и прерывать промысел;
- подъём тралового мешка с уловом осуществляется через сетную часть трала, что затрудняет процесс выборки;
- за счёт деления улова существует ограничение на величину разового подъёма рыбы, что требует дополнительных непроизводительных затрат времени.

Применение слипового метода подъёма улова на палубу судна характерно для всех типов траулеров, но наиболее распространена на крупнотоннажных промысловых судах. Это обусловлено размерами промысловой палубы, мощностью промыслового оборудования, позволяющего выбирать тралы и мешки с уловом на палубу судна.

К достоинствам этой схемы можно отнести следующее:

- оперативность выполнения промысловых операций с тралом;
- удобство при выполнении работ по ремонту трала;
- простота эксплуатации промыслового комплекса.

Основным недостатком данной схемы является то, что при выборке траловых мешков по слипу возникающее усилие зачастую превышает тяговые способности промысловых механизмов, осуществляющих данный подъём, это в конечном итоге сказывается на:

- снижении качества улова до 30 %;
- травмировании экипажа при проведении промысловых операций;
- повреждении орудий лова и промысловых механизмов.

Несмотря на описанные выше недостатки, в силу архитектурных особенностей рыболовных судов, на долю слипового метода приходится свыше 85 % промысловых судов кормового траления.

С учётом вышеизложенного следует, что имеющиеся технические решения по обеспечению безопасного подъёма уловов на палубу судна слиповым методом в большинстве случаев представлены в виде предложений, которые в большинстве случаев носят идейный характер, реализация которого требует значительного переоборудования судов и проектирования дополнительного оборудования.

Тем ни менее необходимость решения вопросов снижения усилий при выборке траловых мешков с уловом актуально, ввиду того, что отечественный флот работает в основном слиповым методом.

По своей архитектурной структуре как малотоннажные, так и крупнотоннажные траулеры обладают различной конфигурацией слипа. Практика показывает, что возникающие при этом пиковые нагрузки неоднородны и зависят от параметров слиповых устройств и расположения промыслового комплекса на палубе судна.

1.4 Анализ слиповых устройств промысловых судов

Для определения основных характеристик слиповых устройств траулеров кормового траления и диапазонов их изменения проведём анализ слиповых устройств промысловых судов.

Слиповое подъёмное устройство (слип) представляет из себя наклонный скат палубы промыслового судна, выполненный из стального листа, предназначенный для снижения действующих нагрузок на промысловые механизмы при подъёме тралов на палубу судна, сохранения качества улова и снижения трудоёмкости промысловых операций. Форма слипа увязана с архитектурой судовых конструкций и начинается от уровня ватерлинии в кормовой оконечности судна, с переходом на палубный настил. Кормовая часть слипа называется порогом, а выход на палубу судна заканчивается слиповой канавкой.

Порог слипа служит окончанием кормовой части судна и препятствует задеву трала. Настил слипа изготавливается из стали и крепится к кормовым оконечностям судна с помощью сварочных швов. Для плавного перехода слипа на палубу плоскость закругляется и заканчивается слиповой канавкой, в которой проводятся работы, связанные с острожкой (строплением) трала и отключением переходных концов, в канавке стоит рол, позволяющий снизить трение и перелом мешка.

Практика показывает, что основными характеристиками слиповых устройств рыболовных траулеров являются форма, габариты и углы наклона. С целью получения диапазона изменения значений, характеризующих судовые слиповые конструкции, выполнен обзор и анализ слиповых устройств рыболовных судов тралового лова. В таблицах 1.1 – 1.3 представлены слиповые устройства 16 типов судов.

Таблица 1.1 – Малотоннажные суда рыбопромыслового флота

Тип судна	Вид слипового устройства	Форма слипа	Угол наклона слипа
Слиповое устройство МПСРТ типа «Паланга»		Сферический	32
Слиповое устройство МРТ типа «Балтика»		Прямой	25
Слиповое устройство МТ «Рослин»		Прямой	25

Таблица 1.2 – Среднетоннажные суда рыбопромыслового флота

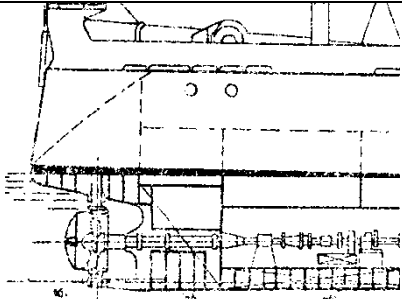
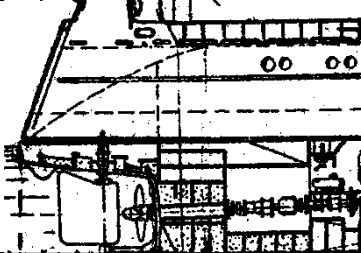
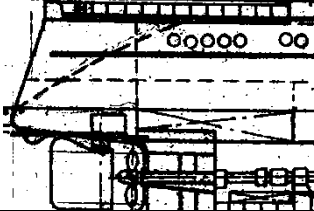
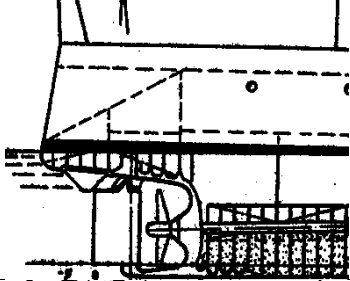
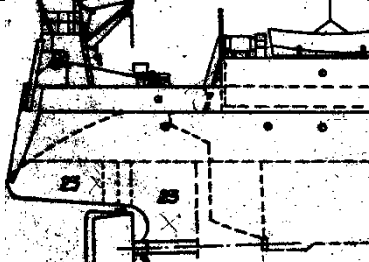
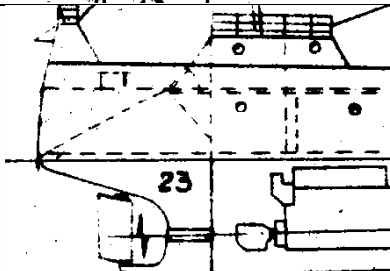
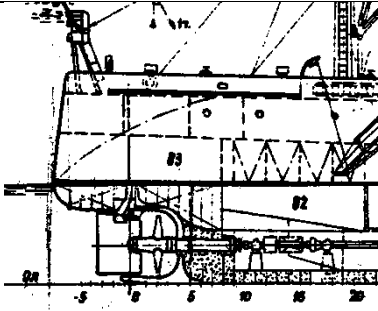
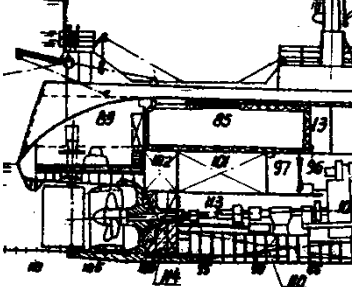
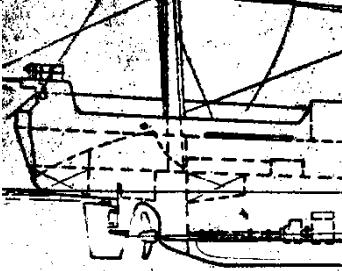
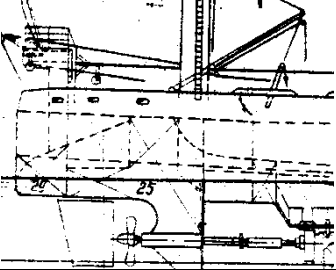
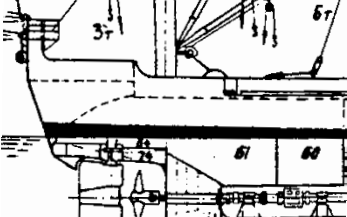
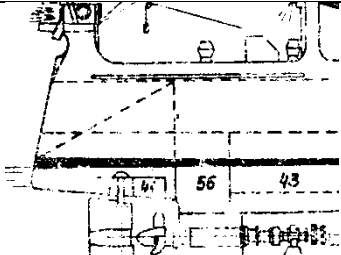
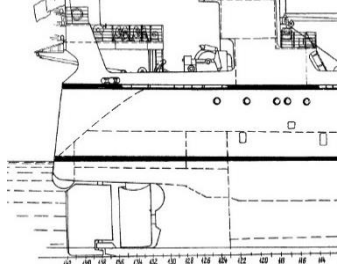
Тип судна	Вид слипового устройства	Форма слипа	Угол наклона слипа
Слиповое устройство ПСТ типа «Баренцево море»		Прямой	40
Слиповое устройство СРТМ типа «Железный поток»		Сферический	30
Слиповое устройство СРТМ типа «Василий Яковенко»		Прямой	32
Слиповое устройство РС типа «Профессор С. Дорофеев»		Прямой	30
Слиповое устройство «Ranger Ajax»		Сферический	28
Слиповое устройство ТКТ «Рёгген»		Прямой	30

Таблица 1.3 – Крупнотоннажные суда рыбопромыслового флота

Тип судна	Вид слипового устройства	Форма слипа	Угол наклона слипа
Слиповое устройство БМРТ типа «Лесков»		Сферический	30
Слиповое устройство МСРТ типа «Север»		Сферический	30
Слиповое устройство «Ross Valiant»		Прямой	25
Слиповое устройство «Wumme»		Прямой	25
Слиповое устройство РТМ типа «Тропик»		Сферический	32

Окончание таблицы 1.3

Тип судна	Вид слипового устройства	Форма слипа	Угол наклона слипа
Слиповое устройство РТМ типа «Атлантик»		Прямой	30
Слиповое устройство БМРТ типа «Пулковский Меридиан»		Прямой	40

На основе проведённого обзора и анализа можно сделать следующие выводы:

- наиболее широко применяющимися формами слиповых устройств являются: прямая (60 % рассмотренных схем), сферическая (40 % рассмотренных схем). Для всех типов судов характерно преобладание прямых поверхностей слиповых настилов, так, например, для средних и больших траулеров эта доля составляет 58%, а для малотоннажных судов 66 %;

- угол наклона слипа на большинстве промысловых судов изменяется в диапазоне от 25° до 45°. На малых траулерах применяются малые углы наклона в 25°-30°. Для средних и больших рыболовных траулеров также характерны углы наклона в 25°-30°, однако на них применяют уже и большие углы наклона в 40°-45°;

- в основном различные формы и параметры (угол наклона поверхности, форма поверхности) слиповых поверхностей зависят от завода производителя, его традиций, длины допустимой промысловой палубы разрабатываемого судна (конструкцией судов и их тоннажа), расположения промысловых механизмов, а также от предполагаемого района промысла.

Так, например, для судов, рассчитанных на эксплуатацию в северных широтах характерно применение высокого борта и крутого слипа в 40°-45°. Для экваториальных зон траулеры выпускались с низким расположением палубы и с малыми углами наклона слиповых поверхностей. Данное обстоятельство обусловлено плохими погодными условиями при промысле в районе северных широт и тихими в районе экватора.

1.5 Анализ проведённых по данной теме исследований

Как ранее отмечалось, при выборке траловых мешков с уловом возникают пиковые нагрузки, которые нередко равнозначны тяговым усилиям промысловых вытяжных лебёдок.

Данные нагрузки приводят к травмам экипажа, порывам орудий, поломкам промысловых механизмов и потере качества уловов за счёт повреждаемости промысловых объектов, так как под действием сил возникающих во время выборки происходит сдавливание улова находящегося в траловом мешке. Как отмечал А.Л. Фридман в диссертации: «Рабочие процессы на кормовых траулерах отличаются значительно более высокими нагрузками для орудий лова и промыслового оборудования судна. При этом запасы прочности различных деталей иногда полностью исчерпываются» [83].

На практике с целью снижения усилия выборки траловых мешков с уловом предлагались технические решения в виде установок, рольгангов, антифрикционных смол и жидкостей, однако распространения они не получили, а чаще вредили и затрудняли работу промысловой команды. Изложенные выше технические решения, направленные на снижение усилий выборки, не позволяют их применять на промысле. В связи с этим и со сложностью процесса исследователи начали его изучение. Они методом перебора параметров системы пытались найти решение и описать данный процесс. Разнообразие промысловых схем и слипов затрудняло исследования и приводило к различным численным величинам усилия выборки, характер изменения которых не известен, и учёные в своих работах изучали его с целью возможности влияния на усилие выборки, факторов и параметров системы судно-трал-промысловая машина и принятия решений, направленных на её снижение.

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.

В частности, Долин Г.М. проводил исследования, касающиеся формы мешка, с целью уменьшения трения, для этого предлагались мешки специальной конструкции, однако влияние данного фактора на тяговое усилие не рассматривалось.

В.П. Карпенко и С.С. Торбан определяли нагрузочный режим при выборке и подъёме тралового мешка, исследовали влияние высоты поднятия порога слипа на силу тяги. В процессе исследований были получены динамограммы нагрузки, которые позволили определить изменения усилия выборки при движении тралового мешка по слипу судна и установить пикообразный характер нагрузки во время выборки. Максимум тягового усилия наступает в момент выхода конца кутка из воды на нижний порог слипа.

Также на основе выполненных экспериментальных исследований была установлена зависимость (1.2) силы тяги кутка трала для прямого наклонного слипа от длины тралового мешка $l_{кт}$, равной длине слипа l_c , и угла наклона слипа α (рисунок 1.25). Зависимость имеет вид:

$$T_c = q_{кт} l_c (\mu_c \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (1.1)$$

где $q_{\text{кт}}$ – сила тяжести единицы длины кутка с уловом при условии, что улов равномерно расположен по всей длине кутка, кН/м; l_c – длина слипа; μ_c – коэффициент трения между кутком с уловом и поверхностью слипа; α – угол наклона слипа, °.

Однако, полученная автором аналитическая зависимость для расчёта T_c даёт заниженное значение нагрузки. Так, для кутков малого наполнения, т.е. $l_{\text{км}}/l_c \leq 1$, ошибки составляют от 50% до 100%. Для кутков большого наполнения, т.е. $l_{\text{км}}/l_c > 1$, ошибки не превышают 30%. При этом сами результаты эксперимента из-за отсутствия необходимой измерительной аппаратуры имели погрешность. Таблица Карпенко В.П., приведённая для расчётов усилия [21], обладает достаточно высоким диапазоном изменений коэффициента трения от 0,3 до 0,6. Применение же формулы на практике упирается в невозможность определения точного нетабличного значения коэффициента трения? возникающего на судне при выборке траловых мешков с уловом. Данное обстоятельство обусловлено не только различным состоянием поверхностей как слипа, так и палубы, разнящихся между собой в начале и конце рейса, но и объектом промысла. Неоднородность изменения коэффициента трения по длине слипа не позволяет проводить расчёты усилия промыслового оборудования и устройств, обеспечивающих безопасность выполнения промысловых операций.

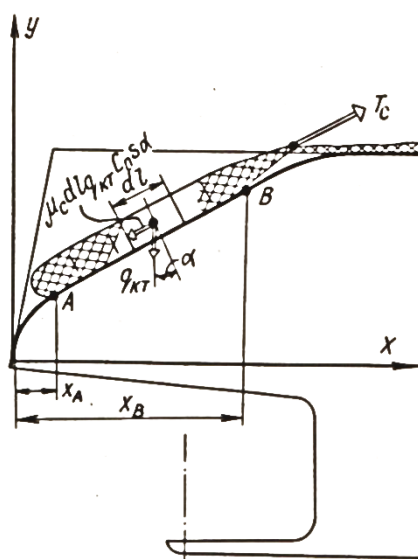


Рисунок 1.25 – Схема подъёма кутка с $l_{\text{км}} < l_c$ по плоскому наклонному слипу:

$q_{\text{кт}}$ – сила тяжести единицы длины кутка с уловом при условии, что улов равномерно расположен по всей длине кутка, кН/м; x_A , x_B – координаты (абсциссы) нижнего и верхнего порогов слипа, м; $\alpha(x)$ – функция изменения угла наклона слипа (для плоского наклонного слипа $\alpha = \text{const}$), град; $y(x)$ – функция изменения высоты наклона слипа, м; μ_c – коэффициент трения между кутком с уловом и поверхностью слипа

В.В. Дерменко занимался изучением коэффициентов трения при движении различных видов рыб по стали, однако материалы, характеризующие степень влияния различных факторов на усилие выборки тралового мешка, им получены не были. Однако все эти

исследования проводились без учёта влияния среды и одновременного влияния групп факторов, а также без возможности составления точных динамограмм изменения усилия из-за несовершенства измерительной и записывающей аппаратуры, и без возможности наблюдения того, как и от чего зависит то или иное колебание.

А.Л. Фридман проводил исследования по изучению влияния качки, коэффициента трения рыболовных материалов и влияния форм слиповой поверхности на усилие, возникающее во время выборки. Им было получено дифференциальное уравнение усилия в вытяжном конце общий интеграл которого имеет следующий вид (1.2):

$$F = e^{-f\varphi} \left[q \int \rho \left(A_1 \sin \varphi + B_1 \cos \varphi + \frac{\varepsilon}{g} d_1 + \frac{f\varepsilon}{g} d_2 + \frac{\omega_\tau}{g} - \frac{fv^2}{g\rho} \right) e^{-f\varphi} d\varphi + C \right], \quad (1.2)$$

где:

- F – тяговое усилие;
- φ – угловая координата элемента;
- f – коэффициент трения;
- q – вес единицы длины сетного мешка трала;
- ρ – радиус кривизны направляющей кривой слипа;
- d_1 и d_2 – проекции расстояния элемента до центра тяжести судна;
- v – скорость тяги трала;
- ε – угловое ускорение при килевой качке траулера;
- g – ускорение силы тяжести;
- A_1 и B_1 – независимые коэффициенты.

Как видно из полученной зависимости, помимо условно известных параметров системы, таких как вес единицы длины улова, угловой координаты элемента, необходимо так же выяснить коэффициент трения, проекции расстояния элемента до центра тяжести судна, радиус кривизны направляющей кривой слипа, ускорение по направлению тяги, угловое ускорение при килевой качке траулера и пр. Подобные расчёты достаточно проблематичны при их реализации и при расчёте в реальных условиях, потому что как говорилось ранее, коэффициент трения меняется значительно не только от типа судна и объекта лова, но и даже от пройденного по слипу траловым мешком пути, что препятствует его точному определению даже в лабораторных и макетных условиях, не говоря уже про натурные морские. При выведении уравнения были приняты серьёзные допущения, такие как принятие процесса выборки мешка с уловом, перетягивание тяжёлой гибкой нерастяжимой нити по шероховатой цилиндрической поверхности с произвольной направляющей. В уравнении не рассматривается влияние прижимной силы вытяжного конца, поскольку приняли, что усилие выборки действует по касательной к поверхности цилиндра, что может привести к занижению расчётного значения усилия. Так же было принято, что улов на всём протяжении мешка распределён равномерно, при этом рассматриваемые сечения мешка располагаются перпендикулярно поверхности, хотя на практике сечения мешка будут находиться

перпендикулярно относительно горизонта. Подобное допущение также может занижить расчётное значение усилия.

Проверка результатов работы в морских условиях не проводилась, а при проведении проверочных экспериментов в работах Фридмана А.Л. характер распределения мешка в улове не менялся, поскольку улов смоделирован не был, а моделью тралового мешка и его наполнением являлась стальная цепь, помещённая в хлопчатобумажный мешок. модель выбиралась в сухом виде, что далеко не в полной мере соответствует механике процесса выборки мешков с уловом на палубу.

Подобное малое количество работ в открытом доступе и малый интерес к данной теме можно объяснить в основном следующими причинами: несовершенством измерительного оборудования, отсутствием свободы действий, увеличение тяговых возможностей лебёдок, невозможностью проведения морских комплексных испытаний на натурных промысловых судах.

Используемое ранее измерительное оборудование обладало недостаточной точностью и неудобством проведения замеров.

Под отсутствием свободы действий (возможности выбора места расположения промысловых механизмов) подразумевается расположение промысловых механизмов не с точки зрения их удобства и эффективности, а выделенной для этого промысловой палубы.

Увеличение тяговых возможностей лебёдок осуществлялось не благодаря рациональному их размещению, а за счёт увеличения их мощности, однако, зачастую, увеличение мощности промысловых механизмов как при модернизации, так и при создании новых промысловых судов приводило к увеличению их габаритов и веса, что отрицательно сказывалось на размере рабочего места на промысловой палубе, на остойчивости и вместимости судна.

Сложность же процесса, как уже говорилось ранее, не позволяет провести морские комплексные испытания на промысловых судах в натурных условиях, поскольку охватить значительное количество промысловых схем и их сочетаний на конкретном судне невозможно. И так как отдельно взятое судно обладает рядом заранее заданных параметров, обусловленных судовыми конструкциями, без возможности их изменения в ходе проведения работ (форма слипа, угол наклона слиповой поверхности, линейные размеры, расположение промысловых механизмов), то чтобы рассмотреть данный процесс, необходимо иметь универсальную модель, которая с достаточным уровнем точности позволит проанализировать и рассчитать усилие выборки, возникающее при сочетании различных групп факторов.

Учитывая вышеизложенное, определить усилие выборки траловых мешков расчётным путём по выведенным зависимостям не представляется возможным ввиду большого количества допущений и значительного разброса исходных данных.

1.6 Постановка задачи исследования

В настоящее время большинство судов кормового траления работают слиповым методом с частичным или полным втягиванием тралового мешка с уловом на палубу судна. В свою очередь рыболовные суда тралового лова имеют различные формы слипов, промысловые комплексы, что объясняется их конструктивными особенностями, тактикой и техникой промысла. Во время выборки траловых мешков с уловом по слипу судна под воздействием факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, возникают пиковые нагрузки, которые соизмеримы с максимальными тяговыми усилиями вытяжных промысловых лебёдок, а зачастую превышают их, что приводит к нарушению работоспособности механизмов, порыву орудий рыболовства, повреждаемости облавливаемых гидробионтов. Это ставит под угрозу жизнь и здоровье экипажа, снижает качество улова и оперативность промысла. Данную проблему можно представить в виде следующей схемы (рисунок 1.26).



Рисунок 1.26 – Воздействие факторов на пиковые нагрузки

Выполненный обзор и анализ по данному вопросу показал, что на протяжении нескольких десятков лет ведутся работы по снижению усилий выборки, при подъёме траловых мешков с уловом на палубу судна слиповым методом. Имеется множество изобретений и патентов по устройствам и способам выливки уловов на траулерах кормового траления, направленных на снижение сил трения тралового мешка с поверхностью слипа. Однако в большинстве своём они представляют из себя идею реализация которой на промысле невозможна.

Среди них можно отметить такие технические предложения как установка рольгангов по поверхности слипового настила, выбор рациональной формы слипа, покрытие антифрикционными составами настила слипа (пенки, смолы и т.д.) с целью снижения пиковых нагрузок при выборке траловых мешков с уловом. Однако результатов по данным мероприятиям не получено в силу различных обстоятельств, например, смолы откалывались и повреждали орудие лова, рольганги запутывали сетное полотно при спуске трала, а использование пенок приводит к материальным затратам, связанным с покупкой и большим их расходом. К тому же большинство предлагаемых технических решений требуют значительных перестроек рыболовного судна, что для эксплуатируемых судов практически невозможно.

В настоящее время не существует достаточно точных методов определения усилия выборки тралового мешка с уловом по слипу, позволяющих оценить его значение при одновременном воздействии факторов системы судно-трал-промысловая машина.

Выполненные ранее научные исследования по изучению физической сущности процесса подъёма траловых мешков с уловом по слипам судов, были направлены на изучение коэффициента трения на поверхности слипа. Было установлено, что коэффициент трения тралового мешка с поверхностью слипа не однороден и зависит от типа трущихся поверхностей, при движении мешков с уловом по слипу, диапазон его изменения на практике составляет от 0,3 до 0,6. Поэтому достоверность численных значений усилия выборки, рассчитанных с помощью полученных зависимостей, не высокая. Достоверно определённые значения тяговое усилия выборки позволят нам оперировать этими данными и сопоставлять их с тяговыми возможностями промысловых машин с целью их безопасной эксплуатации, снижения энергозатрат, а также выполнять соответствующие силовые расчёты по соединительным и крепёжным изделиям, обеспечивающих надёжность и безопасность выполнения промысловых операций с траловым комплексом.

Практика показывает, что в процессе эксплуатации промысловой системы судно-трал-промысловая машина возможно добиться снижения усилия выборки траловых мешков за счёт выбора рационального сочетания факторов характеризующих промысловую систему. Провести такого рода экспериментальные исследования в морских условиях не представляется

возможным из-за продолжительности экспериментальных работ, отсутствия измерительно оборудования и производственной необходимости.

С учётом вышеизложенного поставлена цель разработать методологию проведения исследований на макетной установке, выполненной в масштабе, с имитацией реальных условий эксплуатации системы судно-трал-промысловая машина, позволяющую установить зависимость усилия выборки траловых мешков с уловом от характеристик данной системы.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) разработать методики проведения макетных и натурных испытаний;
- 2) разработать и изготовить действующий макет промысловой схемы и оснастить его контрольно-измерительной аппаратурой;
- 3) разработать и изготовить физические модели траловых мешков;
- 4) обосновать выбор исследуемых факторов;
- 5) провести планирование экспериментальных работ;
- 6) провести обработку результатов испытаний с целью получения зависимостей усилия выборки от исследуемых факторов;
- 7) провести проверку адекватности полученных зависимостей усилия выборки траловых мешков слиповым методом на натурных траловых системах.

Глава 2 Методика проведения экспериментальных исследований на действующем макете промысловой палубы судов кормового траления

Для проведения исследований по оценке влияния сочетаний факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина на усилие выборки траловых мешков с уловом, была разработана методика проведения экспериментальных исследований [73, 75], которая включает в себя:

- 1) экспериментальную установку;
- 2) модели траловых мешков;
- 3) контрольно-измерительную аппаратуру;
- 4) исследуемые факторы;
- 5) порядок проведения экспериментальных работ;
- 6) математическую обработку результатов испытаний.

2.1 Экспериментальная установка

Для проведения испытаний по исследованию процесса поднятия мешков с уловом по слипам судов была разработана макетная установка с имитацией промысловых схем рыболовных судов, работающих по слиповому методу [67].

В качестве базовой промысловой схемы была принята промысловая схема судна типа 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 масштабного коэффициента C_l макетная установка имеет следующие габаритные размеры: 4,0x1,0x1,5 м.

При разработке макетной установки и моделей использовался метод масштабного моделирования для этого был проведён расчёт масштабных коэффициентов.

Линейный масштаб длины C_l определяется как отношение длины слипа на модели l_m к длине слипа на натурном судне l_n и равен: $C_l = \frac{l_m}{l_n}$.

Масштабы (угловой масштаб C_α , масштаб времени C_t , масштаб плотности C_ρ) принимаем с учётом реальных условий эксплуатации и моделируем макетную установку и объект исследования в соответствии с условиями на промысловом судне (данные масштабы будут равны 1).

На основании теории размерности, масштабы подобия модельной установки и элементов орудия лова возможно выразить через масштаб геометрических характеристик C_l [45]. Таким образом получим следующие значения масштабов:

- масштаб площади $C_S = C_l^2$;
- масштаб объёма $C_V = C_l^3$;
- масштаб массы $C_M = C_R$;
- масштаб скорости $C_v = \frac{C_l}{C_t}$.

Силовой масштаб C_R определяются исходя из условий трения мешка о поверхность слипа с учётом соответствия критерию подобия процесса трения. Таким образом при моделировании соблюдаются критерии подобия, описанные в теории трения [43]:

$$\Pi^{Wi} \rightarrow \frac{C_v C_\mu}{C_l C_P} = 1 \quad (2.1)$$

Т.к. $C_P = \frac{C_R}{C_l^2}$ тогда;

$$\Pi^{Wi} \rightarrow \frac{C_v C_\mu C_l^2}{C_l C_R} = 1 \quad (2.2)$$

Из полученного уравнения выразим C_R .

$$C_R = C_v C_\mu C_l \quad (2.3)$$

Таким образом после подстановки масштабов коэффициента трения $C_\mu = 1$ и скорости, выраженной через линейный масштаб C_l , силовой масштаб C_R должен отвечать следующему равенству:

$$C_R = C_l^2 \quad (2.4)$$

Масштаб веса соответствует силовому масштабу, то $C_M = C_R = C_l^2$

Действующий макет и модели тралового мешка были рассчитаны и выполнены в соответствии с масштабными коэффициентами, сведёнными в таблицу 2.1 (Приложение А).

Таблица 2.1 – Наименование и значения масштабных коэффициентов при макетных испытаниях

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
Вес	C_m	C_l^2	0,0016
Время	C_t	1	1

Окончание таблицы 2.1

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб C_l	Расчётные значения масштабов
физические характеристики	обозначение		
Скорость	C_v	C_l	0,04
Сила	C_R	$C_l^2 C_\mu$	0,0016
Ускорение	C_W	C_l	0,04
Плотность	C_ρ	1	1
Угол	C_α	1	1
Коэффициент трения	C_μ	1	1

Схема действующей макетной установки по исследованию процесса подъёма траловых мешков по слипу представлена на рисунок 2.1.

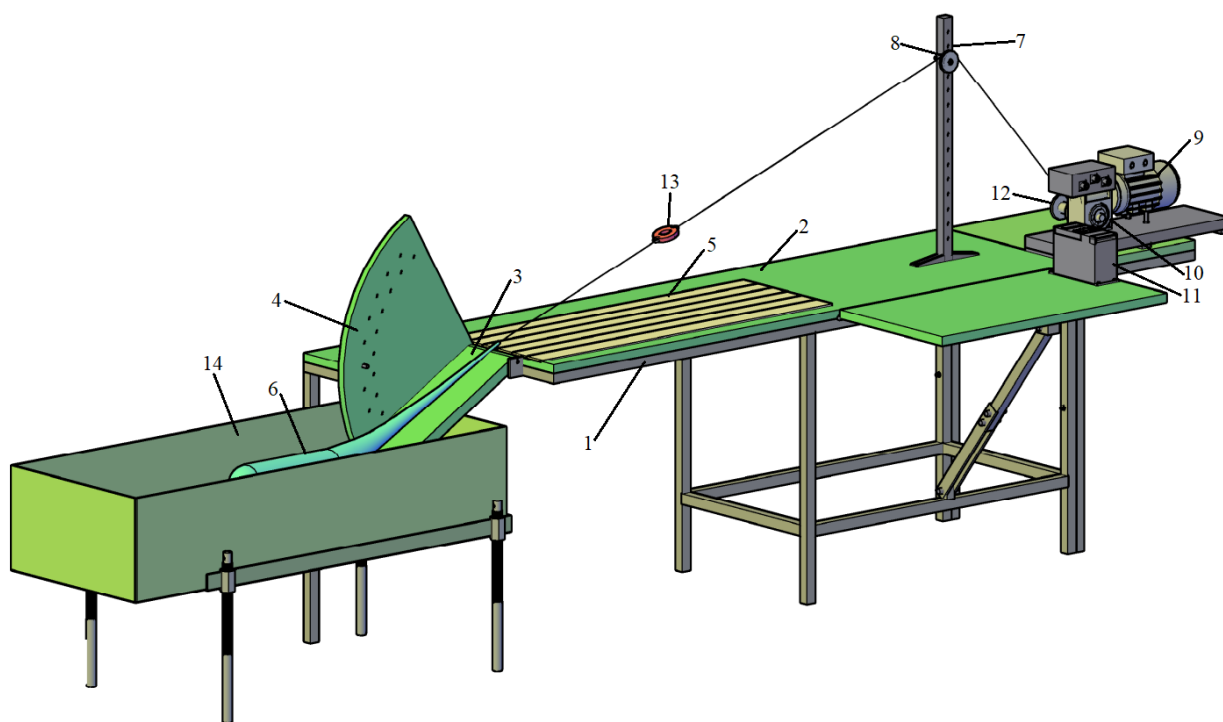


Рисунок 2.1 – Схема макетной установки

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

Макетная установка состоит из: каркаса, слипового устройства, ванны с водой, настил промысловой палубы, вытяжная электрическая лебёдка, стойка с направляющим блоком.

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. Система была подключена к водопроводной сети для наполнения, а ванна оснащена сливным отверстием для регулировки уровня заполнения. Высота подъёма ванны

регулируется специальными винтами, что позволяет отслеживать осадку кормовой части судов, в том числе и слипа. С целью визуального наблюдения движения мешка часть кормовой оконечности вырезана и для предотвращения сваливания мешка со слипа имеет окантовку по слипу, выполненную из оргстекла.

С целью воссоздания на установке условий, возникающих на различных судах со слипами различной формы и угла наклона, было смонтировано устройство, позволяющее изменять и фиксировать углы наклона слипа (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Слиповая направляющая

Для исследования влияния различных форм слипа на усилие выборки траловых мешков с уловом были изготовлены стальные слиповые поверхности с прямой и сферической формами (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Сливовые настилы:
1. - «сферический»; 2. - «прямой»

С целью полной имитации поверхности промысловой палубы рыболовного судна, настил на макете был выполнен из деревянных пластин (рисунок 2.4), подобно настилу на промысловых судах. Данное решение предотвращает повреждение траловых мешков во время проведения экспериментальных работ и приближает модельный коэффициент трения к натурным значениям.



Рисунок 2.4 – Деревянный настил палубы

Для обеспечения необходимого угла выхода вытяжного конца была установлена стойка с отверстиями на различном уровне, необходимыми для крепления направляющего блока в соответствии с задаваемыми параметрами (рисунок 2.5). Расположение блока соответствует месту установки портала с гинь-талями.



Рисунок 2.5 – Стойка крепления направляющего блока:
1 – направляющий блок; 2 – отверстия для фиксации блока вытяжного конца

Для осуществления выборки моделей установка (рисунок 2.6) была оснащена лебёдкой с навивным барабаном с приводом-электродвигателем (таблица 2.2), который установлен на месте расположения вытяжной лебёдки.



Рисунок 2.6 – Лебёдка макетной установки:

1 – электродвигатель; 2 – навивной барабан; 3 – коммутатор; 4 – блок управления с частотомером

Таблица 2.2 – Характеристики асинхронного ЭД TS7114

Характеристики двигателя	Значения
Напряжение питания	230/400 В АС
Частота	1350 об/м
Изоляция класса	F
Корпуса двигателя	Выполнен в алюминиевом корпусе
Степень защиты	IP55
Монтажное исполнение с фланцем	B14 или B5
Рабочая температура	-20 °C ÷ +40 °C

Для регулировки скорости выборки электродвигатель был оснащён блоком управления с частотомером и коммутатором.

2.2 Измерительная аппаратура

Для проведения испытаний применялась следующая контрольно-измерительная аппаратура:

- 1) силоизмерительный комплекса «Міс 200» – позволяет замерять усилия, возникающее 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 (рисунок 2.7). Точность измерения электронных весов при весе до 10 кг составляет 5 гр;
- 3) секундомер для измерения временного параметра;
- 4) линейка для измерения линейных параметров.



Рисунок 2.7 – Электронные весы

Измерения усилия в вытяжном конце лебёдки при подъёме мешка с уловом по слипу судна осуществлялись силоизмерительным комплексом «Міс 200» (рисунок 2.8), который представляет из себя силоизмерительный датчик тензометрического типа и обрабатывающего устройства (ноутбук).



Рисунок 2.8 – Универсальный мобильный автономный многоканальный измерительный комплекс «МІС 200»

«МІС 200» – это универсальный мобильный автономный многоканальный измерительный комплекс для регистрации и анализа измеряемых данных. Комплекс работает параллельно как с быстро меняющимися (вибрация, шумы и т. п.), так и с медленно меняющимися (температура, давление и т. п.) параметрами позволяет проводить измерения в полевых условиях. Обладает следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Технические характеристики «МІС 200»

Параметр	Значение
Количество слотов	4
Пропускная способность крейт-контроллера (суммарная частота опроса по всем задействованным измерительным каналам), Гц	до 1 000 000
Время автономной работы (зависит от состава модулей) без внешнего аккумулятора, ч, не менее	4
Дисплей, "	15
Масса, кг	7
Габариты, мм	215 x 238 x 115

Также стоит отметить особенность станции:

- Ноутбук соединён с измерительным крейтом цифровым интерфейсом.
- Прибор оснащён автономным питанием от встроенных штатных аккумуляторных батарей.
- Возможность подключения дополнительных внешних аккумуляторных батарей.
- Подключение стандартной компьютерной периферии.
- Работа под управлением ПО Recorder.
- Специализированное ПО WinПОС для детального анализа измерительных данных.

Модуль «МС-212» (рисунок 2.9, таблица 2.4) предназначен для работы с мостовыми, полумостовыми тензодатчиками и одиночными тензорезисторами сопротивлением 100 ... 1000 Ом при проведении статических и динамических измерений.



Рисунок 2.9 – Модуль «МС-212»

Основные области применения:

- Измерение механических нагрузок.
- Измерение усилий (тяга, вес).
- Высокоточное измерение линейных перемещений.
- Измерение давлений.

Управление модулями, измерение и регистрация сигналов осуществляется средствами программы Recorder. Для отображения, обработки, детального анализа зарегистрированных сигналов и вывода на печать результатов служит программа WinПОС.

Особенности:

- Модуль осуществляет питание датчика. Для подавления контактной ТЭДС (важно при проведении статических тензоизмерений) питание датчика ведется в знакопеременном режиме.
- Оснащён функциями балансировки, сигнализации о перегрузке и проверке входных цепей каждого канала на обрыв и короткое замыкание.
- Возможность калибровки внутренним шунтом.
- Встроенные антиалиасные фильтры. Полоса пропускания фильтра автоматически настраивается на половину заданной частоты дискретизации.

Два режима работы:

- 1) динамический. Четырехканальный режим, предназначенный для проведения измерений с максимальной частотой сбора данных, не имеющих высоких требований по напряжению смещения нуля;
- 2) статический. Четырехканальный режим, предназначенный для проведения статических измерений с максимальной точностью.

Таблица 2.4 – Технические характеристики Модуль «МС-212»

Параметр	Значение
Количество независимых каналов	4
Диапазоны измерения, мВ/В	0 ... 0,5; $\pm 0,5$; 0 ... 2; ± 2 ; 0 ... 4; ± 4 ; 0 ... 8; ± 8 ; 0 ... 16; ± 16
Частота дискретизации, Гц: "динамическая" "статическая"	150 ... 7 680 50 ... 1 024
Напряжение питания тензодатчиков (знакопеременный ток), В	2,5; 5
Остаточное смещение нуля (после внутренней калибровки), мкВ	2
Температурный дрейф смещения нуля, мкВ/°С	0,5
Временной дрейф смещения нуля, мкВ/1000 ч	2,5
Основная приведенная (к диапазону измерения) погрешность, %	$\pm 0,05$
Дополнительная погрешность в рабочих условиях эксплуатации, %	0,05
Временной дрейф коэффициента передачи, ppm/1000 ч	10
Интегральная нелинейность, ppm от полной шкалы	15
Полоса пропускания при неравномерности 0,1 дБ, Гц	0 ... 1 000
Подавление синфазной составляющей входного сигнала, дБ	100
Межканальное прохождение дифференциальной составляющей, дБ	-100
Неравномерность АЧХ в полосе 0 ... 1 000 Гц, дБ	0,1
Дополнение до полумоста из ряда (опционно), Ом	120; 200; 350; 700

В качестве датчика используем датчик производства НПО «Промрыболовство», с максимальной нагрузкой до 5 кг и с шагом измерения в 0,0001 Н (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Силоизмерительный датчик

2.3 Модели траловых мешков

Суда такого класса, как РТМК-С, работают пелагическими тралами, которые оснащены траловыми мешками В-408 (рисунок 2.11). В связи с этим был изготовлен чертёж и макет натурного тралового мешка к разноглубинным тралам для судов типа БМРТ, БМРТ-А, ППР, БАТ, БМРТ пр. В-408. Общей длиной в 45,4 метра.

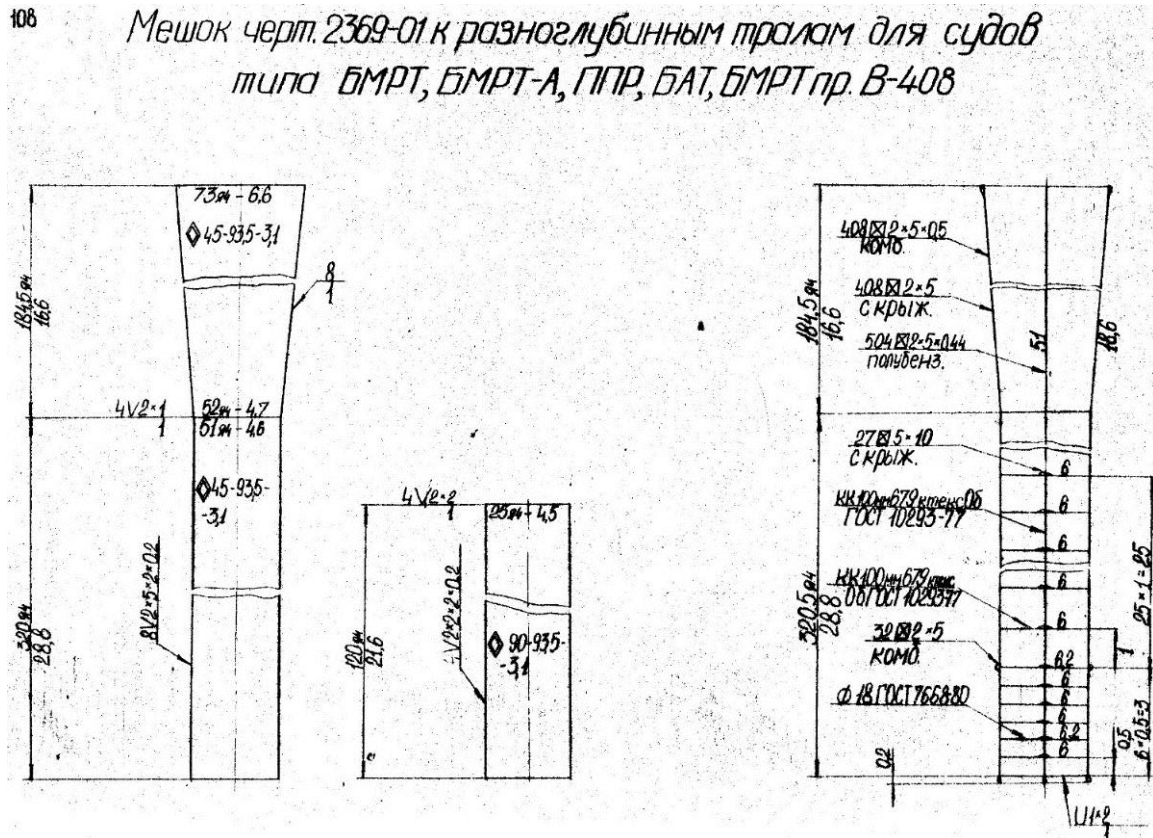


Рисунок 2.11 – Чертёж тралового мешка к разноглубинным тралам для судов типа БМРТ, БМРТ-А, ППР, БАТ, БМРТ и пр. В-408

С помощью масштабных коэффициентов были определены основные размеры модели тралового мешка. Они составляют в длину 1,82 м, по периметру 0,24 м.

После проведения расчётов был составлен раскроечный чертёж модели тралового мешка (рисунок 2.12).

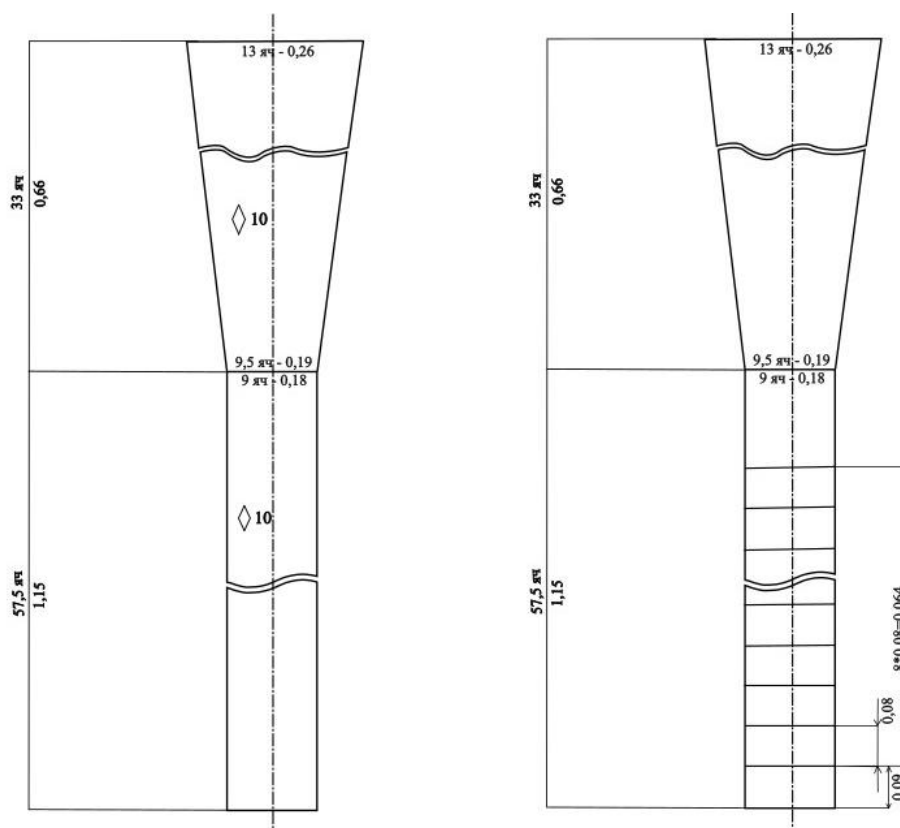


Рисунок 2.12 – Раскроечный чертёж модели тралового мешка

Согласно представленному чертежу была изготовлена модель тралового мешка (рисунок 2.13).

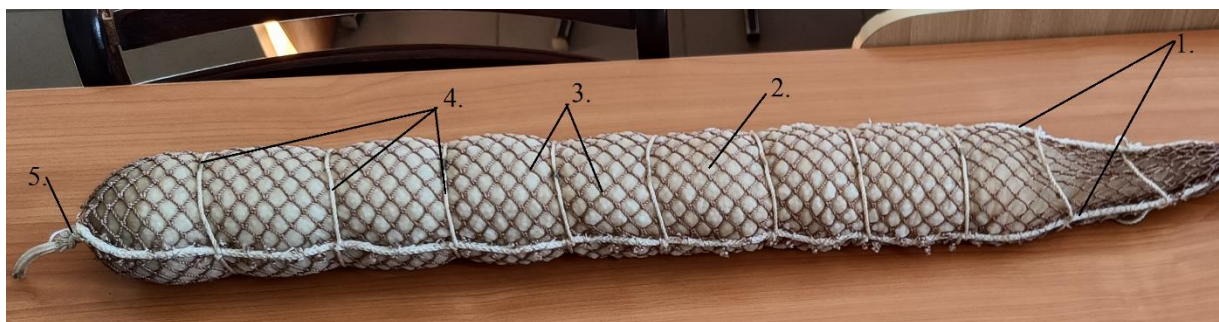


Рисунок 2.13 – Модель тралового мешка:

1 – топенант; 2 – делёжный строп; 3 – каркас мешка; 4 – рубашка; 5 – гайтян

Поскольку в дальнейшем планируется проведение испытаний по определению зависимости усилия от площади соприкосновения тралового мешка с поверхностью слипа, была изготовлена серия моделей траловых мешков, отличающаяся периметром раскрытия (рисунок 2.14).

Материалом для мешков послужили полиамидные дели с шагом ячеи от 0,5 до 1,0 см. Периметр мешка колебался от 30 до 50 см.



Рисунок 2.14 – Модели траловых мешков:

а – модель мешка с загрузкой 2,0 кг; б – модель мешка с загрузкой 1,25 кг; в – модель мешка большего сечения с загрузкой 2,0 кг

С целью имитации улова модель тралового мешка заполнялась полиамидными гранулами, которые соответствуют по своей плотности плотности рыбы (рисунок 2.15).



Рисунок 2.15 – Наполнитель (полиамидные гранулы)

Для предотвращения выхода из тралового мешка наполнителя, имитирующего весовые характеристики объекта, была изготовлена рубашка тралового мешка под размер гранул. С целью освобождения мешка от гранул и предотвращения их выхода в торце мешка использовано устройство закрытия в виде гайтяна.

2.4 Порядок проведения экспериментальных работ

2.4.1 Матрица многофакторного эксперимента

Учитывая те обстоятельства, что на усилие, возникающее во время подъёма траловых мешков по слипу, влияет несколько факторов, планируется проведение изучения физического процесса по принципу многофакторности. В работе планируется изучение объектов с несколькими факторами, поэтому, согласно принципу многофакторности [10], нам предстоит варьировать все факторы сразу, в отличие от традиционного подхода, когда исследователь пытается изучать действие каждого фактора при поочерёдном варьировании. Организация эксперимента с применением многофакторных схем варьирования позволит повысить точность оценок параметров, подбираемых моделей для детерминированных объектов, точнее оценить чувствительность выходной зависимой переменной (параметра) объекта к вариации изучаемых входных независимых переменных.

Обычно под планированием эксперимента понимают процесс определения числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Применением процесса рационального планирования эксперимента мы стремимся:

- минимизировать общее число опытов;
- одновременно варьировать все переменные, определяющие процесс по специальным правилам-алгоритмам;
- применять математический аппарат для обработки и обоснования экспериментальных данных и получением в дальнейшем математической зависимости.

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.

Первый этап был посвящён исследованию оценки влияния факторов, характеризующих промысловые конструкции, корпусные особенности судна и орудия лова: угла наклона слипа, угла выхода вытяжного конца и загрузки мешка.

На втором этапе рассматривались такие факторы как: скорость выборки, форма и угол наклона слипа.

На третьем этапе исследовалось влияние площади соприкосновения траловых мешков на формирование усилий, возникающих во время выборки.

Применение методом планирования многофакторного эксперимента требует составления матрицы трёхфакторного эксперимента на двух уровнях (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Матрица трёхфакторного эксперимента на 2 уровнях

№	x ₁	x ₂	x ₃
1.	+	+	+
2.	+	+	-
3.	+	-	+
4.	+	-	-
5.	-	-	-
6.	-	-	+
7.	-	+	-
8.	-	+	+

Примечание: x₁, x₂, x₃ – значения факторов, записанные в кодированном виде.

2.4.2 Порядок проведения экспериментальных работ на макетной установке

Порядок проведения испытаний на всех этапах следующий:

1. Устанавливаем сменный слиповый настил определённой формы.
2. Устанавливаем угол наклона слипа (α°) в интервале изменения. Для этого на установке имеются соответствующие отградуированные отверстия для стопоров через каждые 5° .
3. Устанавливаем угол выхода вытяжного конца.
4. Устанавливаем скорость выборки с помощью регулятора частоты вращения вала электродвигателя в интервале изменения.
5. Заполняем ванну водой, до уровня соответствующего порогу слипа.
6. Для каждого этапа выбиралась модель (модели) тралового мешка с соответствующими размерениями, мешок (мешки) заполнялся полиамидными гранулами, соотносящимися с плотностью рыбы. Перед началом испытаний замачиваем модели траловых мешков в воде в течение 12 ч.
8. Подключаем силоизмерительный датчик в линию вытяжного конца промысловой лебёдки, а затем – к станции «MIS 200».
9. Включаем лебёдку на выборку, фиксируя при этом изменения усилия в вытяжном конце лебёдки.
10. Результаты записываются и отображаются в виде динамограмм и численных значений на мониторе тензостанции.
11. Экспериментальные исследования проводятся не менее 10 раз с учётом всех влияющих факторов для всех рассматриваемых форм слиповых настилов.

Модели траловых мешков перед началом испытаний выдерживались в воде в течение суток в помещении лаборатории для более точного моделирования сопротивления.

2.4.3 Определение точности проведённых работ

Точность измерений определяется в основном точностью измерительной аппаратуры и составляет 0,0001 Н, с доверительной вероятностью выше 99%.

Для определения адекватности проведённой нами работы необходимо определить точность измерений путем нахождения действительной погрешности измерения.

Действительную погрешность измерения при многократных наблюдениях определяют по формуле (2.5):

$$\delta x_{s,mbt} = t S_{x,mbt}, \quad (2.5)$$

где $S_{x,mbt}$ – средняя квадратичная погрешность измерения; t – коэффициент, принимаемый по таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Таблица коэффициентов от доверительной вероятности

Доверительные вероятности	Значения t при M , равном			
	20	10	8	6
0,95	2	2,3	2,4	2,6
0,99	2,5	3,2	3,5	4,0

Доверительную вероятность принимаем равной 0,95.

Среднюю квадратическую погрешность измерения при многократных наблюдениях параметра определяют по формуле (2.6):

$$S_{x,mbt} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (x_j - \bar{x})^2}{m(M-1)}}, \quad (2.6)$$

где x_j – результат наблюдения; \bar{x} – результат измерения, полученный по многократным наблюдениям параметра (среднее арифметическое); M – число равнооточных результатов наблюдений, выполняемых для предварительной оценки; m – число наблюдений параметра, выполняемых при контроле в данном сечении (месте).

Относительное отклонение результатов проведённых экспериментов находим по формуле (2.7):

$$T = \frac{\delta x_{s,mbt}}{x_{cp}} * 100\%, \quad (2.7)$$

где x_{cp} – среднее значение усилия выборки макетов траловых мешков, Н.

Систематическую погрешность измерений (прибора) определяем в соответствии с формулой (2.8):

$$\Delta x_{пр} = \frac{E_{пр} x_{max}}{100\%}, \quad (2.8)$$

Полная погрешность прямого измерения Δx находится в соответствии с формулой (2.9):

$$\Delta x = \sqrt{\delta x_{x,mbt}^2 + \Delta x_{пр}^2}, \quad (2.9)$$

2.4.4 Оценка точности полученной зависимости

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 (2.10):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \check{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2.10)$$

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 2.7.

Таблица 2.7 – Сравнительная оценка расчётных и экспериментальных данных

№ п/п	Значение фактора x_1	Значение фактора x_2	Значение фактора x_3	Вытяжное усилие $T_{ср}$, Н	Расчётное значение усилия, Н	Погрешность, %
1						
2						
3						
...						

После чего рассчитываем индекс детерминации для полученной зависимости.

В случае небольшого числа строк, необходимо найти скорректированный индекс детерминации, который определяется по формуле (2.11):

$$R_{кор}^2 = (1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-k}), \quad (2.11)$$

где n – количество наблюдений в наборе данных;

k – количество параметров модели.

Глава 3 Результаты экспериментальных исследований по определению усилия выборки траловых мешков по слипам судов от характеристик системы судно-трал-промысловая машина

3.1 Исследования зависимости усилия выборки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, относящихся к геометрическим параметрам промыслового комплекса (Приложение Б)

3.1.1 Эксперименты по прямолинейному слипу

На первом этапе проводилось экспериментальное исследование по определению зависимости усилия при подъёме траловых мешков с уловом по слипу от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина.

На основе выполненного ранее анализа промысловых схем и конструкций слиповых устройств промысловых судов кормового траления и масштабного моделирования макетной установки и объекта исследования были отобраны исследуемые факторы, а также определены диапазоны их изменения:

1. Форма слипового настила – прямая;
2. Скорость выборки модели тралового мешка составляет – 0,045 м/с;
3. Угол наклона слипа – 30°-45°;
4. Угол выхода вытяжного конца – 5°-20°;
5. Вес мешка – 1,25-2,0 кг, что соответствует заполнению гранулами 0,68 и 1,0.

С целью систематизации и сокращения объёма экспериментальных работ была составлена матрица трёхфакторного эксперимента на двух уровнях. Эксперименты выполнялись по строкам и столбцам матрицы, в соответствии с планом проведения экспериментов по десять раз по каждой строке. С целью исключения случайно полученных величин, рассчитывался коэффициент вариации (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Матрица проведения испытаний для слипа с прямолинейной формой поверхности

№ п/п	Наполнение мешка (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_3)
1	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)
2	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)
3	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)
4	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)
5	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)
6	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)
7	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)
8	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)

Примечание: кодированное значение факторов равно -1 соответствует минимальному численному значению факторов в диапазоне их изменения, а +1 – максимальному.

Для определения достоверности проведённых работ и результатов экспериментов вычислялись средние значения усилия, возникающего в вытяжном конце, и были проведены расчёты погрешности (таблицы 3.2-3.5).

Таблица 3.2 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 30°, вес мешка 1,25 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,01	0,01
Действительную погрешность	0,03	0,02
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,92	1,77

Таблица 3.3 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 45°, вес мешка 1,25 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,02	0,01
Действительную погрешность	0,04	0,04
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,35	2,54

Таблица 3.4 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 30°, вес мешка 2,00 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,01	0,01
Действительную погрешность	0,04	0,02
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,48	1,15

Таблица 3.5 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 45°, вес мешка 2,00 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,02	0,02
Действительную погрешность	0,06	0,05
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,20	1,97

Систематическую погрешность измерений (прибора) определяем в соответствии с формулой (2.8):

$$\Delta x_{\text{пр}} = \frac{0,1 * 50\text{Н}}{100\%} = 0,05 \%$$

Учитывая результаты расчётов, представленных в таблицах 3.2 – 3.5 и систематическую погрешность измерения, можно заключить, что полная погрешность при испытаниях не превышает 5 %. Это говорит о достоверности полученных результатов экспериментальных данных.

В процессе работ в соответствии с планом эксперимента были получены: силовые диаграммы усилий, возникающих в вытяжном конце промысловой лебёдки в процессе выборки мешков с уловом, а также определены численные значения при различных сочетаниях факторов в диапазоне их изменения, а именно: угла наклона слипа α° , угла выхода вытяжного конца β° и загрузки тралового мешка. На рисунках 3.1 и 3.2 представлены фрагменты динамограмм изменения усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки при $\alpha=45^\circ$, угле выхода вытяжного конца $\beta=20^\circ$ и при весе мешка в 2 и 1,25 кг соответственно.

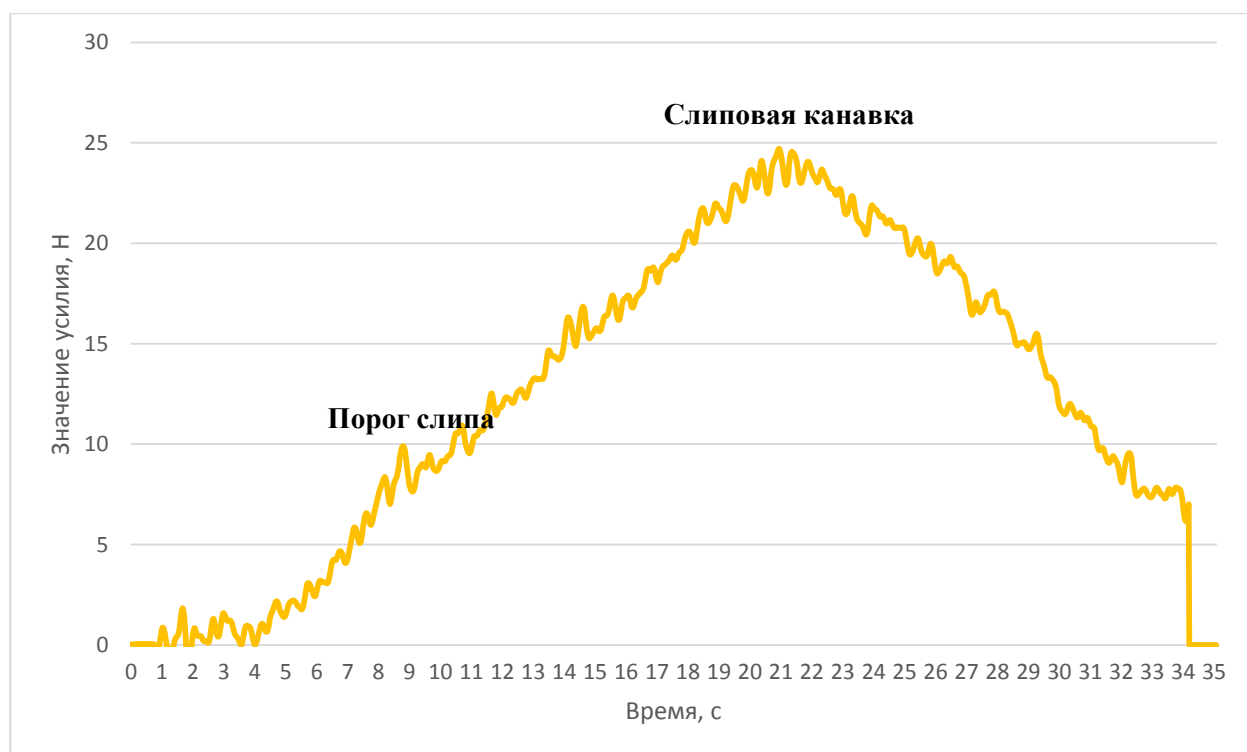


Рисунок 3.1 – Динамограмма усилия в вытяжном конце лебёдки при выборке мешка массой 2,0 кг на установке с углом наклона слипа 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

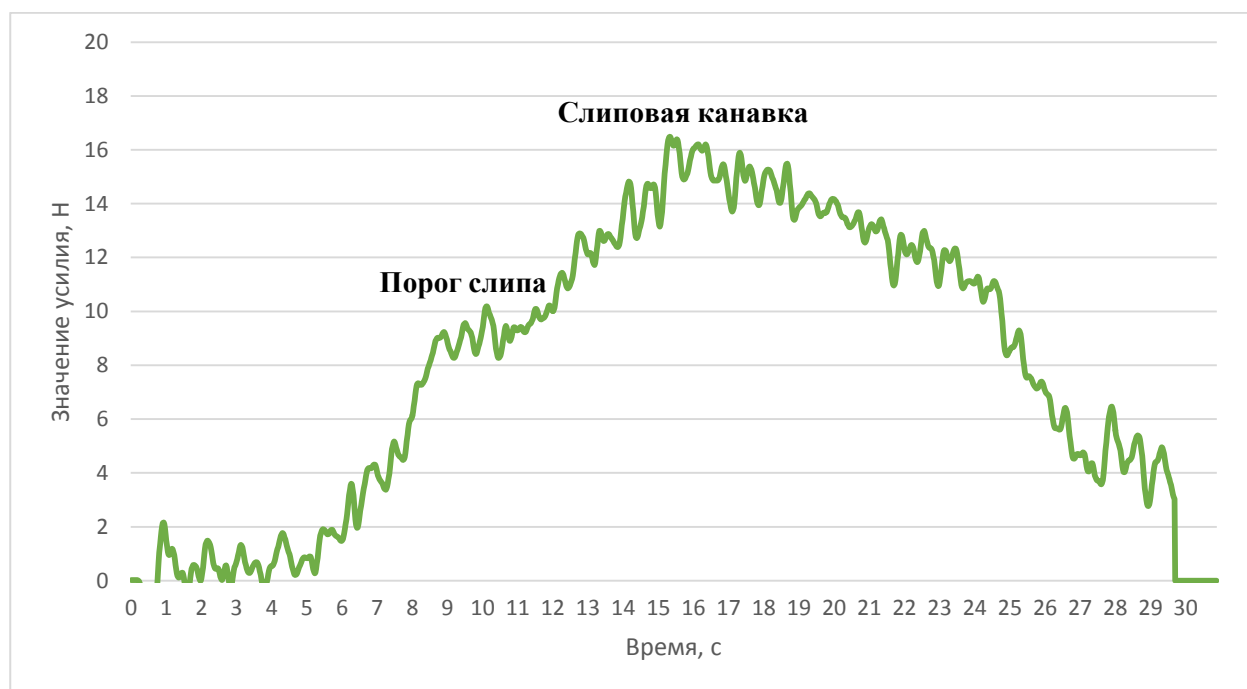


Рисунок 3.2 – Динамограмма усилия в вытяжном конце лебёдки при выборке мешка массой 1,25 кг на установке с углом наклона слипа 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

Динамограммы позволяют визуализировать физическую сущность процесса выборки тралового мешка по слипу, а также изменения усилия в процессе выборки.

Анализ полученных динамограмм позволил определить характер и место возникновения пиковых нагрузок во время выборки мешка с уловом. В частности пиковые нагрузки возникают на пороге слипа и в месте перехода слиповой канавки, причём с увеличением угла выхода вытяжного конца до 20° в совокупности с уменьшением угла наклона слипа с 45° до 30° происходит снижение усилия выборки в среднем на 15 %. В то же время отмечено, что угол выхода вытяжного конца в 5° при большой загрузке мешка, длина которого соизмерима с длиной слипа и увеличении угла наклона слипа не оказывает существенного влияния на пиковое усилие на его пороге. В свою очередь наблюдается повышение данного усилия выборки на 15 % при малых нагрузках траловых мешков с увеличением угла наклона слипа с 30° до 45° .

Помимо динамограмм были получены численные значения усилия, возникающего в вытяжном конце лебёдки, во время прохождения мешком слиповой канавки, которые представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты экспериментальных данных для слипа с прямой формой поверхности

№ п/п	Наполнение мешка Р кг (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_3)	Вытяжное усилие T_{cp} , Н
1	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	24,67
2	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	29,23
3	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	19,37
4	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	24,49
5	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	14,28
6	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	12,93
7	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	17,94
8	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	15,92

После математической обработки экспериментальных данных и расчёта коэффициентов регрессии была получена зависимость усилия в вытяжном конце для прямой поверхности слипа от его угла наклона, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка (3.1):

$$T = 19,85 + 4,59x_1 + 2,09x_2 - 1,63x_3 + 0,42x_1x_2 - 0,79x_1x_3 - 0,01x_2x_3 + 0,15x_1x_2x_3, \quad (3.1)$$

где T – усилие выборки тралового мешка, Н; 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).

С целью проверки адекватности полученной зависимости было проведено сопоставление расчётных значений, полученных по формуле (3.1) с экспериментальными

данными, результаты приведены в таблице 3.7 Отклонение расчётных и экспериментальных результатов не превышает 0,04 %, что говорит об адекватности полученной зависимости.

Таблица 3.7 – Сравнительная оценка расчётных и экспериментальных данных

№ п/п	Наполнение мешка Р, кг (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_3)	Вытяжное усилие $T_{ср}$, Н	Расчётное значение усилия, Н	Погрешность, %
1	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	24,65	24,67	0,00%
2	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	29,21	29,23	0,00%
3	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	19,36	19,37	0,00%
4	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	24,47	24,49	0,00%
5	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	14,27	14,28	0,06%
6	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	12,92	12,93	0,13%
7	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	17,93	17,94	0,05%
8	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	15,91	15,92	-0,08%

Примечание. В данной таблице (-) и (+) – это минимальное и максимальное значения влияющих факторов в диапазоне их изменения (в кодированном виде):

g (x_1) – загрузка тралового мешка, кг;

a (x_2) – угол наклона слипа, °;

h (x_3) – угол выхода вытяжного конца, °;

T – вытяжное усилие, Н.

Проведённая сравнительная оценка экспериментальных и расчётных данных показывает, что зависимость адекватно описывает процесс, поскольку отклонение расчётных значений от данных, полученных в результате макетных экспериментов, не превышает 0,04 %.

По результатам проведённых расчётов также получим, что для полученной зависимости характеризующей усилие возникающее в вытяжном конце при применении прямой поверхности слипа, а также при изменении его угла наклона, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка, индекс детерминации $R^2 = 0,99$.

В связи с небольшим числом строк, необходимо скорректировать индекс детерминации, таким образом получим: $R_{кор}^2 = (1 - (1 - 0,99)) \frac{8-1}{8-7} = 0,93$.

Анализ полученной зависимости позволяет сделать следующие выводы:

- первостепенное влияние на усилие в вытяжном конце при выборке мешков с уловом имеет степень наполнения тралового мешка. Меньшее влияние оказывает угол наклона слипа, незначительное в сочетании факторов – угол выхода вытяжного конца;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° с прямой формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 5° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 24,5 до 29,2 Н, что составляет 19,3 %;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° с прямой формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 5° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 14,3 до 17,9 Н, что составляет 25,6 %;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° с прямой формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 20° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 19,4 до 24,7 Н, что составляет 27,4 %;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° с прямой формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 20° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 12,9 до 15,9 Н, что составляет 23,1 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе с прямой формой поверхности, при угле наклона слипа 30° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 24,5 до 19,4 Н, что составляет 20,9 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе с прямой формой поверхности, при угле наклона слипа 30° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 14,3 до 12,9 Н, что составляет 9,5 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе с прямой формой поверхности, при угле наклона слипа 45° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 29,2 до 24,7 Н, что составляет 15,6 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе с прямой формой поверхности, при угле наклона слипа 45° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 17,9 до 15,9 Н, что составляет 9,0 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза), на слипе с прямой формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 5° и угле наклона слипа 30° привело увеличению усилия выборки с 14,3 до 24,5 Н, что составляет 71,5 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза), на слипе с прямой формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 20° и угле наклона слипа 30° привело увеличению усилия выборки с 12,9 до 19,4 Н, что составляет 49,8 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза), на слипе с прямой формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 5° и угле наклона слипа 45° привело увеличению усилия выборки с 17,9 до 29,2 Н, что составляет 62,9 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза), на слипе с прямой формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 20° и угле наклона слипа 45° привело увеличению усилия выборки с 15,9 до 24,6 Н, что составляет 55,0 %.

Подытоживая приведённые выше результаты, получим, что:

- увеличение угла наклона слипа в 1,5 раза с прямой формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 5° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 21,7 %;
- увеличение угла наклона слипа в 1,5 раза с прямой формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 20° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 25,7 %;
- увеличение угла выхода вытяжного конца в 4 раза на слипе с прямой формой поверхности при угле наклона слипа 30° приводит к уменьшению усилия выборки на 16,7 %;
- увеличение угла выхода вытяжного конца в 4 раза на слипе с прямой формой поверхности при угле наклона слипа 45° приводит к уменьшению усилия выборки на 14,0 %;
- увеличение загрузки мешка в 1,6 раза, на слипе с прямой формой поверхности при угле наклона слипа 30° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 61,2 %;
- увеличение загрузки мешка в 1,6 раза, на слипе с прямой формой поверхности при угле наклона слипа 45° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 59,2 %.

Таким образом, на слипе с прямой формой поверхности увеличение веса мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (что составляет 60 %) приводит к увеличению усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом в среднем в 1,6 раза. Изменение угла наклона слипа с 30° до 45° приведёт к увеличению усилия в среднем на 23,9 %. Изменение выхода вытяжного конца с 5° до 20° способствует снижению усилия в среднем на 14,3 %.

3.1.2 Эксперименты по сферическому слипу

Ранее было установлено, что суда имеют различные формы слипов, основными являются прямая и сферическая формы. Поэтому решено провести подобные исследования для слипов со сферической формой поверхности в дополнение к проведённым выше.

С учётом вышеизложенного, факторы, влияющие на усилие во время выборки траловых мешков с уловом, и диапазоны их изменения следующие:

- 1) форма слипового настила – сферическая;
- 2) скорость выборки модели тралового мешка составляет – 0,045 м/с;
- 3) угол наклона слипа – 30° - 45° ;
- 4) угол выхода вытяжного конца – 5° - 20° ;
- 5) вес мешка – 1,25-2,0 кг, что соответствует заполнению гранулами 0,68 и 1,0.

С целью сокращения количества экспериментальных работ, повышения точности оценок параметров была применена многофакторная схема организации экспериментальных работ [8]. Испытания проводились по десять раз по ранее разработанной методике в соответствии с планом проведения экспериментов в соответствии со столбцами и строками матрицы (таблица 3.8).

Эксперименты проводились по десять раз по каждой строке матрицы с целью исключения случайно полученных величин, рассчитывался коэффициент вариации.

Таблица 3.8 – Матрица проведения испытаний для слипа со сферической формой поверхности

№ п/п	Наполнение мешка Р, кг (x_1)	Угол наклона слипа, α° (x_2)	Угол выхода вытяжного конца, β° (x_3)
1	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)
2	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)
3	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)
4	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)
5	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)
6	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)
7	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)
8	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)

Примечание. Кодированное значение факторов -1 соответствует минимальному численному значению факторов в диапазоне их изменения, а +1 – максимальному.

Для определения достоверности проведённых работ рассчитывали средние значения усилия, возникающего в вытяжном конце, и после расчётов получили таблицы погрешности (таблицы 3.9 – 3.12).

Таблица 3.9 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 30°, вес мешка 1,25 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,01	0,01
Действительную погрешность	0,03	0,02
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,74	1,41

Таблица 3.10 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 45°, вес мешка 1,25 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,02	0,01
Действительную погрешность, Н	0,06	0,04
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	3,20	2,08

Таблица 3.11 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 30°, вес мешка 2,00 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,01	0,01
Действительную погрешность	0,03	0,02
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,27	1,17

Таблица 3.12 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 45°, вес мешка 2,00 кг		
Наименование погрешности	Угол выхода вытяжного конца	
	5°	20°
Средняя квадратичная погрешность	0,01	0,01
Действительную погрешность, Н	0,03	0,03
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,37	1,33

Систематическую погрешность измерений (прибора) определяем в соответствии с формулой (2.8):

$$\Delta x_{\text{пр}} = \frac{0,1 * 50\text{Н}}{100\%} = 0,05 \%$$

Учитывая результаты расчётов, представленных в таблицах 3.9 – 3.12 и систематическую погрешность измерения, можно заключить, что полная погрешность при испытаниях не превышает 5 %. Это говорит о достоверности полученных результатов экспериментальных данных.

В процессе экспериментальных работ в соответствии с планом эксперимента были получены: силовые диаграммы усилий, возникающих в вытяжном конце промысловой лебёдки в процессе выборки мешков с уловом, а также определены численные значения при различном сочетании факторов в диапазоне их изменения, а именно: угла наклона слипа α° , угла выхода вытяжного конца β° и загрузки тралового мешка. На рисунках 3.3 и 3.4 представлены фрагменты динамограмм изменения усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки при $\alpha=45^\circ$, угле выхода вытяжного конца $\beta=20^\circ$ и при весе мешка в 2 и 1,25 кг соответственно.

Динамограммы позволяют визуализировать физическую сущность процесса выборки тралового мешка по слипу, а также изменения усилия в процессе выборки.

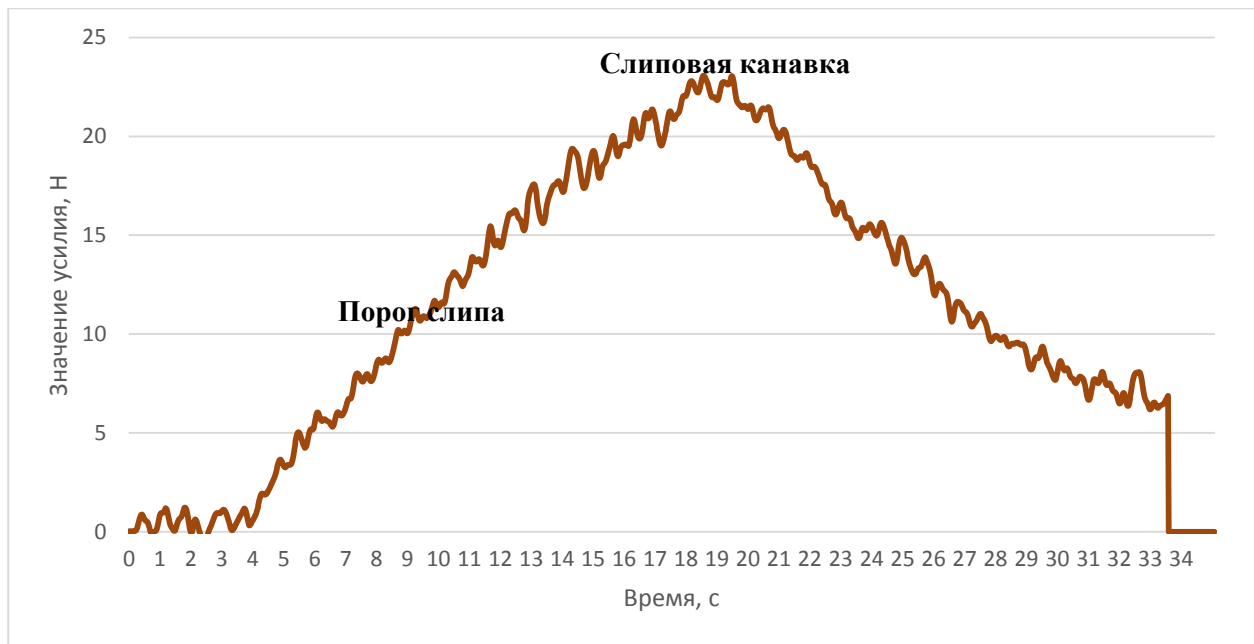


Рисунок 3.3 – Динамограмма усилия в вытяжном конце лебёдки при выборке мешка массой 2,0 кг на установке с углом наклона слипа 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

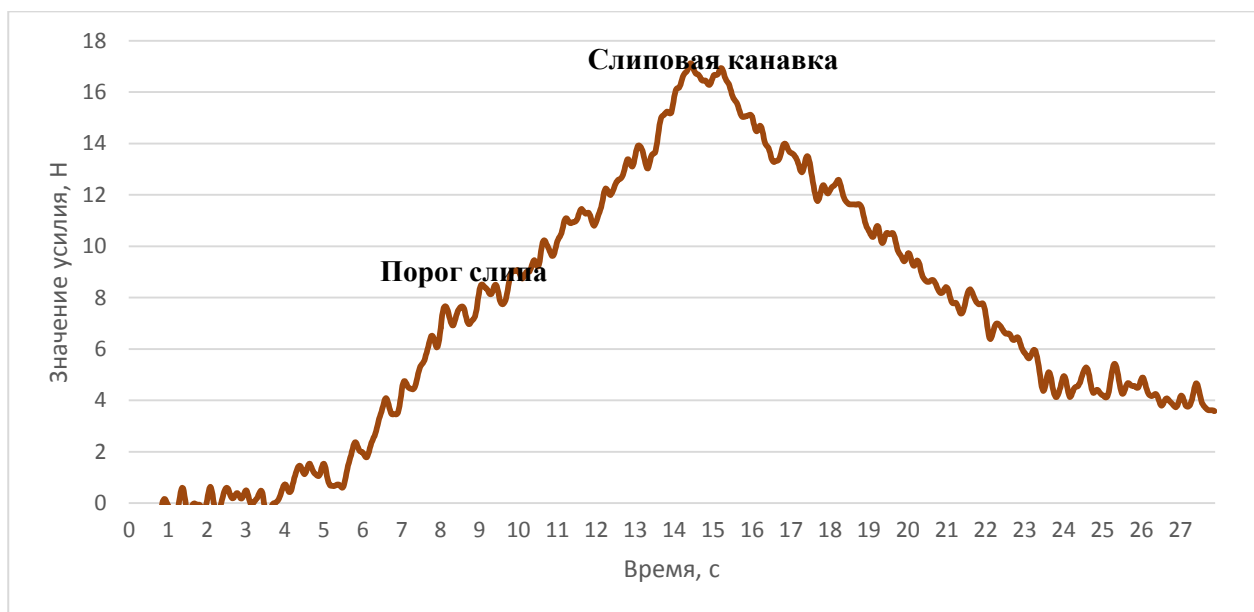


Рисунок 3.4 – Динамограмма усилия в вытяжном конце лебёдки при выборке мешка массой 1,25 кг на установке с углом наклона слипа 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

Анализ полученных динамограмм показал, что на малых углах выхода вытяжного конца наблюдается незначительное изменение пиковых усилий, возникающих во время выхода мешка с уловом на порог слипа (у мешков с большой загрузкой). Выявлено общее снижение пикового усилия в вытяжном конце при прохождении мешком порога слипа с увеличением угла наклона слипа с 30° до 45° на 20 %. В свою очередь при больших углах выхода вытяжного конца в совокупности с увеличением угла наклона слипа до 45° происходит сокращение усилия выборки в среднем на 5 %.

Помимо динамограмм были получены численные значения усилия, возникающего в вытяжном конце лебёдки во время прохождения мешком слиповой канавки, которые представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Результаты экспериментальных данных для слипа со сферической формой поверхности

№ п/п	Наполнение мешка P , кг (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_3)	Вытяжное усилие $T_{\text{ср}}$, Н
1	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	23,11
2	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	25,22
3	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	20,60
4	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	21,68
5	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	16,64
6	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	15,66
7	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	18,31
8	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	17,11

По результатам испытаний 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 (3.2):

$$T = 19,79 + 2,86x_1 + 1,15x_2 - 0,67x_3 + 0,37x_1x_2 - 0,12x_1x_3 - 0,16x_2x_3 + 0,10x_1x_2x_3, \quad (3.2)$$

где T – усилие выборки тралового мешка, Н; 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).

Затем были проведены расчёты при различном соотношении факторов и сведены в таблицу 3.14 для проверки адекватности и точности.

Проведённая сравнительная оценка экспериментальных и расчётных данных показывает, что зависимость адекватно описывает процесс, поскольку отклонение расчётных значений от данных, полученных в результате макетных экспериментов, не превышает 0,03 %.

По результатам проведённых расчётов также получим, что для полученной зависимости характеризующей усилие возникающее в вытяжном конце при применении сферической поверхности слипа, а также при изменении его угла наклона, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка, индекс детерминации $R^2 = 0,99$.

Таблица 3.14 – Диапазон изменения факторов, результаты замеров и расчётов для слипа с сферической формой поверхности

№ п/п	Наполнение мешка Р, кг (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_3)	Вытяжное усилие $T_{\text{ср}}$, Н	Расчётное значение усилия, Н	Погрешность, %
1	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	23,10	23,11	-0,03%
2	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	25,20	25,22	-0,02%
3	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	20,59	20,60	0,01%
4	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	21,66	21,68	0,08%
5	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	16,63	16,64	0,01%
6	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	15,65	15,66	-0,02%
7	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	18,30	18,31	-0,06%
8	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	17,10	17,11	0,05%

Примечание. В данной таблице (-) и (+) – это минимальное и максимальное значения влияющих факторов в диапазоне их изменения (в кодированном виде):

$g(x_1)$ – загрузка тралового мешка, кг;

$a(x_2)$ – угол наклона слипа, °;

$h(x_3)$ – угол выхода вытяжного конца, °;

T – вытяжное усилие, Н.

В связи с небольшим числом строк, необходимо скорректировать индекс детерминации, таким образом получим: $R_{\text{кор}}^2 = (1 - (1 - 0,99))^{\frac{8-1}{8-7}} = 0,93$.

Анализ полученной зависимости позволяет сделать следующие выводы:

- первостепенное влияние на усилие в вытяжном конце при выборке мешков с уловом имеет степень наполнения тралового мешка. Меньшее влияние оказывает угол наклона слипа и незначительное в сочетании факторов – угол выхода вытяжного конца;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 5° и загрузке мешка равной 2,0 кг приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 21,7 до 25,2 Н, что составляет 16,3 %;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 5° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 16,6 до 18,8 Н, что составляет 12,9 %;

- увеличение угла наклона слипа с 30° до 45° на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 20° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 20,6 до 23,1 Н, что составляет 12,2 %;

- увеличение угла наклона с 30° до 45° на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 20° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к увеличению усилия выборки в среднем с 15,7 до 17,1 Н, что составляет 9,3 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 30° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 21,7 до 20,6 Н, что составляет 5,0 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 30° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 16,6 до 15,7 Н, что составляет 5,9 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 45° и загрузке мешка, равной 2,0 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 25,2 до 23,1 Н, что составляет 8,3 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° до 20° на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 45° и загрузке мешка, равной 1,25 кг, приводит к уменьшению усилия выборки в среднем с 18,8 до 17,1 Н, что составляет 9,0 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза) на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 5° и угле наклона слипа 30° привело к увеличению усилия выборки с 16,6 до 21,7 Н, что составляет 30,0 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза) на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 20° и угле наклона слипа 30° привело к увеличению усилия выборки с 15,7 до 20,6 Н, что составляет 31,6 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза) на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 5° и угле наклона слипа 45° привело к увеличению усилия выборки с 18,8 до 25,2 Н, что составляет 34,2 %;

- увеличение загрузки мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (в 1,6 раза) на слипе со сферической формой поверхности при угле выхода вытяжного конца 20° и угле наклона слипа 45° привело к увеличению усилия выборки с 17,1 до 23,1 Н, что составляет 31,6 %.

Подытоживая приведённые выше результаты, получим, что:

- увеличение угла наклона слипа в 1,5 раза на слипе со сферической формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 5° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 14,8 %;

- увеличение угла наклона слипа в 1,5 раза на слипе со сферической формой поверхности, при угле выхода вытяжного конца 20° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 10,9 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца в 4 раза на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 30° приводит к уменьшению усилия выборки в среднем на 5,4 %;

- увеличение угла выхода вытяжного конца в 4 раза на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 45° приводит к уменьшению усилия выборки в среднем на 8,6 %;

- увеличение загрузки мешка в 1,6 раза, на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 30° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 30,9 %;

- увеличение загрузки мешка в 1,6 раза, на слипе со сферической формой поверхности при угле наклона слипа 45° приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 34,6 %.

Таким образом, на слипах со сферической формой поверхности увеличение веса мешка с 1,25 кг до 2,0 кг (что составляет 60 %) приводит к увеличению усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом в среднем в 1,33 раза. Изменение угла наклона слипа с 30° до 45° приведёт к увеличению усилия в среднем на 12,7 %. Изменение выхода вытяжного конца с 5° до 20° способствует снижению усилия в среднем на 7,0 %.

3.1.3 Экспериментальные исследования по установлению универсальной зависимости

С целью установления универсальной зависимости усилия выборки траловых мешков от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, была составлена матрица четырёхфакторного эксперимента (факторами явились: форма слипа, заполнение мешка, угол наклона слипа и угол выхода вытяжного конца) (таблица 3.15).

Численные значения вытяжного усилия были приняты по вышеприведённым результатам экспериментов.

Таблица 3.15 – Сводная таблица результатов экспериментальных данных для слипов с прямой и сферической формами поверхности

№ п/п	Форма слипа (x_1)	Наполнение мешка Р, кг (x_2)	Угол наклона слипа α° (x_3)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_4)	Вытяжное усилие T_{cp} , Н
1	Прямой (-)	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	24,67
2	Прямой (-)	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	29,23
3	Прямой (-)	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	19,37
4	Прямой (-)	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	24,49
5	Прямой (-)	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	14,28
6	Прямой (-)	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	12,93
7	Прямой (-)	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	17,94
8	Прямой (-)	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	15,92
9	Сферический (+)	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	23,11
10	Сферический (+)	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	25,22
11	Сферический (+)	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	20,60
12	Сферический (+)	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	21,68
13	Сферический (+)	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	16,64

Окончание таблицы 3.15

№ п/п	Форма слипа (x_1)	Наполнение мешка Р, кг (x_2)	Угол наклона слипа α° (x_3)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_4)	Вытяжное усилие T_{cp} , Н
14	Сферический (+)	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	15,66
15	Сферический (+)	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	18,31
16	Сферический (+)	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	17,11

После расчётов коэффициентов регрессии была получена зависимость усилия в вытяжном конце для слипов с прямой и сферической формами поверхностей от угла наклона слипа, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка (3.3):

$$T = 19,82 - 0,03x_1 + 3,72x_2 + 1,62x_3 - 1,15x_4 - 0,86x_1x_2 - 0,47x_1x_3 + 0,48x_1x_4 + 0,39x_2x_3 - 0,46x_2x_4 - 0,08x_3x_4 - 0,03x_1x_2x_3 + 0,33x_1x_2x_4 - 0,07x_1x_3x_4 + 0,03x_2x_3x_4 - 0,13x_1x_2x_3x_4, \quad (3.3)$$

где T – усилие выборки тралового мешка, Н; 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 значения факторов (x_1, x_2, x_3, x_4) изменяются от -1 до +1, что соответствует минимуму и максимуму).

Проведенные расчёты при различных соотношениях факторов сведены в таблицу 3.16 для проверки адекватности и точности.

Таблица 3.16 – Диапазон изменения факторов, результаты замеров и расчётов для слипов с прямой и сферической формами поверхностей

№ п/п	Форма слипа (x_1)	Наполнение мешка Р, кг (x_2)	Угол наклона слипа α° (x_3)	Угол выхода вытяжного конца β° (x_4)	Вытяжное усилие T_{cp} , в Н	Расчётное значение усилия, Н	Погрешность, %
1	Прямой (-)	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	24,67	24,67	0,00%
2	Прямой (-)	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	29,23	29,21	0,07%
3	Прямой (-)	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	19,37	19,35	0,11%
4	Прямой (-)	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	24,49	24,49	0,00%
5	Прямой (-)	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	14,28	14,27	0,06%
6	Прямой (-)	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	12,93	12,93	-0,02%
7	Прямой (-)	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	17,94	17,95	-0,06%
8	Прямой (-)	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	15,92	15,93	-0,08%
9	Сферический (+)	2 кг (+)	45° (+)	20° (+)	23,11	23,11	0,02%
10	Сферический (+)	2 кг (+)	45° (+)	5° (-)	25,22	25,21	0,02%
11	Сферический (+)	2 кг (+)	30° (-)	20° (+)	20,60	20,59	0,06%
12	Сферический (+)	2 кг (+)	30° (-)	5° (-)	21,68	21,69	-0,06%
13	Сферический (+)	1,25 кг (-)	30° (-)	5° (-)	16,64	16,63	0,07%
14	Сферический (+)	1,25 кг (-)	30° (-)	20° (+)	15,66	15,65	0,04%
15	Сферический (+)	1,25 кг (-)	45° (+)	5° (-)	18,31	18,31	0,00%
16	Сферический (+)	1,25 кг (-)	45° (+)	20° (+)	17,11	17,13	-0,13%

По результатам проведённых расчётов также получим, что для полученной зависимости характеризующей усилие возникающее в вытяжном конце при применении различных поверхностей слипа, а также при изменении его угла наклона, угла выхода вытяжного конца и степени наполнения мешка, индекс детерминации $R^2 = 0,98$.

Сравнительная оценка расчётных данных с экспериментальными показывает, что зависимость адекватно описывает процесс, поскольку отклонение расчётных значений от данных, полученных в результате макетных экспериментов не превышает 0,05 %.

Выводы по первому этапу экспериментальных исследований

Первостепенное значение при обеих формах слиповых поверхностей имеют степень наполнения тралового мешка. Меньшее влияние оказывает угол наклона слипа и незначительное в сочетании факторов – угол выхода вытяжного конца.

На основе анализов данных по прямой и сферической слиповым поверхностям было определено, что для сферического слипа наблюдается формирование меньшего усилия в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом при одинаковом соотношении факторов, по сравнению с прямой формой поверхности, которое составляет в среднем 3 %.

Увеличение веса мешка в диапазоне исследований на 60 % приводит к росту усилия выборки на всех формах поверхности, однако на слипах со сферической формой поверхности данный рост на 30 % меньше, чем на слипах с прямой формой поверхности.

Изменение угла наклона слипа в диапазоне исследований в 1,5 раза приводит к увеличению усилия выборки на всех формах поверхности, однако на слипах со сферической формой поверхности данный рост на 11 % меньше, чем на слипах с прямой формой поверхности.

Увеличение угла выхода вытяжного конца в диапазоне исследований в 4 раза приводит к снижению усилия выборки на всех формах поверхности, однако на слипах с прямой формой поверхности данное снижение на 7 % больше, чем на слипах со сферической формой поверхности.

Загрузка мешка, при прочих равных условиях, несмотря на то, что влияние на общее усилие велико, не оказывает ощутимого влияние на пиковые нагрузки на пороге слипа.

Увеличение угла наклона слипа для исследуемых его форм при прочих равных условиях в диапазоне исследований на 15° приводит к увеличению усилия во время прохождения мешка по слиповой канавке в среднем на 18,3 %.

Увеличение угла выхода вытяжного конца с 5° по 20° для исследуемых форм слипа привело к снижению усилия выборки в среднем на 10,7 %.

3.2 Исследования зависимости усилия выборки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина с учётом скоростных параметров промысловой лебёдки (Приложение В)

3.2.1 Эксперименты по определению влияния тягово-скоростных параметров механизмов

Следующий этап был посвящён установлению зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом слиповым методом от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина с учётом скоростных параметров промысловой лебёдки [74, 75].

Для проведения исследований были определены факторы и диапазоны их изменения:

1. Вес мешка – 2 кг.
2. Угол выхода вытяжного конца – 5° .
3. Форма слипового настила – прямой, сферический.
4. Угол наклона слипа, изменяемый в диапазоне от 30 до 45 градусов.
5. Скорость выборки модели тралового мешка составляет: 0,031, 0,064 м/с.

После определения диапазона факторов была составлена матрица проведения исследований, по которой проведена серия экспериментальных исследований.

Испытания осуществлялись в соответствии со столбцами и строками матрицы по десять раз по каждой строке (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Матрица проведения испытаний

№ п/п	x_1	x_2	x_3
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}
2	x_{11}	x_{21}	x_{32}
3	x_{12}	x_{21}	x_{32}
4	x_{12}	x_{21}	x_{31}
5	x_{11}	x_{22}	x_{31}
6	x_{11}	x_{22}	x_{32}
7	x_{12}	x_{22}	x_{32}
8	x_{12}	x_{22}	x_{31}

Примечание. x_1 , x_2 , x_3 – записанные значения угла наклона слипа, поверхности слипа и скорости выборки тралового мешка соответственно, где x_{11} , x_{12} , x_{21} , x_{22} , x_{31} , x_{32} – критические значения указанных факторов.

Эксперименты проводились по десять раз по каждой строке плана проведения эксперимента для каждого слипа (таблица 3.18) с целью исключения случайно полученных величин, рассчитывался коэффициент вариации.

Таблица 3.18 – Матрица проведения испытаний для слипов с различной формой поверхности

№ п/п	Форма поверхности слипа	Угол наклона слипа α°	Скорость выборки тралового мешка, м/с
1	Сферический (+)	45° (+)	0,064 (+)
2	Сферический (+)	45° (+)	0,031(-)
3	Сферический (+)	30° (-)	0,064 (+)
4	Сферический (+)	30° (-)	0,031 (-)
5	Прямой (-)	30° (-)	0,031 (-)
6	Прямой (-)	30° (-)	0,064 (+)
7	Прямой (-)	45° (+)	0,031 (-)
8	Прямой (-)	45° (+)	0,064 (+)

Примечание. Кодированное значение факторов соответствует -1 минимальному численному значению факторов в диапазоне их изменения, а +1 – максимальному.

Для определения достоверности проведённых работ рассчитывали средние значения усилия, возникающего в вытяжном конце, и после расчётов получили таблицы погрешности (таблицы 3.19-3.22).

Таблица 3.19 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 30°			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,031	0,048	0,064
Средняя квадратичная погрешность	0,10	0,11	0,21
Действительную погрешность	0,24	0,25	0,56
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,03	0,99	2,11

Таблица 3.20 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 45°			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,031	0,048	0,064
Средняя квадратичная погрешность	0,20	0,27	0,15
Действительную погрешность, Н	0,45	0,69	0,39
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,60	2,28	1,19

Таблица 3.21 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 30°			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,031	0,048	0,064
Средняя квадратичная погрешность	0,23	0,25	0,32
Действительную погрешность	0,59	0,90	0,82
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,22	3,19	2,78

Таблица 3.22 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 45°			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,031	0,045	0,064
Средняя квадратичная погрешность	0,20	0,16	0,39
Действительную погрешность	0,52	0,57	1,00
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,63	1,67	3,03

Систематическую погрешность измерений (прибора) определяем в соответствии с формулой (2.8):

$$\Delta x_{\text{пр}} = \frac{0,1 * 50H}{100\%} = 0,05 \%$$

Учитывая результаты расчётов, представленных в таблицах 3.19 – 3.22 и систематическую погрешность измерения, можно заключить, что полная погрешность при испытаниях не превышает 5 %. Это говорит о достоверности полученных результатов экспериментальных данных.

В процессе проведения экспериментальных работ в соответствии с планом планирования эксперимента были получены численные значения усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки, а также динамограммы силового изменения при движении тралового мешка с уловом по слипу (таблица 3.23).

Таблица 3.23 – Численные значения экспериментальных данных

№ п/п	Форма поверхности слипа (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Скорость выборки тралового мешка v , м/с (x_3)	Вытяжное усилие $T_{\text{ср}}$, Н
1	Сферический (+)	45° (+)	0,064 (+)	33,56
2	Сферический (+)	45° (+)	0,031 (-)	28,58
3	Сферический (+)	30° (-)	0,064 (+)	26,88
4	Сферический (+)	30° (-)	0,031 (-)	23,25
5	Прямой (-)	30° (-)	0,031 (-)	27,35
6	Прямой (-)	30° (-)	0,064 (+)	30,53
7	Прямой (-)	45° (+)	0,031 (-)	33,07
8	Прямой (-)	45° (+)	0,064 (+)	35,13

Примечание. В данной таблице (-) и (+) – это минимальное и максимальные значения влияющих факторов в диапазоне их изменения (в кодированном виде):

x_1 – форма слиповой поверхности;

x_2 (α) – угол наклона слипа, °;

x_3 (v) – скорость выборки моделей на макетной установке, м/с;

T – вытяжное усилие, Н.

После оценки степени влияния факторов по результатам испытаний, после математической обработки данных и расчётов коэффициентов регрессии, была получена зависимость усилия в вытяжном конце от формы слипового настила, угла наклона слипа и скорости выборки (3.4):

$$T = 29,79 - 1,73x_1 + 2,79x_2 + 1,73x_3 + 0,21x_1x_2 + 0,42x_1x_3 + 0,03x_2x_3 + 0,31x_1x_2x_3, \quad (3.4)$$

где x_1 , x_2 , x_3 – кодированные значения формы поверхности слипа, угла наклона слипа и скорости выборки мешка соответственно.

С целью подтверждения адекватности полученной зависимости была проведена сравнительная оценка расчётных и экспериментальных данных (таблица 3.24).

Для последующего применения и проверки данных на практике с натурной системой судно-трал-промысловая машина, полученные в результате макетных испытаний, были проведены действия по введению безразмерной величины, равной отношению усилия в вытяжном конце к массе мешка с уловом.

Таблица 3.24 – Сравнительная оценка расчётных и экспериментальных данных

№ п/п	Форма поверхности слипа (x_1)	Угол наклона слипа α° (x_2)	Скорость выборки тралового мешка, v м/с (x_3)	Вытяжное усилие $T_{ср}$, в Н	Расчётное значение усилия, Н	Погрешность расчётов, %	Соотношение усилия к весу мешка
1	Сферический (+)	45° (+)	0,064 (+)	33,56	33,53	0,10%	1,7123
2	Сферический (+)	45° (+)	0,031 (-)	28,58	28,67	-0,30%	1,4583
3	Сферический (+)	30° (-)	0,064 (+)	26,88	26,87	0,02%	1,3712
4	Сферический (+)	30° (-)	0,031 (-)	23,25	23,33	-0,35%	1,1861
5	Прямой (-)	30° (-)	0,031 (-)	27,35	27,33	0,07%	1,3954
6	Прямой (-)	30° (-)	0,064 (+)	30,53	30,47	0,19%	1,5575
7	Прямой (-)	45° (+)	0,031 (-)	33,07	33,07	-0,01%	1,687
8	Прямой (-)	45° (+)	0,064 (+)	35,13	35,13	-0,01%	1,7922

Проведённая сравнительная оценка экспериментальных и расчётных данных говорит об адекватности полученной зависимости, так как среднее отклонение не превышает 0,13 %. Среднее значение возникающего в вытяжном конце усилия во время выборки мешков с уловом к их весу для прямого слипа составляет 1,49.

По результатам проведённых расчётов также получим, что для полученной зависимости характеризующей усилие возникающее в вытяжном конце при применении различных

поверхностей слипа, а также при изменении его угла наклона и скорости выборки, индекс детерминации $R^2 = 0,99$.

В связи с небольшим числом строк, необходимо скорректировать индекс детерминации, таким образом получим: $R_{\text{кор}}^2 = (1 - (1 - 0,99) \frac{8-1}{8-7}) = 0,93$.

Анализ полученной зависимости усилия выборки траловых мешков позволил определить приоритет исследуемых факторов и сделать следующие выводы:

- по значимости наибольшее влияние оказывает форма поверхности слипового настила, а незначительное влияние из рассмотренных факторов оказывает скорость выборки;

- на прямой поверхности слипа при углах наклона слипа в 30° наблюдается усилие на 13,5 % большее, нежели по сравнению со сферической формой поверхности, при углах наклона в 45° усилие в вытяжном конце больше на 7,8 %, чем у слипа со сферической формой поверхности;

- увеличение скорости выборки с 0,031 до 0,064 м/с на слипе с прямолинейной формой поверхности при загрузке мешка в 2 кг и угле наклона слипа 30° привело к увеличению усилия возникающего в вытяжном конце с 27,4 до 30,5 Н, рост составляет 11,6 %, в то время как на слипе со сферической формой поверхности усилие увеличивается с 23,3 до 27,0 Н, рост при этом составляет 15,6 %. При угле наклона слипа, равном 45° , на прямом слипе усилие также возрастает с увеличением скорости выборки с 33,1 до 35,1 Н, рост составляет 6,2 %, для сферической формы поверхности наблюдается увеличение с 28,6 до 33,6 Н, рост при этом составит 17,4 %;

- на углах наклона слипа в 45° в сравнении с углами наклона в 30° на прямолинейной слиповой поверхности при загрузке мешка в 2 кг при скорости выборки 0,031 м/с наблюдается большее усилие, которое составляет 19,0 % (27,3 Н при 30° и 32,5 Н при 45°), в то время как на сферической слиповой поверхности при прочих равных условиях усилие при 30° равно 23,3 Н, а при 45° 28,6 Н, то есть наблюдается увеличение на 22,9 %. При скорости выборки 0,064 м/с для прямого слипа, при 30° усилие выборки равно 29,7 Н, при 45° – 34,1 Н, наблюдается увеличение на 15,0 %, а для сферического типа поверхности при 30° усилие выборки равно 27,0 Н, при 45° – 33,6 Н, наблюдается увеличение на 24,5 %.

Увеличение угла наклона слипа от 30 до 45° на слипе со сферической формой поверхности приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 23,9 %.

Увеличение угла наклона слипа от 30 до 45° на слипе с прямой формой поверхности приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 18,0 %.

На прямом слипе увеличение угла наклона слипа от 30 до 45° с увеличением скорости выборки в 2 раза, в диапазоне исследования наблюдается увеличение усилия выборки на 28,4 %.

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

3.2.2 Проведение экспериментальных работ по оценке усилия выборки траловых мешков на слипах с удлинённым порогом

Как показывают полученные динамограммы, пиковые нагрузки возникают на пороге слипа. Это объясняется тем, что происходит перегиб тралового мешка с уловом на пороге слипа. С целью минимизации влияния пиковых нагрузок во время выхода мешка на порог слипа и исследования величины его влияния на общий рост нагрузки, было решено на данном этапе провести экспериментальные работы с удлинённым порогом слипа.

Для этого была поставлена задача провести исследования временного процесса подъёма траловых мешков по слипам с удлинённым порогом. Была составлена матрица проведения эксперимента (таблица 3.25).

С учётом результатов, выполненных на втором этапе исследований, а также анализа промысловых схем, тягово-скоростных возможностей промысловых лебёдок и корпусных конструкций промысловых судов кормового траления, для проведения исследований были выбраны диапазоны изменения влияющих факторов, в частности:

1. Вес мешка – 2 кг.
2. Угол выхода вытяжного конца – 5° ;
3. Форма слипового настила – удлинённый.
4. Угол наклона слипа, изменяемый в диапазоне от 30 до 45 град;
5. Скорость выборки модели тралового мешка составляет – 0,031, 0,064 м/с;
6. Угол выхода вытяжного конца – 5 град.

Диапазоны факторов совпадают со вторым этапом макетных исследований. По ним была проведена серия экспериментальных работ.

Испытания осуществлялись в соответствии со столбцами и строками матрицы в соответствии с планом проведения экспериментов на слипе прямолинейной формы.

Эксперименты проводились по десять раз по каждой строке плана проведения эксперимента для каждого слипа (таблица 3.25), с целью исключения случайно полученных величин рассчитывался коэффициент вариации.

Таблица 3.25 – Матрица проведения эксперимента для слипа с удлинённой формой поверхности

№ п/п	Угол наклона слипа α°	Форма поверхности слипа	Скорость выборки тралового мешка, м/с	Усилие выборки Т, Н
1	30°	удлинённый	0,031	-
2	30°	удлинённый	0,048	-
3	30°	удлинённый	0,064	-
4	45°	удлинённый	0,048	-
5	45°	удлинённый	0,031	-
6	45°	удлинённый	0,064	-

Для определения достоверности проведённых работ и после соответствующих расчётов получили таблицы погрешности (таблицы 3.26 – 3.27).

Таблица 3.26 – Результаты расчётов погрешности измерений

Удлинённый, 30°			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,031	0,048	0,064
Средняя квадратичная погрешность	0,20	0,30	0,08
Действительную погрешность	0,53	0,78	0,22
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,35	3,28	0,82

Таблица 3.27 – Результаты расчётов погрешности измерений

Удлинённый, 45°			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,031	0,048	0,064
Средняя квадратичная погрешность	0,38	0,20	0,33
Действительную погрешность	0,99	0,51	0,87
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	3,55	1,74	2,78

Учитывая результаты расчётов, представленных в таблицах 3.26 – 3.27 и систематическую погрешность измерения, можно заключить, что полная погрешность при испытаниях не превышает 5 %. Это говорит о достоверности полученных результатов экспериментальных данных.

Характерной особенностью при движении траловых мешков по слиповому настилу являются пиковые нагрузки, возникающие на пороге слипа и слиповой канавки. С целью сравнения полученных по удлинённому порогу слипа данных и оценки физической сущности процесса подъёма траловых мешков с уловом по слипам судов было проведено сравнение полученных динамограмм с данными второго этапа, при скорости выборки 0,045 м/с, для углов

наклона 30° и 45° (рисунки 3.5, 3.6), слипов с различной формой поверхности (прямой, сферический и удлинённый).

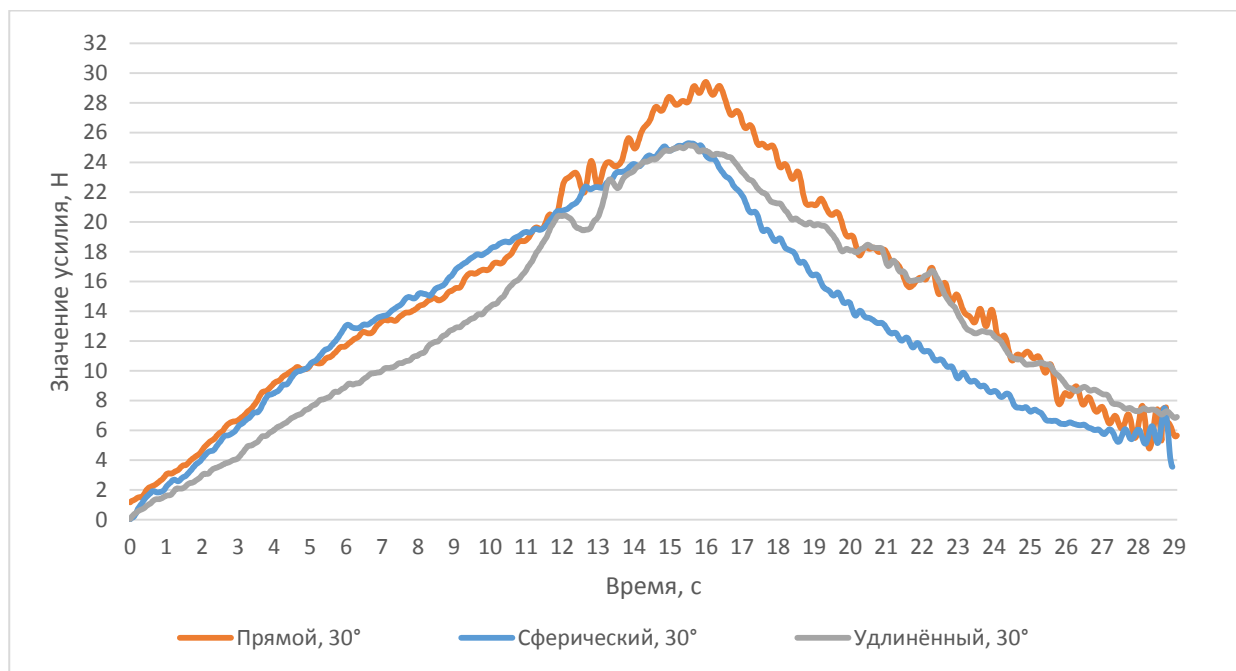


Рисунок 3.5 – Динамограммы усилия во время выборки мешков с уловом при угле наклона 30° , при скорости выборки 0,045 м/с

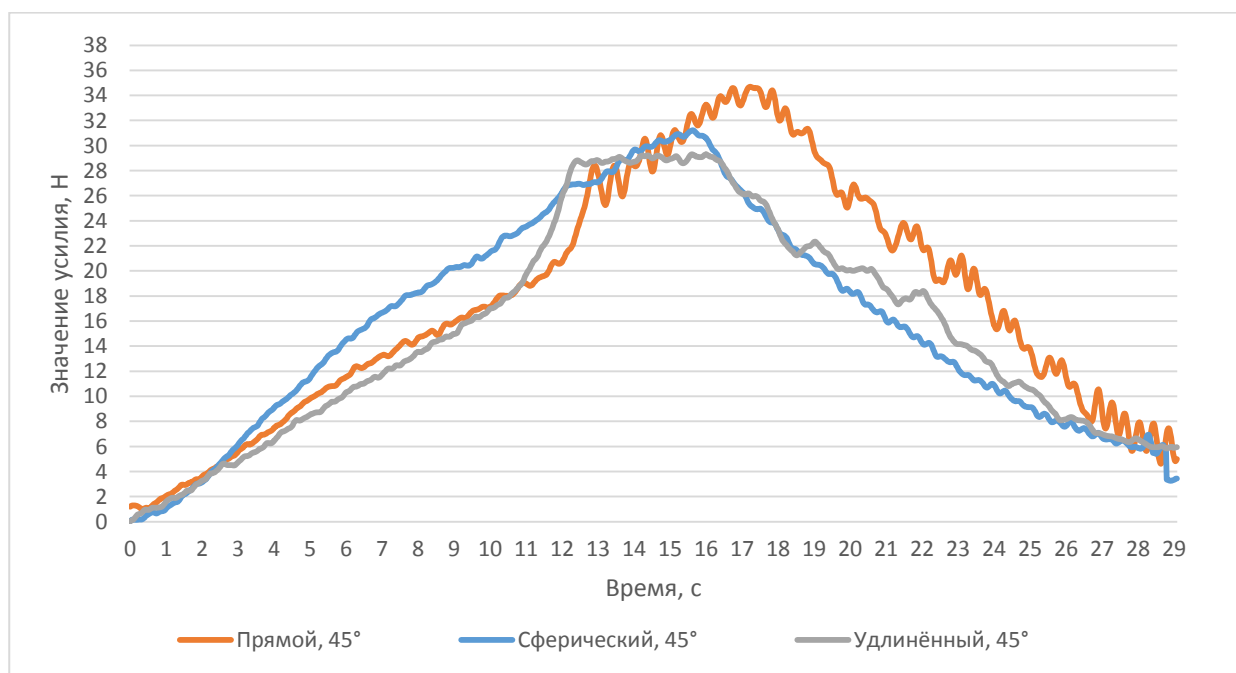


Рисунок 3.6 – Динамограммы усилия во время выборки мешков с уловом при угле наклона 45° , при скорости выборки 0,045 м/с

Для сферического слипа максимальное усилие выборки при проходе мешком места соединения слипа и палубы при угле в 45° выше в 1,24 раза (с 25,1 до 31,1 Н) по сравнению с углом в 30° .

Для прямого слипа максимальное усилие выборки при проходе мешком места соединения слипа и палубы при угле наклона в 45° увеличивается в 1,18 раза (с 29,1 до 34,3 Н) по сравнению с углом в 30° .

Для удлиненного слипа максимальное усилие выборки при проходе мешком места соединения слипа и палубы при угле в 45° выше в 1,22 раза (с 24,5 до 29,7 Н) по сравнению с углом в 30° .

Максимальные усилия возникают в месте перехода мешком слиповой канавки (положение мешка в этот момент указано на рисунке 3.7), данное обстоятельство справедливо для всех форм слипов.



Рисунок 3.7 – Положение мешка в момент максимального усилия

По результатам экспериментальных работ по оценке усилия выборки траловых мешков с уловом на прямом слипе с удлиненным порогом были получены силовые динамограммы и построены графические зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом от скорости выборки угла наклона слипа и форма поверхности (рисунки 3.8, 3.9).

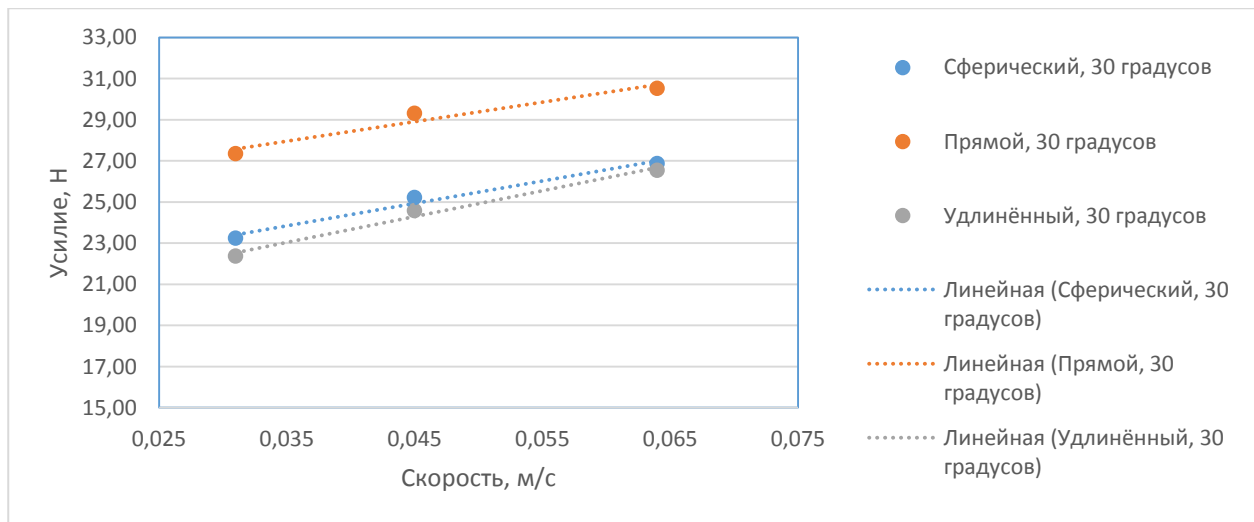


Рисунок 3.8 – Зависимость усилия в вытяжном конце при угле наклона 30° (в уравнениях аппроксимации T – усилие во время выборки, v – скорость выборки)

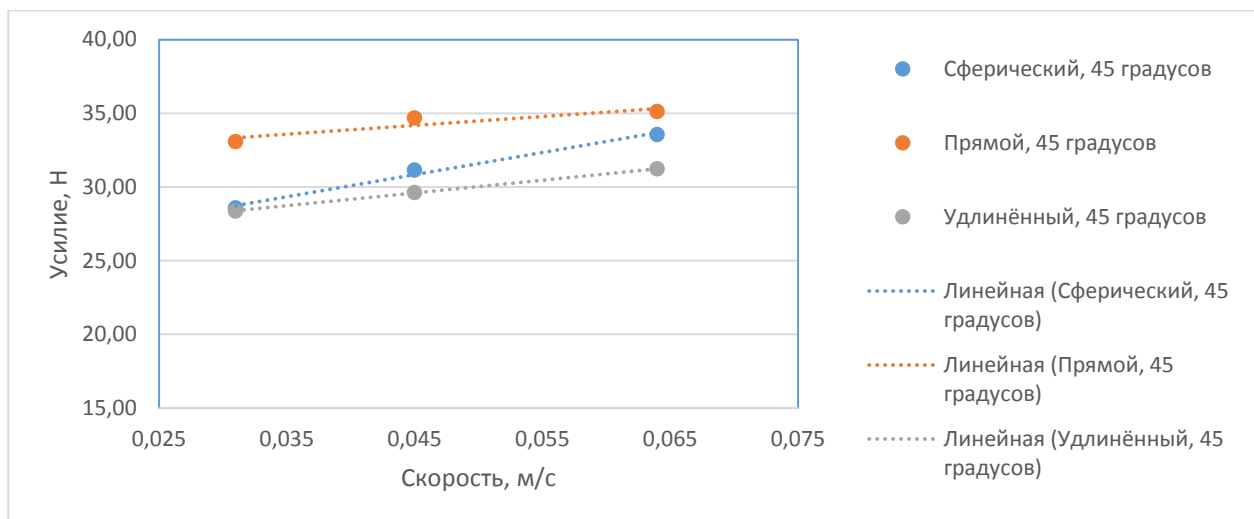


Рисунок 3.9 – Зависимость усилия в вытяжном конце при угле наклона 45 ° (в уравнениях аппроксимации T – усилие во время выборки, v – скорость выборки)

Для сравнения величины влияния угла наклона слипа на усилие выборки траловых мешков с уловом представляем данные экспериментов в виде графической зависимости для различных видов слипов (прямой, сферический и с удлиненным порогом) (рисунки 3.10 – 3.12).

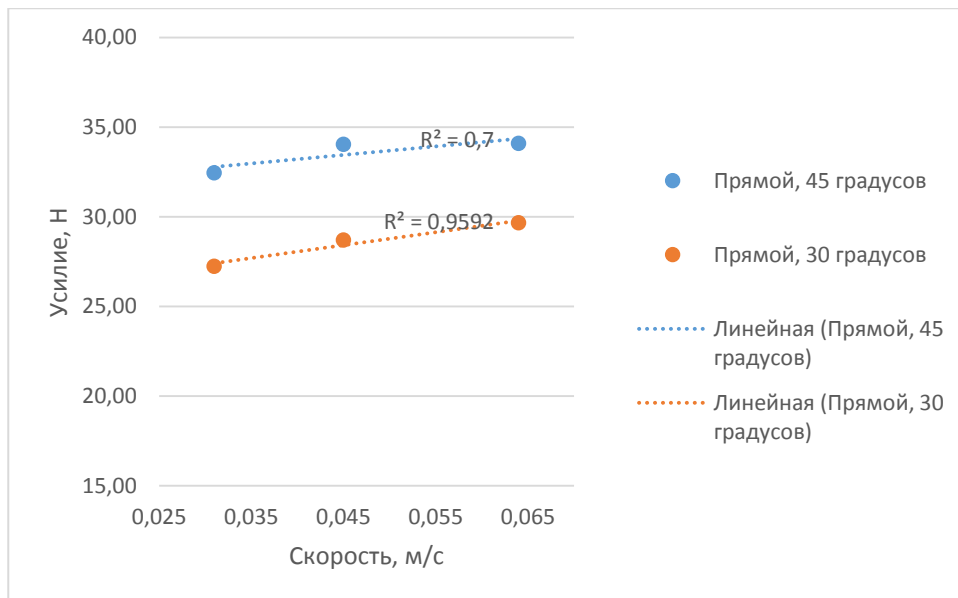


Рисунок 3.10 – Зависимость усилия для прямого слипа при различных углах наклона

Как видно из рисунка 3.10, на прямом слипе увеличение угла наклона слипа от 30° до 45° с увеличением скорости выборки в 2 раза приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 23,8 %.

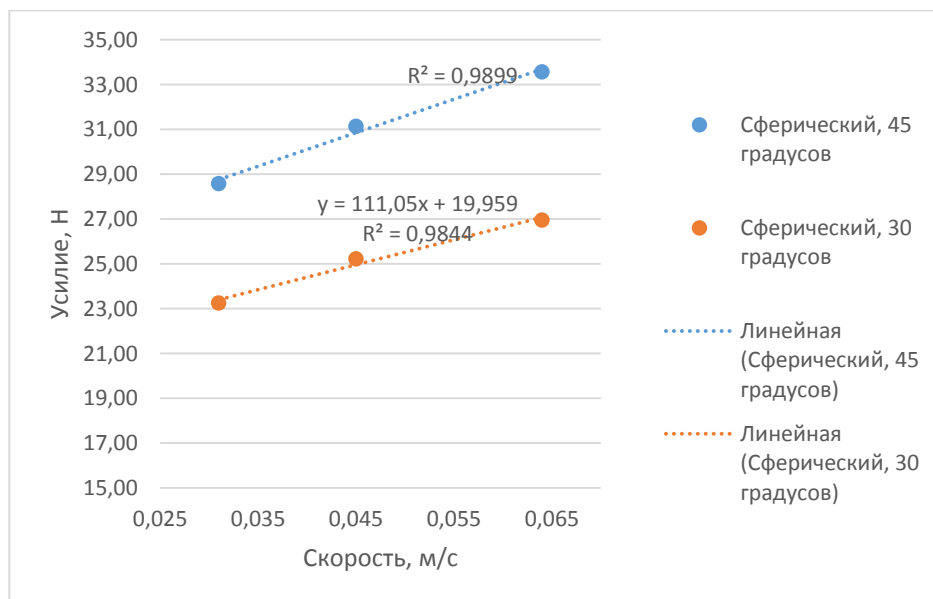


Рисунок 3.11 – Зависимость усилия для сферического слипа при различных углах наклона

Как видно из рисунка 3.11, на сферическом слипе увеличение угла наклона слипа от 30 до 45° с увеличением скорости выборки в 2 раза приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 18,1 %.

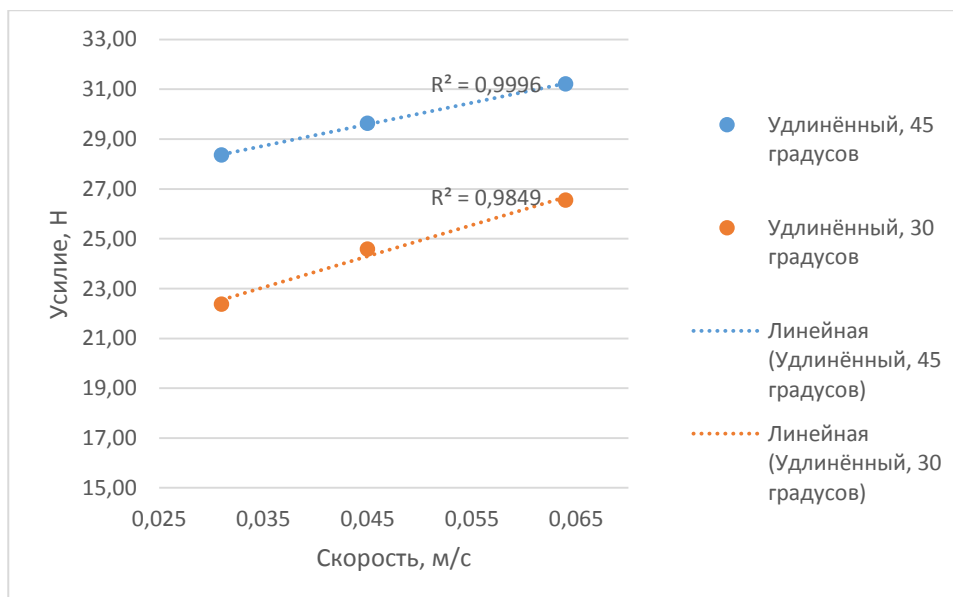


Рисунок 3.12 – Зависимость усилия для прямого слипа с удлиненным порогом при различных углах наклона

Как видно из рисунка 3.12, на удлиненном слипе увеличение его угла наклона в диапазоне от 30° до 45° с увеличением скорости выборки в 2 раза приводит к увеличению усилия выборки в среднем на 21,6 %.

Подводя итог выполненным исследованиям можно сделать общие выводы о влиянии формы слиповых поверхностей на усилие во время выборки:

- вид зависимости линейно-возрастающий;
- для сферического и удлиненного слипов наблюдается значительный рост усилия от скорости при угле наклона в 30 градусов, который составляет 16 и 19 % соответственно. А для прямого слипа рост меньше и составляет около 9 %;
- для углов наклона слипа в 45° у прямого и удлиненного слипа рост усилия от скорости сохраняется, но оказывает меньшее влияние, чем при угле в 30°, и составляет 10 и 6 %. У сферического слипа при угле наклона в 45° с увеличением скорости выборки мешков с уловом усилие возрастает на 17 %;
- увеличение скорости выборки с 0,031 до 0,064 м/с на удлиненном слипе привело к увеличению усилия выборки тралового мешка с уловом при переходе со слипа на палубу судна в среднем на 14 %;
- на слипе с прямой поверхностью наблюдается незначительный рост усилия с увеличением скорости и угла наклона слипа, но максимальное значение велико относительно слипов со сферической поверхностью и прямого с удлиненным порогом. Усилие выборки на прямом слипе выше, чем на предыдущих двух слипах (сферическом и с удлиненным порогом), в среднем на 1,36 раз независимо от угла наклона;

- наименьшее общее усилие зафиксировано на прямом слипе с удлинённым порогом;
- удлинение порога слипа позволяет снизить нагрузку на порог слипа и снизить пиковую нагрузку при прохождении мешком слиповой канавки.

3.3 Исследования зависимости усилия выборки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина с учётом конструкции тралового мешка (Приложение Г)

Как показывает практика, размеры тралов для современных промысловых судов растут, естественно увеличиваются уловы, а промысловые механизмы остаются прежними с заданными усилиями и скоростями.

Это обстоятельство приводит к перегрузкам промысловым комплексам и как следствие к нарушению их работоспособности.

С целью сокращения длины траловых мешков промысловики изготавливают их с большим периметром, что в конечном итоге приводит к большей площади соприкосновения последнего с слиповым настилом.

В связи с этим была поставлена задача провести экспериментальные исследования по изучению данного процесса с целью получения зависимости усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки от факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина с увеличенным периметром тралового мешка.

Для проведения экспериментов были подготовлены модели траловых мешков различного диаметра и конструкции, заполнялись гранулами, вес которых составил 2,0 кг. Это необходимо для сравнения результатов с ранее выполненными экспериментами.

Порядок проведения работ по определению площади соприкосновения

Мешок промазывался штемпельной краской и укладывался на слип. После установки мешка крепился вытяжной конец. Далее на самой малой скорости включалась вытяжная лебёдка и сразу выключалась, это было необходимо для определения площади соприкосновения мешка и слиповой поверхности во время его движения. Отпечаток, оставленный мешком на слипе, переносили на бумагу путём прикладывания её к слиповой поверхности. Далее контур мешка на бумаге расчерчивали на мелкие квадраты и рассчитывали площадь каждого квадрата. Затем результаты суммировали для определения площади всего контура.

Для проведения исследований были выбраны диапазоны изменения влияющих факторов, в частности:

1. Вес мешка – 2 кг;
2. Угол выхода вытяжного конца – 5° ;
3. Форма слипового настила – прямой, сферический;
4. Угол наклона слипа, изменяемый в диапазоне от 30 до 45° ;
5. Скорость выборки модели тралового мешка составляет – 0,3, 0,5 м/с;
6. Диапазон изменения площади соприкосновения – от 182 до 246 см².

С целью сокращения количества экспериментальных работ, повышения точности оценок параметров воспользовались многофакторными схемами организации экспериментальных работ [8].

После определения диапазона факторов была проведена серия экспериментальных исследований.

Испытания осуществлялись по десять раз в соответствии со столбцами и строками матрицы в соответствии с планом проведения экспериментов (таблица 3.28).

Таблица 3.28 – Матрица проведения испытаний

№ п/п	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₁
2	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₂
3	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₁	X ₄₂
4	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₁	X ₄₁
5	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₂	X ₄₁
6	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₂	X ₄₂
7	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₂
8	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₁
9	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₃	X ₄₁
10	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₃	X ₄₂
11	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₃	X ₄₂
12	X ₁₁	X ₂₂	X ₃₃	X ₄₁
13	X ₂₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₁
14	X ₂₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₄₂
15	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₁	X ₄₂
16	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₁	X ₄₁
17	X ₂₁	X ₂₁	X ₃₂	X ₄₁
18	X ₂₁	X ₂₁	X ₃₂	X ₄₂
19	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₂
20	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₂	X ₄₁
21	X ₂₁	X ₂₁	X ₃₃	X ₄₁
22	X ₂₁	X ₂₁	X ₃₃	X ₄₂
23	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₃	X ₄₂
24	X ₂₁	X ₂₂	X ₃₃	X ₄₁

Примечание. X₁, X₂, X₃ X₄– записанные значения формы поверхности слипа, угла наклона слипа, скорости выборки тралового мешка и площади соприкосновения тралового мешка со слипом соответственно.

Эксперименты проводились по десять раз по каждой строке плана проведения эксперимента (таблица 3.29) с целью исключения случайно полученных величин, рассчитывался коэффициент вариации.

Таблица 3.29 – Матрица проведения испытаний для слипа с прямолинейной формой поверхности

№ п/п	Форма поверхности слипового настила	Угол наклона слипа α°	Скорость выборки тралового мешка, м/с	Площадь соприкосновения тралового мешка со слипом, см ²
1	Прямой (+)	30 (-)	0,3 (-)	246 (-)
2	Прямой (+)	30 (-)	0,4 (0)	246 (-)
3	Прямой (+)	30 (-)	0,5 (+)	246 (-)
4	Прямой (+)	30°	0,3 (-)	182 (+)
5	Прямой (+)	30°	0,4 (0)	182 (+)
6	Прямой (+)	30°	0,5 (+)	182 (+)
7	Прямой (+)	45 (+)	0,3 (-)	246 (-)
8	Прямой (+)	45 (+)	0,4 (0)	246 (-)
9	Прямой (+)	45 (+)	0,5 (+)	246 (-)
10	Прямой (+)	45 (+)	0,3 (-)	182 (+)
11	Прямой (+)	45 (+)	0,4 (0)	182 (+)
12	Прямой (+)	45 (+)	0,5 (+)	182 (+)
13	Сферический (-)	30 (-)	0,3 (-)	246 (-)
14	Сферический (-)	30 (-)	0,4 (0)	246 (-)
15	Сферический (-)	30 (-)	0,5 (+)	246 (-)
16	Сферический (-)	30 (-)	0,3 (-)	182 (+)
17	Сферический (-)	30 (-)	0,4 (0)	182 (+)
18	Сферический (-)	30 (-)	0,5 (+)	182 (+)
19	Сферический (-)	45 (+)	0,3 (-)	246 (-)
20	Сферический (-)	45 (+)	0,4 (0)	246 (-)
21	Сферический (-)	45 (+)	0,5 (+)	246 (-)
22	Сферический (-)	45 (+)	0,3 (-)	182 (+)
23	Сферический (-)	45 (+)	0,4 (0)	182 (+)
24	Сферический (-)	45 (+)	0,5 (+)	182 (+)

Примечание. Кодированное значение факторов соответствует -1 минимальному численному значению факторов в диапазоне их изменения, а +1 – максимальному.

Для определения достоверности проведённых работ и после соответствующих расчётов получили средние значения усилия выборки и таблицы погрешности (таблицы 3.30 – 3.37).

Таблица 3.30 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 30 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 182 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,21	0,22	0,67
Действительную погрешность	0,53	0,57	1,73
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,47	1,67	5,94

Таблица 3.31 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 45 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 182 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,45	0,34	0,27
Действительную погрешность, Н	1,17	0,87	0,69
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	3,09	2,21	1,63

Таблица 3.32 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 30 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 182 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,31	0,17	0,28
Действительную погрешность	0,81	0,45	0,73
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,62	1,45	2,28

Таблица 3.33 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 45 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 182 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,38	0,12	0,40
Действительную погрешность	0,99	0,32	1,03
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,85	0,90	2,78

Таблица 3.34 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 30 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 246 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,19	0,18	0,26
Действительную погрешность	0,49	0,47	0,68
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,77	1,55	2,18

Таблица 3.35 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Сферический, 45 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 246 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,24	0,34	0,27
Действительную погрешность, Н	0,62	0,87	0,69
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,70	2,21	1,63

Таблица 3.36 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 30 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 246 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,23	0,24	0,52
Действительную погрешность	0,60	0,62	1,36
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	2,10	2,17	4,91

Таблица 3.37 – Результаты расчётов погрешностей экспериментальных данных

Прямой, 45 град, площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью 246 см ²			
Наименование погрешности	Скорость выборки, м/с		
	0,3	0,4	0,5
Средняя квадратичная погрешность	0,25	0,16	0,34
Действительную погрешность	0,65	0,41	0,88
Доля действительной погрешности от общего усилия, %	1,72	1,08	2,27

Результаты расчётов, представленные в таблицах 3.30-3.37, показывают, что полная погрешность при испытаниях не превышает 7 %, что говорит о достоверности полученных данных и об адекватности полученных экспериментальных данных.

В процессе проведения экспериментальных работ в соответствии с планом планирования эксперимента были получены численные значения усилия в вытяжном конце

промысловой лебёдки, а также динамограммы силового изменения при движении тралового мешка с уловом по слипу (таблица 3.38).

Таблица 3.38 – Численные значения экспериментальных данных

№ п/п	Форма поверхности слипа (x_1)	Угол наклона слипа, α° (x_2)	Скорость выборки тралового мешка, v м/с (x_3)	Площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, $см^2$ (x_4)	Вытяжное усилие $T_{ср}$, в Н
1	Прямой (+)	30° (-)	0,3 м/с (-)	246 (-)	30,007
2	Прямой (+)	45° (+)	0,3 м/с (-)	246 (-)	39,666
3	Сферический (-)	45° (+)	0,3 м/с (-)	246 (-)	37,513
4	Сферический (-)	30° (-)	0,3 м/с (-)	246 (-)	29,368
5	Прямой (+)	30° (-)	0,5 м/с (+)	246 (-)	33,342
6	Прямой (+)	45° (+)	0,5 м/с (+)	246 (-)	40,89
7	Сферический (-)	45° (+)	0,5 м/с (+)	246 (-)	39,604
8	Сферический (-)	30° (-)	0,5 м/с (+)	246 (-)	32,747
9	Прямой (+)	30° (-)	0,3 м/с (-)	182 (+)	32,568
10	Прямой (+)	45° (+)	0,3 м/с (-)	182 (+)	36,534
11	Сферический (-)	45° (+)	0,3 м/с (-)	182 (+)	40,355
12	Сферический (-)	30° (-)	0,3 м/с (-)	182 (+)	37,54
13	Прямой (+)	30° (-)	0,5 м/с (+)	182 (+)	33,247
14	Прямой (+)	45° (+)	0,5 м/с (+)	182 (+)	38,877
15	Сферический (-)	45° (+)	0,5 м/с (+)	182 (+)	43,616
16	Сферический (-)	30° (-)	0,5 м/с (+)	182 (+)	32,077

Примечание. В данной таблице (-) и (+) – это минимальное и максимальное значения влияющих факторов в диапазоне их изменения (в кодированном виде):

x_1 – форма слиповой поверхности;

x_2 (α) – угол наклона слипа, $^\circ$;

x_3 (v) – скорость выборки моделей на макетной установке, м/с;

x_4 (S) – площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, $см^2$;

T – вытяжное усилие, Н.

По результатам испытаний, после математической обработки данных и расчётов коэффициентов регрессии, была получена зависимость усилия в вытяжном конце при различных моделях траловых мешков с уловом по слипам различной формы, их углов наклона и скорости выборки (3.5):

$$\begin{aligned}
 T = & 36,122 - 0,481x_1 + 3,51x_2 + 0,678x_3 + 0,73x_4 - 0,159x_1x_2 + 0,27x_1x_3 - \\
 & 1,065x_1x_4 + 0,437x_2x_3 - 0,516x_2x_4 - 0,576x_3x_4 - 0,493x_1x_2x_3 - 0,435x_1x_2x_4 + \\
 & 0,383x_1x_3x_4 + 0,862x_2x_3x_4 - 0,39x_1x_2x_3x_4,
 \end{aligned} \quad (3.5)$$

где x_1 , x_2 , x_3 и x_4 – кодированные значения формы поверхности слипа, угла наклона слипа, скорости выборки и площади мешка соответственно.

Для подтверждения адекватности полученной зависимости проведена сравнительная оценка расчётных и экспериментальных данных, которая показала, что отклонение в среднем не превышает 10 % (таблица 3.39).

Таблица 3.39 – Таблица отклонений расчётных и экспериментальных данных

№ п/п	Форма поверхности слипа (x_1)	Угол наклона слипа, α° (x_2)	Скорость выборки тралового мешка, v м/с (x_3)	Площадь соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, см^2 (x_4)	Вытяжное усилие $T_{\text{ср}}$, в Н	Расчётное значение усилия	Погрешность расчётов, %
1	Прямой (+)	30° (-)	0,3 м/с (-)	246 (-)	30,007	30,724	2,334
2	Прямой (+)	45° (+)	0,3 м/с (-)	246 (-)	39,666	37,743	-5,094
3	Сферический (-)	45° (+)	0,3 м/с (-)	246 (-)	37,513	38,704	3,078
4	Сферический (-)	30° (-)	0,3 м/с (-)	246 (-)	29,368	31,685	7,311
5	Прямой (+)	30° (-)	0,5 м/с (+)	246 (-)	33,342	32,08	-3,934
6	Прямой (+)	45° (+)	0,5 м/с (+)	246 (-)	40,89	39,1	-4,58
7	Сферический (-)	45° (+)	0,5 м/с (+)	246 (-)	39,604	40,061	1,141
8	Сферический (-)	30° (-)	0,5 м/с (+)	246 (-)	32,747	33,041	0,889
9	Прямой (+)	30° (-)	0,3 м/с (-)	182 (+)	32,568	32,183	-1,196
10	Прямой (+)	45° (+)	0,3 м/с (-)	182 (+)	36,534	39,203	6,808
11	Сферический (-)	45° (+)	0,3 м/с (-)	182 (+)	40,355	40,164	-0,475
12	Сферический (-)	30° (-)	0,3 м/с (-)	182 (+)	37,54	33,144	-13,263
13	Прямой (+)	30° (-)	0,5 м/с (+)	182 (+)	33,247	33,54	0,871
14	Прямой (+)	45° (+)	0,5 м/с (+)	182 (+)	38,877	40,559	4,148
15	Сферический (-)	45° (+)	0,5 м/с (+)	182 (+)	43,616	41,52	-5,047
16	Сферический (-)	30° (-)	0,5 м/с (+)	182 (+)	32,077	34,501	7,025

Примечание. Сравнительная оценка экспериментальных и расчётных данных говорит об адекватности полученной зависимости, поскольку среднее отклонение составляет не более 4,2%. По результатам проведённых расчётов также получили, что для зависимости характеризующей усилие возникающее в вытяжном конце при применении различных форм поверхности слипа, а также при изменении его угла наклона, скорости выборки площади соприкосновения, индекс детерминации $R^2 = 0,89$.

Результаты экспериментов показали, что влияние величины площади соприкосновения мешка со слипом крайне неоднородно и при различных сочетаниях факторов, оказывает различное влияние.

На прямой поверхности слипа наблюдается усилие на 2 % большее, нежели по сравнению со сферической формой поверхности, для мешков с площадью соприкосновения 246 см^2 , в то время как для мешков с площадью соприкосновения 182 см^2 усилие в вытяжном конце меньше на 8 %, чем у слипа со сферической формой поверхности.

На углах наклона слипа в 45° в сравнении с углами наклона в 30° на прямолинейных слиповых поверхностях при площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, равной 246 см^2 , при загрузке мешка в 2 кг при скорости выборки 0,3 м/с наблюдается большее усилие, которое равно 30,0 Н при 30° и 39,7 Н при 45° , что составляет 32,2 %, в то время как на сферических слиповых поверхностях при прочих равных условиях усилие при 30° равно

29,4 Н, а при 45° – 37,5 Н, наблюдается увеличение на 27,7 %. При аналогичном сочетании факторов для прямого слипа, при площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, равной 182 см^2 , при 30° усилие выборки равно 32,6 Н при 45° – 36,5 Н, наблюдается увеличение на 12,1 %, а для сферического типа поверхности при 30° усилие выборки равно 37,5 Н, при 45° – 40,4 Н, наблюдается увеличение на 7,5 %.

На углах наклона слипа в 45° в сравнении с углами наклона в 30° на прямолинейных слиповых поверхностях при площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, равной 246 см^2 , при загрузке мешка в 2 кг при скорости выборки 0,5 м/с наблюдается большее усилие, которое равно 33,3 Н при 30° и 40,9 Н при 45° , что составляет 22,6 %, в то время как на сферических слиповых поверхностях при прочих равных условиях усилие при 30° равно 32,7 Н, а при 45° – 39,6 Н, наблюдается увеличение на 27,7 %. При аналогичном сочетании факторов для прямого слипа, при площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью, равной 182 см^2 , при 30° усилие выборки равно 33,2 Н при 45° – 38,9 Н, наблюдается увеличение на 16,9 %, а для сферического типа поверхности при 30° усилие выборки равно 32,1 Н при 40° – 43,6 Н, наблюдается увеличение на 36,0 %.

На углах наклона слипа в 45° в сравнении с углами наклона в 30° на слипах с прямой формой поверхности наблюдается увеличение усилия в вытяжном конце в среднем на 21,0 %.

На углах наклона слипа в 45° в сравнении с углами наклона в 30° на слипах со сферической формой поверхности наблюдается увеличение усилия в вытяжном конце на 23,0 %.

Уменьшение площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью с 246 до 182 см^2 при загрузке в 2 кг на прямолинейных слиповых поверхностях с углами наклона в 30° при скорости выборки 0,3 м/с приводит к увеличению усилия с 30,0 по 32,6 Н, рост составляет 8,5 %, в то время как на сферических слиповых поверхностях при прочих равных условиях усилие возрастает с 29,4 по 37,5 Н, которое составляет 27,8 %. Аналогичное сочетание факторов для прямого слипа, с углом наклона в 45 градусов, приводит к росту усилия с 39,6 по 36,5 Н, и составляет 7,9 %, а для сферического типа поверхности к увеличению усилия с 37,5 по 40,4 Н, рост составляет 7,6 %.

Уменьшение площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью с 246 до 182 см^2 при загрузке в 2 кг на прямолинейных слиповых поверхностях с углами наклона в 30° при скорости выборки 0,5 м/с приводит к уменьшению усилия с 33,3 по 33,2 Н, которое составляет 0,3 %, на сферических слиповых поверхностях при прочих равных условиях усилие также сокращается с 32,7 по 32,1 Н, и составляет 2,0 %. Аналогичное сочетание факторов для прямого слипа, с углом наклона в 45 градусов, приводит к снижению усилия с 40,9 по 38,9 Н,

снижение составляет 4,9 %, а для сферического типа поверхности к увеличению усилия с 39,6 Н по 43,6 Н, рост составляет 10,1 %.

Уменьшение площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью с 246 до 182 см² привело к уменьшению усилия на прямом слипе в среднем на 1,1 %.

Уменьшение площади соприкосновения мешка со слиповой поверхностью с 246 до 182 см² привело к увеличению усилия на слипе со сферической формой поверхности в среднем на 10,8 %.

Увеличение скорости выборки мешков на 40 % (с 0,3 до 0,5 м/с) при загрузке в 2 кг на прямолинейных слиповых поверхностях с углами наклона в 45° при применении мешков с площадью соприкосновения поверхностей, равной 246 см², приводит к увеличению усилия с 39,7 по 40,9 Н, рост составляет 3,1 %, в то время как на сферических слиповых поверхностях при прочих равных усилие возрастает с 37,5 по 39,6 Н, рост составляет 5,6 %. Аналогичное сочетание факторов для прямого слипа, с углом наклона в 30°, приводит к росту усилия с 30,0 по 33,3 Н, рост составляет 11,1 %, а для сферического типа поверхности к увеличению усилия с 29,4 по 32,7 Н, увеличение составляет 11,5 %.

Увеличение скорости выборки мешков на 40 % (с 0,3 до 0,5 м/с) при загрузке в 2 кг на прямолинейных слиповых поверхностях с углами наклона в 45° при применении мешков с площадью соприкосновения поверхностей, равной 182 см², приводит к увеличению усилия с 36,5 по 38,9 Н, рост составляет 6,4 %, в то время как на сферических слиповых поверхностях при прочих равных усилие возрастает с 40,4 по 43,6 Н, рост составляет 8,1 %. Аналогичное сочетание факторов для прямого слипа, с углом наклона в 30°, приводит к росту усилия с 32,6 по 33,2 Н, рост составляет 2,1 %, а для сферического типа поверхности к уменьшению усилия с 37,5 по 32,1 Н, снижение составляет 14,5 %.

На слипах с прямой формой поверхности увеличение скорости выборки в диапазоне исследования (в 1,7 раза) приводит к увеличению усилия выборки траловых мешков с уловом на 5,7 %, а со сферической формой поверхности этот рост составляет 2,7 %.

Применение траловых мешков с большей площадью соприкосновения на малых скоростях выборки приводит к формированию меньшего усилия выборки на слипах со сферической формой поверхности по сравнению со слипами прямой формы поверхности.

3.4 Заключение

Анализ результатов испытаний и проведённая оценка значимости влияния исследуемых факторов показал, что по значимости влияния на усилие в вытяжном конце, во время выборки

мешков с уловом при различном их сочетании, исследуемые факторы распределяются следующим образом:

1. Загрузка тралового мешка.
2. Угол наклона слипа.
3. Скорость выборки.
4. Угол выхода вытяжного конца.
5. Площадь соприкосновения тралового мешка и слиповой поверхности.
6. Форма слиповой поверхности.

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 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 формах поверхности:

- увеличение веса мешка в 1,6 раза (в диапазоне с 1,25 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 %.

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

- наибольшее влияние на усилие выборки оказывает форма поверхности слипового настила, а незначительное влияние из рассмотренных факторов оказывает скорость выборки;

- на прямой поверхности слипа при углах наклона в 30° усилие на 15,7 % выше по сравнению со сферической формой поверхности, в то же время при наклоне слипа в 45° этот рост составляет 10,3 %;

- при увеличении скорости выборки в 2 раза (с 0,031 до 0,064 м/с), на прямом слипе при угле наклона слипа 30° рост усилия в вытяжном конце составит 11,6 %, на слипе со сферической формой поверхности – 15,6 %. При угле наклона слипа, равном 45°, рост составляет 6,2 и 17,4 % соответственно.

- с увеличением угла наклона слипа с 30° до 45° , при скорости выборки $0,031$ м/с на прямолинейной слиповой поверхности усилие возрастает на $20,9$ %, а на сферической поверхности – $22,9$ %. В свою очередь при скорости выборки $0,064$ м/с этот рост составляет $15,1$ и $24,9$ % соответственно.

- максимальные усилия возникают в месте перехода мешком порога слипа и слиповой канавки, данное обстоятельство справедливо для всех форм слипов;

- удлинение слипа позволяет снизить усилие выборки в районе слиповой канавки на 25 % в сравнении с прямым слипом и на 12 % со сферическим;

- удлинение слипа позволяет снизить пиковое усилие выборки траловых мешков с уловом в районе порога слипа на 25 % в сравнении с прямым слипом, и на 12 % со сферическим;

- для сферического и удлиненного слипов наблюдается значительный рост усилия от скорости при угле наклона в 30° , который составляет 16 и 19 % соответственно. В свою очередь для прямого слипа отмечается снижение усилия в среднем на 12 %.

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

- для мешков с площадью соприкосновения 246 см^2 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^2 данное усилие меньше на 8 %;

- увеличение площади трения на 35 % (с 246 до 182 см^2) 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;

- 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.

Глава 4 Морская проверка экспериментальных зависимостей тягового усилия подъёма траловых мешков слиповым методом от реальных факторов эксплуатации системы судно-промысловая машина-трал

Как уже упоминалось ранее, что выборке траловых мешков с уловом по слипам траулеров кормового траления, возникают пиковые нагрузки, приводящие к порывам орудий лова, выходу из строя промысловых механизмов, снижению качества добываемых объектов, а также повышающие риски опасности членов промысловой команды. С целью изучения физического процесса движения тралового мешка с уловом по слипу судна были проведены макетные испытания на макете промысловой палубы РТМК-С, выполненной в масштабе 1:25. В результате экспериментальных исследований были получены зависимости усилия выборки моделей траловых мешков с уловом различной степени наполнения, с учётом факторов характеризующих систему судно-промысловая машина-орудие лова. В качестве влияющих факторов были отобраны следующие: угол наклона и форма слипового настила, угол выхода вытяжного конца и скорость выборки.

С целью апробации полученных результатов применительно к натурным (морским) условиям и дальнейшего практического применения данных зависимостей для натуральных траловых систем была проведена проверка их в морских условиях [69].

Для проведения морских испытаний по оценке усилия выборки в вытяжном конце при поднятии мешков по слипу, была подготовлена методика и программа проведения испытаний.

4.1 Методика проведения морских испытаний

Методика разработана для выполнения экспериментальных работ и включает в себя:

- выбор судна с соответствующими характеристиками;
- определение величин влияющих факторов;
- определение характеристик тралового мешка;
- подбор контрольно-измерительной аппаратуры;
- порядок проведения испытаний;
- обработка результатов проведённых испытаний.

Выбор судна. Основными требованиями к выбору судна являются:

- 1) наличие промысловой схемы кормового траления работающей по слиповому методу;

- 2) наличие промыслового комплекса, обеспечивающего механизацию тралового лова для данной промысловой схемы (в состав которого могут входить различные наборы промысловых механизмов, а именно: многобарабанная лебёдка, траловая лебёдка и пр.);

Определение величин влияющих факторов. С учётом макетных испытаний в качестве влияющих факторов в промысловых условиях были отобраны следующие:

- 1) угол наклона слипа;
- 2) форма слипа;
- 3) угол выхода вытяжного конца;
- 4) скорость выборки (если возможно замерить).

Перед проведением работ необходимо определить их величины.

Выбор объект исследования. Объектом исследования, также как и в проведённых макетных испытаниях ранее, является траловый мешок.

Подбор контрольно-измерительной аппаратуры. Для измерения усилия и веса улова с мешком необходимо применить силоизмерительный комплекс, который должен соответствовать следующим требованиям:

- 1) датчик должен быть в водонепроницаемом исполнении;
- 2) «работать» прибор должен на растяжение;
- 3) точность измерений должна составлять не менее 1 кг при весе мешка с уловом до 200 кг;
- 4) точность измерений должна составлять не менее 5 кг при весе мешка с уловом от 200 кг до 1000 кг;
- 5) точность измерений должна составлять не менее 20 кг при весе мешка с уловом от 1000 кг до 10000 кг;
- 6) точность измерений должна составлять не менее 100 кг при весе мешка с уловом от 10000 кг до 100000 кг.

Порядок проведения испытаний. Выборка трала осуществляется промысловой палубной командой согласно промысловому расписанию до подхода мешка с уловом к порогу слипа. Когда мешок с уловом подойдёт к слиповому настилу, крепится измерительное оборудование так чтобы прибор включился в линию вытяжной конец-мешок.

Результаты проведённых испытаний. Замеры усилия фиксируются силоизмерительным комплексом в процессе выборки тралового мешка и заносятся в таблицу. После чего взвешивается мешок с уловом. Результаты взвешивания также заносятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Таблица результатов замеров

№ п/п	Форма поверхности слипа	Угол наклона слипа α°	Угол выхода вытяжного конца β°	Скорость выборки v_b , м/с	Максимальное усилие на пороге слипа M_m , Н	Усилие при выборке мешка M_p , Н	Вес мешка P_m , Н
1							
2							
3							
...							

4.2 Программа проведения испытаний

4.2.1 Выбор судна.

Испытания проводились в ЦВА в ИЭЗ Марокко во время научно-исследовательского рейса (съёмки пополнения рыб).

Для проведения исследований было выбрано научно-исследовательское судно СТМ «Атлантида» К-1704 (рисунок 4.1) (Атлантик-833, тип Профессор Марти) Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО», обладающее необходимыми параметрами (таблица 4.2):

1. Промысловой схемой тралового лова оснащённого комплексом промысловых механизмов, обеспечивающее механизацию операций.
2. Подъём трала осуществляется по слипу судна.



Рисунок 4.1 – НИС СТМ «Атлантида» К-1704

Таблица 4.2 – Основные технические характеристики НИС СТМ «Атлантида» К-1704

Показатели	Значения
Валовая вместимость (т)	2062
Чистая вместимость (т)	618
Дедвейт (т)	617
Водоизмещение (т)	2665
Длина габаритная (м)	62,22
Длина расчетная (м)	55,00
Ширина габаритная (м)	13,80
Ширина расчетная (м)	13,80
Высота борта (м)	9,20
Осадка судна (м)	5,50
Скорость (уз)	12,90
Запасы топлива (т)	460
Водяной балласт (т)	118
Категория якорных цепей	Повышенной прочности
Калибр якорных цепей (мм)	36,00
Охлаждаемые грузовые помещения (общее количество*суммарная кубатура)	1 * 25
Количество палуб	2
Количество переборок	7
Марка главного двигателя	МАК 6М20
Тип топлива	Дизельное Мазут
Мощность главного двигателя	2040 kW
Тип движителя	1 - Винт регулируемого шага
Суммарная мощность генераторов	2 * 568 1 * 640 1 * 325
Количество лопастей	4
Рабочая температура	-25
Хладагенты	R22
Радио-навигационное оборудование	
Магнитный компас	
Гирокомпас	
Радиолокационная станция (тоже - РЛ)	
УКВ радиотелефонная станция	
Эхолот	
Лаг (тоже - ЛГЭ)	
Система управления курсом или траекторией судна (Авторулевой) (тоже - АРЛ)	
Приемоиндикатор радионавигационных систем	
УКВ радиоустановка (УКВ радиотелефонная станция с цифровым избирательным вызовом)	
ПВ/КВ радиоустановка (ПВ/КВ радиотелефонная станция с цифровым избирательным вызовом и УБПЧ)	
Судовая земная станция системы ГМССБ	
Спутниковый аварийный радиобуй системы КОСПАС-САРСАТ	
Приемник службы НАВТЕКС	
Приемник расширенного группового вызова	
Радиолокационный ответчик, Передатчик АИС для целей поиска и спасания	

линя с грузом на конце. В тихую погоду для минимизации воздействия качки груз опускался и по меткам на лине можно было наблюдать расстояние от поверхности палубы до точки на слипе (начальной точкой отсчёта являлся порог слипа). Через метр процесс замера расстояния повторялся, и так вплоть до подхода к слиповой канавке. Результат представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты замеров формы слипового настила

№ п/п	Расстояние от транца судна, м	Расстояние от палубы до точки на слипе, м
1	0	5
2	1	4,5
3	2	3,5
4	3	2,5
5	4	1,5
6	5	0

Вид слипа, полученный по результатам замеров, отображали графически на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Форма поверхности слипового настила

По результатам выполненных замеров было определено: слип имеет прямолинейную форму поверхности, угол наклона слипового настила равен 40° .

Фактор, характеризующий угол выхода вытяжного конца, определялся геометрически из линейных размеров промысловой палубы и высоты установки блока. Он составил 12° .

Фактор, характеризующий скорость выборки тралового мешка, определялся из технических параметров кабельно-вытяжной лебёдки и составляет на первой скорости 0,5 м/с.

4.2.3 Определение характеристик тралового мешка

В ходе проведения НИР использовался мешок трала 70/300 – М-45. Чертёж мешка представлен на рисунке 4.4.

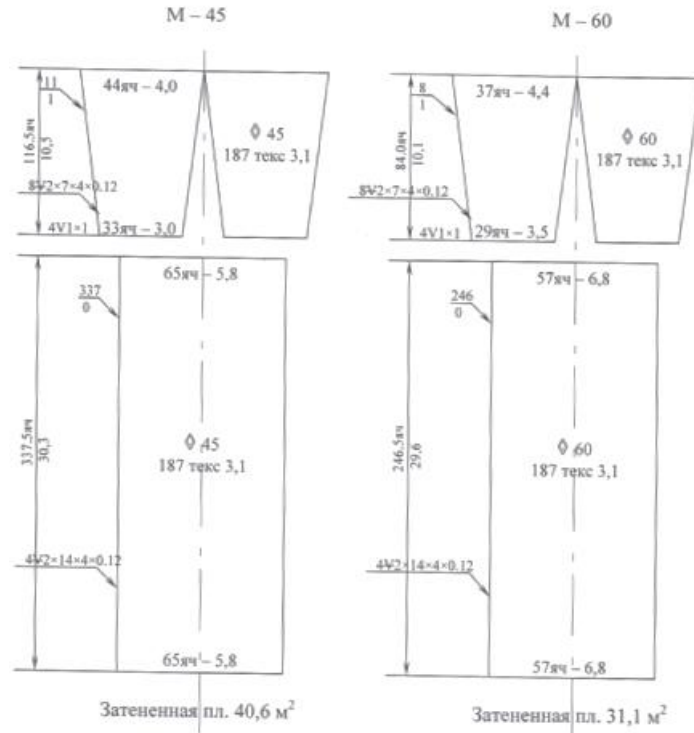


Рисунок 4.4 – Чертёж мешков трала 70/300 М-45 и М-60

4.2.4 Контрольно-измерительная аппаратуры

Для проведения замера силовых нагрузок применялся электрический динамометр ЭД-РМ 20 кН отечественного производства фирмы «Элна-Север+», состоящий из датчика силоизмерительного тензорезисторного и терминала (рисунок 4.5). Диапазон измерения от 0 до 2 Тс, с точностью измерений 1 Н. Датчик состоит из упругого элемента, соединённого с деталями силоведения, которые обеспечивают условия монтажа динамометра и модуля ЭД-РМ 20, представляющего собой блок питания, совмещённый с приемно-передающим модулем. Передача сигнала терминалу осуществляется по радиоканалу. В динамометре используется встроенное в электронный блок программное обеспечение, которое предназначено для преобразования и обработки сигналов с датчиков, отображения результатов измерений, хранения и передачи их на внешние устройства.

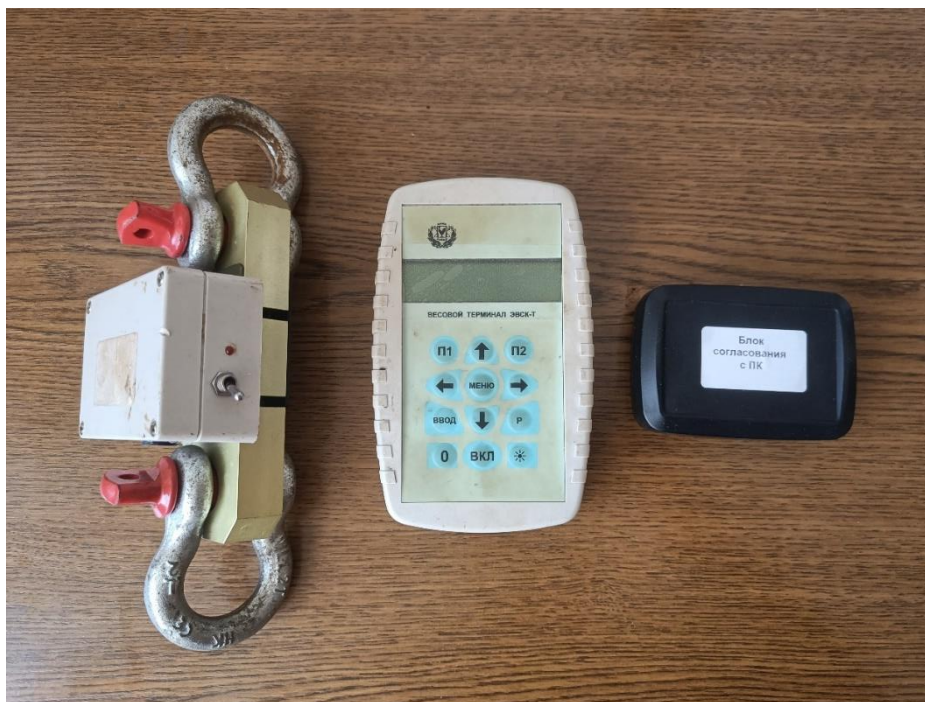


Рисунок 4.5 – Динамометр, терминал и блок согласования (с лева на право)

Основные характеристики приобретённого динамометра представлены в таблице. (таблице 4.4).

Таблица 4.4 – Модель и основные характеристики динамометра

Модель	Наибольший предел измерения, кН	Наименьший предел измерения, кН	Цена деления, кН
ЭД-20/2-2PM	20	0	0,001

Тарировка динамометра проводилась на предприятии.

Динамометр включали в линию вытяжной конец - строп тралового мешка скобами, входящими в стандартную комплектацию прибора, предназначенными для крепления к нему различных элементов. С одной стороны, скобой к прибору крепился огон, необходимый для быстрого набрасывания на гак канатной дороги, с другой стороны – пентер гак для быстрого крепления удавного стропа.

Фотография включения в линию, вытягивания мешка канатной дорогой и работы силоизмерительного комплекса представлена на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 – Замер усилия во время выборки

4.2.5 Порядок проведения испытаний

Работа промысловой команды ведётся в соответствии с промысловым расписанием, составленным для данной схемы. Вытягивание канатно-сетной части трала осуществляется с помощью канатной дороги методом перестропки. С момента подачи команды «вира трал» начинается выборка ваеров до момента подхода траловых досок к транцу судна. В этот момент ваерные лебёдки отключаются и промысловая команда осуществляет подключение коренного конца многобарабанной лебёдки к переходному концу, после чего отдают глаголь гак и переводят линию коренной-переходной конец в слип, после чего запускают кабельные барабаны многобарабанной лебёдки на «вира» до пересечения лапок досок слиповой канавки, в этот момент лебёдку останавливают и палубная команда отключает «лапки» от линии и убирает их в «карман», начинают вирать далее. Выборка кабелей происходит до того момента, когда груза углубители пересекут слиповую канавку и окажутся на палубе в районе ваерных лебёдок, после чего они оттягиваются в стороны и отключаются для предотвращения задева при дальнейшей выборке канатно-сетных частей трала. Процесс подъёма трала возобновляется вплоть до момента подхода крыльев трала к многобарабанной лебёдке. После этого выборка останавливается и лебёдчик переключается на работу с канатной дорогой, а матросы производят остропку крыльев трала в районе слиповой канавки. Стропа крепят на гак канатной дороги, после чего лебёдчик включает барабаны дороги, на «вира» дальний «рабочий» гак с закреплённым на нём стропом, а ближний (пустой) на «майна». При подходе рабочего гака к блокам канатной дороги, находящимся у лебёдки, выборку останавливают. Матросы в районе слиповой канавки снова строят канатно-сетную часть трала и крепят строп на гак, а матросы, находящиеся у лебёдки, сбрасывают строп с гака и оттаскивают выбранную часть в стороны для последующей её раскладки. Процесс повторяется до момента, пока трал не окажется на борту. Выборка улова происходит посредством вытягивания тралового мешка с уловом на палубу судна с применением всех необходимых средств механизации (канатной дороги и портала).

Применение канатной дороги облегчило последующее включение динамометра в вытяжную линию. За счёт этого данная промысловая схема позволила провести замеры усилия в вытяжном конце напрямую, за счёт наличия измерительного прибора в линии «вытяжной конец (канатная дорога)-удавной строп-траловый мешок».

При подходе мешка с уловом к порогу слипа производим стропление мешка в районе слиповой канавки и включаем его в линию канатная дорога-динамометр-строп-мешок. Включается запись показаний с последующим вытягиванием мешка, который выбирают до момента его полного вытаскивания на палубу судна. Отметкой окончания записи является пересечение гайтяном слиповой канавки.

После выборки мешок с динамометром отключался от линии канатной дороги и перебрасывался на шкентель сушилки для замера веса мешка. С помощью турачки грузовой лебёдки осуществлялся подъём застропленной части мешка и при это фиксировался его вес динамометром ЭД-РМ, результаты заносились в журнал.

4.3 Результаты проведённых работ

В процессе выполнения исследований усилие выборки замерялось на протяжении всего движения кутка мешка с уловом, начиная с момента выхода в районе порога слипа до пересечения слиповой канавки. Динамограммы усилия выборки тралового мешка на промысловом судне СТМ «Атлантида» представлены в Приложении Д. Фрагмент изменения усилия выборки в процессе подъёма тралового мешка представлен на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – Динамограмма изменения усилия, возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна при проведения 6-го замера

Испытания проводили при атмосферных условиях. Улов с мешком взвешивали с точностью 1,0 Н при температуре 18 ± 2 °С. После первичной обработки результаты замеров были сведены в сводную таблицу (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Результаты замеров усилий и веса проведённых на СТМ «Атлантида» К-1704

№	Форма поверхности слипа	Угол наклона слипа α°	Угол выхода вытяжного конца β°	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

Анализ полученных результатов, представленных в динамограммах и таблицах, позволил сделать следующие выводы:

- характер возникновения и изменения усилия во время выборки траловых мешков с уловом, выполненных на макете и полученных в морских условиях идентичен, в частности пиковые нагрузки наблюдаются на пороге слипа и во время перехода мешком слиповой канавки;

- пиковые нагрузки на пороге слипа превышают на 37% вес мешка. Однако во время волнений данное усилие может в несколько раз отличаться от веса мешка, что и подтверждается замером № 4;

- усилие во время движения мешка с уловом через место перехода слипа в палубу (район слиповой канавки) также обладает характерным «пиком», однако оно относительно стабильно (постоянно) и невелико и в среднем на 3-4% больше веса самого мешка с уловом.

4.4 Порядок определения усилия выборки натуральных систем расчётным путём

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 [68]. Для этого следуем алгоритму расчёта (рисунок 4.8):

- 1) Определить масштабные коэффициенты: линейный, угловой, силовой – C_L, C_R, C_m, C_a .
- 2) Зафиксировать факторы, характеризующие натурную систему судно-промысловая машина-трал вес улова, угол выхода, угол наклона и форма слипа.
- 3) С помощью формулы пересчёта с учётом масштабных коэффициентов провести кодирование вышеуказанных факторов $x_i = \frac{x_i^* C_i - x_{i0}^*}{\Delta x_i^*}$.
- 4) По модельной зависимости проводим расчёт численного значения усилия выборки для натурной траловой системы от факторов $P, \alpha^\circ, \beta^\circ$:

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

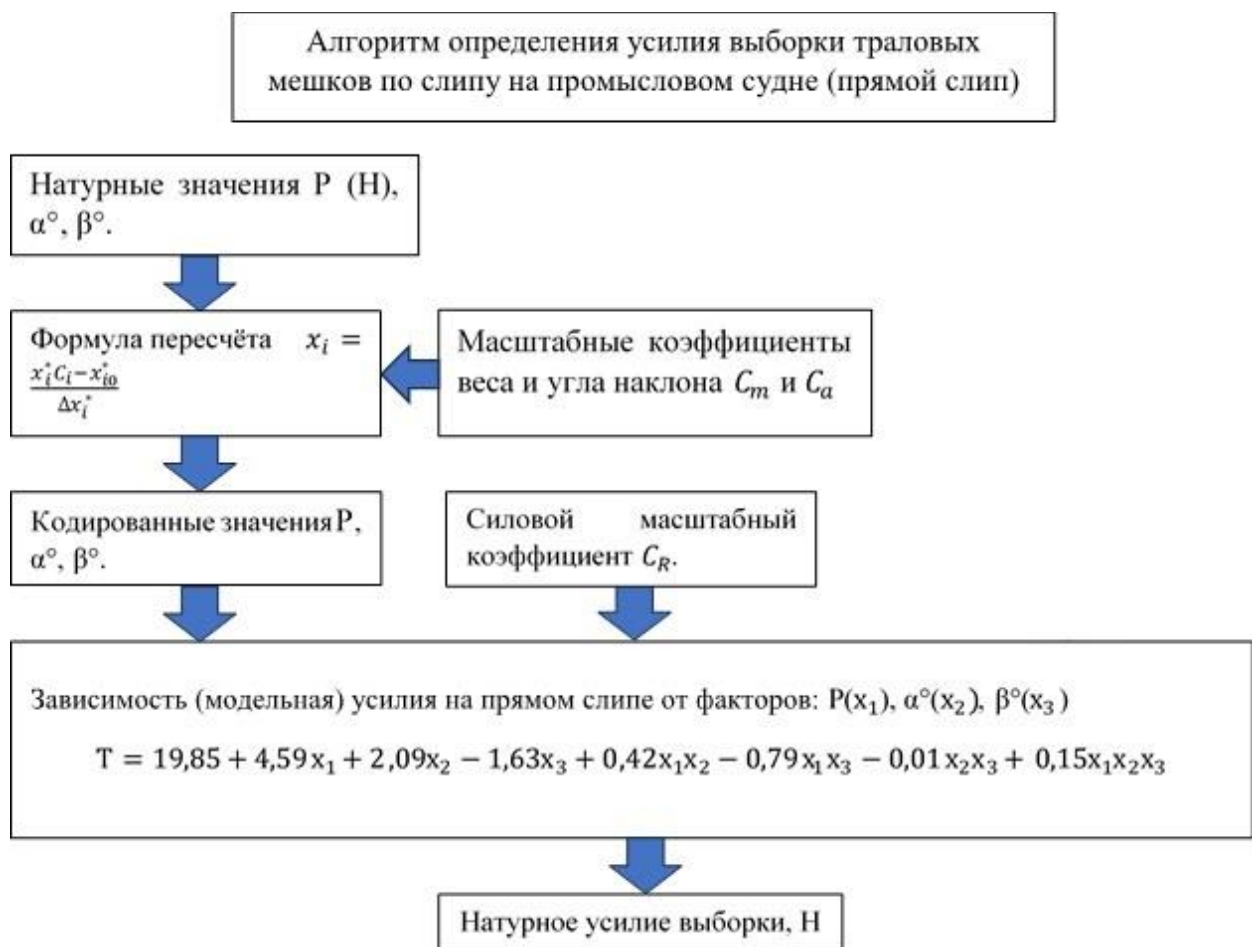


Рисунок 4.8 – Алгоритм расчёта усилий на натурной траловой системе (прямой слип)

Действуем согласно описанному алгоритму:

- 1) Для перевода полученной модельной зависимости (3.1) на натурную траловую систему, для конкретных значений факторов необходимо рассчитать масштабные коэффициенты в соответствии с таблицей 4.6.

Таблица 4.6 – Наименование и значения масштабных коэффициентов при макетировании промысловой системы СТМ «Атлантида»

Масштабы физических характеристик		Преобразование через масштаб C_i	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_p	C_l	0,0667
Сила	C_R	$C_l^2 C_\mu$	0,0044
Ускорение	C_W	C_l	0,0667
Плотность	C_ρ	1	1
Угол	C_a	1	1
Коэффициент трения	C_μ	1	1

2) Параметры натурной траловой системы (промыслового судна):

- прямая форма слиповой поверхности;
- вес тралового мешка с уловом $P=1000$ кг;
- угол наклона слипа промыслового судна $\alpha=40^\circ$;
- угол выхода вытяжного конца на судне $\beta=11^\circ$;
- скорость выборки $v=0,5$ м/с.

3) Для кодирования параметров применяется формула пересчёта для каждого из факторов (4.1):

$$x_i = \frac{x_i^* C_i - x_{i0}^*}{\Delta x_i^*}, \quad (4.1)$$

где x_i – кодированные значения фактора; x_i^* – натурное значение факторов; x_{i0}^* – нулевой уровень, равен среднему значению фактора в исследуемом диапазоне; Δx_i^* – интервал варьирования, шаг с которым изменяется значение фактора; C_i – масштабный коэффициент фактора.

Пример расчёта кодированного значения угла наклона слипа, для натурного судна

Диапазон изменения фактора $30^\circ - 45^\circ$, нулевой уровень составит $37,5^\circ$, интервал варьирования равен среднему значению разности значений угла наклона слипа в диапазоне изменения и составит $7,5^\circ$. Тогда при угле наклона слипа натурного судна в 40° и масштабного коэффициента $C_a = 1$, необходимое для подстановки в зависимость кодированное значение угла наклона натурного судна будет равно:

$$x_a = \frac{40^\circ * 1 - 37,5^\circ}{7,5^\circ} = 0,33. \quad (4.2)$$

При расчёте кодированных значений факторов использовали, следующие параметры:

1) Параметры, характеризующие модель:

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

Δx_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;

Δx_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;

Δx_3^* - интервал варьирования диапазона изменения фактора, характеризующего угол выхода вытяжного конца равный 7,5.

2) Параметры, характеризующие натуру:

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°;

С учётом описанных выше значений факторов натурной траловой системы провели их кодирование и получили следующие значения (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Кодированные значения факторов натурной траловой системы СТМ «Атлантида»

Параметры системы	Значения параметров	Кодированные значения
Угол наклона слипа α° .	40°	0,33
Скорость выборки	0,5 м/с	-
Наполнение Р, кг	1000 кг	7,51
Угол выхода вытяжного конца β°	11°	-0,2

4) Подставив в зависимость (3.1) формулы пересчёта и масштабные коэффициенты (C_m , C_a , C_R – данные масштабные коэффициенты необходимы в связи с наличием размерностей), получим следующую зависимость усилия выборки на натурном судне T_H (4.3):

$$T_H = (19,85 + 4,59x_P + 2,09x_a - 1,63x_\beta + 0,42x_P * x_a - 0,79x_P * x_\beta - 0,01x_a * \quad (4.3)$$

$$x_\beta + 0,15x_P * x_\alpha * x_\beta) / C_R,$$

где x_P – кодированное значение загрузки мешка; x_α – кодированное значение угла наклона слипа; x_β – кодированное значение угла выхода вытяжного конца; C_m – масштаб масс модели к натуре; C_R – силовой масштаб.

Подставив кодированные значения факторов натурной системы в зависимость (4.3) с учётом масштабных коэффициентов, получим усилие выборки тралового мешка для реальных условий $T_H = 12,95$ кН:

$$T_H = (19,85 + 4,59 * 7,51 + 2,09 * 0,33 - 1,63 * (-0,2) + 0,42 * 7,51 * 0,33 - 0,79 * 7,51 * (-0,2) - 0,01 * 0,33 * (-0,2) + 0,15 * 7,51 * 0,33 * (-0,2)) / 0,004444444 = 12,95 \text{ кН}, \quad (4.4)$$

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

Величина усилия выборки траловых мешков, полученная расчётным путём по формуле (4.1), выше на 21,2 % по сравнению с натурной величиной. То есть при оценке усилия для натурных траловых систем с помощью расчётной формулы, полученной на макете, необходимо вводить коэффициент 0,8 (рисунок 4.9).

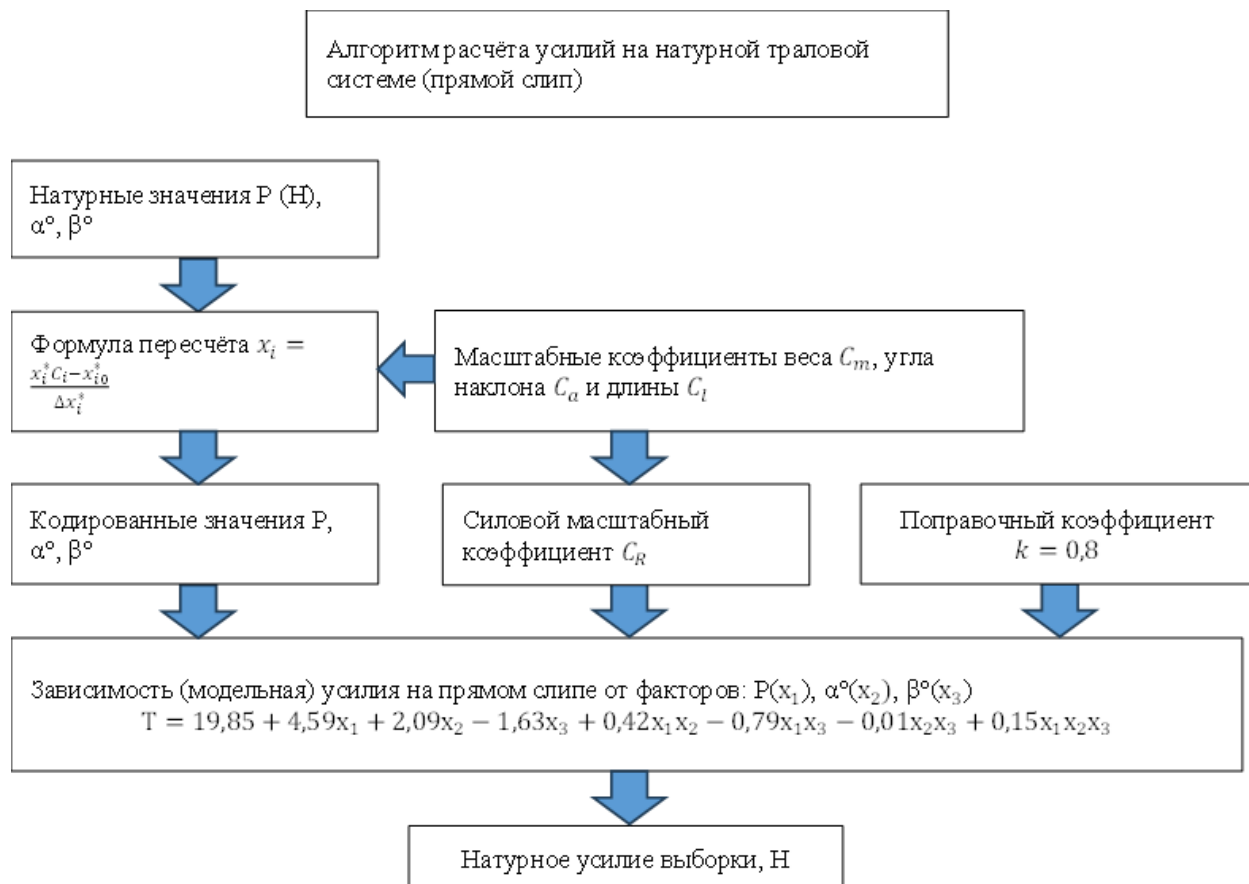


Рисунок 4.9 – Уточнённый алгоритм расчёта усилий на натурной траловой системе (прямой слип)

4.5 Проверка соответствия результатов макетных испытаний с натурными замерами

Во время проведения замеров (таблица 4.8) осуществлённых на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида» было получено осреднённое значение соотношение веса мешка с уловом к усилию выборки при прохождении мешком слиповой канавки равное 0,97. То есть, для вытягивания улова весом в одну тонну, необходимо приложить усилие равное 1040 кгс (10198,92 Н).

Таблица 4.8 – Вес улова и усилия выборки для натурной траловой системы СТМ «Атлантида»

№ п/п	Вес натурального мешка, Н	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н	Соотношение веса мешка к усилию выборки
1	1376,67	1425,72	0,97
2	5797,71	6798,33	0,85
3	4179,06	4473,36	0,93
4	10555,56	10202,4	1,03
5	2893,95	2707,56	1,07
Ср. знач.			0,97

Для сопоставления усилий и весовых характеристик траловых мешков натурной траловой системы с макетными испытаниями [71], значения были пересчитаны применительно к макетной установке с учётом силового масштабного коэффициента C_R (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Расчётные значения веса улова и усилия выборки натурной траловой системы СТМ «Атлантида» применительно к макетной установке

№ п/п	Вес натурального мешка в пересчёте на модель, Н	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки в пересчёте на модель, Н	Соотношение веса мешка к усилию выборки
1	6,12	6,34	0,97
2	25,77	30,21	0,85
3	18,57	19,88	0,93
4	46,91	45,34	1,03
5	12,86	12,03	1,07
Ср. знач.			0,97

При выполнении макетных испытаний в соответствии с масштабными коэффициентами были обеспечены значения влияющих факторов и условия эксплуатации натурной траловой системы судно-трал-промысловая машина для СТМ «Атлантида».

После проведения серии экспериментальных работ на макетной установке с учётом моделирования были получены значения усилия выборки и веса мешка (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Вес улова и усилия выборки для макетной установки

№ п/п	Вес мешка модели, Н	Значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н	Соотношение веса мешка к усилию выборки
1	5,00	6,41	0,78
2	10,20	11,83	0,86
3	16,28	21,01	0,77
4	24,61	31,41	0,78
5	38,54	44,64	0,86
Ср. знач.			0,81

Для проведения сравнительной оценки экспериментальных данных полученных на макетной установке с результатами испытаний на СТМ «Атлантида» были построены графические зависимости, представленные на рисунке 4.10.

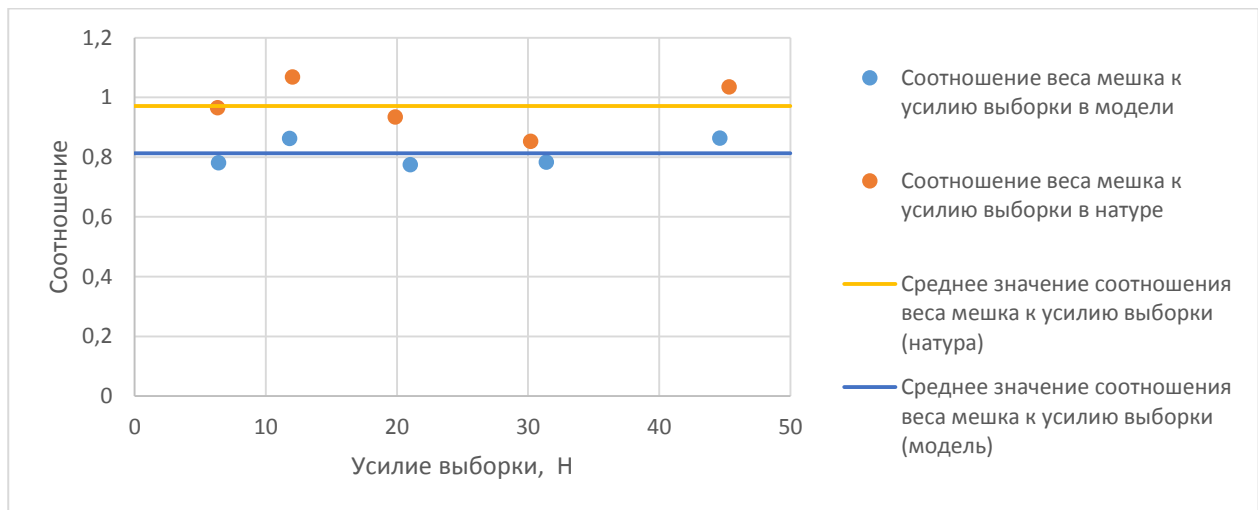


Рисунок 4.10 – Зависимость соотношения веса мешка к усилию выборки от усилия выборки

Анализ полученной зависимости позволяет сделать следующие выводы:

- процесс выборки на макетной установке в полной мере описывает данный процесс характерный для натурной траловой системы.
- характер изменения усилий для натурного судна и на макетной установке идентичен.
- отклонение результатов макетных испытаний от промысловых составляет в среднем 19%.
- отклонение полученного расчётным путём по экспериментальной зависимости (для прямого слипа) от натурного усилия составляет 3% для соответствующих соотношений усилия выборки к весу улова. (составил 0,94)
- изменение соотношения усилия выборки к весу мешка при изменении веса улова колеблется в незначительных пределах.

Проведём проверку работоспособности зависимости, полученной на первом этапе исследований, применительно к СТМ «Атлантида»

Для этого воспользуемся формулой (3.1). После нахождения расчётного значения усилия R_p вычисляем отклонение расчётных величин от экспериментальных (модельных) по формуле:

$$\Delta = \left(1 - \frac{R_p}{R_m}\right) 100\% \quad (4.5)$$

где R_p – значение усилия выборки, полученное с помощью зависимости (3.1), Н; R_m – значение усилия, полученное в результате натурных замеров и пересчитанное с помощью масштабного коэффициента C_R на макетную установку, Н.

Результаты расчётов представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчётные значения усилия выборки, полученные по результатам натурных замеров и по зависимости (3.1)

№ п/п	Макетное значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н	Расчётное значение усилия выборки в районе слиповой канавки, Н	Отклонение расчётных величин от экспериментальных, %
1	6,34	8,08	21%
2	30,21	34,14	11%
3	19,88	24,60	19%
4	45,34	62,17	27%
5	12,03	17,02	29%
		Ср. знач.	21%

Анализ приведённых данных на рисунке 4.10 и в таблице 4.11 показал, что при равном усилии выборки отклонение значения веса мешка на макете от натуре составляет -19,5%, что говорит о завышенном усилии выборки на макетной установке. Сравнение результатов полученных с помощью зависимости также выдал завышение усилия примерно в 1,2 раза. Данное обстоятельство обусловлено объектом находящимся в траловом мешке натурального судна и отсутствующим в макетном, который за счёт выделения слизи и других физиологических жидкостей выступающих в качестве смазки снижает коэффициент трения.

Таким образом действительный масштаб коэффициента трения на модели C_{μ_m} находится по формуле (4.6):

$$C_{\mu_d} = 0,8C_{\mu} = 0,8, \quad (4.6)$$

Исправленный силовой масштабный коэффициент найдём (4.7):

$$C_R = C_v C_{\mu_m} C_l = 0,067 * 0,8 * 0,067 = 0,0036, \quad (4.7)$$

Проверим работоспособность метода и проведённых исследований воспользовавшись критерием Струхалия (4.8):

$$Sh \rightarrow \frac{C_V C_t}{C_l} = \frac{0,067 * 1}{0,067} = 1, \quad (4.8)$$

и критерием подобия теории трения (4.9):

$$\Pi^{Wi} \rightarrow \frac{C_V C_{\mu_m} C_l^2}{C_l C_R} = \frac{0,067 * 0,8 * 0,0045}{0,067 * 0,0036} = 1,00, \quad (4.6)$$

Проверка подтвердила, что характер процессов выборки на макетной установке и на натуре совпадает и мы можем использовать имитационную модель и зависимость для проведения исследований влияния факторов на макетной установке с достаточной точностью.

Для простоты применения зависимости (3.1) были получены уточнённые масштабные коэффициенты позволяющие проводить макетные испытания и пересчёт (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Уточнённые значения масштабных коэффициентов

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	$C_l^2 C_{\mu}$	0,0037
Ускорение	C_W	C_l	0,0667
Плотность	C_{ρ}	1	1
Угол	C_a	1	1
Коэффициент трения	C_{μ}	1	1
Коэффициент трения, с учётом объекта	C_{μ_d}	$0,8 C_{\mu}$	0,8

Применение уточнённой таблицы масштабных коэффициентов при проведении расчётных действий позволят получить результат без применения, описанного выше поправочного коэффициента.

Заключение

В результате проведённой работы:

- разработана методика проведения экспериментальных исследований на макетных и натурных траловых системах, в соответствии с ОСТ 15-82-79, позволяющая проводить оценку усилия выборки траловых мешков с уловом слиповым методом, с учётом реальных условий эксплуатации системы судно-трал-промысловая машина, влияющих факторов и их диапазонов (угол наклона слиповой поверхности (30-45 °), угол выхода вытяжного конца (5-20 °), скорость выборки (0,031-0,064 м/с), форма поверхности слипового настила (прямая-сферическая), площадь соприкосновения тралового мешка и слипа (182-246 см²));
- с учётом физического моделирования и рассчитанных масштабных коэффициентов был сконструирован и изготовлен макет промысловой палубы судов типа РТМК-С 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. Подготовлены различные конструкции моделей траловых мешков. Выбраны и обоснованы факторы характеризующие систему судно-трал-промысловая машина и определены диапазоны их изменения (угол наклона слиповой поверхности (30-45 °), угол выхода вытяжного конца (5-20 °), скорость выборки (0,031-0,064 м/с), форма поверхности слипового настила (прямая-сферическая), площадь соприкосновения тралового мешка и слипа (182-246 см²));
- 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» с использованием тензодатчика МІС 200 и динамометра ЭД-20/2-2РМ, согласно разработанной методике;
- проведена математическая обработки результатов экспериментальных исследований и определена значимость влияющих факторов (угла наклона слиповой поверхности, угла выхода вытяжного конца, скорости выборки, формы поверхности слипового настила, площади соприкосновения тралового мешка и слипа) и зависимость изменения от них усилия, возникающего во время выборки траловых мешков;
- получены зависимости усилия выборки траловых мешков с уловом от исследуемых факторов (3.1)-(3.5);

- проведена проверка адекватности полученной зависимости усилия выборки мешков с уловом по слипам с прямолинейной формой поверхности на натурной траловой системе (СТМ «Атлантида»). Установлено, что характер изменения усилий выборки для натурного судна и макетной установке идентичен.

По результатам выполненных экспериментальных исследований получены:

- динамограммы изменения усилия в вытяжном конце промысловой 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;

- графические зависимости усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки от выбранных влияющих факторов (форма слиповой поверхности, угол наклона слипа, угол выхода вытяжного конца, скорость выборки), проведена аппроксимация;

- зависимость усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки для прямого и сферического слипа при сочетании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина: угол наклона слипа, угол выхода вытяжного конца, загрузки тралового мешка (3.1, 3.2);

- обобщённая зависимость усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки для различных форм слипов при сочетании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина: угол наклона слипа, угол выхода вытяжного конца, загрузки тралового мешка (3.3);

- зависимость усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки с учётом скорости выборки мешка при сочетании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина: форма слиповой поверхности, угол наклона слипа, (3.4);

- зависимость усилия в вытяжном конце промысловой лебёдки с учётом площади соприкосновения поверхности слипа и тралового мешка при сочетании факторов, характеризующих систему судно-трал-промысловая машина: форма слиповой поверхности, угол наклона слипа, скорость выборки тралового мешка, (3.5);

- проведены макетные исследования по снижению пиковых нагрузок на прямом слипе с удлинённым порогом;

- с целью апробации макетных испытаний применительно к натурным траловым системам были выполнены морские испытания на 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).

По всем полученным зависимостям проведена оценка значимости влияния исследуемых факторов на усилие в вытяжном конце во время выборки мешков с уловом при сочетании нескольких факторов. Определён их порядок:

1. Загрузка тралового мешка.
2. Угол наклона слипа.
3. Скорость выборки.
4. Угол выхода вытяжного конца.
5. Площадь соприкосновения тралового мешка и слиповой поверхности.
6. Форма слиповой поверхности.

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

Сравнительная оценка натурных значений усилий выборки тралового мешка на палубу судна на прямом слипе с результатами макетных испытаний показала, что численные значения усилия, полученные с помощью расчётной формулы при соответствующем сочетании факторов натурной промысловой системы, завышены на 19% относительно данных, полученных непосредственно в морских условиях. Поэтому при расчёте усилий по зависимости (3.1) необходимо вводить коэффициент 0,8.

Для удобства пользования зависимостью (3.1) вводится коэффициент трения и в этом случае расчётные данные модельные и натурные совпадают.

Впервые экспериментально была получена и апробирована в натурных условиях зависимость величины усилия, возникающего в вытяжном конце промысловой лебёдки от факторов системы судно-трал-промысловая машина, что позволит:

- оценивать усилия, возникающие в вытяжном конце промысловой лебёдки при проектировании промысловых схем и механизмов;
- на стадии разработки промысловых схем на макетной установке проводить компоновочные технические решения по рациональному расположению промысловых механизмов с целью снижения энергозатрат и повышения их срока службы;
- определять необходимые мощности промысловых механизмов, применяемых для подъёма мешков различной конструкции для различных промысловых схем с учётом растущих размеров тралов.

На основании анализа полученных зависимостей сделаны следующие **выводы**:

- 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 %;

- зависимости усилия в вытяжном конце при подъёме траловых мешков с уловом на палубу судна от факторов системы судно-трал–промысловая машина носит линейный характер;

- 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 %;

- 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;

- 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, на слипе со сферической формой поверхности в 1,12 раза;

- 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;

- 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;

- 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.

Значимость проведения морских испытаний

Выполненные промысловые испытания в морских условиях подтверждают правильность предложенного метода проведения макетных испытаний с имитацией реальных условий эксплуатации системы судно-трал-промысловая машина для определения численных значений усилия выборки для различных траловых систем, и показали, что полученные зависимости могут быть применены для определения усилий расчётным с применением соответствующих поправочных коэффициентов, поскольку установка пока не может учитывать влияние объекта промысла.

Практические рекомендации

На основе проведённых исследований, можно дать следующие практические рекомендации:

- на слипе со сферической формой поверхности целесообразней выбирать траловые мешки с большей площадью соприкосновения;
- рекомендуется проводить выборку траловых мешков на малых скоростях;
- при распределении грузов необходимо притопить корму судна с целью погружения кормовой части, что позволит снизить пиковые нагрузки во время выхода мешка на порог слипа;
- на слипах с прямой формой поверхности эффективней применять углы выхода вытяжного конца равные или больше угла наклона слиповой поверхности.

В частности, при подъёме траловых мешков на НИС СТМ «Атлантида» было предложено техническое решение, направленное на снижение усилия выборки тралового мешка с уловом за счёт изменения значений факторов, характеризующих системы судно-трал-промысловая лебёдка, изменение угла выхода вытяжного конца на 20° позволило снизить усилие выборки на 15% (акт внедрения от 06.12.2023 г., СТМ «АТЛАНТИДА», ЦВА).

Разработанная методика и макетная установка позволяют:

- проводить оценку усилий при подъёме траловых мешков с уловом для различных промысловых схем, что обеспечит безопасность выполнения промысловых операций, снижение энергозатрат, а также повысит долговечность как отдельных механизмов, так и промысловых комплексов;
- предпринимать методологические действия по выбору рационального сочетания факторов системы «судно-трал-промысловая машина», обеспечивающих снижение усилий, в том числе и пиковых.

На экспериментальную установку, предназначенную для исследования зависимости изменения усилия, возникающего в вытяжном конце при различном влиянии факторов характеризующих систему судно-трал-промысловая машина, в ФИПС подано заявление №2025128921 068244 от 20.10.2025 на государственную регистрацию изобретения №6278499127.

Список литературы

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – Москва: Наука, 1975. – 699 с.
2. Баранов, Ю. Б. О методе расчета тяги фрикционных машин в рыбной промышленности: автореф. дисс. ... канд. техн. наук – Калининград, 1962. – 26 с.
3. Баранов, Ю. Б. О тяге фрикционных выборочных машин / Ю. Б. Баранов // Труды НИКИМПП – ВНИРО. – Ленинград: Изд-во ВНИРО, 1959. – Вып. 1, т. 1. – С. 32–38.
4. Батурин, В. Справочник по естественным материалам, промысловому снаряжению и эксплуатации промысловых судов / В. Батурин, Ю. Балдунчикс. – Рига: Экобалтика, 2000. – 381 с.
5. Боуден, Ф. Трение и смазка твердых тел / Ф. Боуден, Д. Тейбор. – Москва: Машиностроение, 1968. – 543 с.
6. Войниканис-Мирский, В. Н. Рыболовные материалы, сетные и такелажные работы / В. Н. Войниканис-Мирский. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 183 с.
7. Гиренко, В. Н. Кошельковый лов сельди с океанских сейнеров / В. Н. Гиренко. – Южно-Сахалинск: Южно-Сахалинское книжное изд-во, 1959. – 32 с.
8. Гиренко, В. Н. Кошельковый лов сельди с океанских сейнеров / В. Н. Гиренко. – Южно-Сахалинск: Южно-Сахалинское книжное изд-во, 1959. – 32 с.
9. Гороховский, Г. А. Износ полимерных материалов / Г. А. Гороховский, Г. Н. Гелетуха, В. Г. Кравченко // ФХММ. – Львов: Национальная академия наук Украины, 1965. – 231 с.
10. Гороховский, Г. А. Износ полимерных материалов / Г. А. Гороховский, Г. Н. Гелетуха, В. Г. Кравченко // ФХММ. – Львов: Национальная академия наук Украины, 1965. – 231 с.
11. ГОСТ 10878-70 Материалы текстильные. Линейная плотность в единицах текс и основной ряд номинальных линейных плотностей. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с.
12. Гукало, Я. М. О нагрузках в пространственных сетных фигурах и на модели трала / Я. М. Гукало // Труды Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. – Калининград: Изд-во КТИРПХ, 1977. – Т. 62. – С. 109–115.
13. Дверник, А. В., Шеховцев Л.Н. Устройство орудий рыболовства / А. В. Дверник, Л. Н. Шеховцев. – Москва: Колос, 2007. – 272 с.
14. Долин, Г. М. Планирование экспериментов в промышленном рыболовстве: учеб. пособие / Г. М. Долин. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1996. – 119 с.
15. Душников, Е. М. Основы морского дела, судовождения и промышленного рыболовства / Е. М. Душников, В. О. Рамм, В. П. Шупик. – Москва, 1989.

16. Душников, Е. М. Основы морского дела, судовождения и промышленного рыболовства / Е. М. Душников, В. О. Рамм, В. П. Шупик. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 192 с.
17. Зайчик, К. С. Промысловые устройства морских рыболовных судов / К. С. Зайчик. – Ленинград: Судостроение, 1972. – 232 с.
18. Зеброва, Е. М. Исследование процесса трения скольжения жгута дели во фрикционных рабочих органах рыбопромысловых механизмов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.17 / Зеброва Елена Михайловна. – Калининград, 2007. – 23 с.
19. Изнанкин, Ю. А. Основы конструирования сетных орудий лова: учебник / Ю. А. Изнанкин. – Калининград: КГТУ, 1996. – 122 с.
20. Исследование канатно-веревочных изделий с повышенными физико-механическими показателями: научный отчёт НИР (заключительный): 953 НИО / СЭКБ Промрыболовства: рук. Изнанкин Ю. А. – Калининград, 1972. – 152 с.
21. Карпенко, В. П. Механизация и автоматизация процессов промышленного рыболовства / В. П. Карпенко, С. С. Торбан. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 464 с.
22. Кинасошвили, Р. С. Сопротивление материалов / Р. С. Кинасошвили. – Москва: Наука, 1975. – 216 с.
23. Крагельский, И. В. Трение волокнистых веществ / И. В. Крагельский. – Москва: Гизлегпром, 1941. – 128 с.
24. Крагельский, И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – Москва: Машиностроение, 1968. – 480 с.
25. Крагельский, И. В. Трение, изнашивание и смазка: справочник: в 2 кн. / И. В. Крагельский. – Москва: Машиностроение, 1978. – Кн. 1. – 400 с.
26. Крагельский, И. В. Трение, изнашивание и смазка: справочник: в 2 кн. / И. В. Крагельский. – Москва: Машиностроение, 1979. – Кн. 2. – 358 с.
27. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение. Текстильные полотна и изделия: учебн. для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков. – Москва: Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
28. Курапцев, П. А. Исследование и совершенствование рабочих органов подвесных машин для выборки кошельковых неводов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.17 / Курапцев П. А. – Владивосток, 1969. – 25 с.
29. Курапцев, П. А. Особенности работы машин для выборки орудий лова / П. А. Курапцев // Труды НИКИМРП. – Ленинград: Изд-во ВНИРО, 1968. – Т. IV. – С. 45–62.
30. Ломакина, Л. М. Технологии постройки орудий лова / Л. М. Ломакина. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 207 с.

31. Львова, Е. Е. Обоснование и разработка методов экспериментальной оценки износостойкости рыболовных материалов от факторов механического износа: дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.17 / Львова Екатерина Евгеньевна. – Калининград, 2020. – 154 с.
32. Мамцев, Е. Н. Прочность канатов и механические свойства капроновых нитей / Е. Н. Мамцев, М. Н. Пахнов // Рыбное хозяйство. – 1972. – № 9. – С. 58–60.
33. Маняхин, А. М. Защита стальных ваерных канатов рыболовных траулеров от интенсивного износа: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.17 / Маняхин Анатолий Михайлович. – Москва, 1981. – 28 с.
34. Мельников, В. Н. Качество, надежность и работоспособность орудий промышленного рыболовства / В. Н. Мельников. – Москва: Лёгкая и пищевая пром-сть, 1982. – 264 с.
35. Мельников, В. Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы: учеб. пособие / В. Н. Мельников. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 384 с.
36. Мельников, К. Ю. Исследование процесса перемещения мелких рыб на вибрационной экспериментальной установке / К. Ю. Мельников // Междунар. науч. конф. «Исследование Мирового океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – С. 486–488.
37. Мельников, К. Ю. Экспериментальное исследование влияния гидродинамических факторов на перемещение рыбы по наклонной вибрирующей поверхности / К. Ю. Мельников, С. Д. Угрюмова // Известия ТИНРО. – Владивосток, 2010. – Т. 160. – С. 298–308.
38. Наумов, В. А. Математическое моделирование: учеб.-метод. пособие / В. А. Наумов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 73 с.
39. Наумов, В. А. Основы теории подобия и размерности: конспект лекций / В. А. Наумов. – Калининград: КТИРПиХ, 1993. – 19 с.
40. Наумов, В. А. Основы теории подобия и размерности: метод. материалы / В. А. Наумов. – Калининград, 1997. – 24 с.
41. Наумов, В. А. Прикладная математика: учеб. пособие / В. А. Наумов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 144 с.
42. Наумов, В. А. Прикладная математика: учеб. пособие по решению проф. задач в среде MathCad / В. А. Наумов – Калининград: Изд-во КГТУ, 2014. – 144 с.
43. Недоступ, А. А. Критерии мультифизического подобия тралового комплекса / А. А. Недоступ, А. О. Ражев // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – Т. 1, № 4. – С. 237–242.
44. Недоступ, А. А. Моделирование орудий и процессов рыболовства: практикум: учеб. пособие: в 2 ч. / А. А. Недоступ, А. О. Ражев; Калининградский государственный технический университет. – Калининград: КГТУ, 2014. – Ч. 2. – 174 с.

45. Недоступ, А. А. Создание правил мультифизического подобия тралового комплекса / А. А. Недоступ, А. О. Ражев // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 132–137.
46. Недоступ, А. А. Физическое моделирование орудий и процессов рыболовства / А. А. Недоступ; Калининградский государственный технический университет. – Калининград: КГТУ, 2012. – 377 с.
47. Овчинникова, Н. В. Влияние волокнистого состава и строения тканей с содержанием модифицированного льняного волокна на их потребительские свойства: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.19.08 / Овчинникова Наталья Владимировна. – Москва, 2005. – 20 с.
48. ОСТ 15-82-79 Материалы рыболовные из текстильных нитей. Метод испытаний. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 64 с
49. Пат. № 1375210 СССР, МПК А01К 73/02 (2006.01). Устройство для подъема трала на промысловое судно кормового траления и выливки из него улова / Анчуков Г. П., Варцаба В. И. – № 4101811; заявл. 05.08.1986; опубл. 23.02.1988, Бюл. № 7.
50. Пат. № 1375211 СССР, МПК А01К 73/02 (2006.01). Устройство для подъема трала на суда кормового траления и выливки из него улова / Варцаба В. И., Анчуков Г. П., Байорис Н. Н. – № 4101810; заявл. 05.08.1986; опубл. 23.02.1988, Бюл. № 7.
51. Пат. № 1560051 СССР, МПК А01К 73/02 (2006.01). Способ передачи улова из трала на судно и устройство для его осуществления / Сольбьерн Я. – № 3502339; заявл. 04.10.1982; опубл. 15.12.1992, Бюл. № 46.
52. Пат. № 162381 СССР, МПК В63В 35/20 (1995.01). Устройство для подъема улова рыбы на судно кормового траления / Кадильников Ю. В., Панин С. Е., Саврасов В. К. – № 845085/23-13; заявл. 03.07.1963; опубл. 16.04.1996, Бюл. № 9.
53. Пат. № 1681800 СССР, МПК А01К 79/00 (2006.01). Устройство для выливки улова из мешка трала / Труханов Г. К., Репин А. И., Топицак В. И. – № 4678430; заявл. 14.04.1989; опубл. 07.10.1991, Бюл. № 37.
54. Пат. № 2278057 РФ, МПК В63В 35/16 (2006.01). Траловое судно со шлюзовой камерой / Педерсон Р., Ресвик Х., Энереуг Б., Ангелл С. [и др.]. – № 2004124833/11; заявл. 16.01.2003; опубл. 20.06.2006, Бюл. № 17.
55. Пат. № 2592029 РФ, МПК В63В 35/16 (2006.01). Траловое судно, оборудованное приёмным гидроканалом / Еремин Ю. В., Мизюркин М. А., Кручинин О. Н., Жук А. П. [и др.]. – № 2015119804/11; заявл. 27.05.2015; опубл. 20.06.2016, Бюл. № 20.
56. Пат. № 283091 СССР, МПК В63В 35/20 (2006.01). Устройство для подъема трала на судах кормового траления / Вишневы В., Даброва А. – № 821145/28-13; заявл. 22.11.1963; опубл. 28.09.1970, Бюл. № 30.

57. Перспективная промысловая схема для судов пр. 1288 (Технические требования). – Ленинград: Гипрорыбфлот, 1999 – 24 с.
58. Погодаев, Л. И., Шевченко. Гидроабразивный и кавитационный износ судового оборудования / Л. И. Погодаев, П. А. Шевченко. – Ленинград: Судостроение, 1984. – 264 с.
59. Полуляк, С. И. Исследование тяговых свойств рабочих органов неводовыборочных машин методом тензометрии / С. И. Полуляк // Рыбное хозяйство. – 1966. – № 8. – С. 38–40.
60. Полуляк, С. И. Методика исследования процессов трения элементов сетного полотна о рабочие поверхности неводовыборочных машин / С. И. Полуляк // Рыбное хозяйство. – 1975. – № 12. – С. 42–48.
61. РД 15-191-91 Руководящий документ по стандартизации. Материалы рыболовные из текстильных нитей. Методы испытаний. – Калининград: НПО Промрыболовства, 1991. – 68 с.
62. Розенштейн, М. М. Исследование процесса трения скольжения во фрикционных рабочих органах промысловых машин: научный отчёт (заключительный): 05-21.2.1 / М. М. Розенштейн, А. В. Суконнов; ФГОУ ВПО КГТУ: рук. М. М. Розенштейн. – Калининград, 2005. – 125 с.
63. Розенштейн, М. М. Исследование процесса трения скольжения фрикционных рабочих органов промысловых машин: научный отчёт (заключительный): 06-21.2.1 / М. М. Розенштейн, А. В. Суконнов; ФГОУ ВПО КГТУ: рук. М. М. Розенштейн. – Калининград, 2006. – 115 с.
64. Розенштейн, М. М. Экспериментальная оценка износостойкости рыболовных материалов: научный отчёт (заключительный): 07-21.2.1 / М. М. Розенштейн, А. В. Суконнов / ФГОУ ВПО КГТУ: рук. М. М. Розенштейн. – Калининград, 2007. – 95 с.
65. Рябухин, М. В. Промысловое оборудование для тралового и кошелькового лова / М. В. Рябухин // Промышленное рыболовство: Обзор. информ. ЦНИИТЭИРХ. – 1983. – Вып. 2. – 79 с.
66. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – Москва: Наука, 1987. – 430 с.
67. 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.
68. 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. (в печати).
69. 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.

70. 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.

71. 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.

72. 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.

73. 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.

74. 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.

75. 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.

76. 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.

77. Суконнов, А. В. Экспериментальное определение зависимостей коэффициентов трения скольжения от характеристик фрикционных органов рыбопромысловых машин и орудий рыболовства: дис. ...канд. техн. наук: 05.18.17 / Суконнов Анатолий Владимирович. – Калининград, 2009. – 182 с.

78. 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.

79. Теория подобия и размерностей. Моделирование: учеб. пособие / П. М. Алабужев, В. Б. Геронимус, Л. М. Минкевич, Б. А. Шеховцев. – Москва: Высшая школа, 1968. – 205 с.

80. Уманцев, А. З. Исследование коэффициентов трения рыб о материалы рабочих органов рыбообрабатывающих машин: дис. ...канд. техн. наук: 175 / Уманцев Александр Зиновьевич. – Калининград, 1968 - 192 с.

81. Уманцев, А. З. Подъёмно-транспортные и палубные механизмы: курсовое проектирование / А. З. Уманцев. – Калининград: Калининградская правда, 1964. – 119 с.

82. Флот рыбной промышленности: Справочник типовых судов / Государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуатации флота «Гипрорыбфлот»; исполн. В. Ф. Бедкер [и др.]. – Москва, 1990. – 383 с.

83. Фридман, А. Л. Исследование взаимодействия системы «судовая слиповая установка» / А. Л. Фридман. – Калининград: КТИРПиХ, 1985. – 135 с.

84. Фридман, А. Л. Совершенствование методов проектирования и эксплуатации техники промышленного рыболовства: научный отчет (промежуточный) / КТИРПиХ: рук. А. Л. Фридман. – Калининград, 1986. – Т. 1. – 57 с.

85. Фридман, С. Л. Взаимодействие трала и судна при подъеме улова на кормовом траулере: дис. ...канд. техн. наук / Фридман Саломон Львович. – Мурманск: Мурман. высш. мореход. училище, 1960. – 242 с.

86. Klust, G. Choice and use of synthetic fibres for fresh water fishery / Klust, G. // Fischwirt. – № 9. – 1959. – P. 221-234.

87. Klust, G. Netting materials for fishing gear – FAO, 1982. – 193 p.

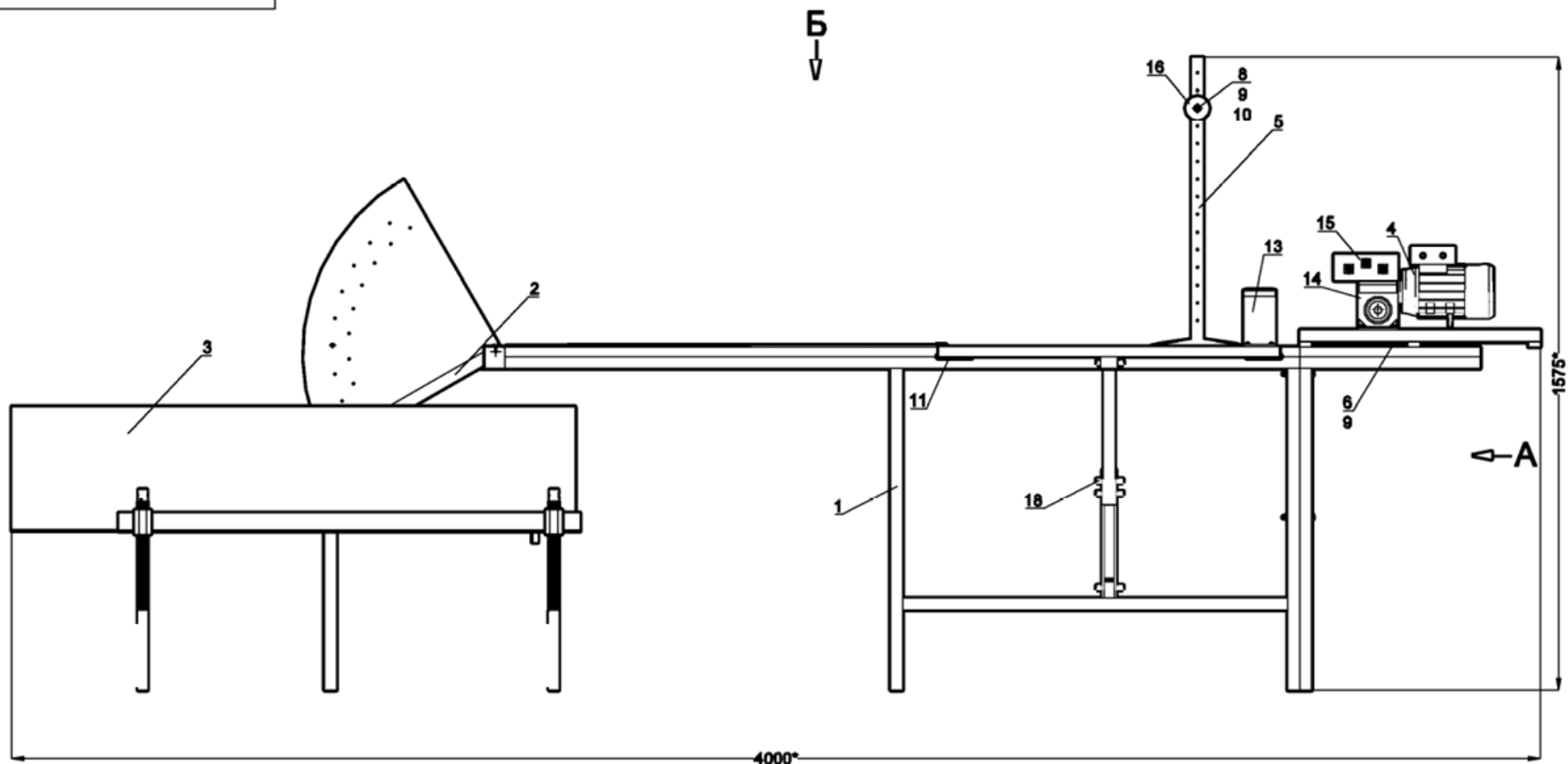
88. Von Brandt A. Synthetic net materials for bottom and midwater trawls / Von Brandt A., Klust, G. // Modern fishing gear on the world, 3. Fish News (Books).–1971.– P. 318-327

Приложение А

Эскизная документация на экспериментальную установку для моделирования процесса выборки траловых мешков по слипу

[illegible][illegible]

УМПВ-00-000СБ



Установка предназначена для проведения испытаний касающихся выборки траловых мешков
 Настройки установки для конкретного вида испытаний осуществляются по методике, разработанной для настоящей установки.

* Размеры для справок

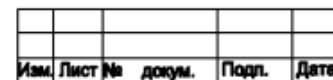
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Скуратов Н.А.			
Пров.	Суконнов А.В.			
Т. интр.				
Н. интр.				
Утв.				

УМПВ-00-000СБ

Установка для моделирования
 процесса выборки траловых
 мешков по слипу

Лит.	Масса	Масштаб
ТП		
Лист 1		Листов 2
КГТУ		

Формат А3

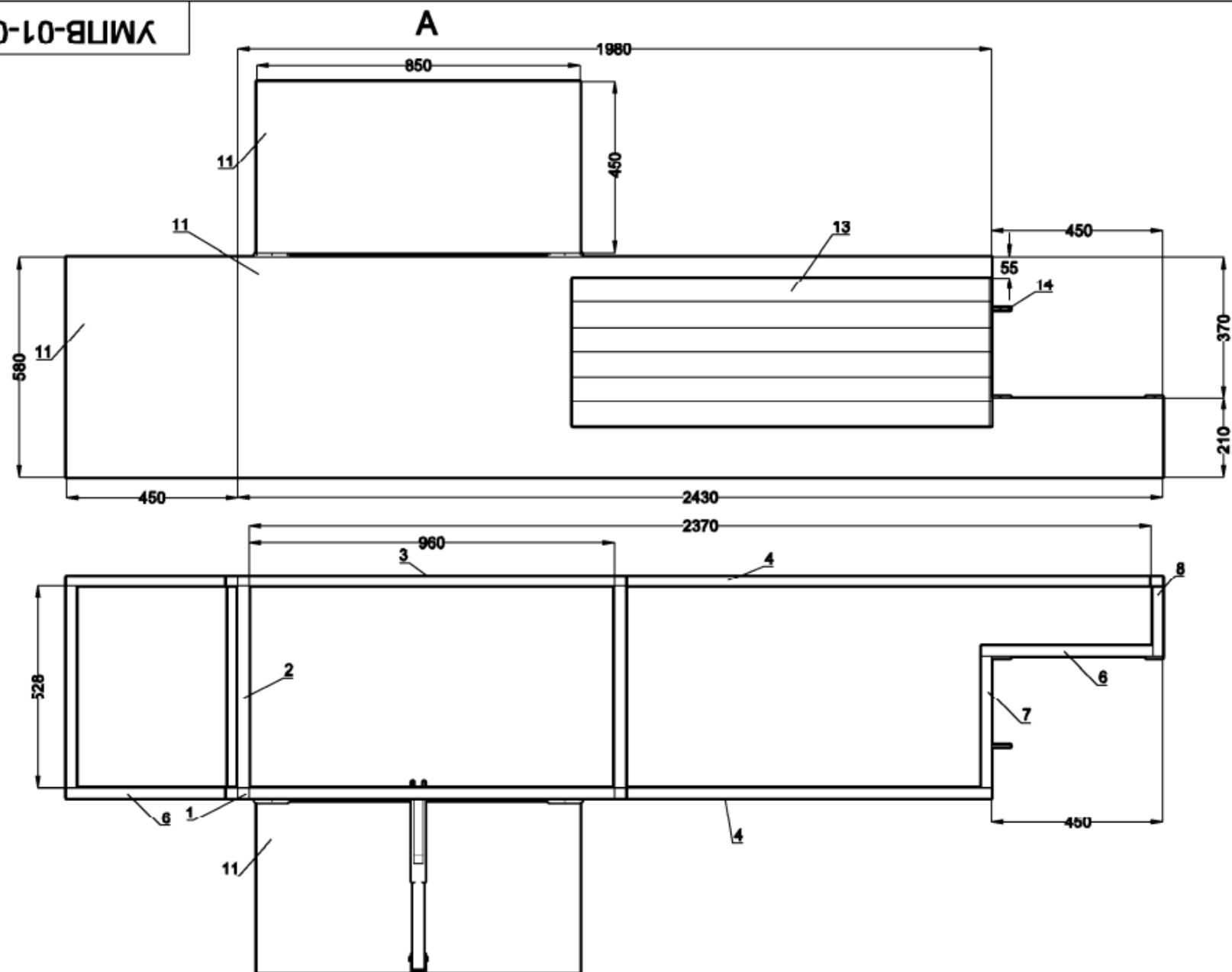
Б

УМПВ-00-000СБ

Лист

2

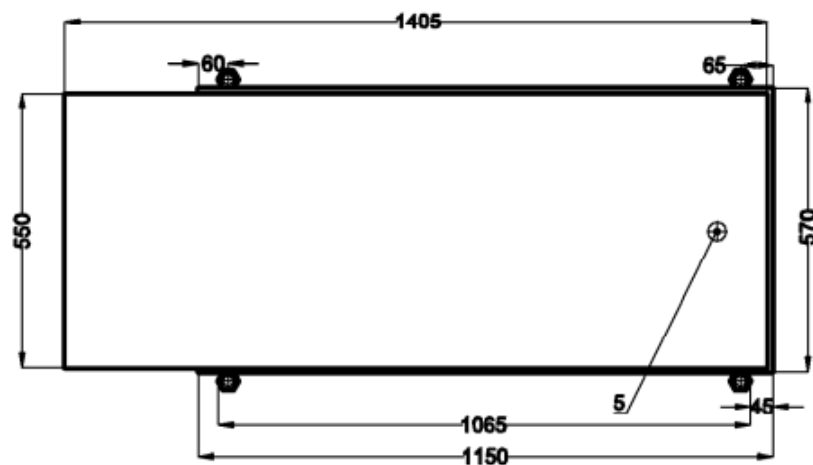
УМПВ-01-000



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

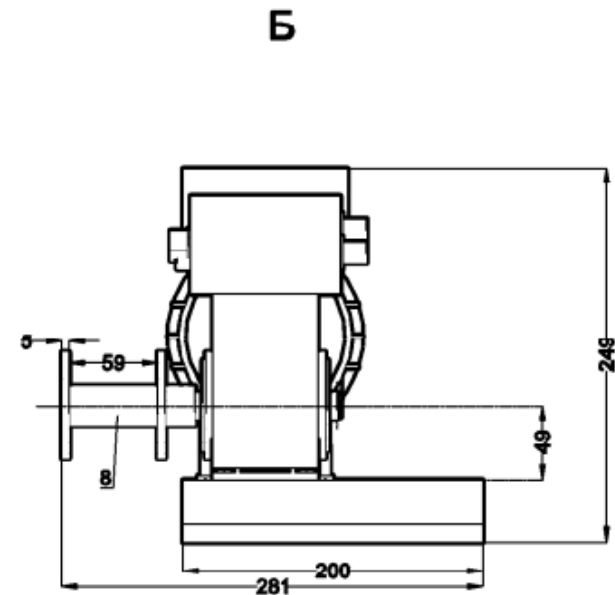
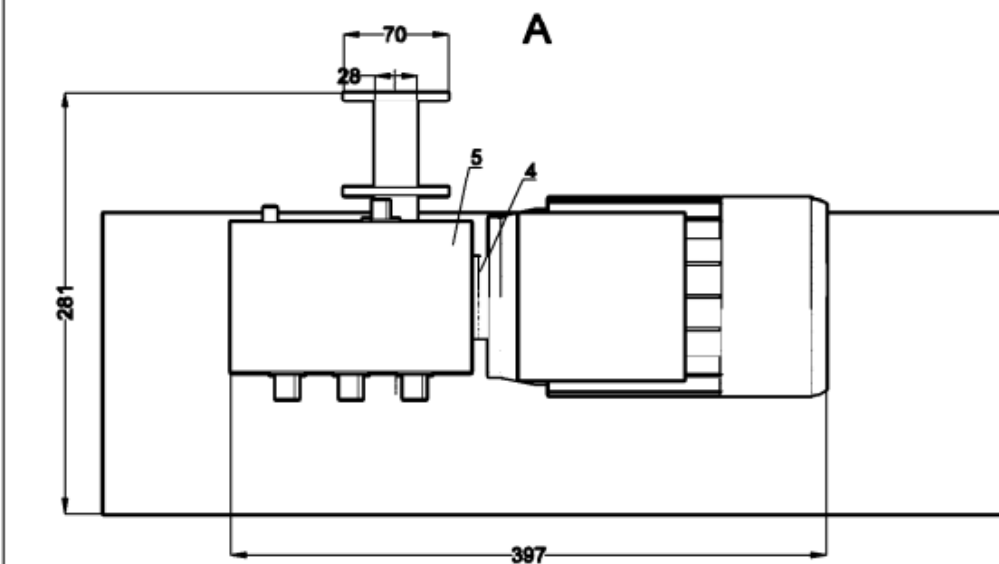
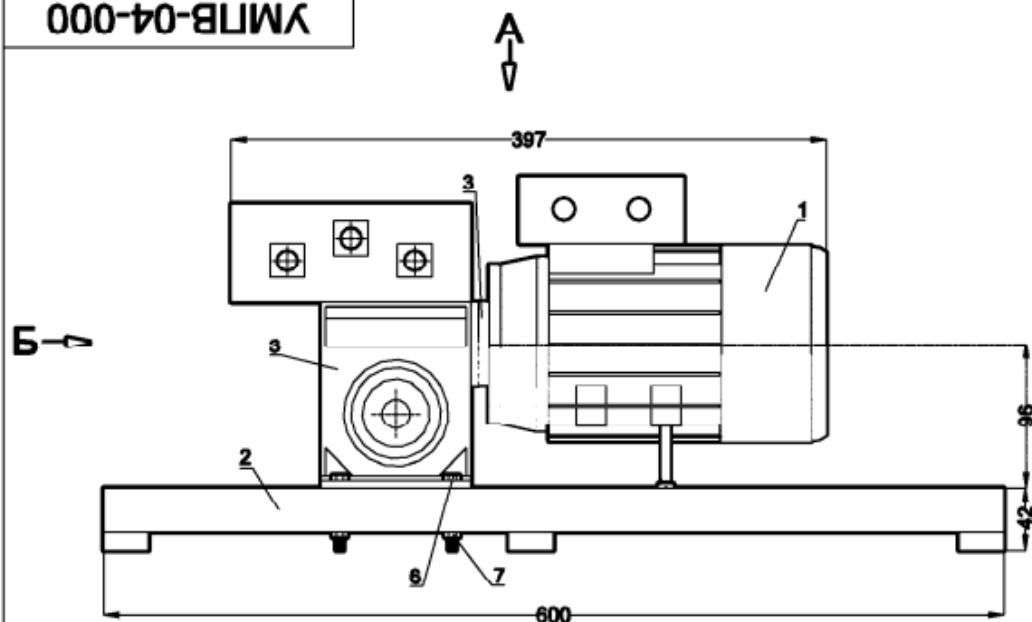
УМПВ-01-000

Лист
2



5	УМПВ-03-005	Слив Трубка стальная	1					
4	УМПВ-03-004	Стальная подставка из уголка 45x45x4	1	ГОСТ 8509-83				
3	УМПВ-03-003	Удлиненная гайка-штулка М24	4	ГОСТ 5915-70				
2	УМПВ-03-002	Стойка Стержень М24х500	4	ГОСТ 19258-73				
1	УМПВ-03-001	Ванна стальная, толщина стенки 2	1	ГОСТ 5362-2014				
Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание				
		УМПВ-03-000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ванна	Лит.	Масса	Масштаб
Разработ.		Скрятов Н.А.				ПП		
Пров.		Суконнов А.В.						
Т. интр.						Лист 1	Листов 1	
Н. интр.						КГТУ		
Утв.								

УМПВ-04-000



1. * Размеры для справок
2. Сварка по ГОСТ 14771-76
3. Покрытие - Эмаль ХВ-124 зелёная ГОСТ 10144-89

8	УМПВ-04-008	Навешной барабан	1	
7	УМПВ-04-007	Гайка M10	4	ГОСТ 5915-78
6	УМПВ-04-006	Болт M10x50	4	ГОСТ 7805-78
5	УМПВ-04-005	Комутатор	1	
4	УМПВ-04-004	Муфта соединительная в сборе	1	
3	УМПВ-04-003	Редуктор червячный 32	1	
2	УМПВ-04-002	Рама под двигатель	1	
1	УМПВ-04-001	Электродвигатель ЭП	1	0,18 кВт 1500 об/мин
Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание

УМПВ-04-000

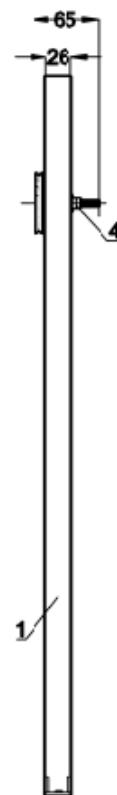
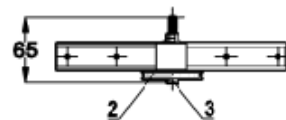
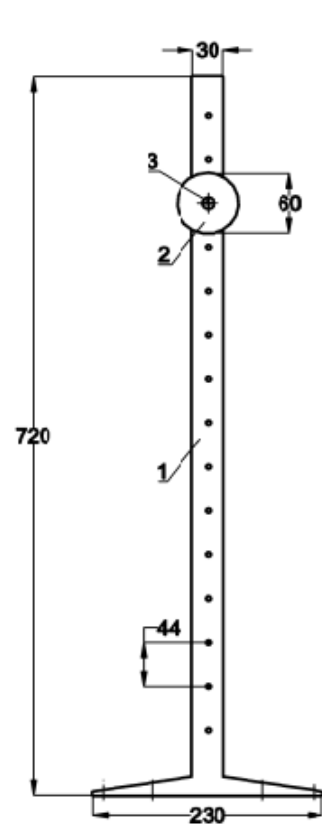
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Скуратов Н.А.			
Пров.	Суконников А.В.			
Т. впр.				
Н. впр.				
Утв.				

Вытяжная лебедка

Лит.	Масса	Масштаб
Лит.	Масса	Масштаб
Лист 1	Листов 1	
КГТУ		

Формат А3

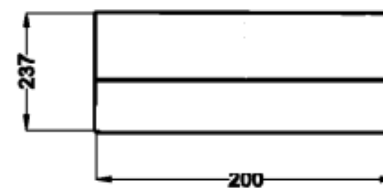
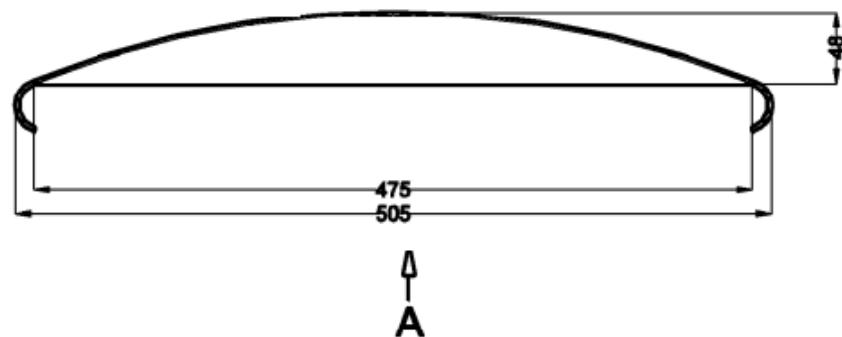
УМПВ-05-000



1. Сварка по ГОСТ 14771-76
2. Покрытие - Эмаль ХВ-124 белая ГОСТ 10144-89

4	УМПВ-05-004	Гайка М10	2	ГОСТ 5915-78
3	УМПВ-05-003	Винт М10х65	1	ГОСТ 1491-80
2	УМПВ-05-002	Блок алюминиевый	1	
1	УМПВ-05-001	Стойка сварная	1	
Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
УМПВ-05-000				
Стойка с блоком			Лит.	Масса
			Масштаб	
			Лист 1	Листов 1
			КГТУ	
			Формат А3	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Скуратов Н.А.			
Пров.	Сухоннов А.В.			
Т. кнтр.				
Н. кнтр.				
Утв.				

УМПВ-00-101



A



1. Сварка по ГОСТ 14771-76
2. Лист стальной $t=1,5$ мм

					УМПВ-00-101				
					Сливовый настил (сферический)				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб		
Разраб.		Скуратов Н.А.			СП				
Пров.		Суконнов А.В.							
Т. кнтр.						Лист 1	Листов 1		
						КГТУ			
Н. кнтр.									
Утв.									

Приложение Б

Результаты экспериментальных исследований на модельной установке на первом этапе работ

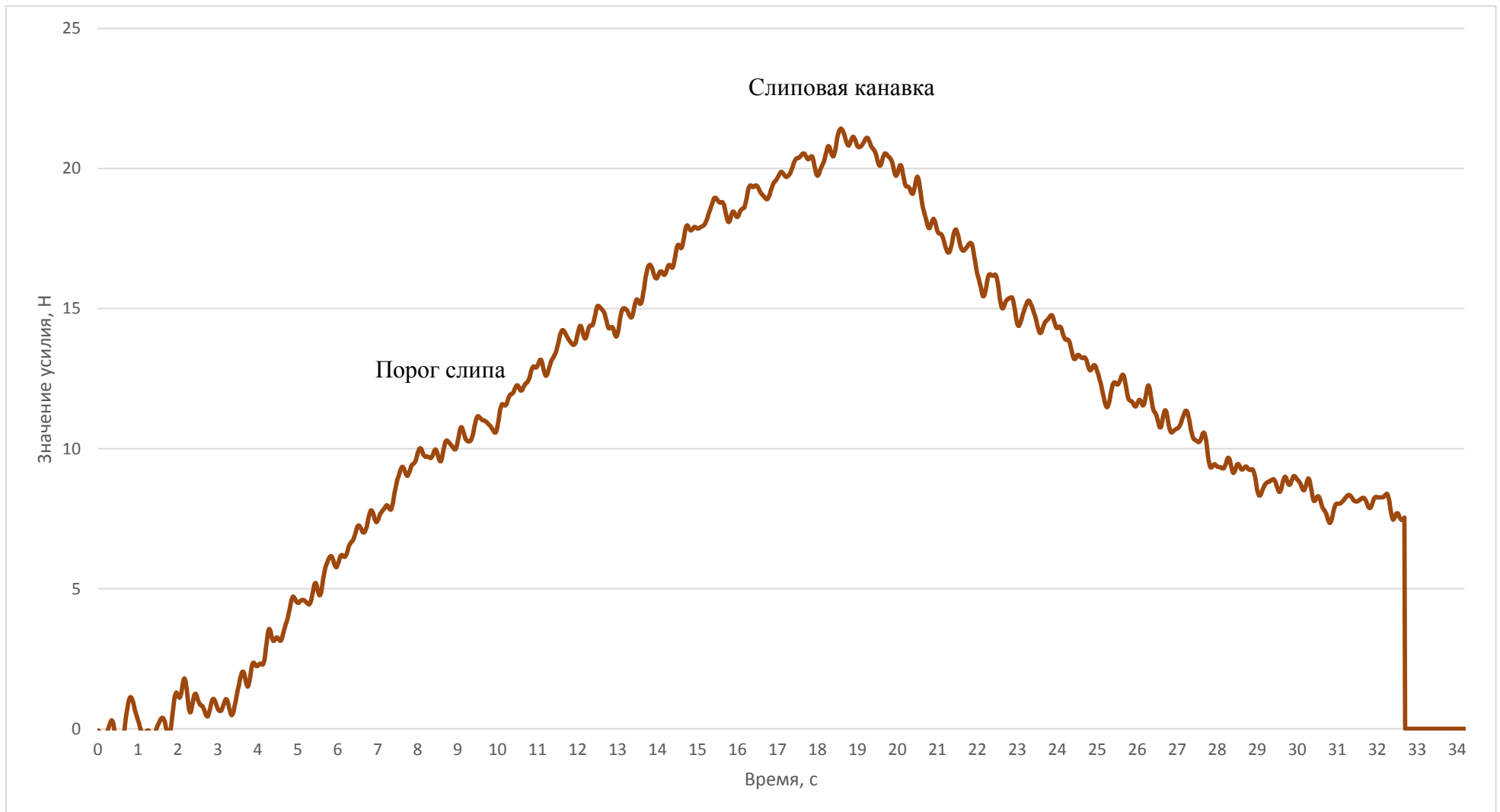


Рисунок П.Б.1 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 5°

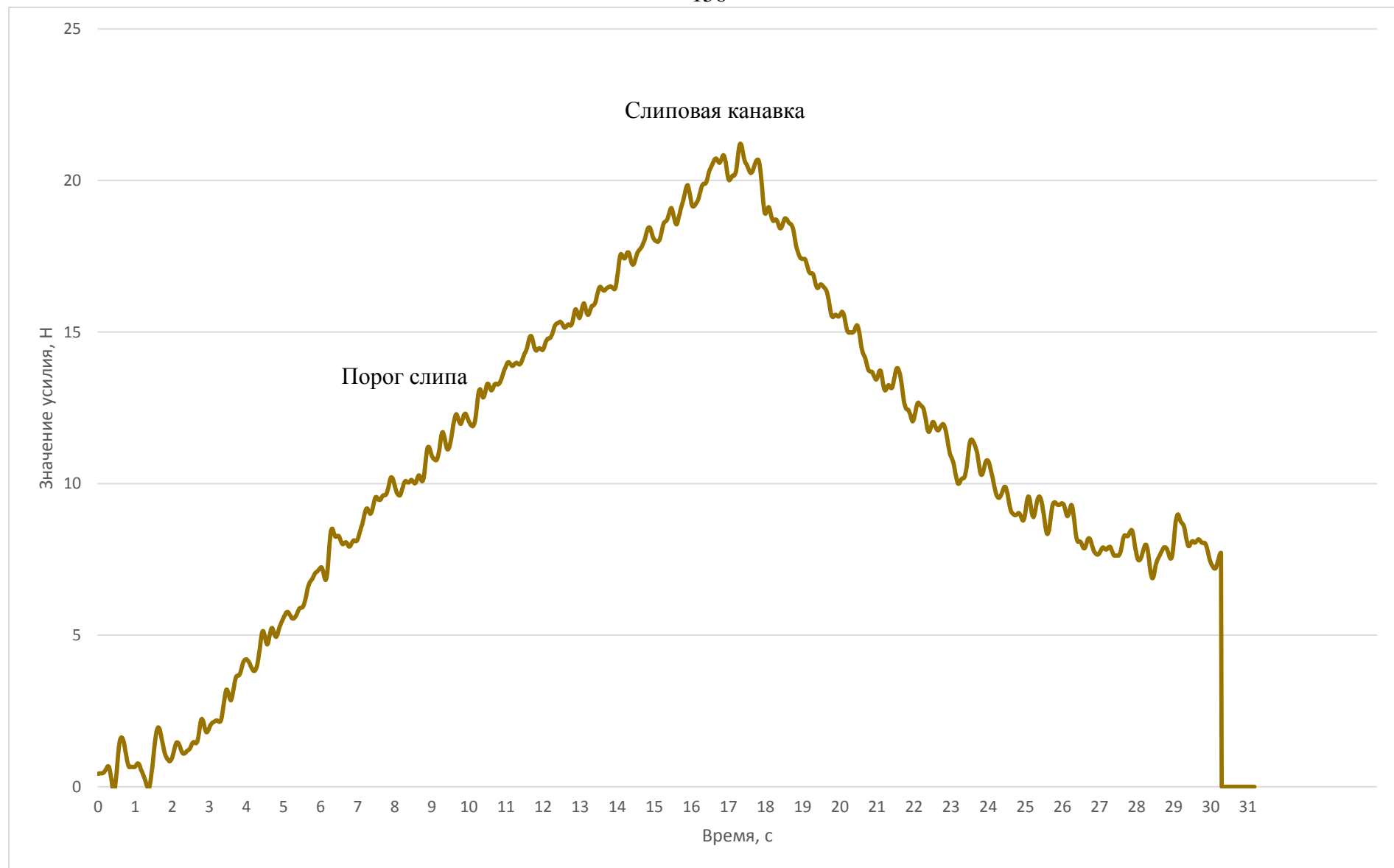


Рисунок П.Б.2 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 20°

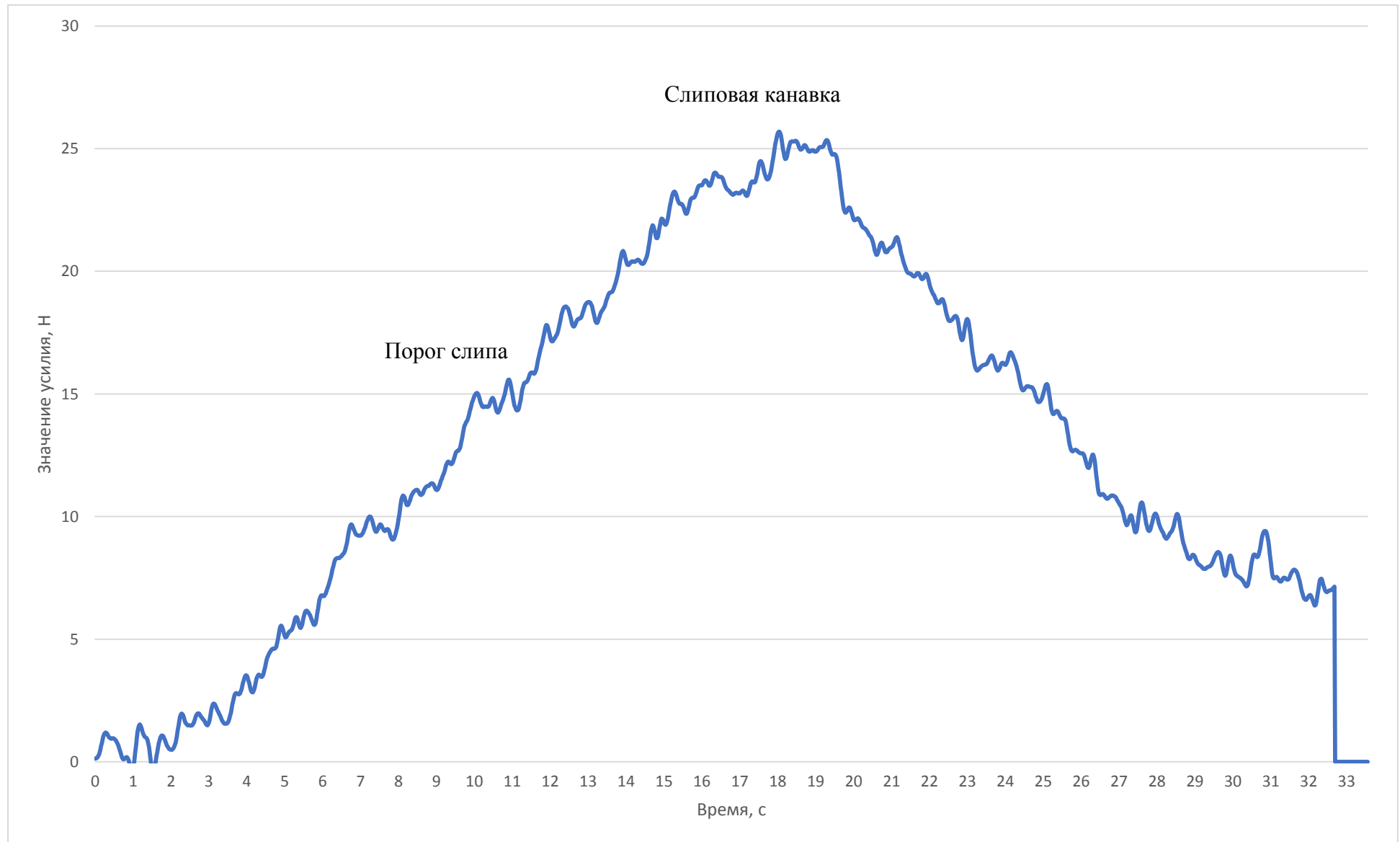


Рисунок П.Б.3 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 5°

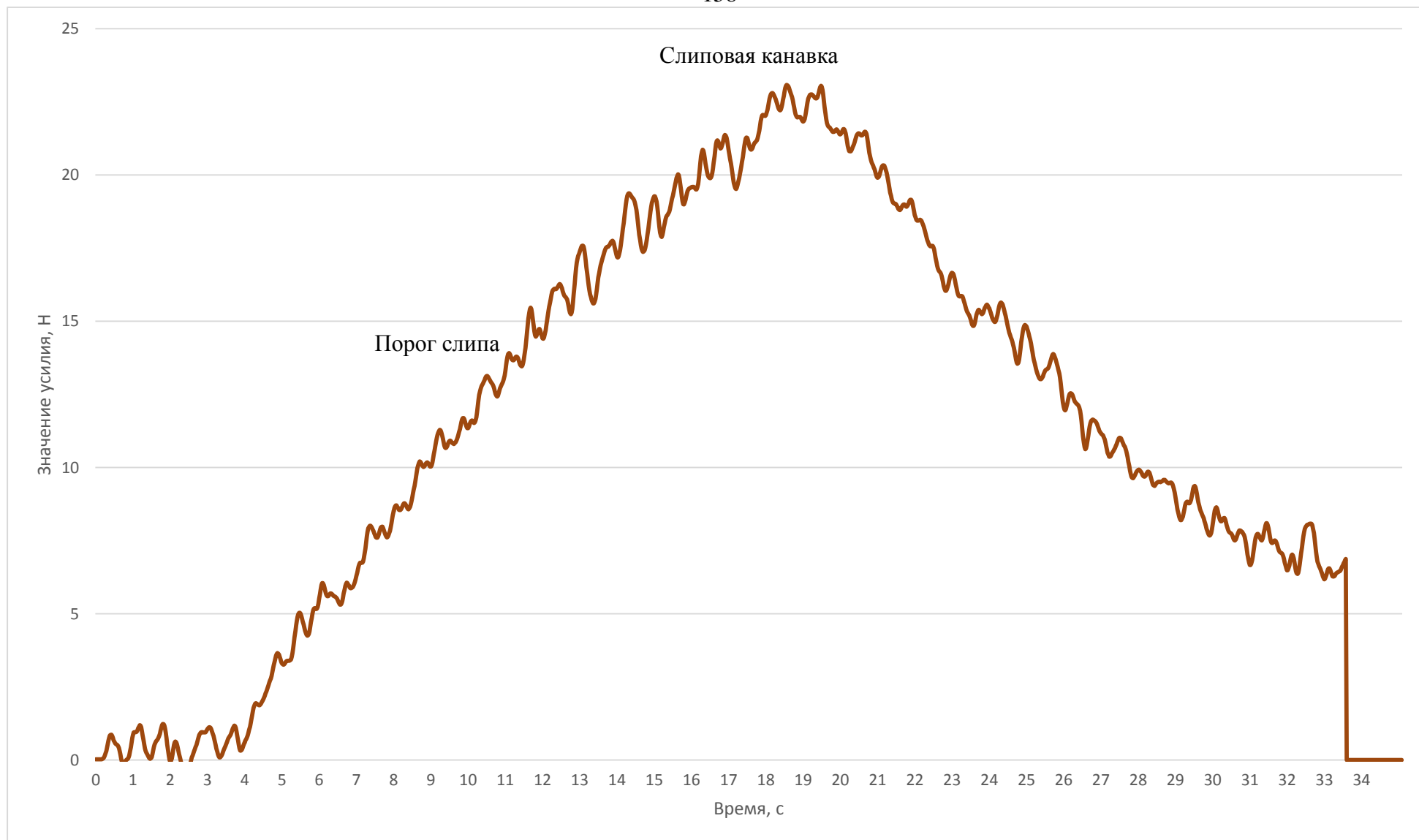


Рисунок П.Б.4 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

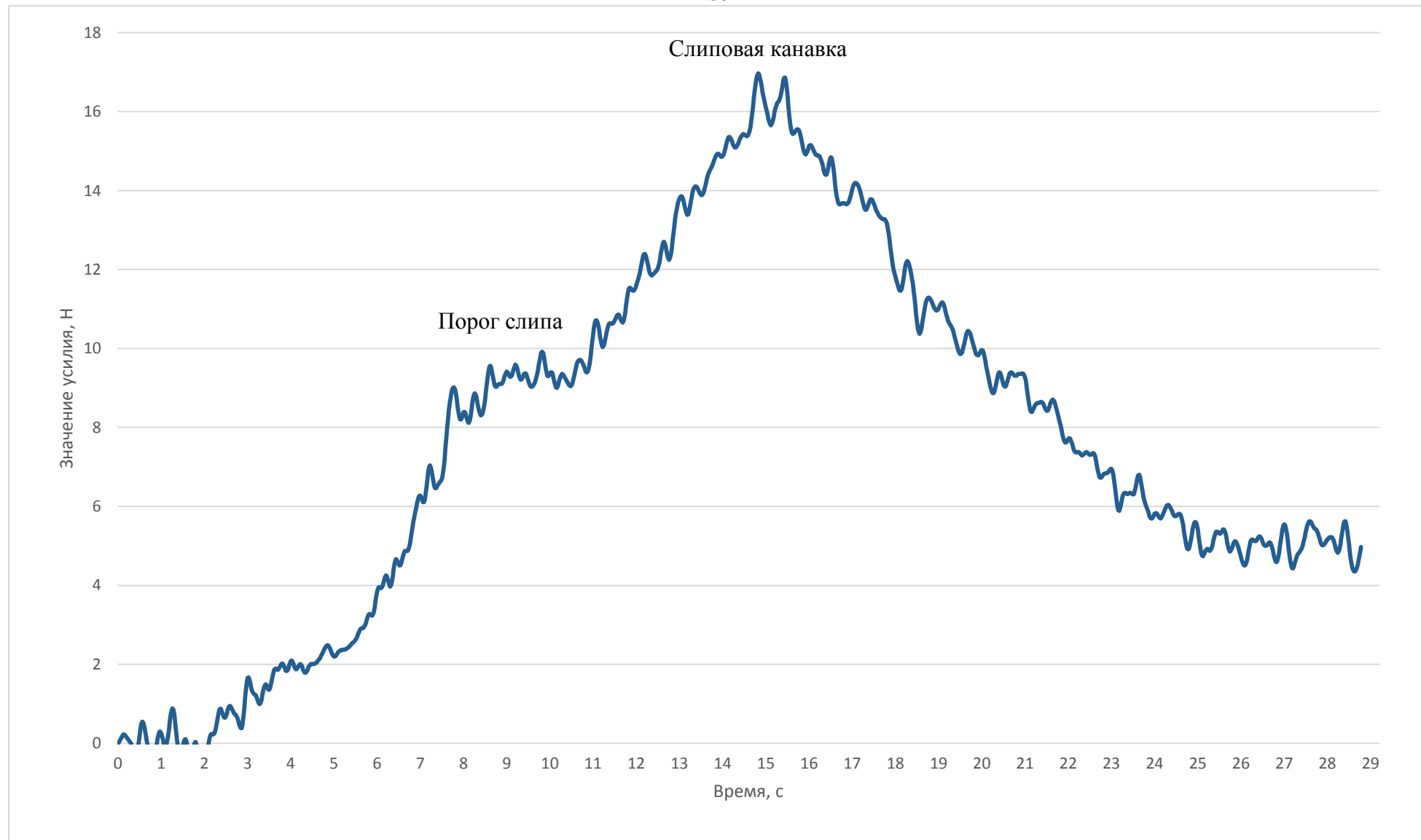


Рисунок П.Б.5 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 5°

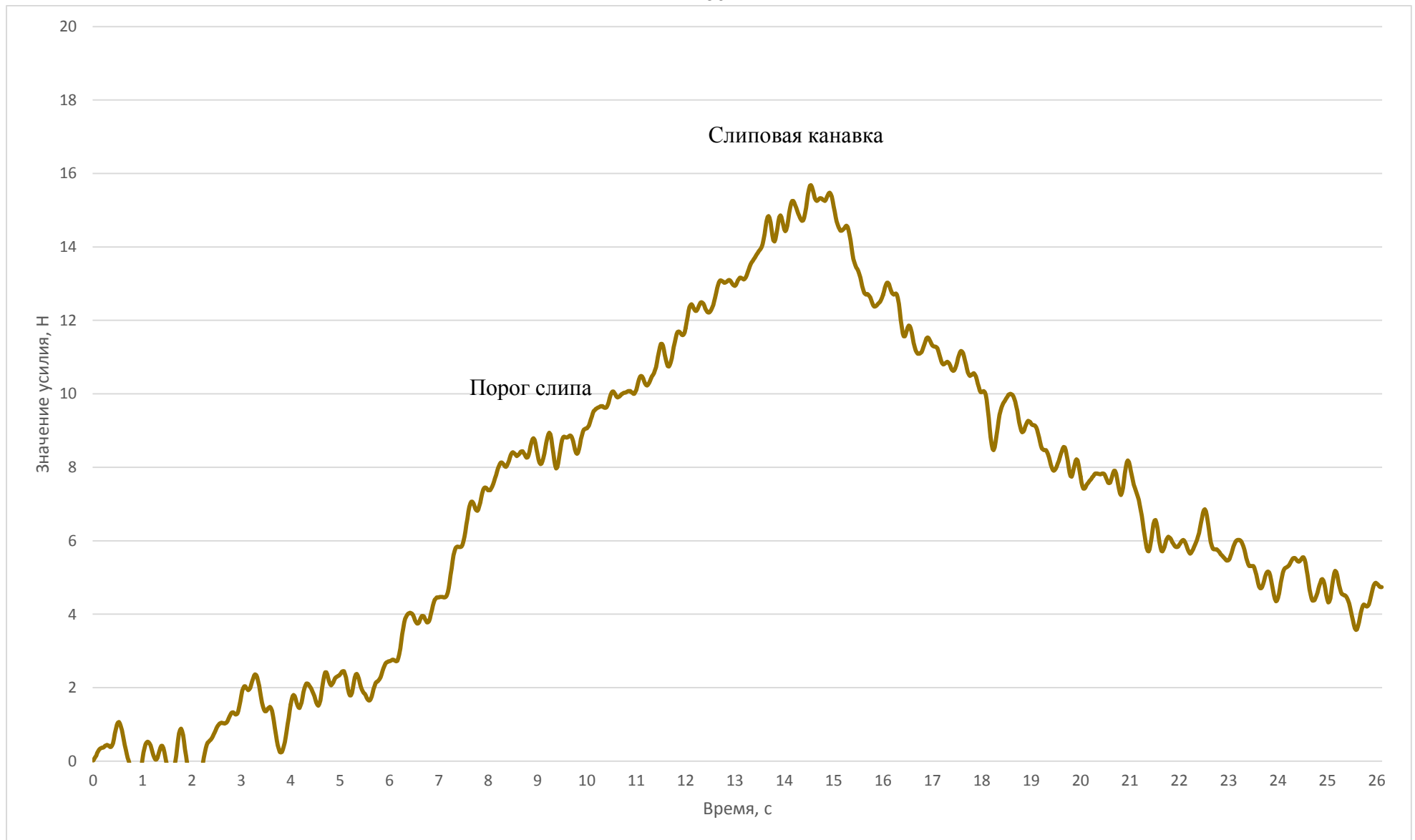


Рисунок П.Б.6 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 20°

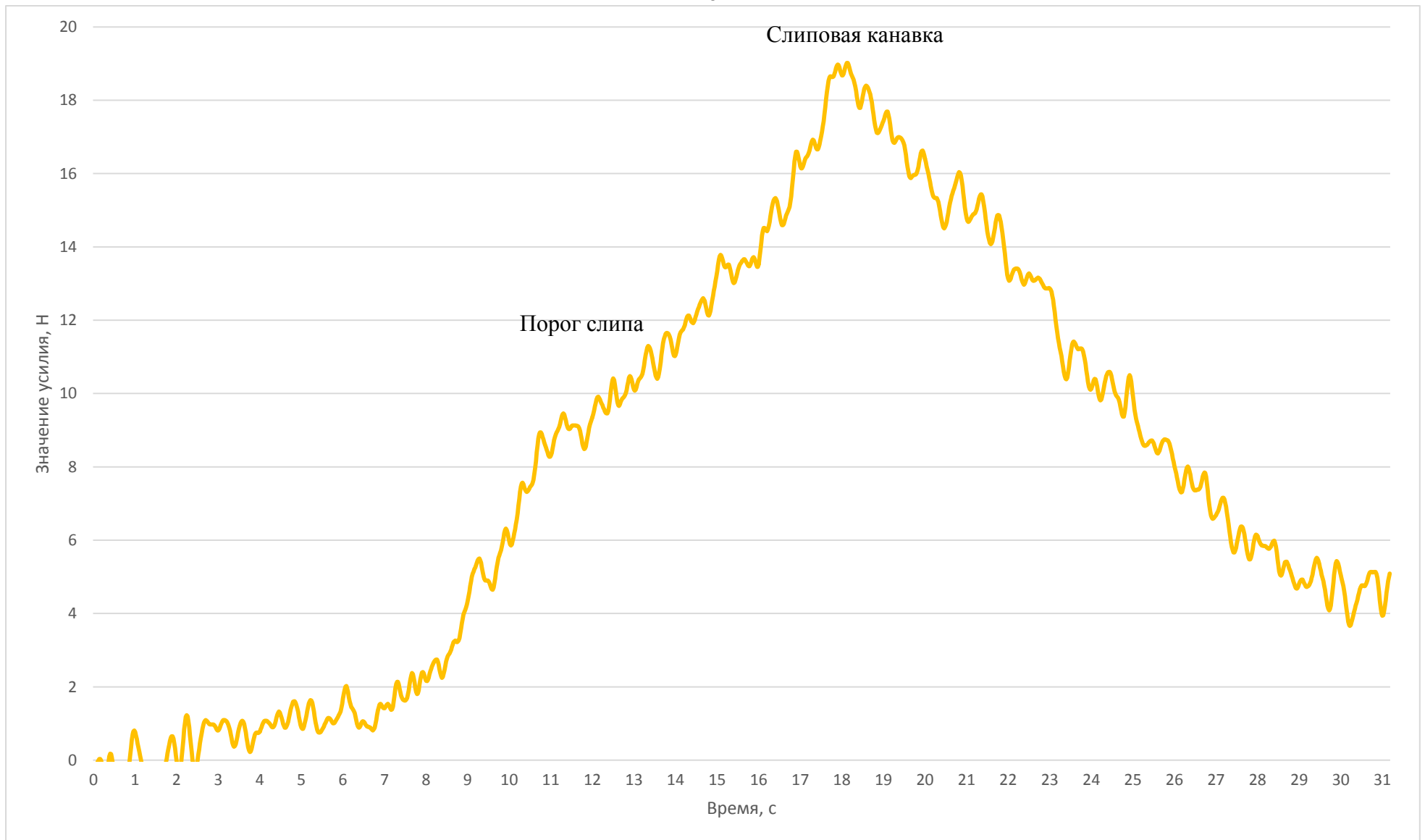


Рисунок П.Б.7 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 5°

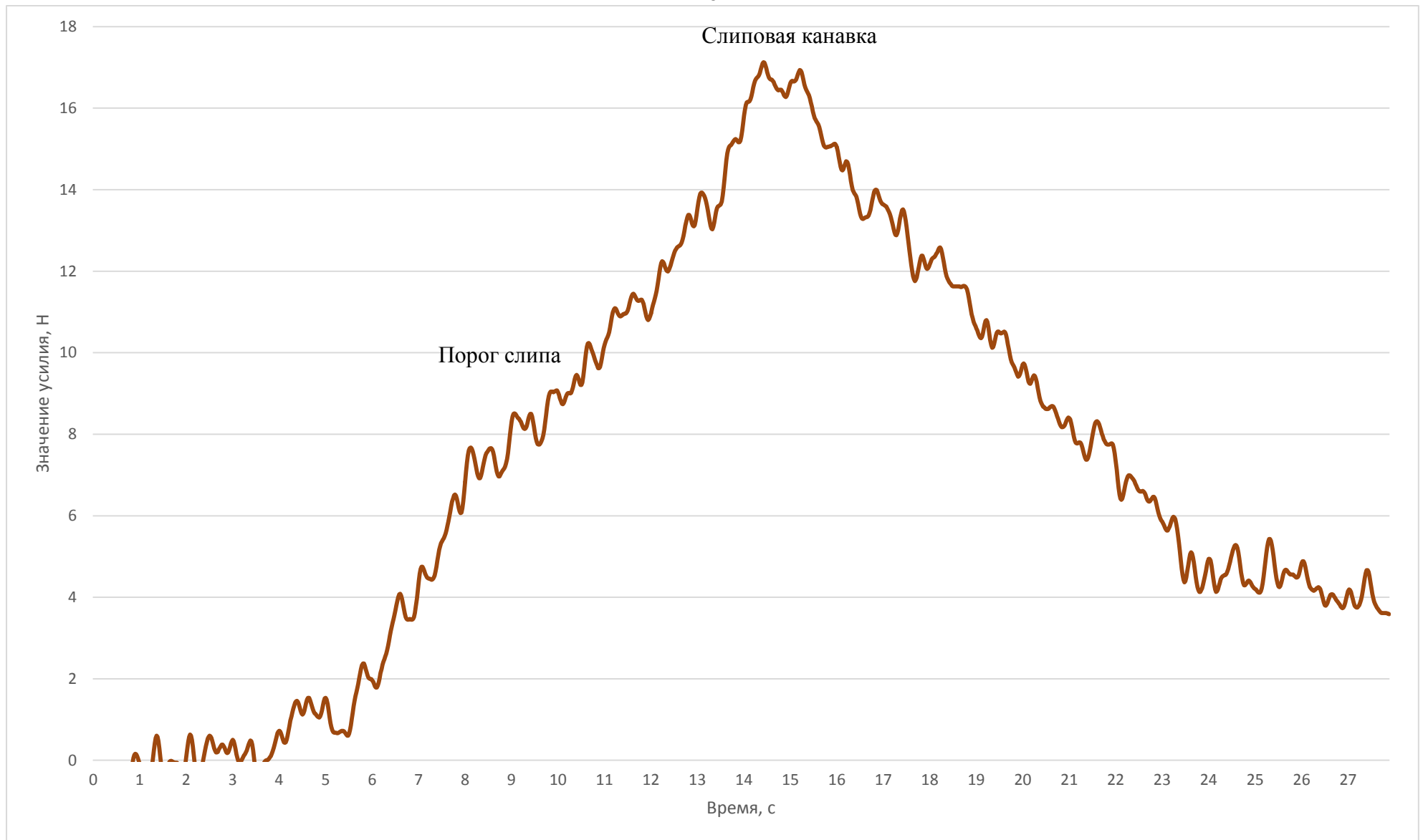


Рисунок П.Б.8 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

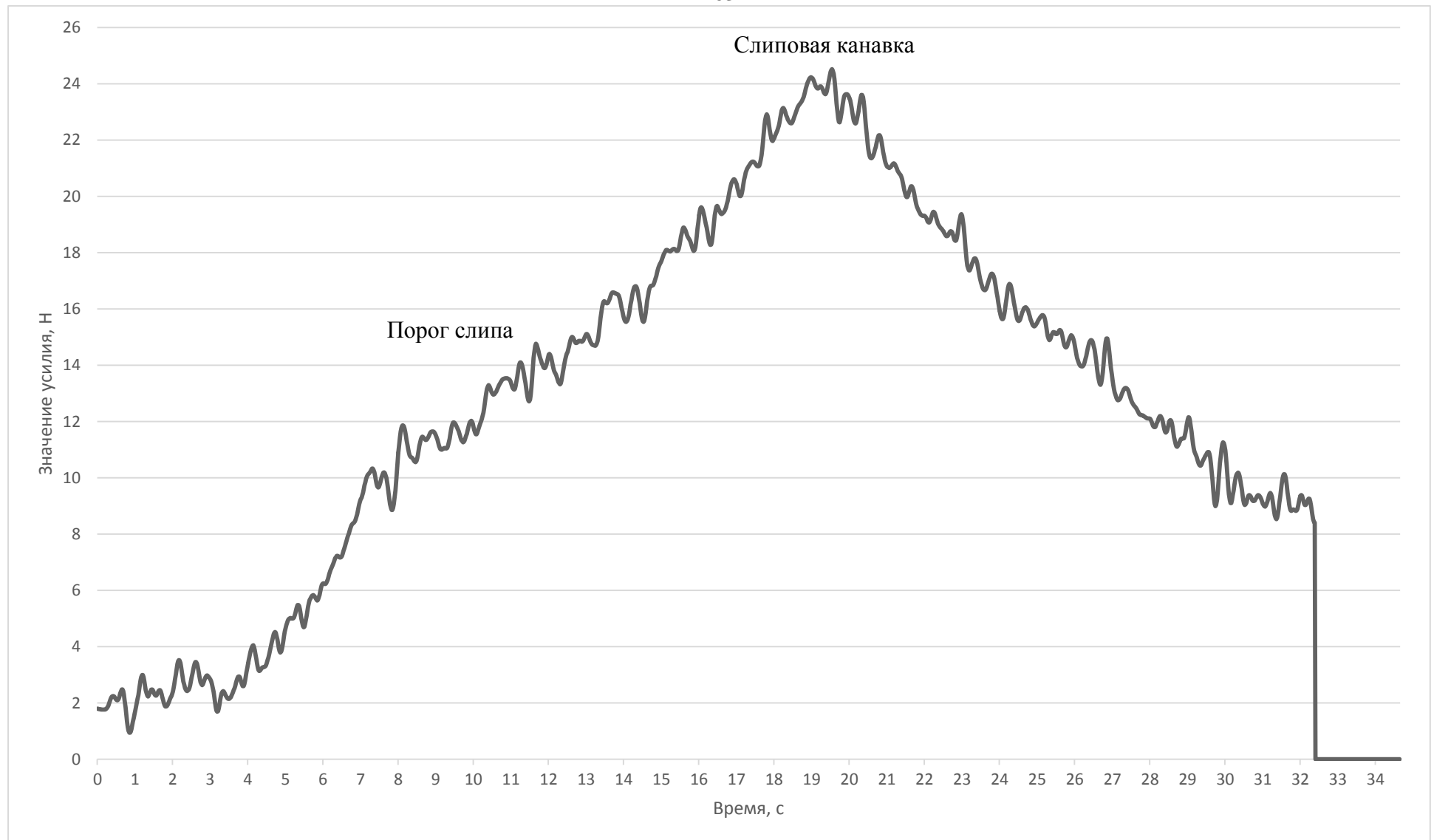


Рисунок П.Б.9 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 5°

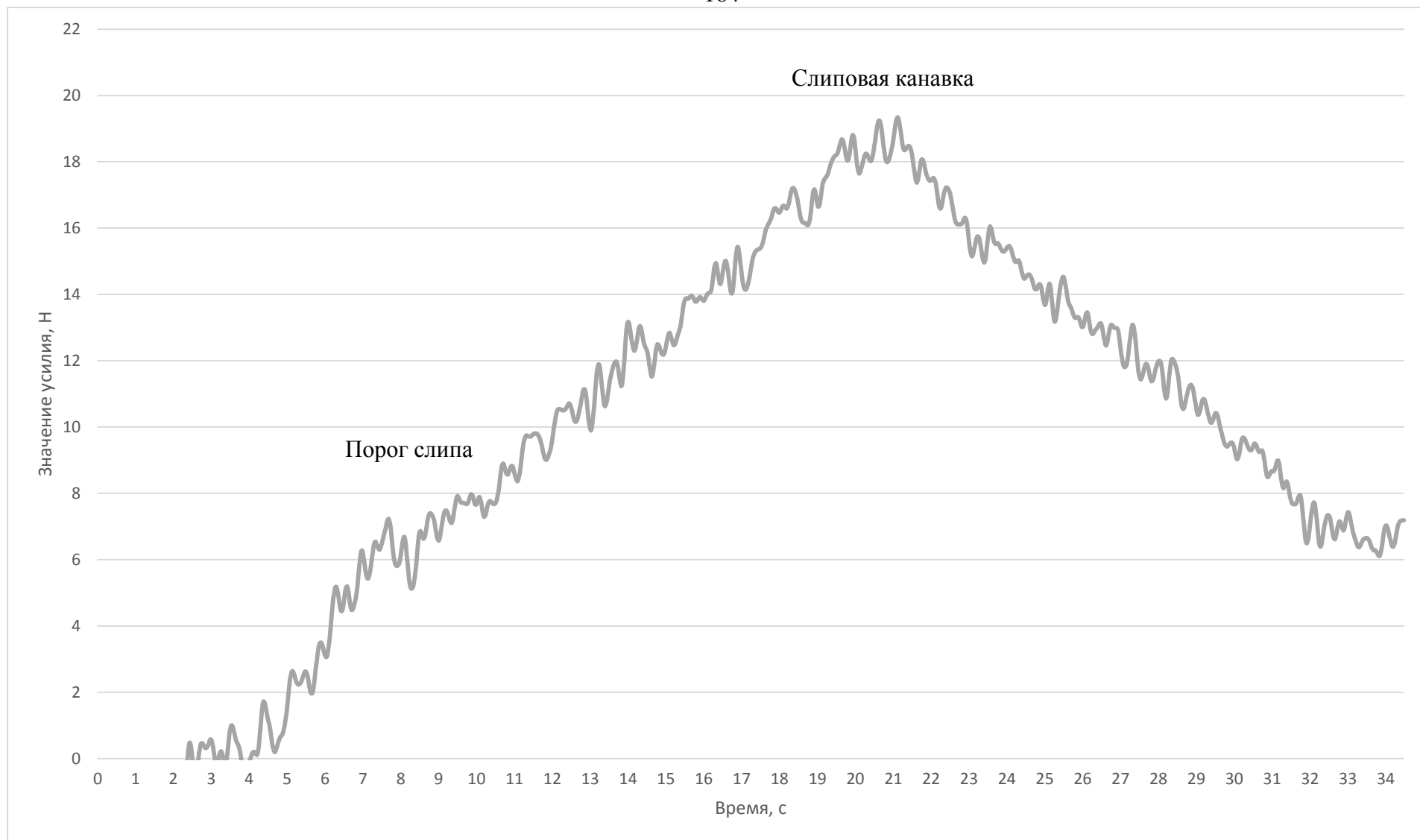


Рисунок П.Б.10 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 20°



Рисунок П.Б.11 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 5°

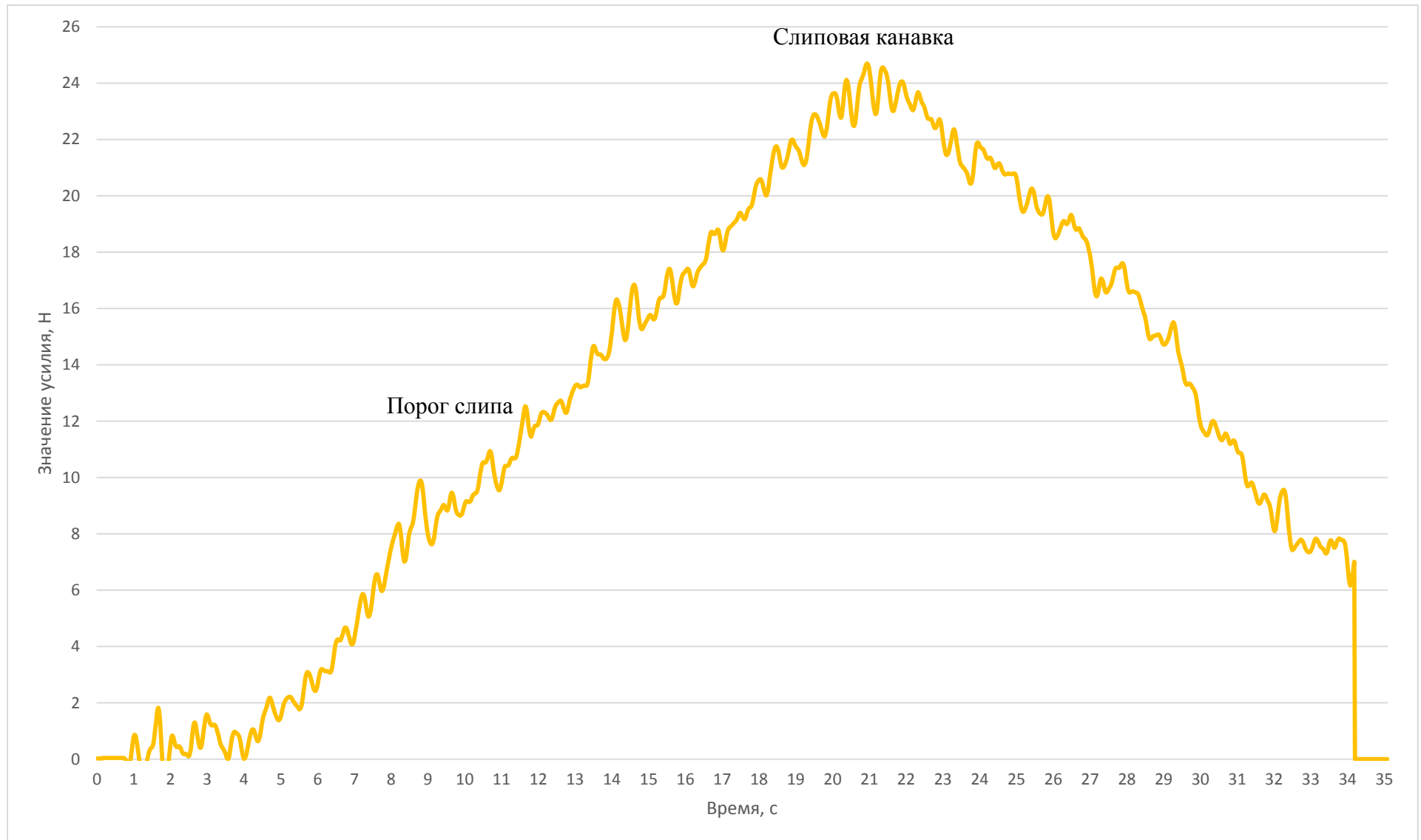


Рисунок П.Б.12 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 2,0 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

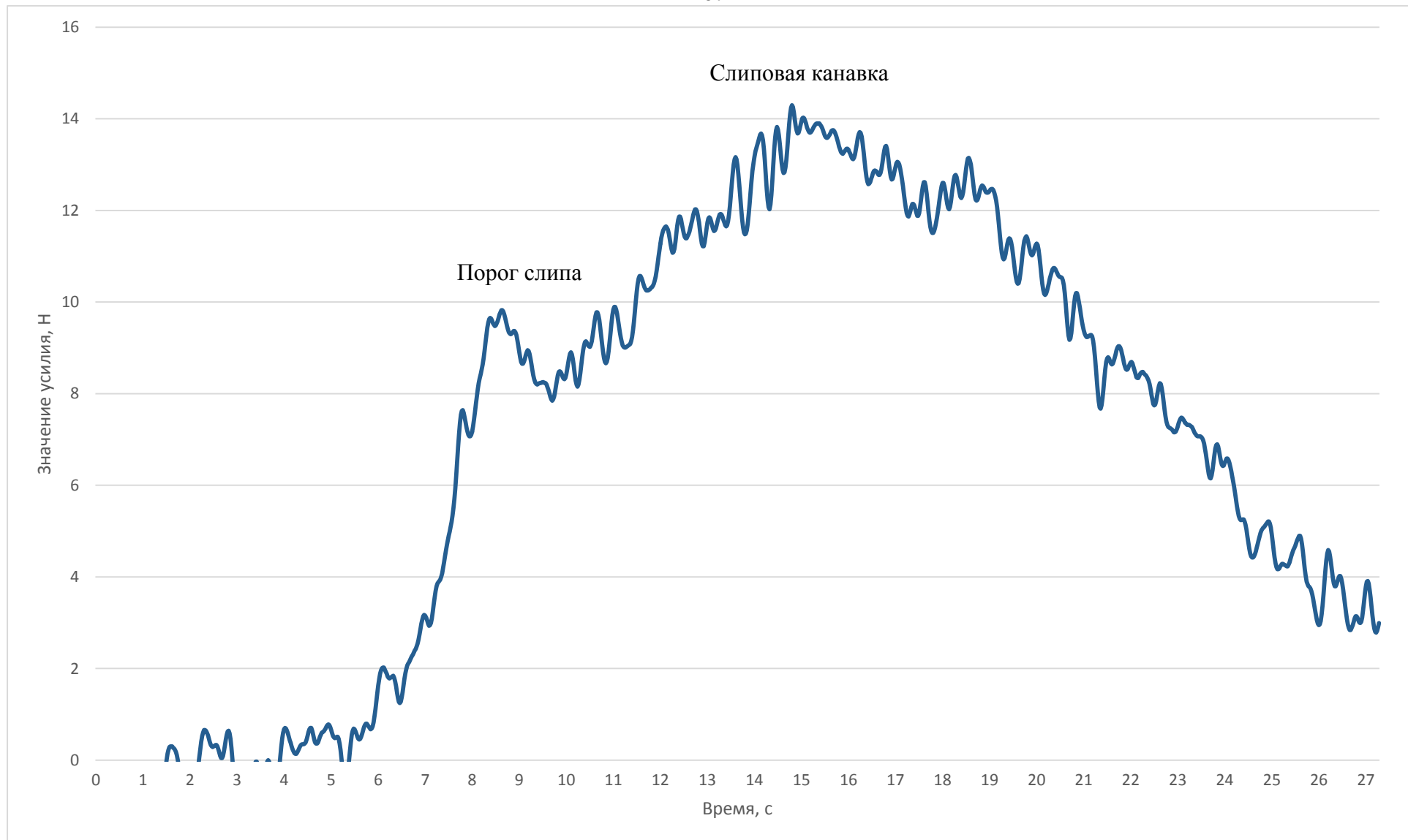


Рисунок П.Б.13 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 5°

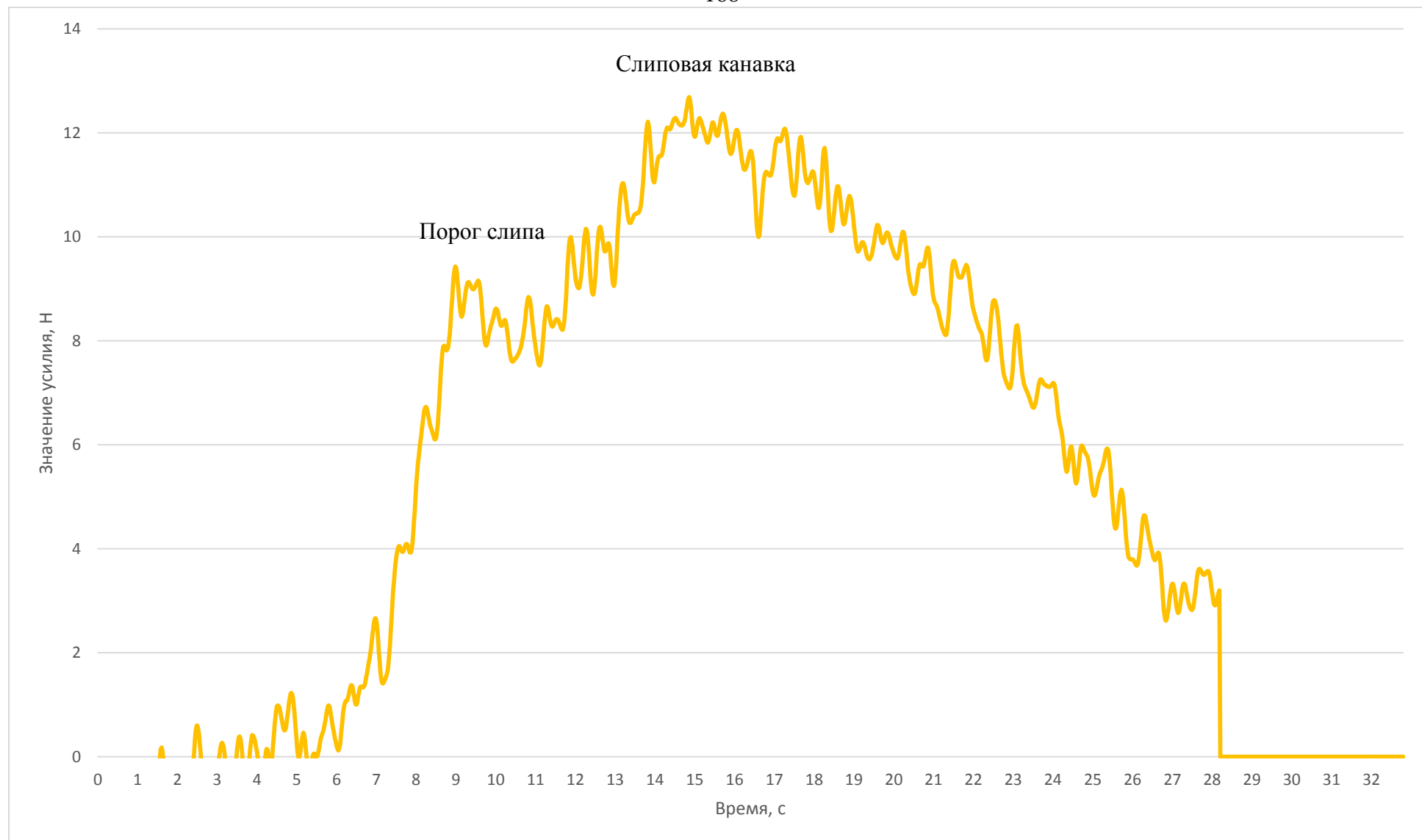


Рисунок П.Б.14 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и угле выхода вытяжного конца 20°

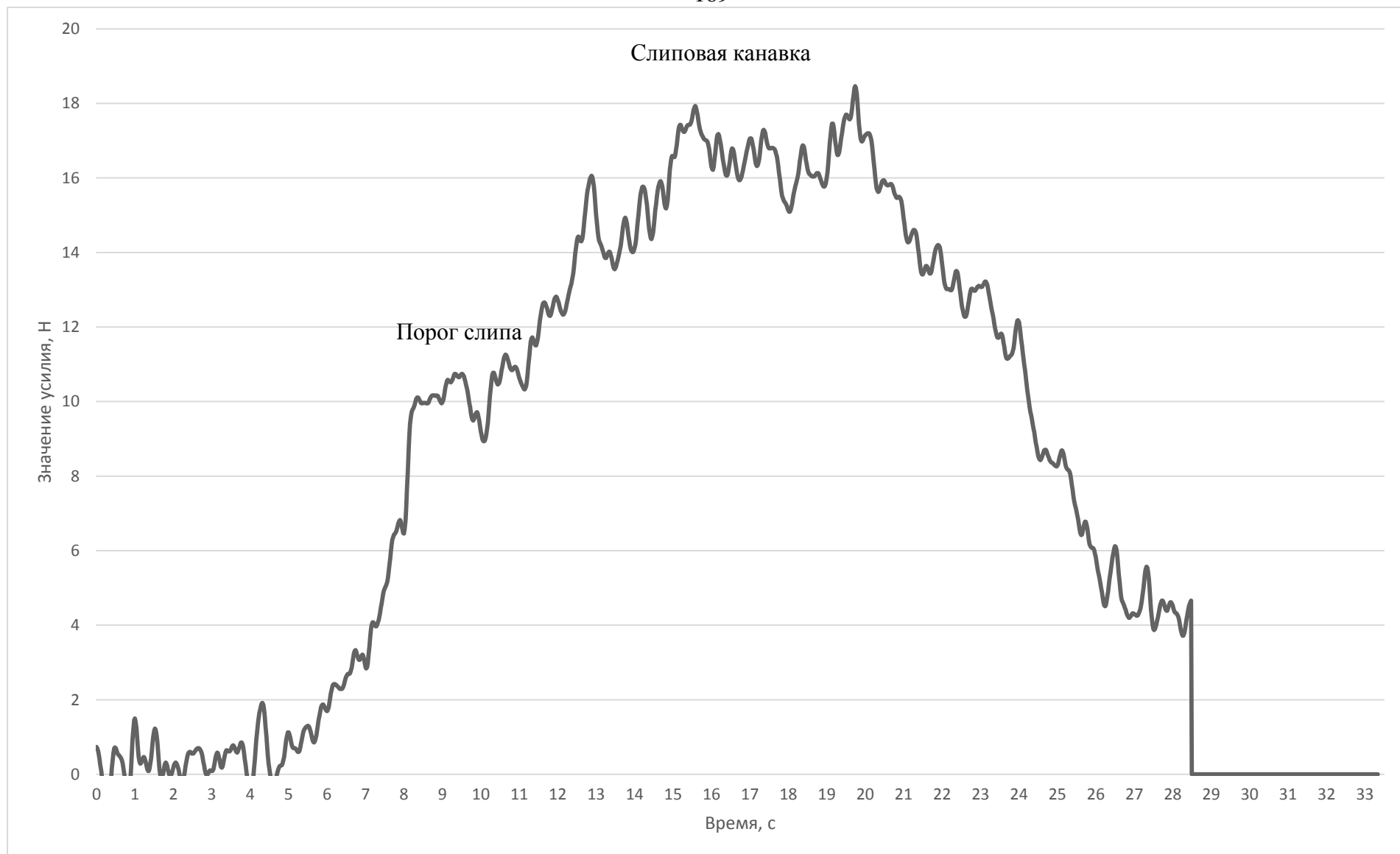


Рисунок П.Б.15 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 5°

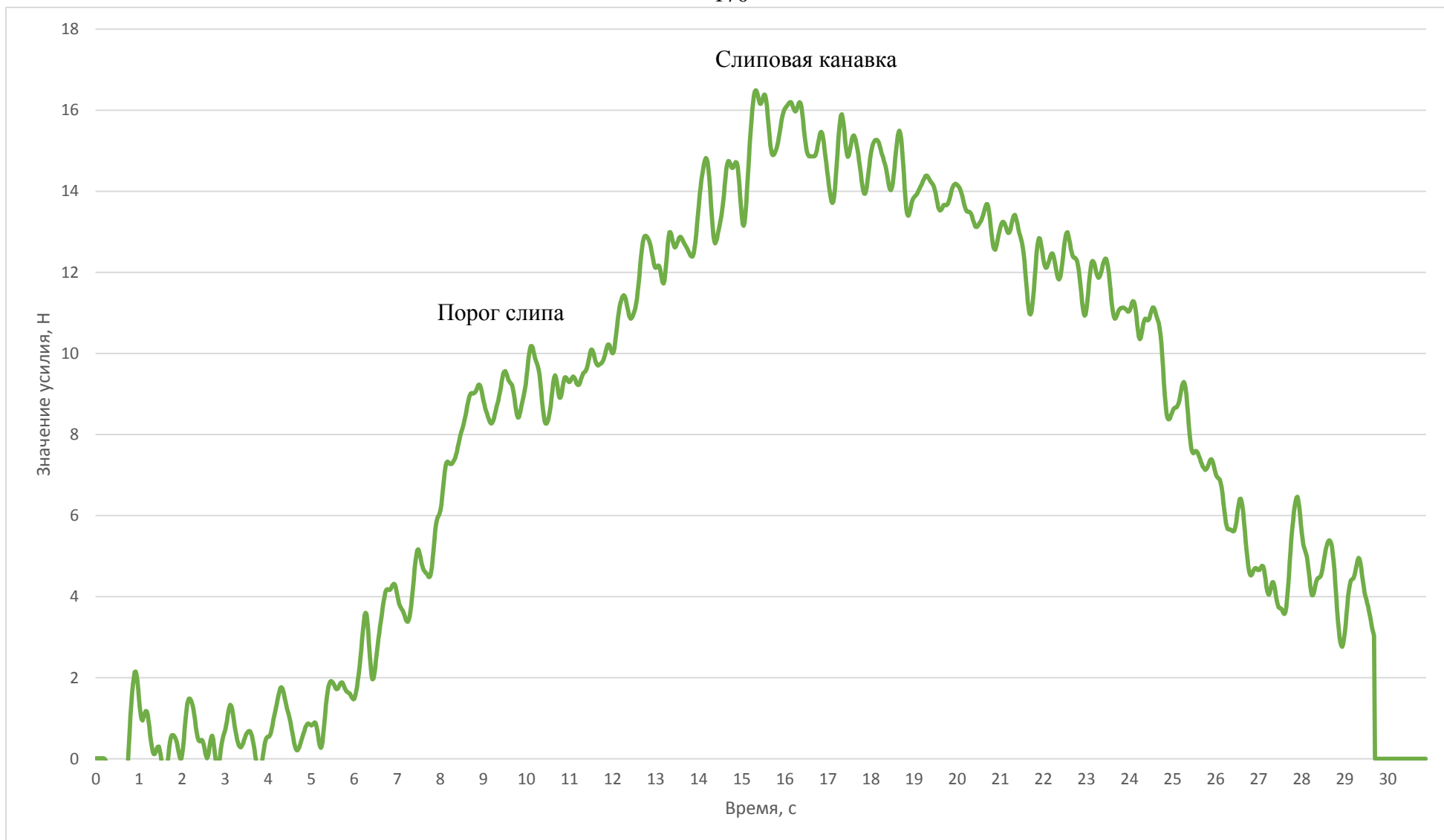


Рисунок П.Б.16 – Динамограмма усилия выборки мешка массой 1,25 кг на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и угле выхода вытяжного конца 20°

Приложение В

Результаты экспериментальных исследований на модельной установке на втором этапе работ

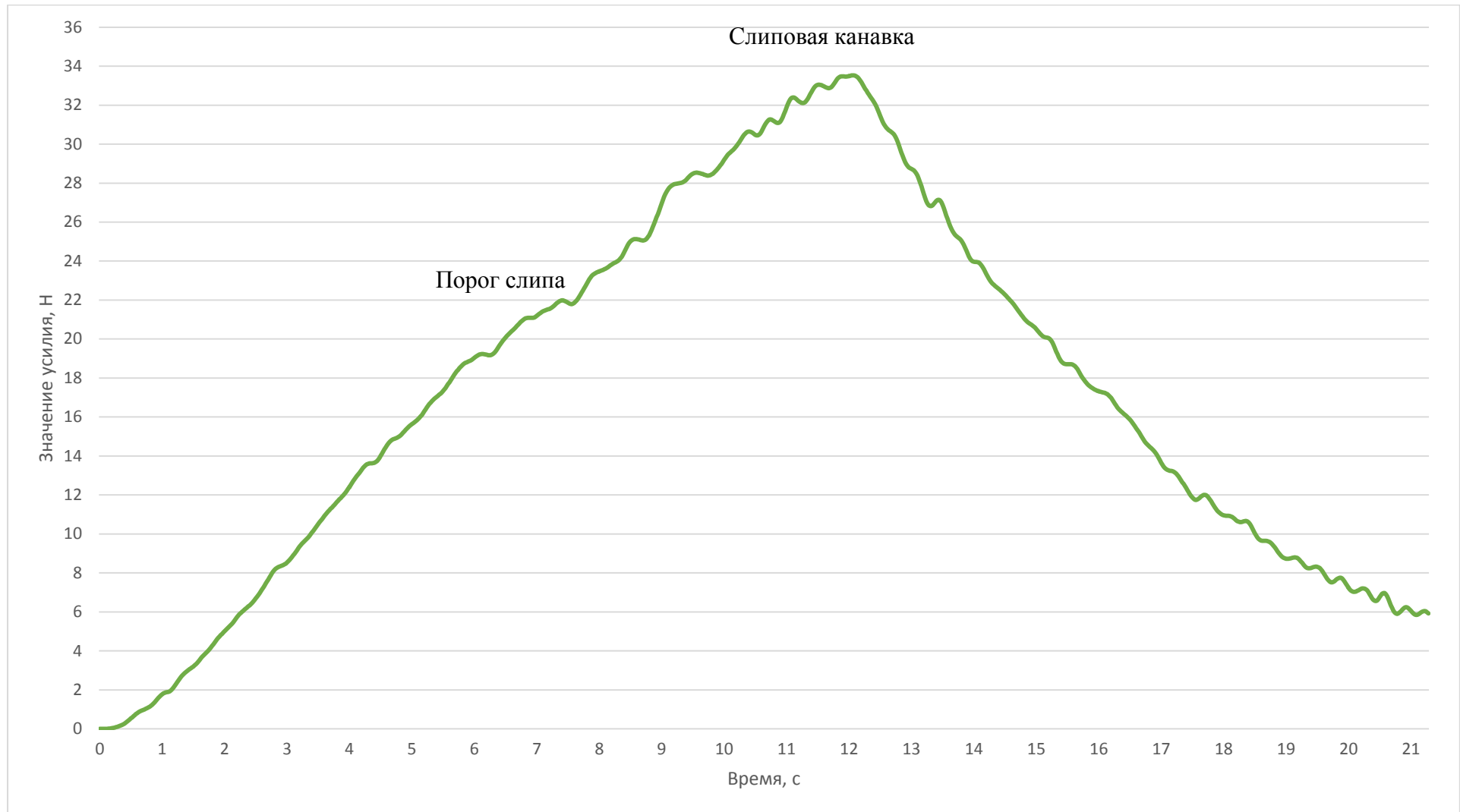


Рисунок П.В.1 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и скоростью выборки 0,064 м/с

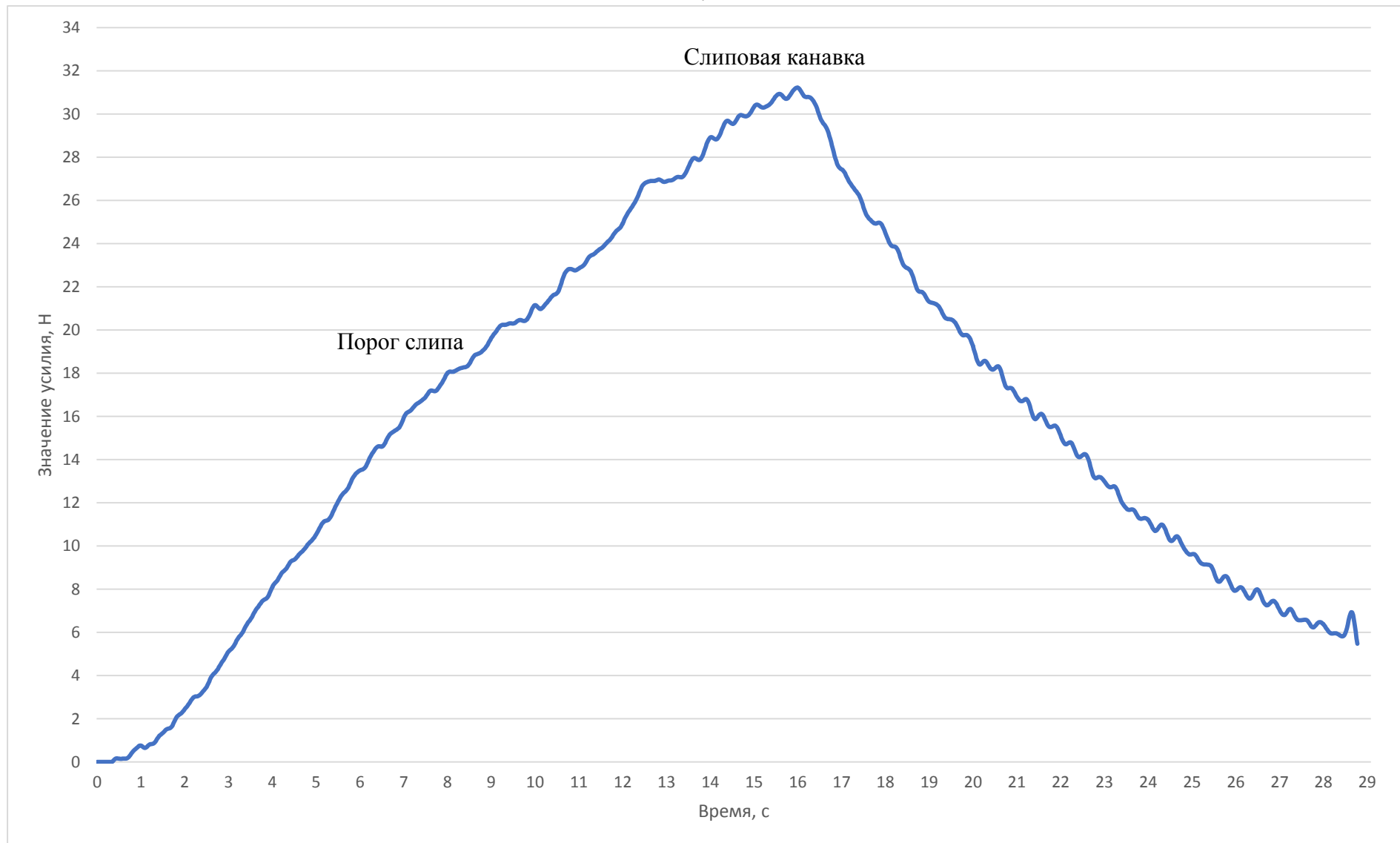


Рисунок П.В.2 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и скоростью выборки 0,048 м/с

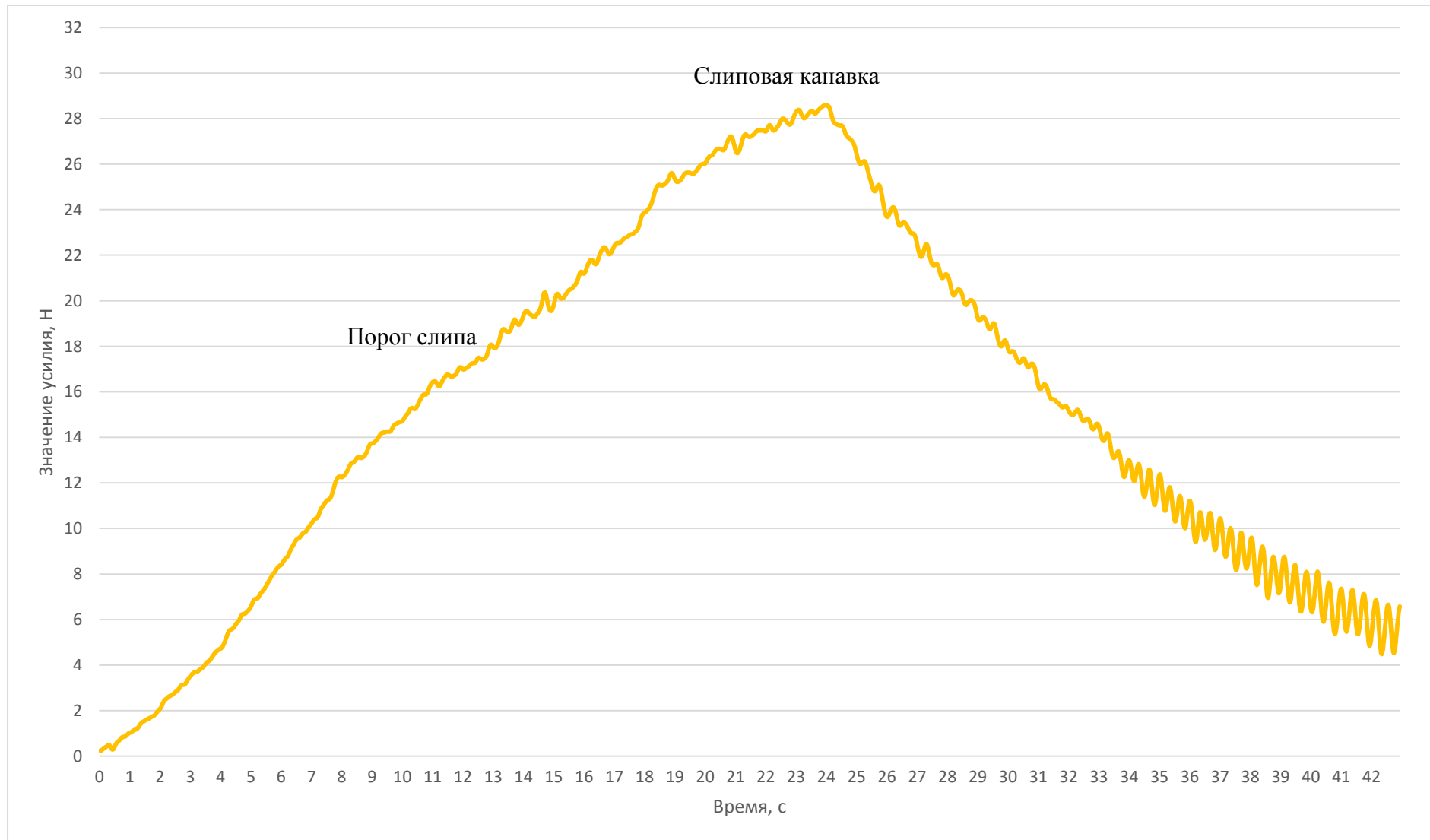


Рисунок П.В.3 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° и скоростью выборки 0,031 м/с

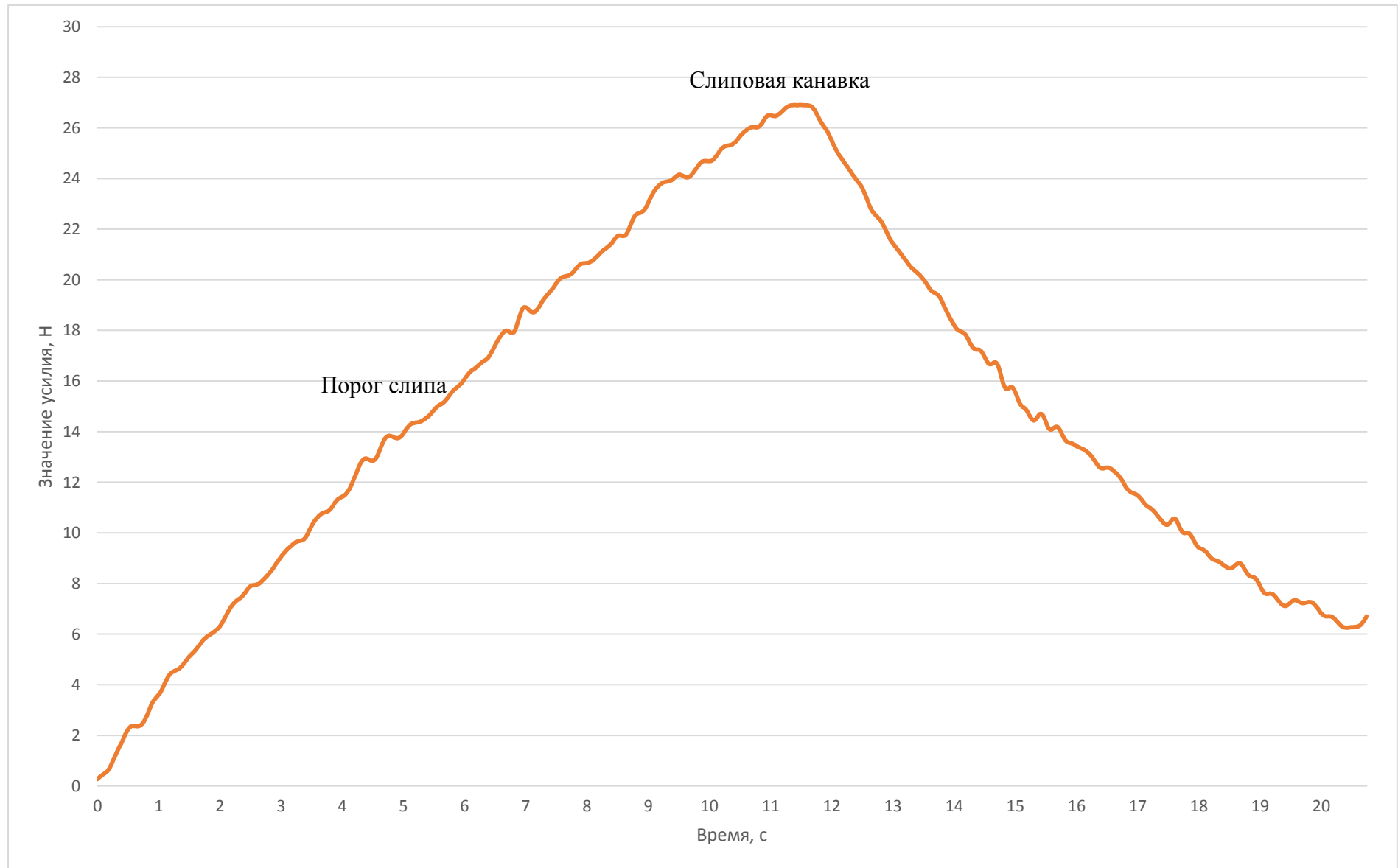


Рисунок П.В.4 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и скоростью выборки 0,064 м/с

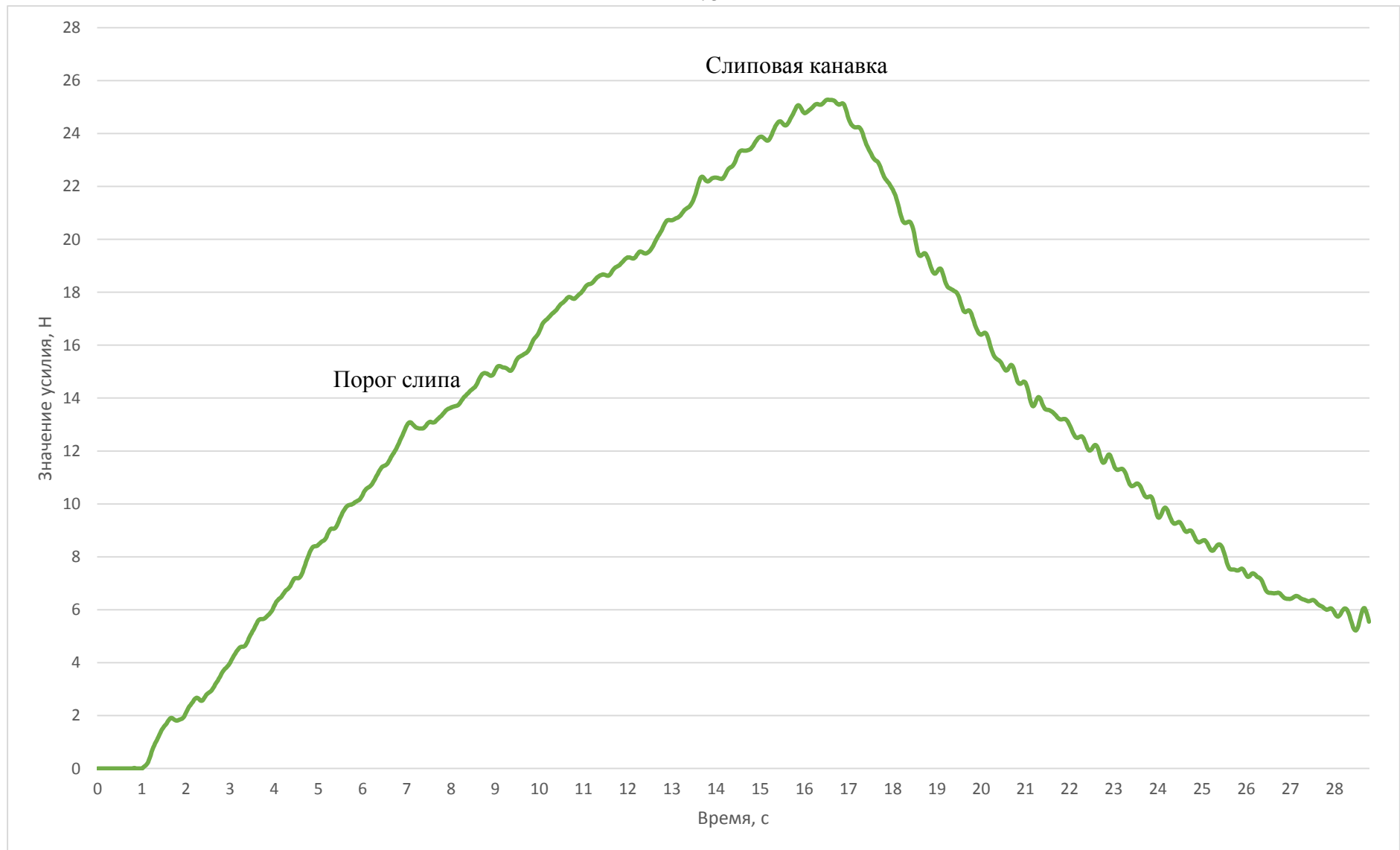


Рисунок П.В.5 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и скоростью выборки $0,048 \text{ м/с}$

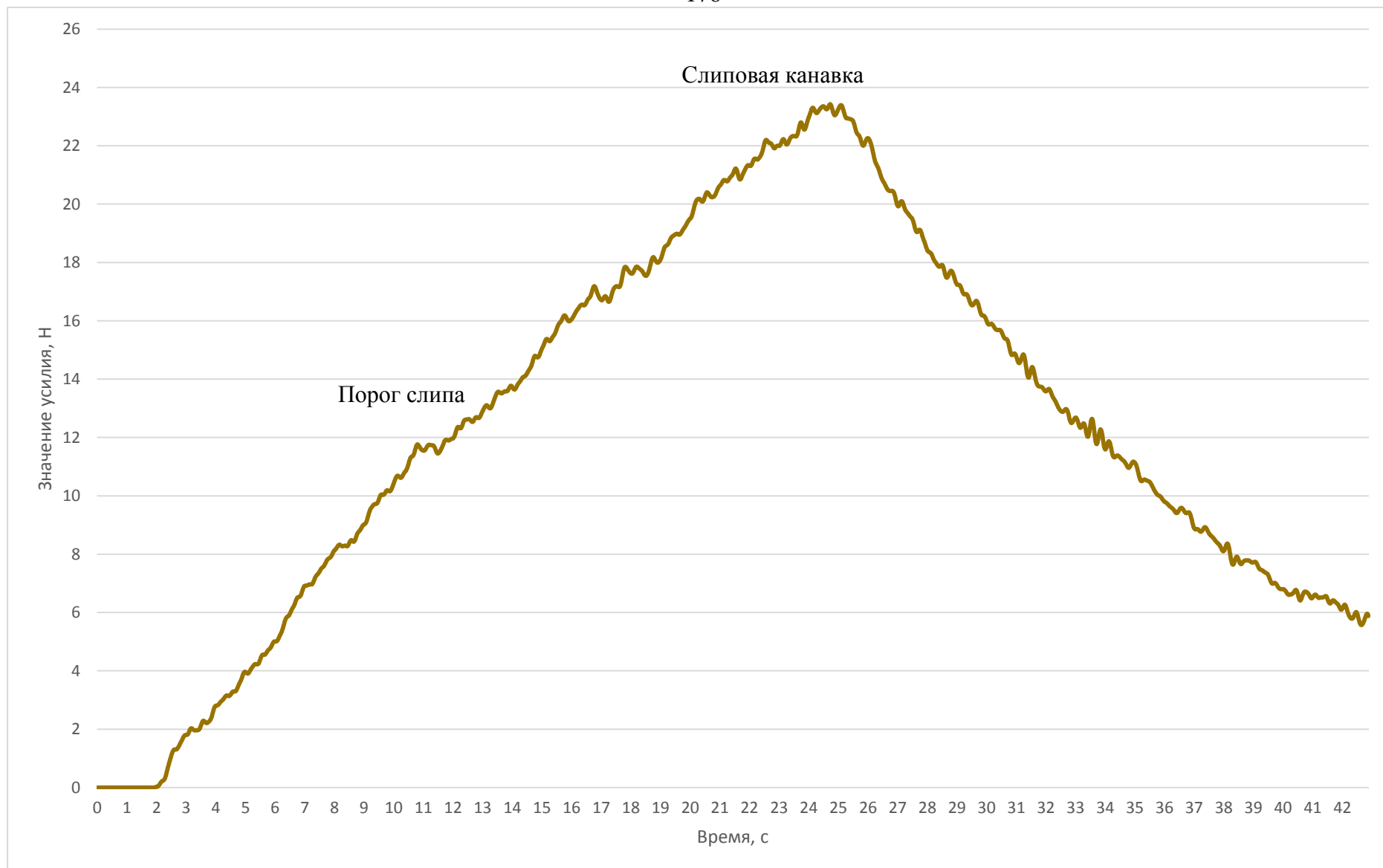


Рисунок П.В.6 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° и скоростью выборки 0,031 м/с

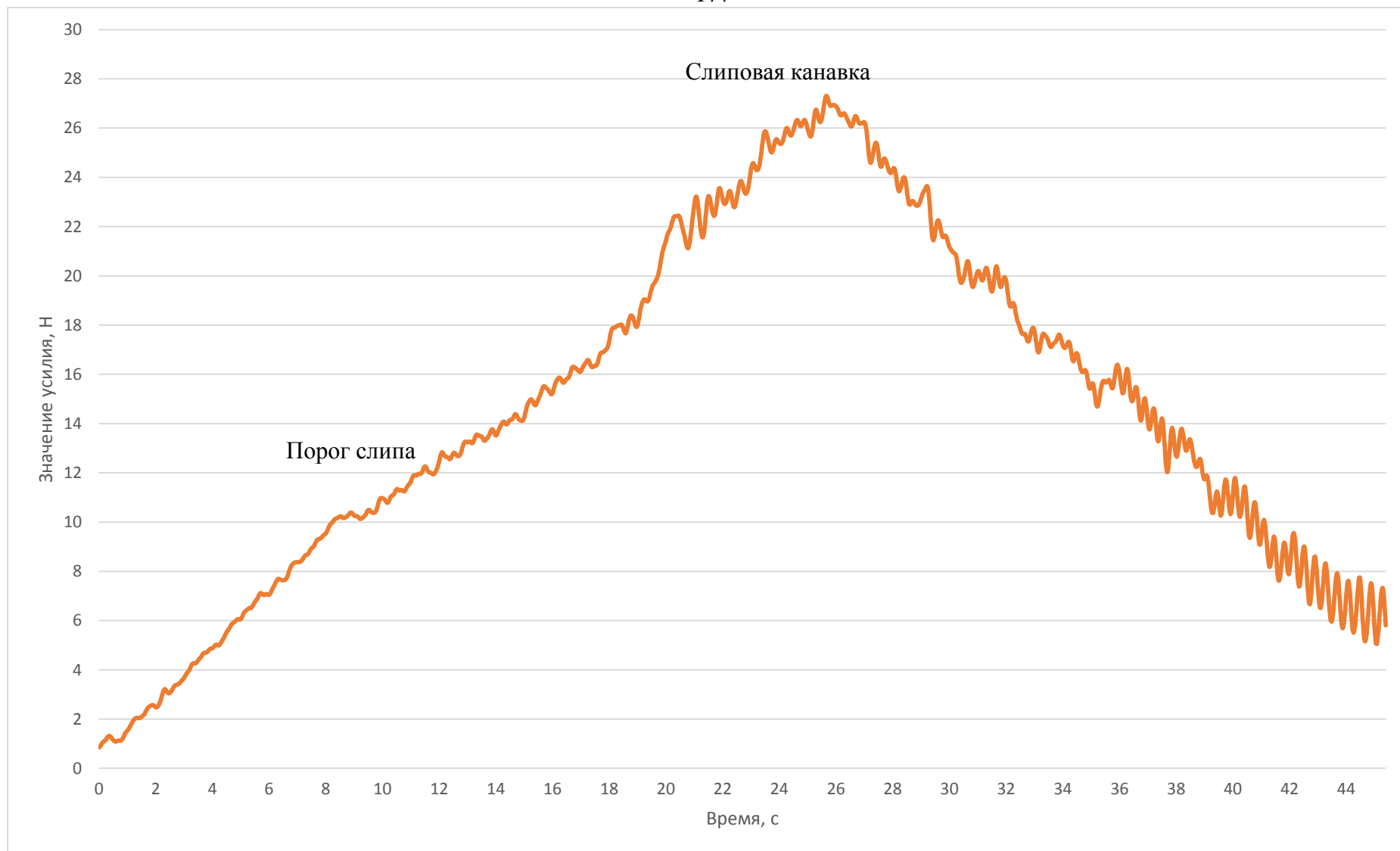


Рисунок П.В.7 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и скоростью выборки 0,031 м/с

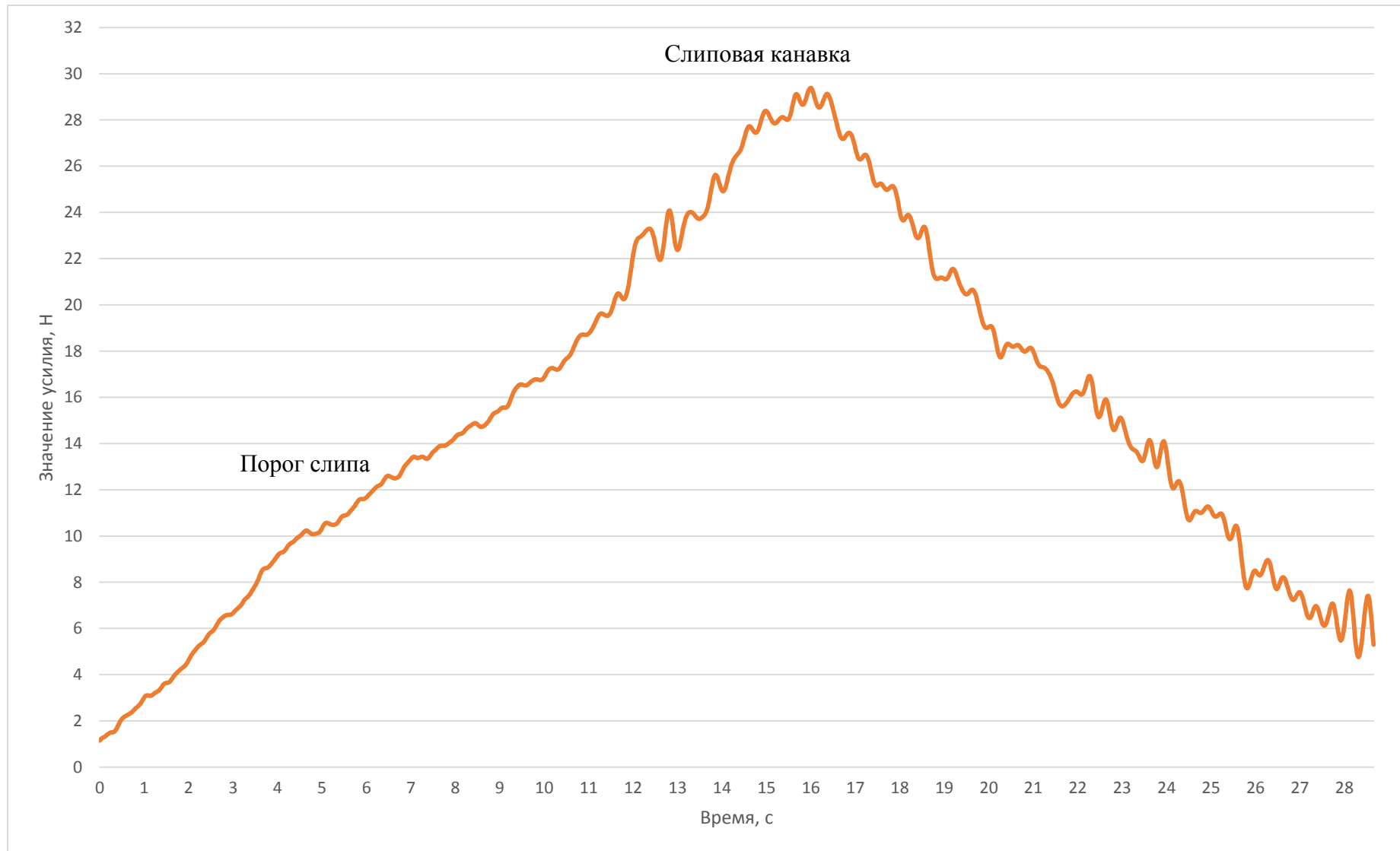


Рисунок П.В.8 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и скоростью выборки $0,048 \text{ м/с}$



Рисунок П.В.9 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 30° и скоростью выборки $0,064$ м/с

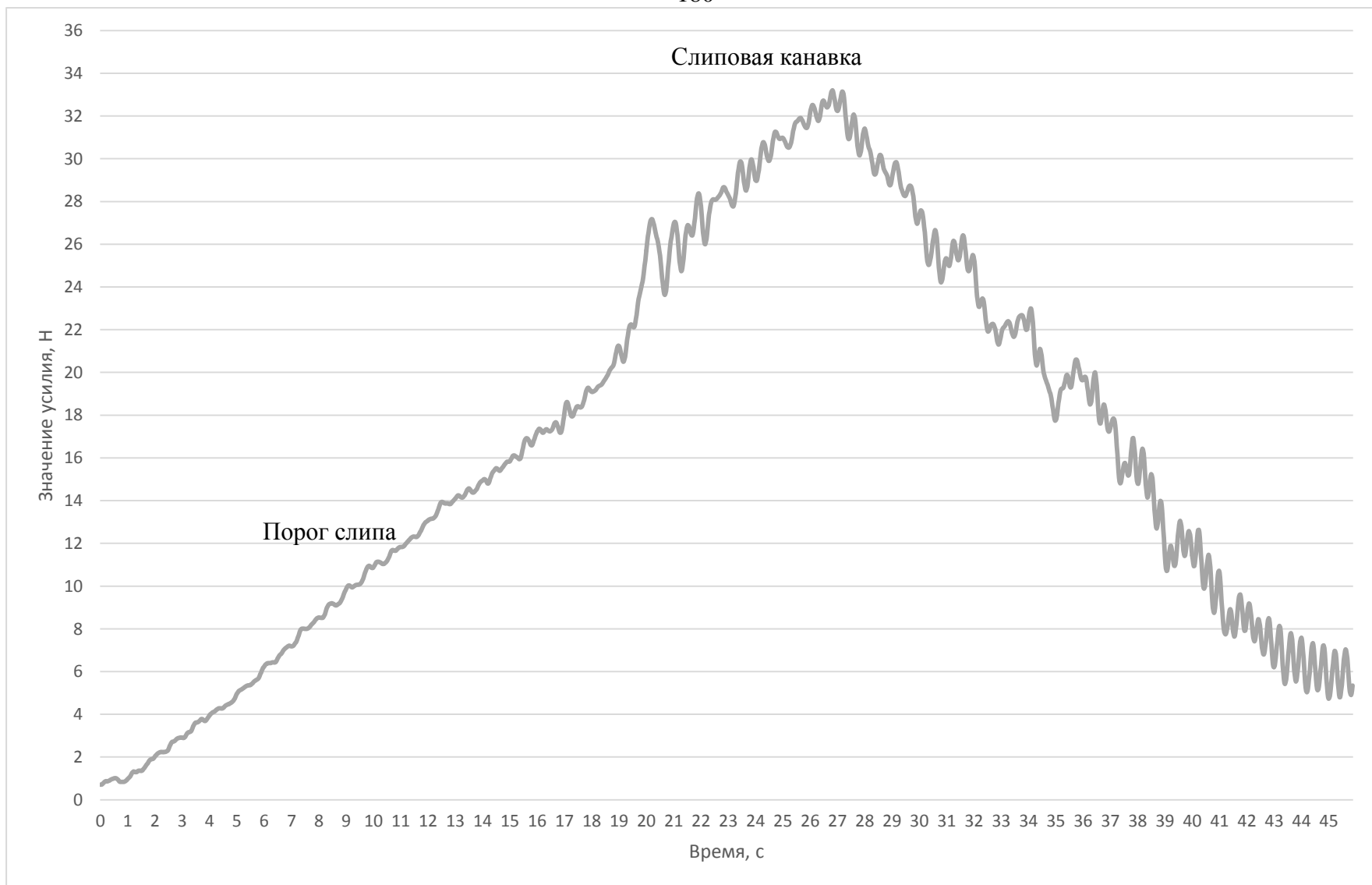


Рисунок П.В.10 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и скоростью выборки $0,031$ м/с

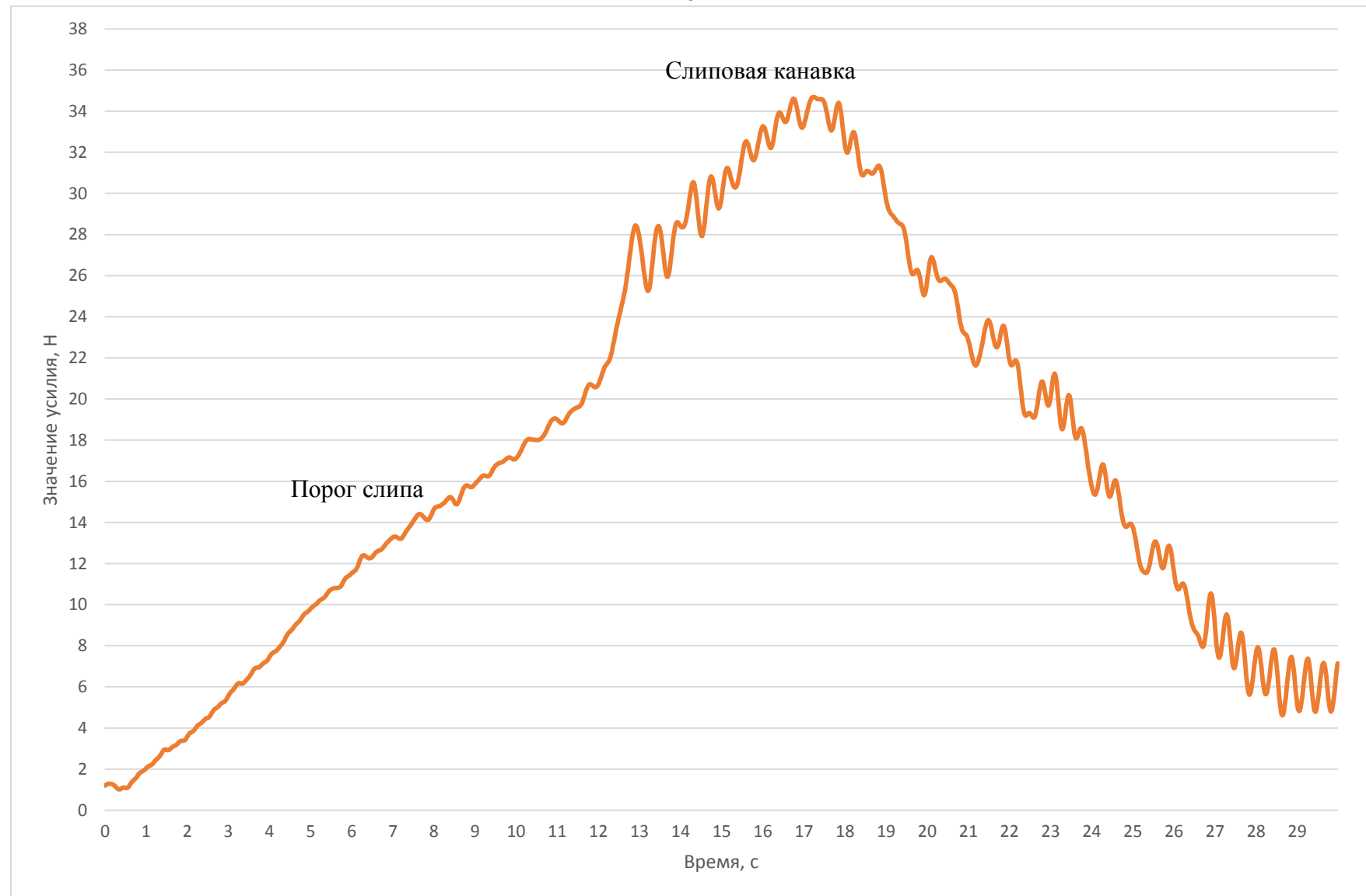


Рисунок П.В.11 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и скоростью выборки 0,048 м/с



Рисунок П.В.12 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямолинейной формы с углом наклона 45° и скоростью выборки $0,064$ м/с

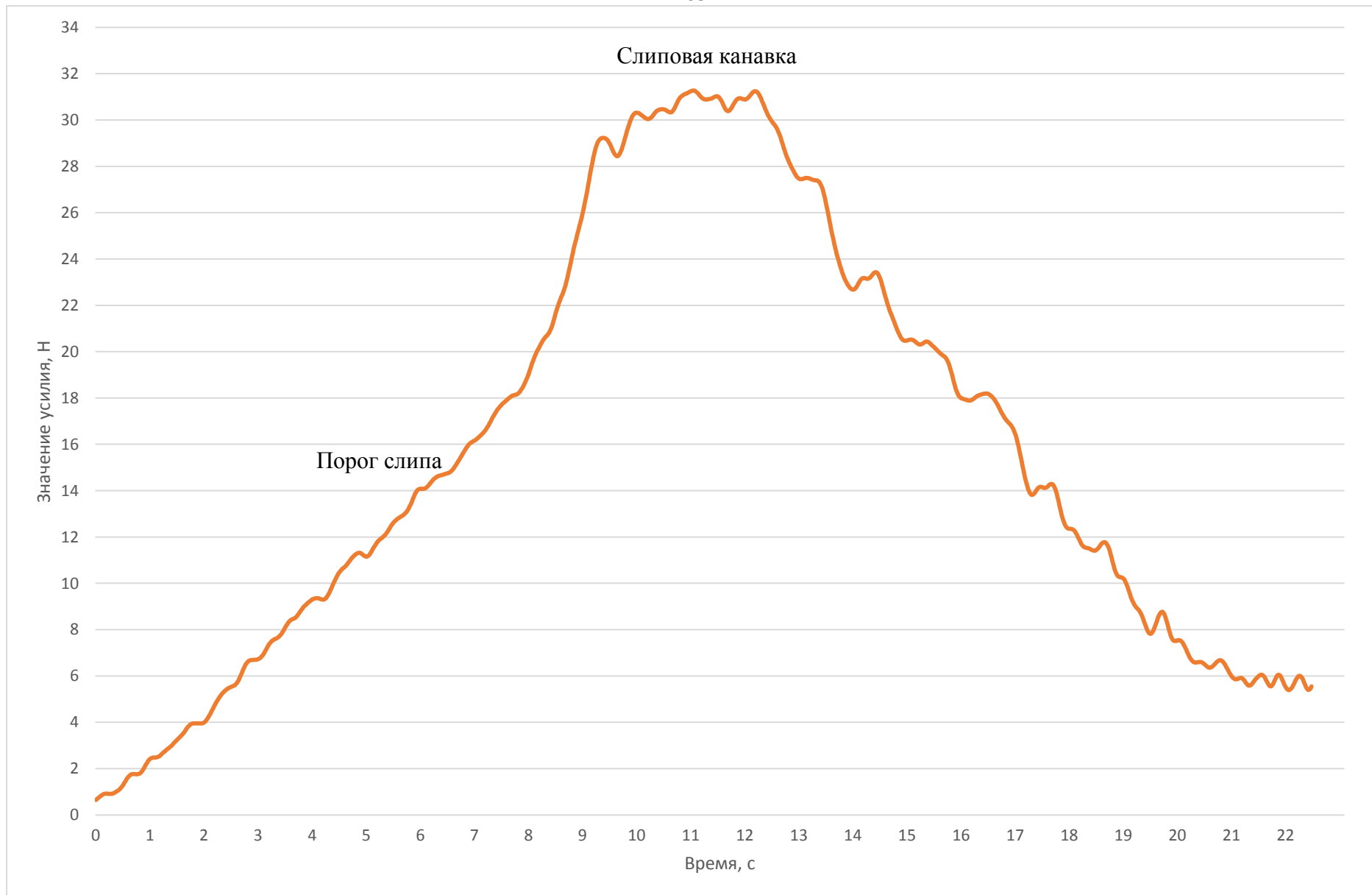


Рисунок П.В.13 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу удлиненной формы с углом наклона 45° и скоростью выборки $0,064 \text{ м/с}$

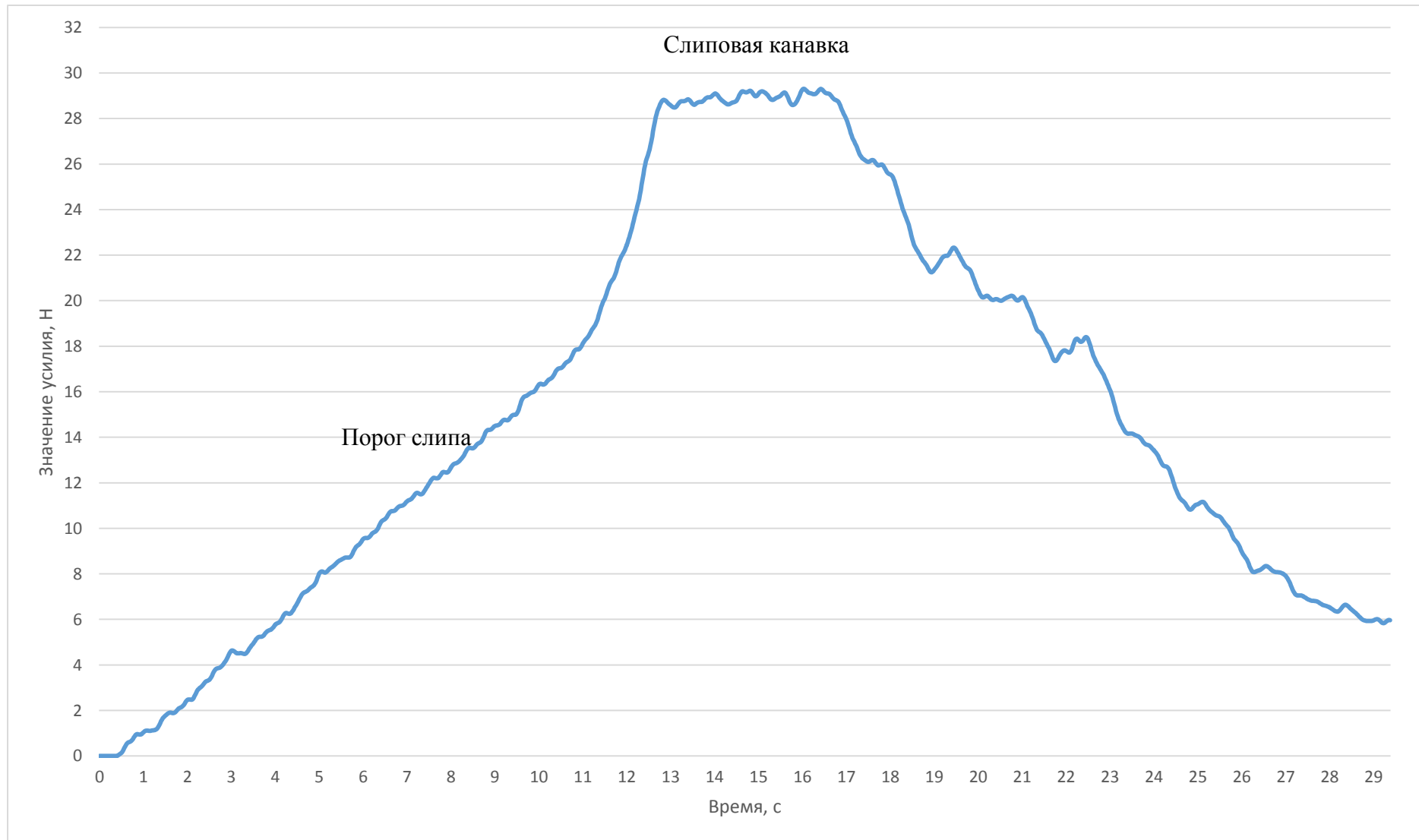


Рисунок П.В.14 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу удлиненной формы с углом наклона 45° и скоростью выборки $0,048 \text{ м/с}$

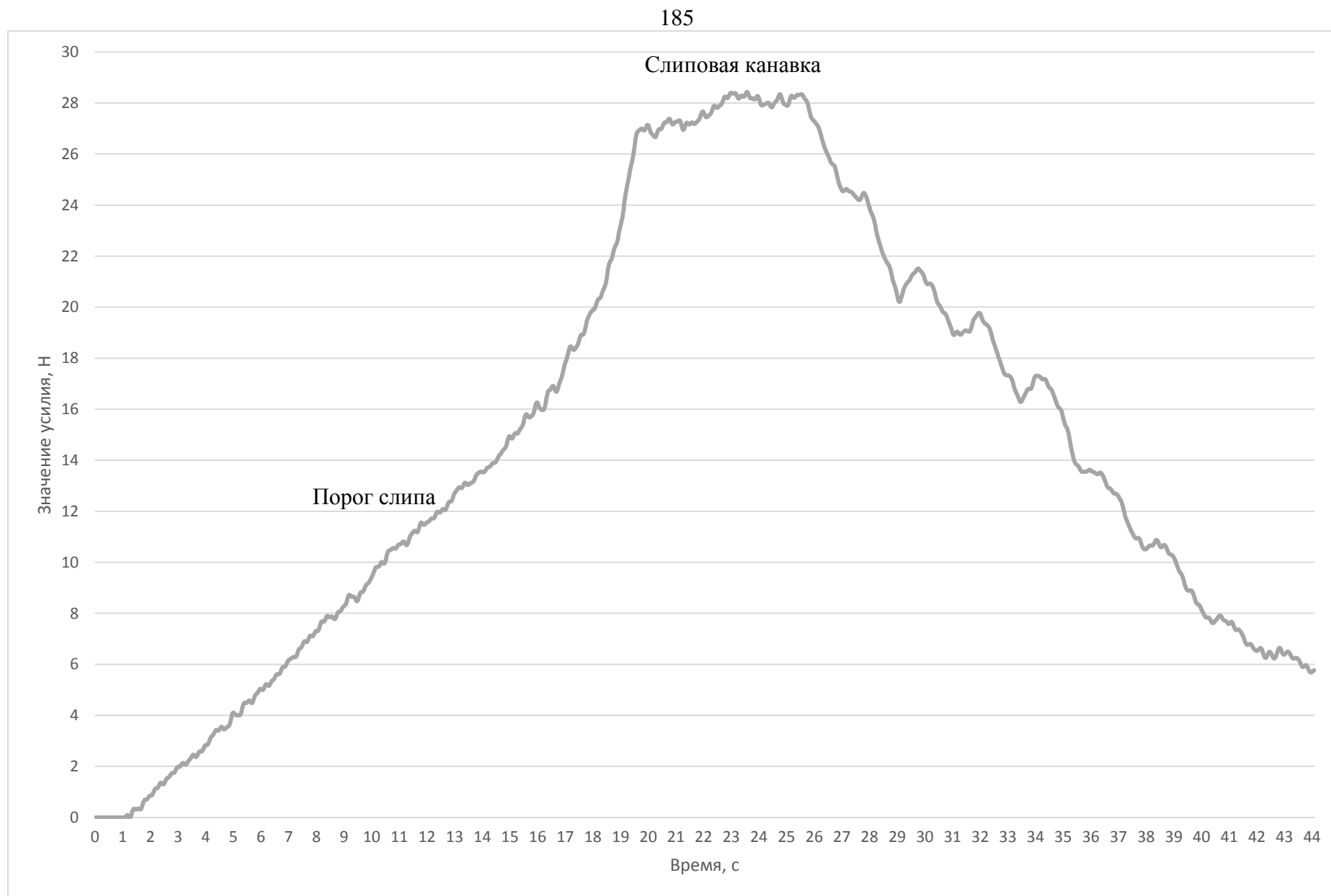


Рисунок П.В.15 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу удлинённой формы с углом наклона 45° и скоростью выборки 0,031 м/с

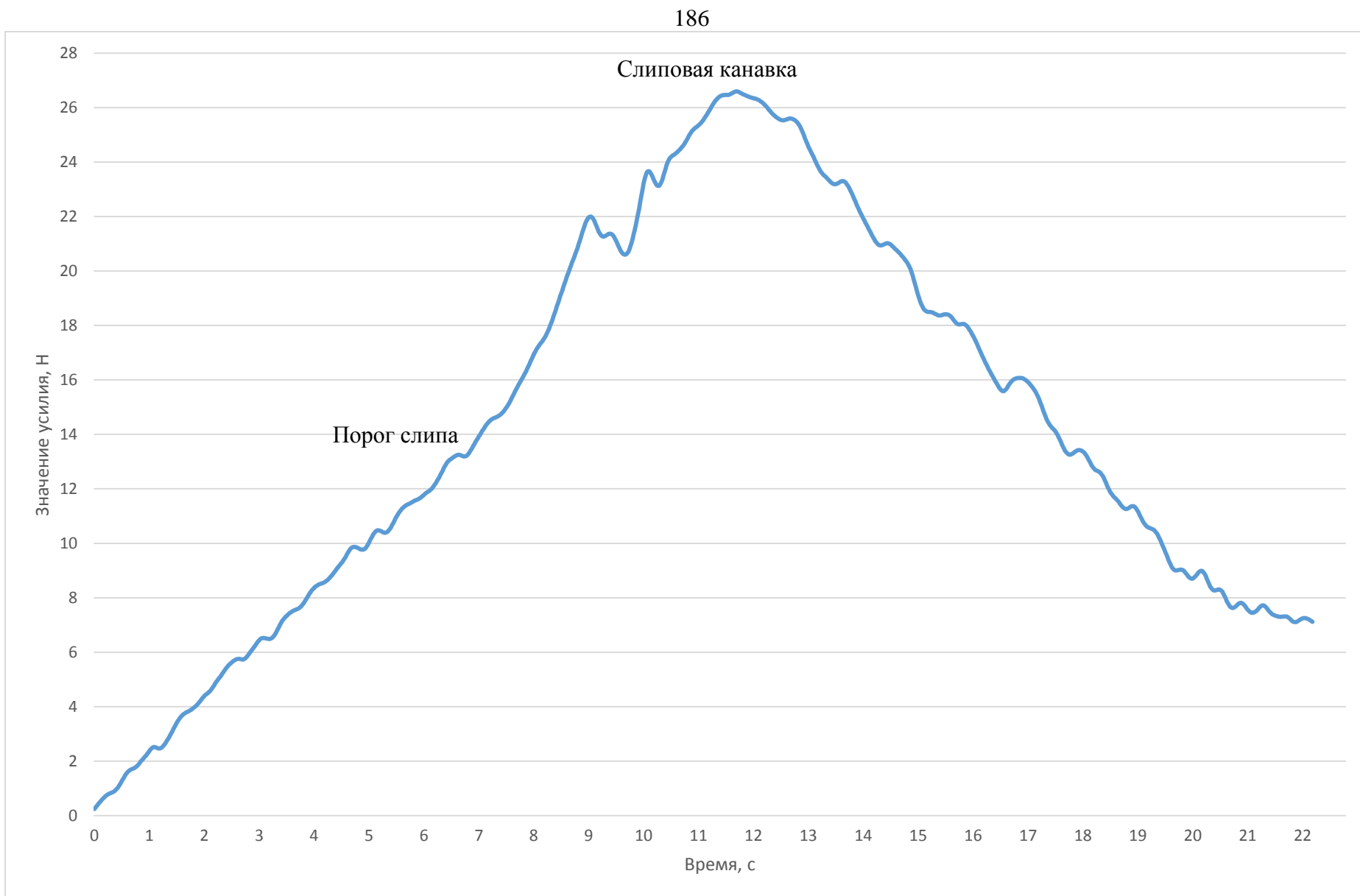


Рисунок П.В.16 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу удлинённой формы с углом наклона 30° и скоростью выборки $0,064$ м/с

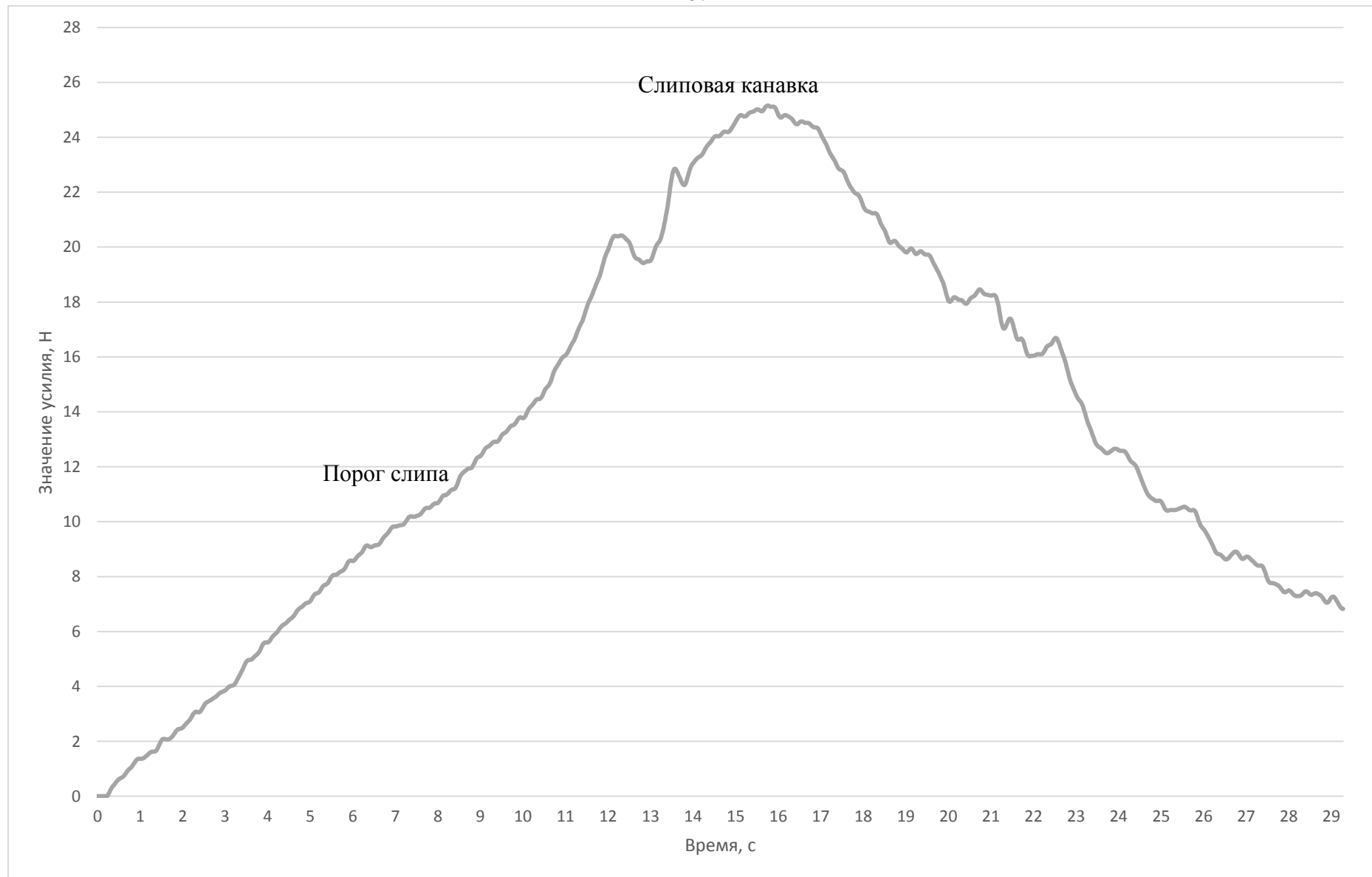


Рисунок П.В.17 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу удлинённой формы с углом наклона 30° и скоростью выборки 0,048 м/с

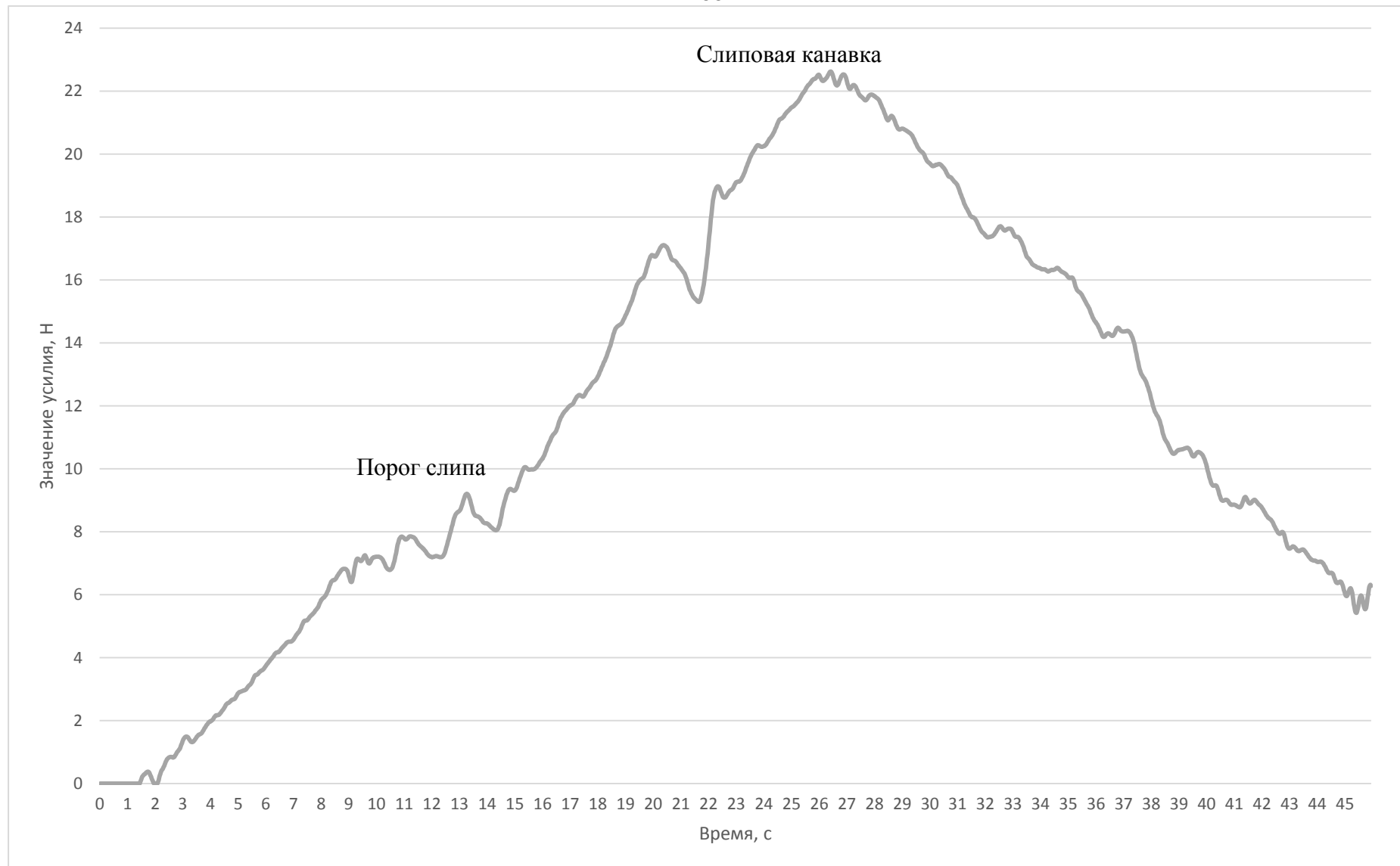


Рисунок П.В.18 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу удлиненной формы с углом наклона 30° и скоростью выборки 0,031 м/с

Приложение Г

Результаты экспериментальных исследований на модельной установке на третьем этапе работ

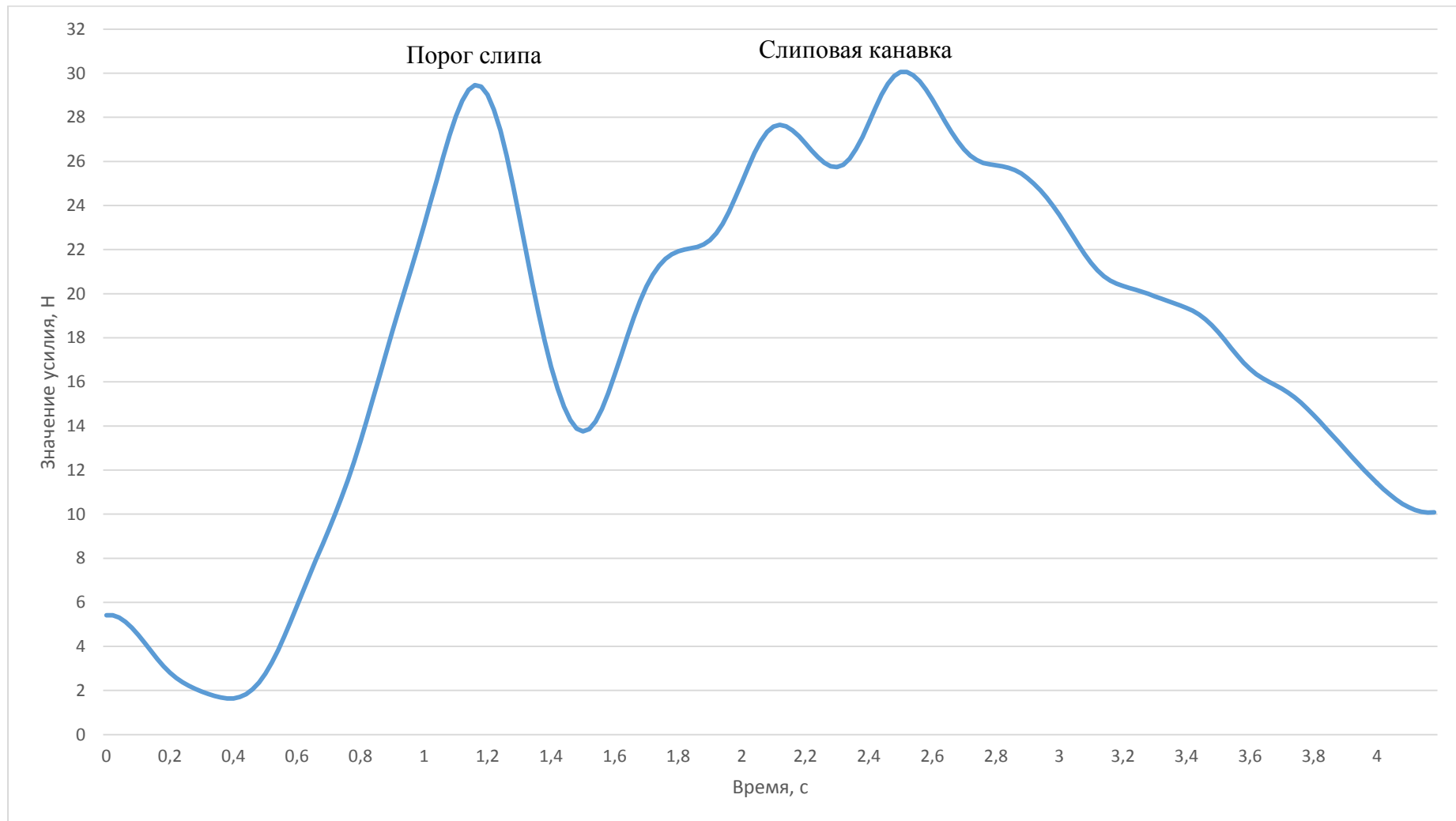


Рисунок П.Г.1 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

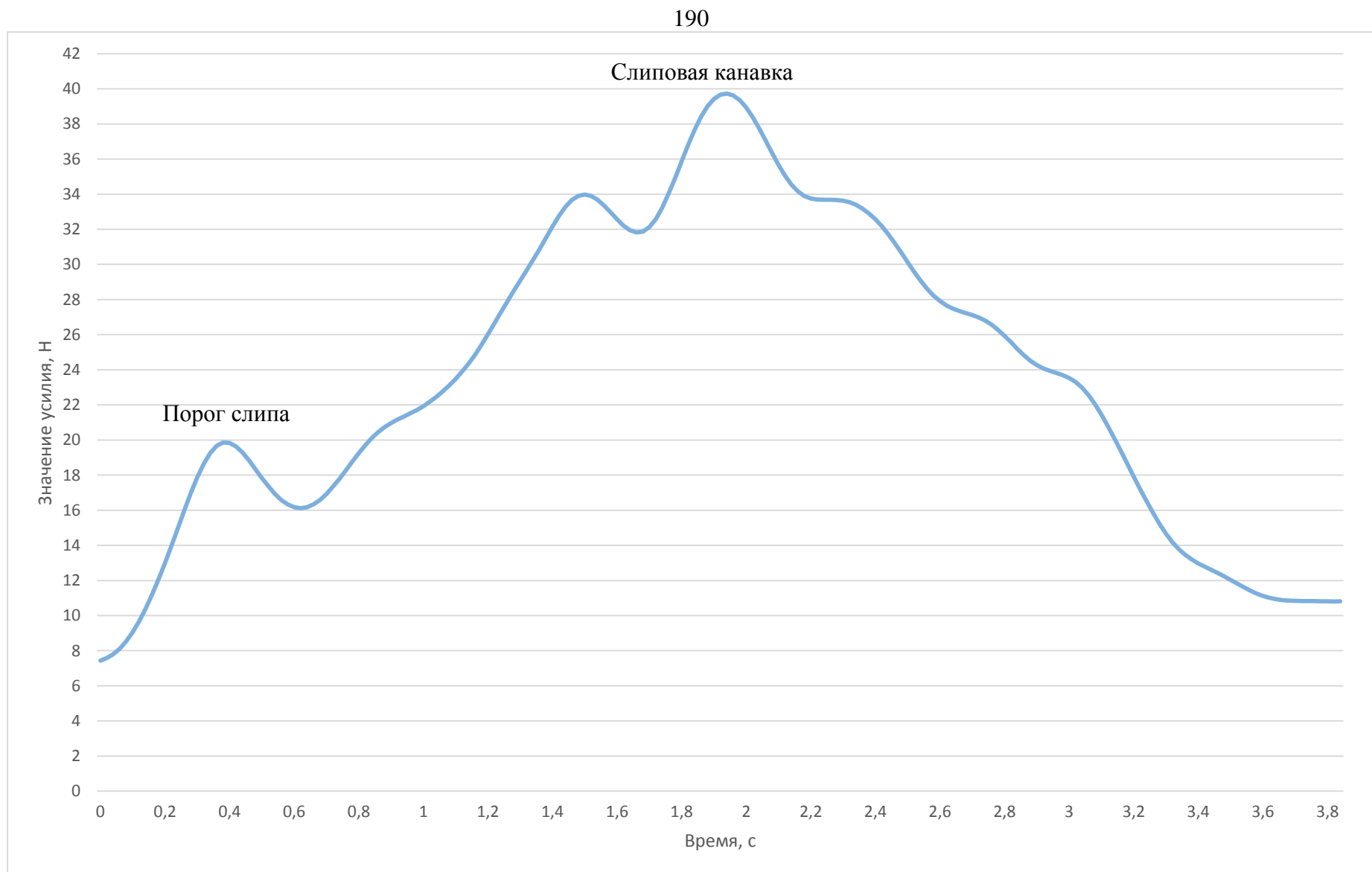


Рисунок П.Г.2 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

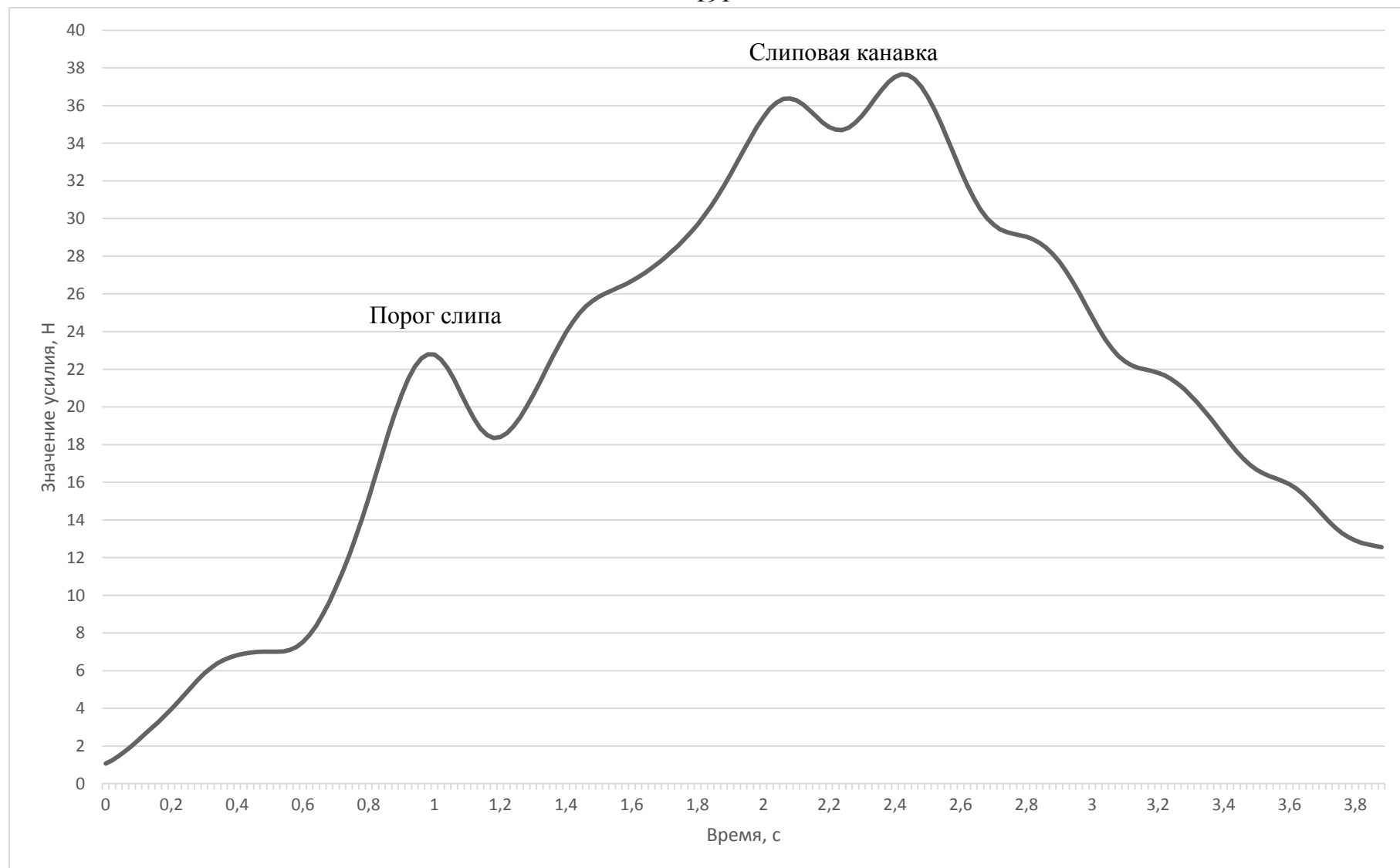


Рисунок П.Г.3 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

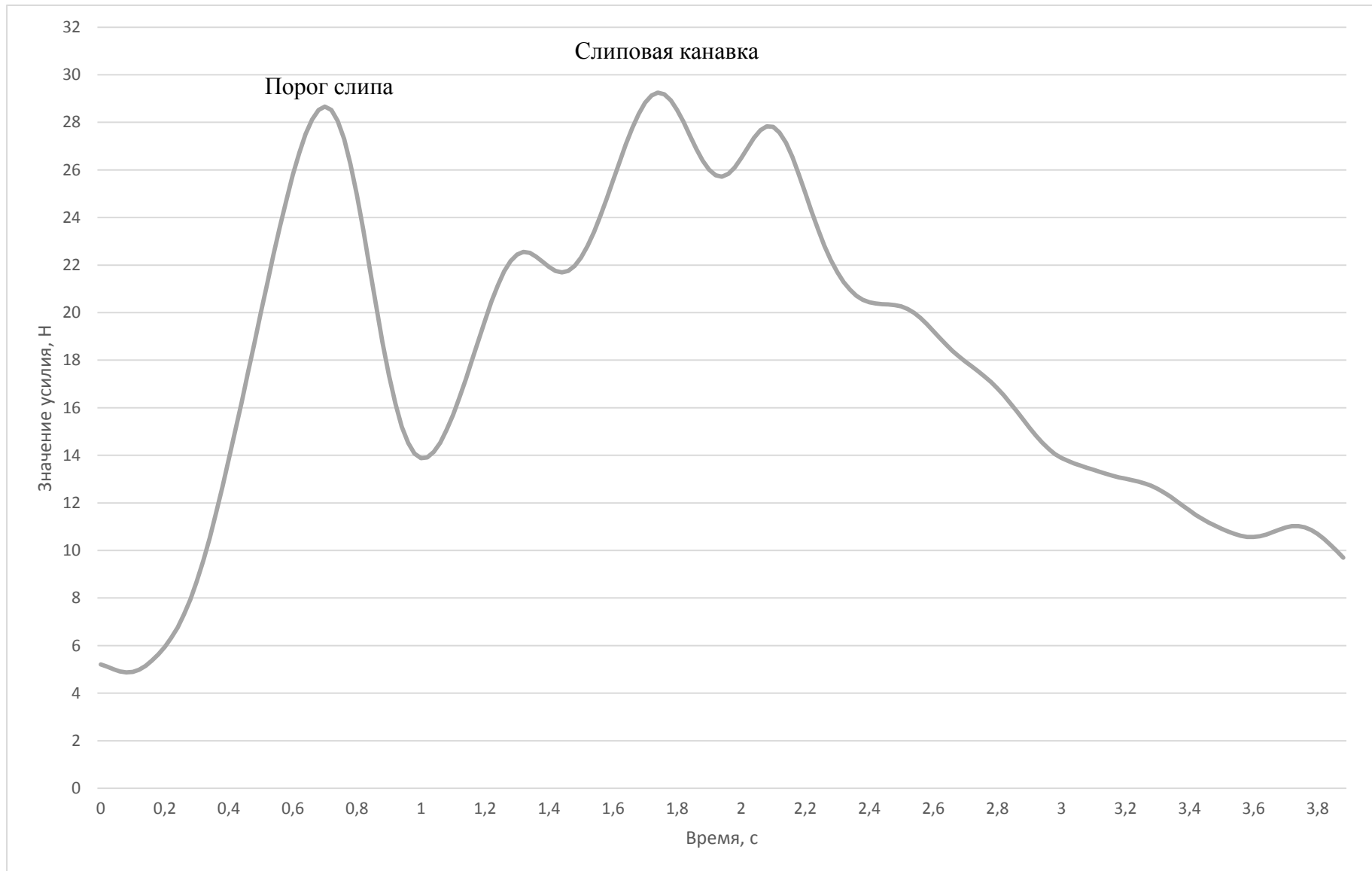


Рисунок П.Г.4 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

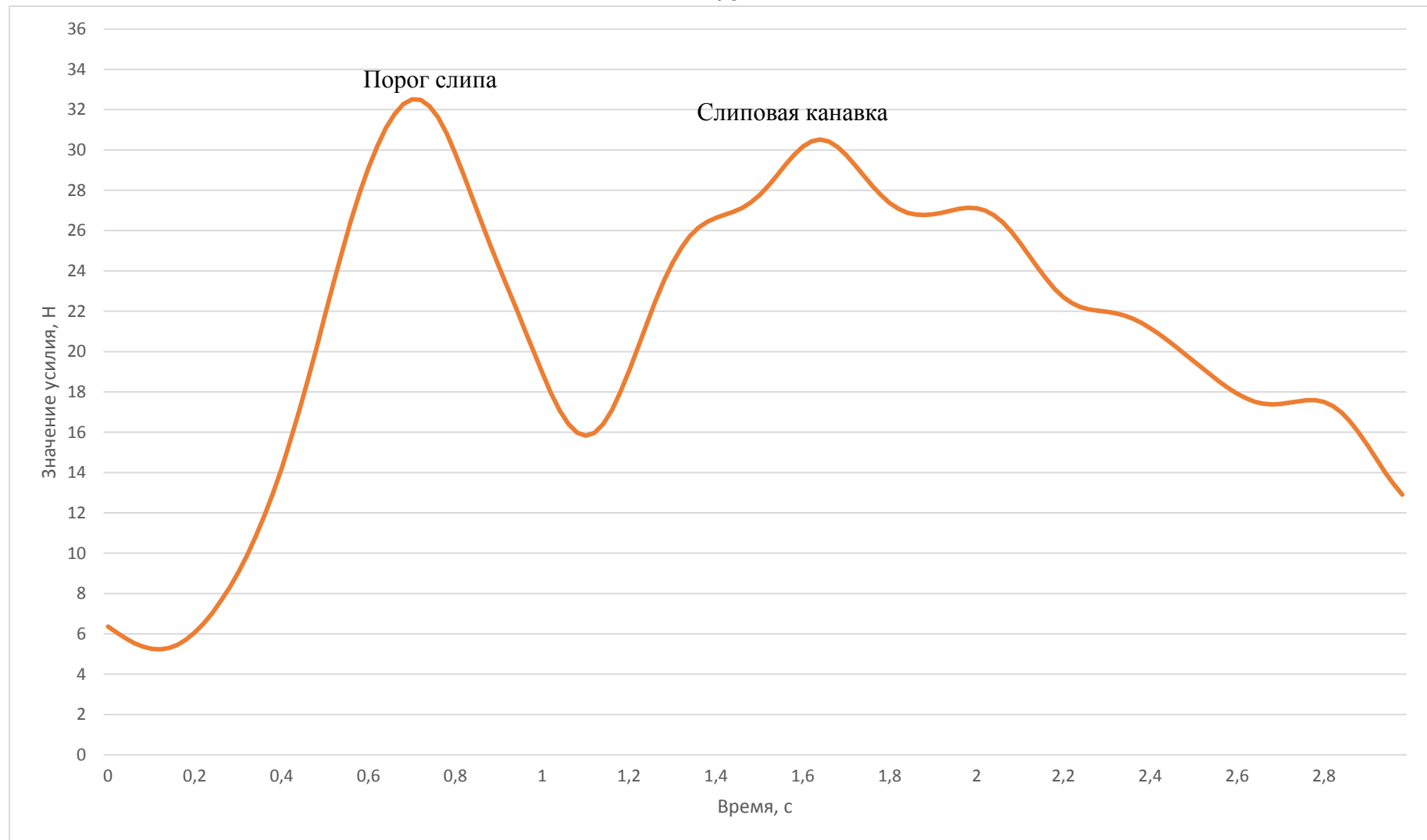


Рисунок П.Г.5 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

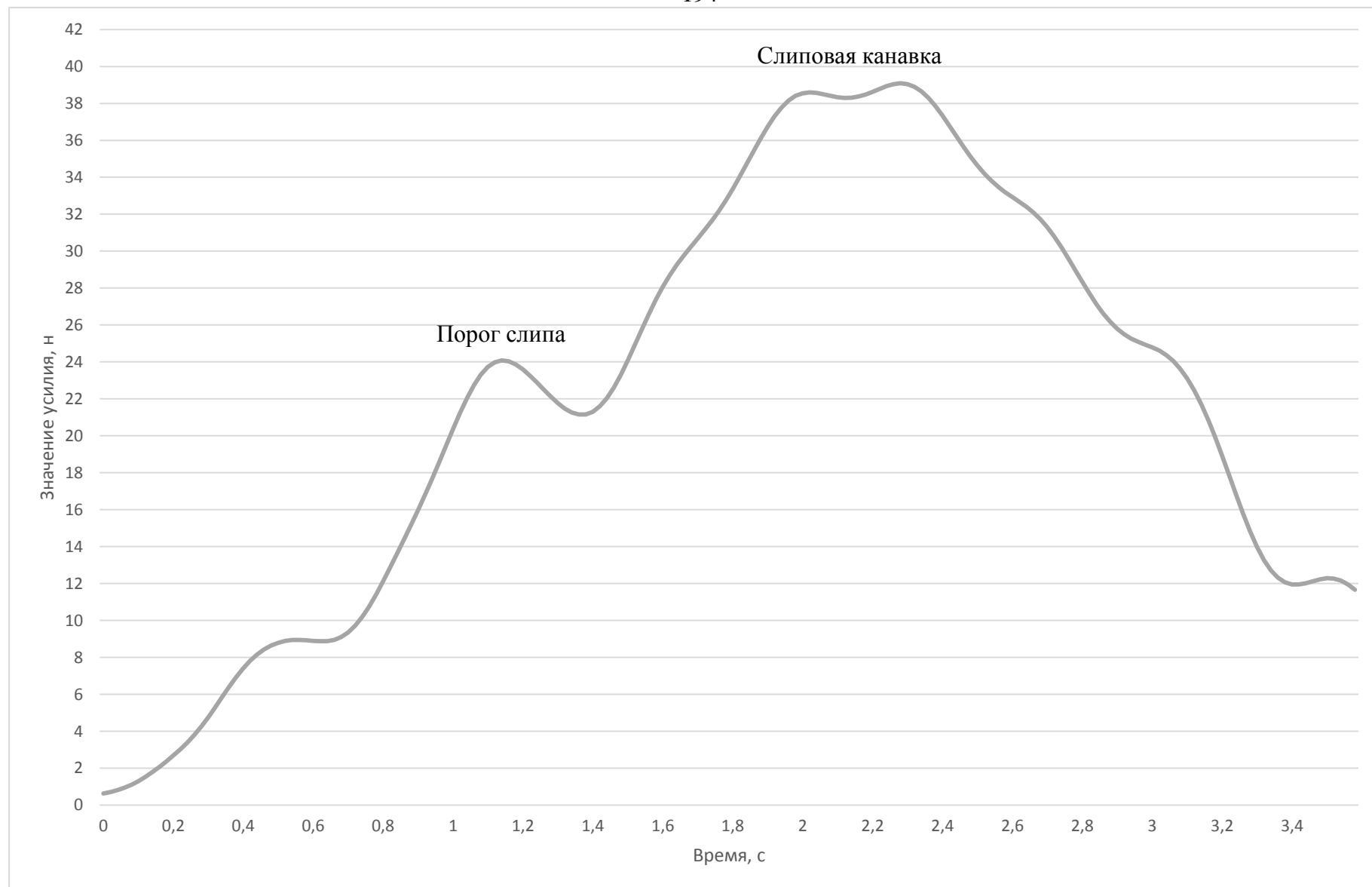


Рисунок П.Г.6 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

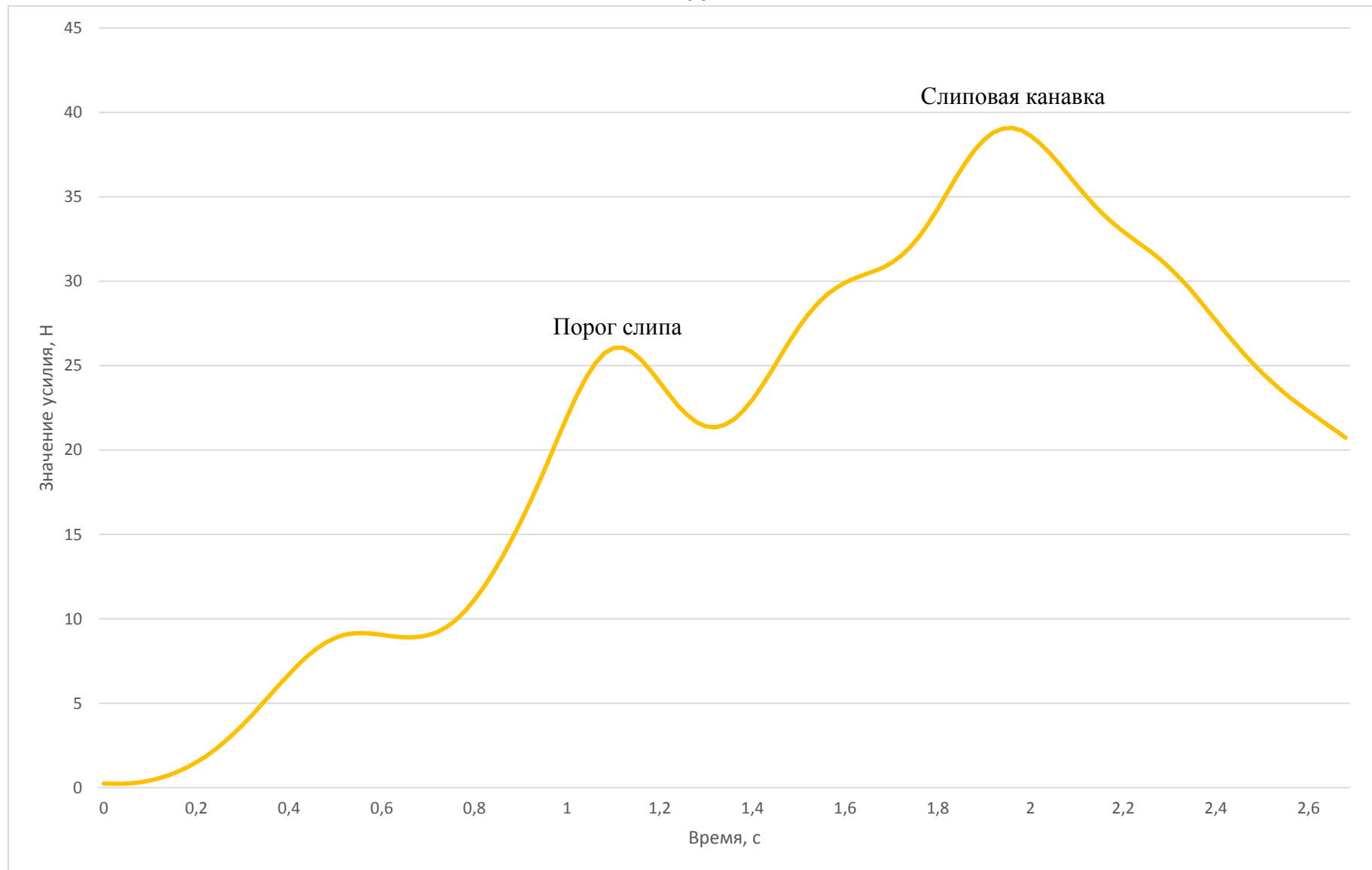


Рисунок П.Г.7 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

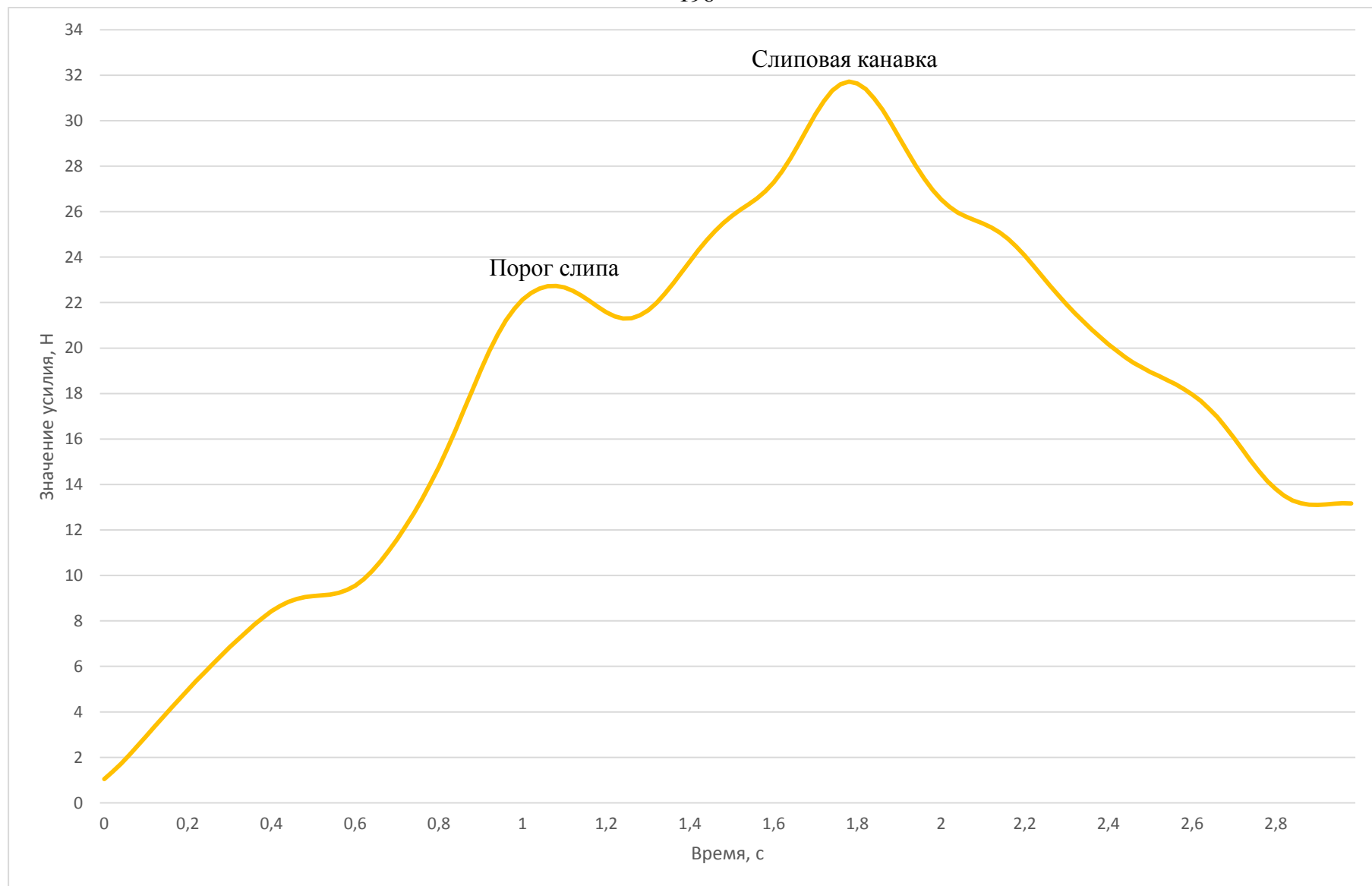


Рисунок П.Г.8 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

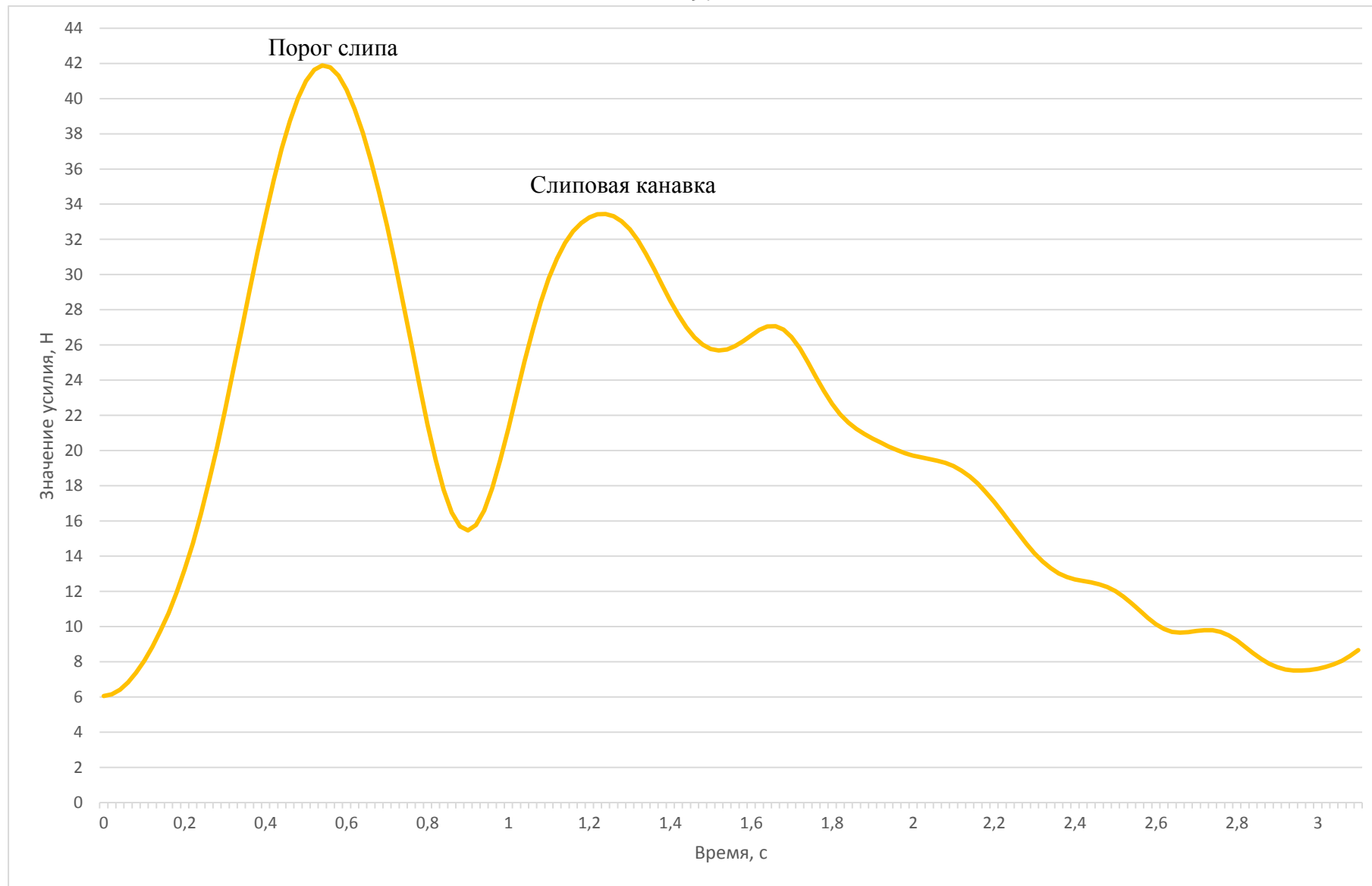


Рисунок П.Г.9 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

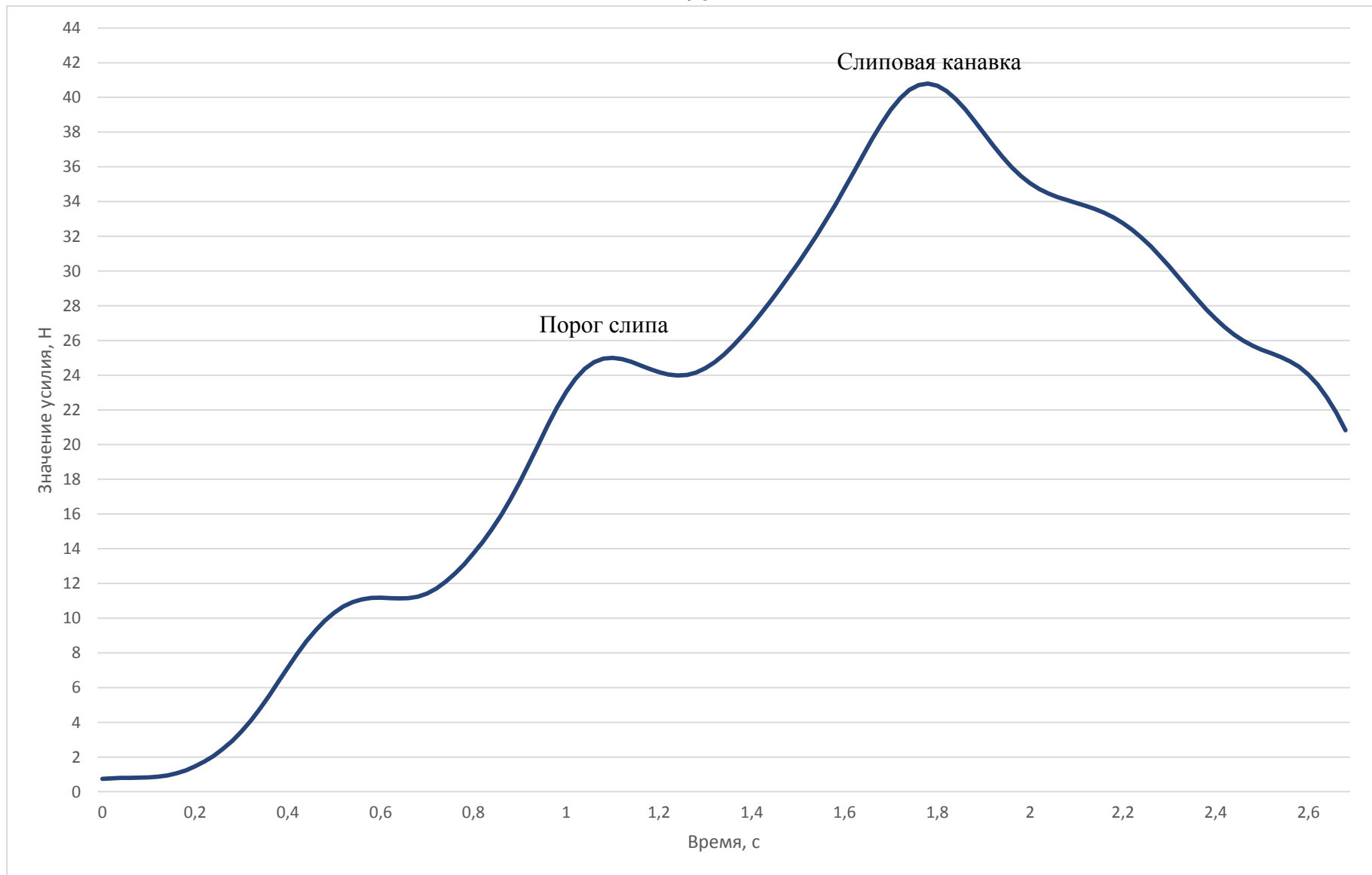


Рисунок П.Г.10 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

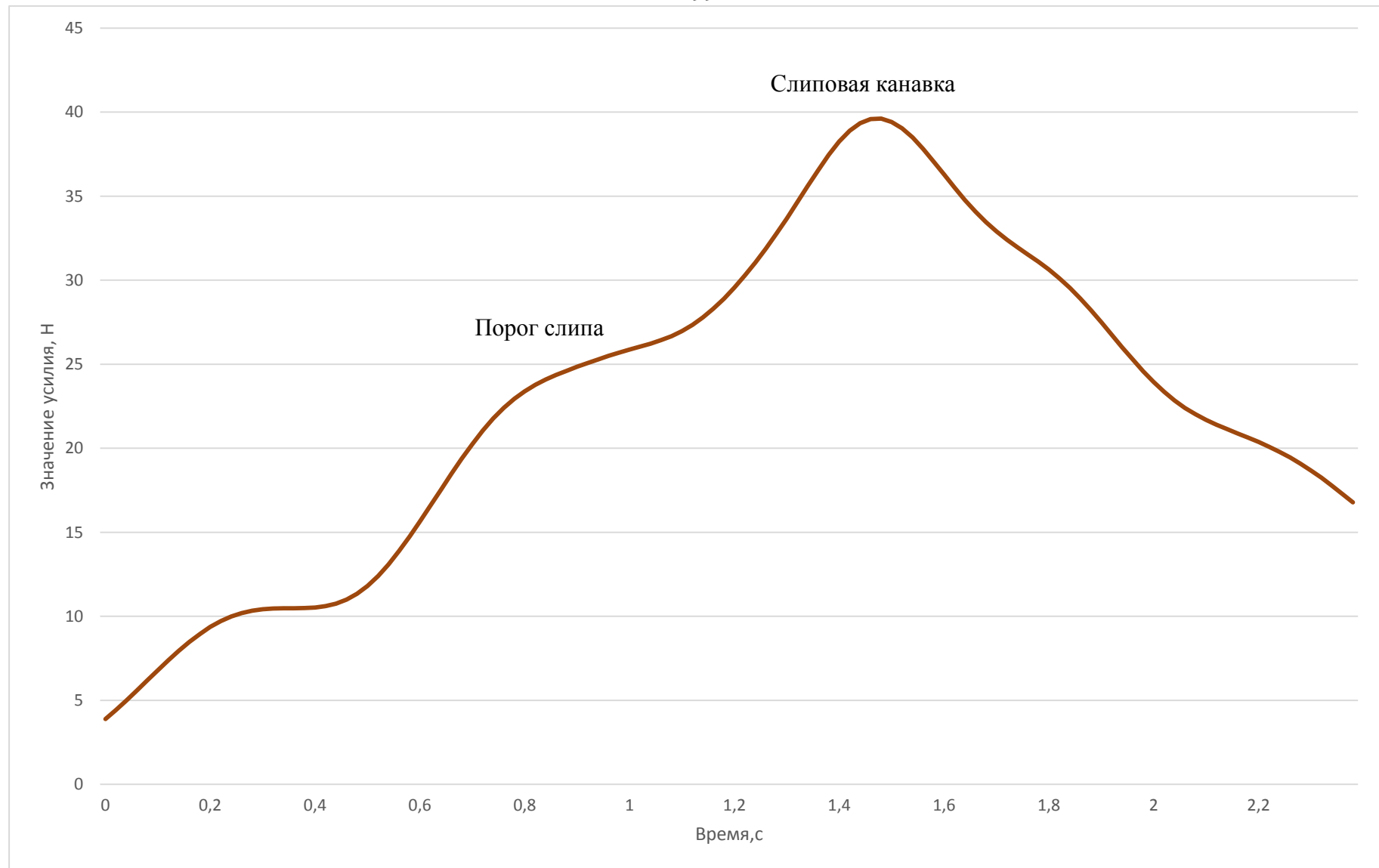


Рисунок П.Г.11 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

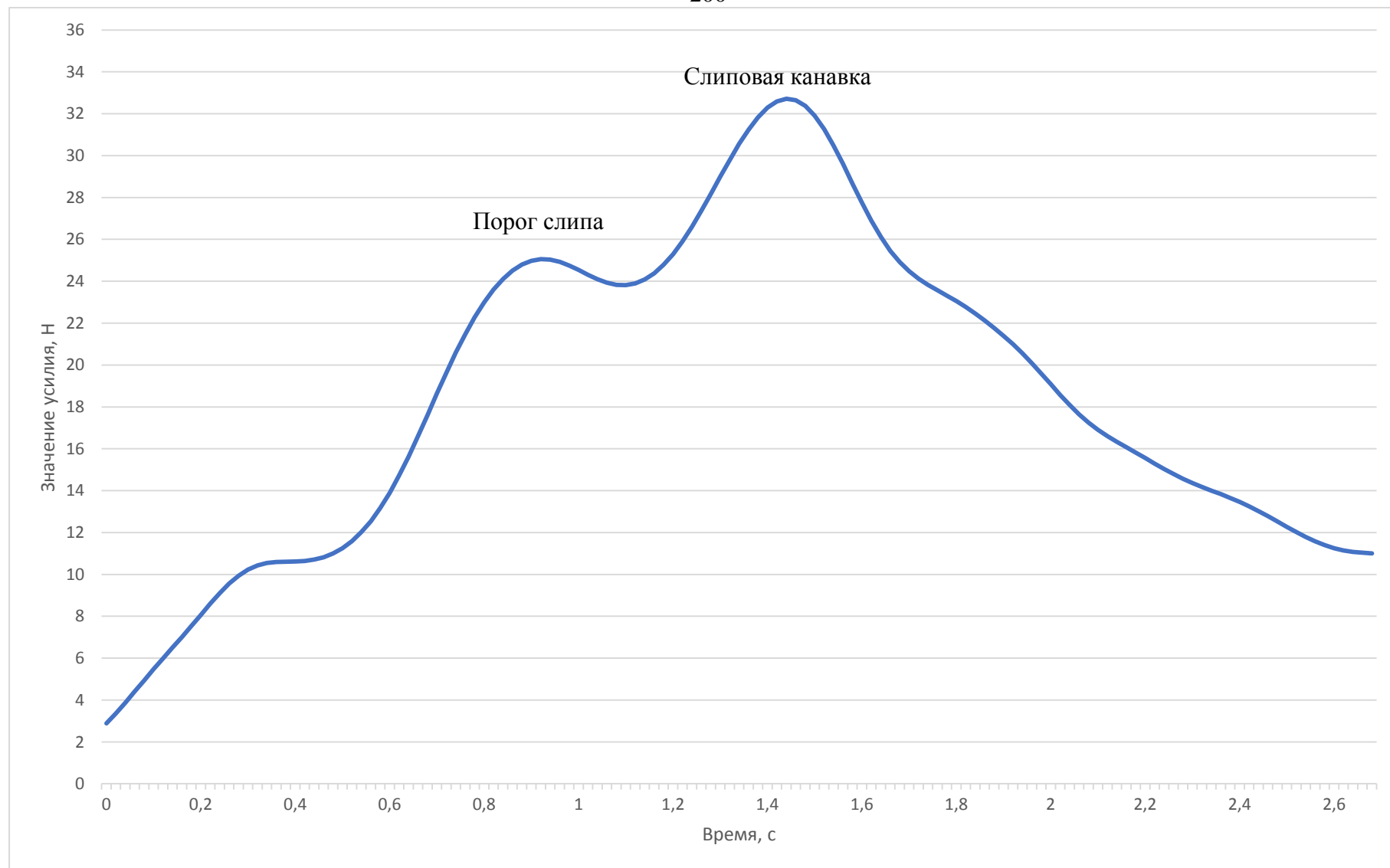


Рисунок П.Г.12 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 246 см^2

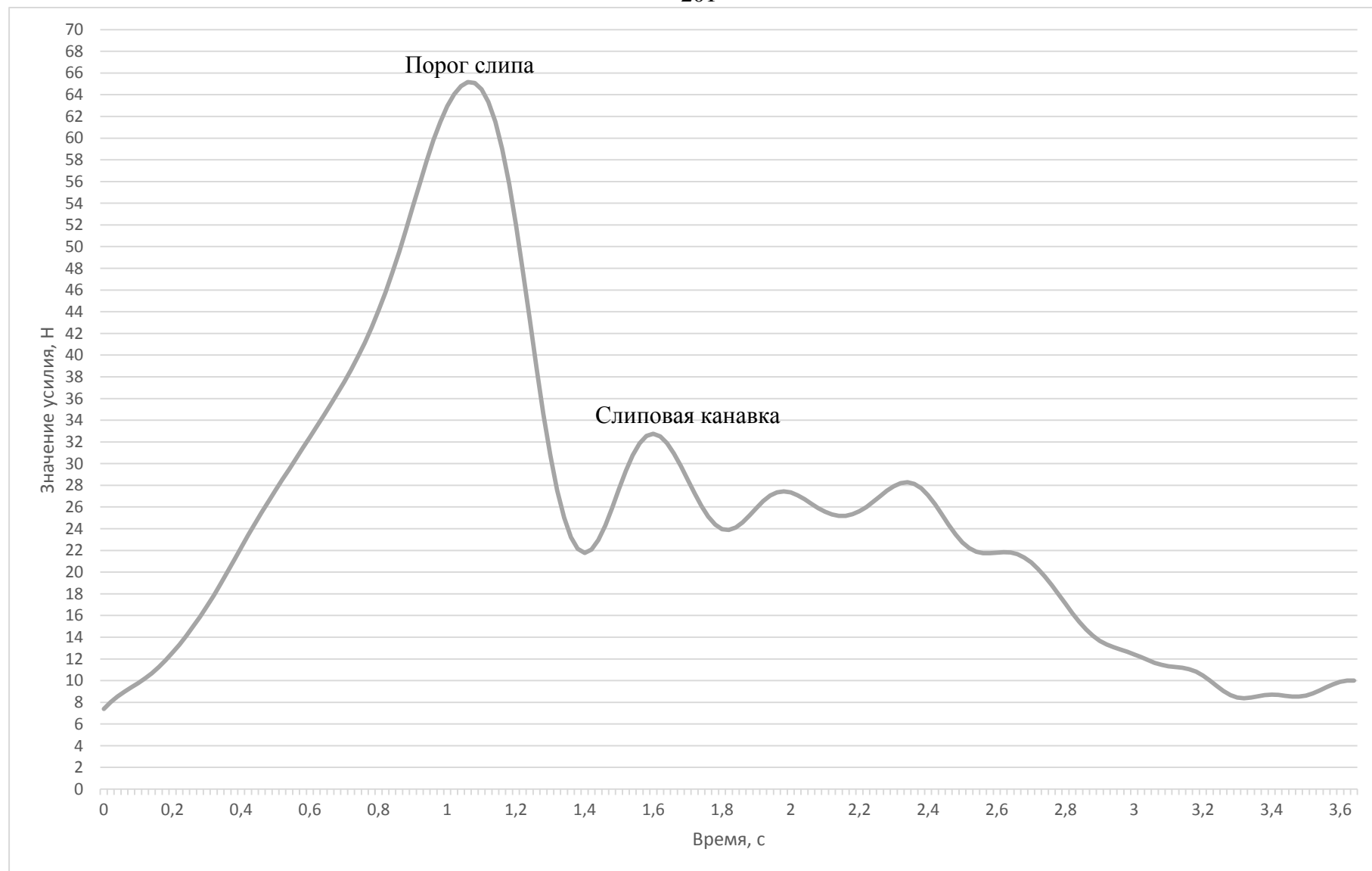


Рисунок П.Г.13 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

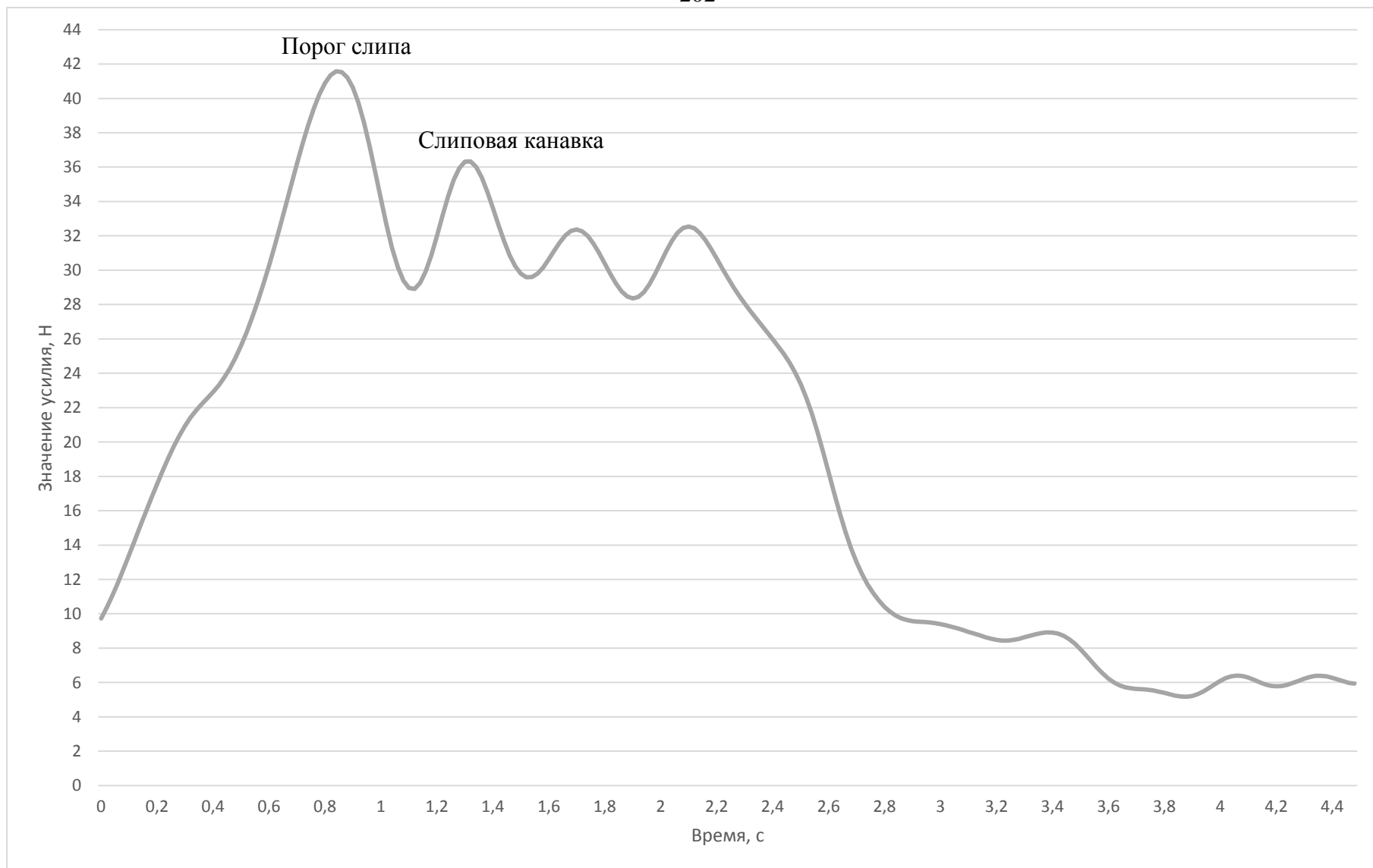


Рисунок П.Г.14 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

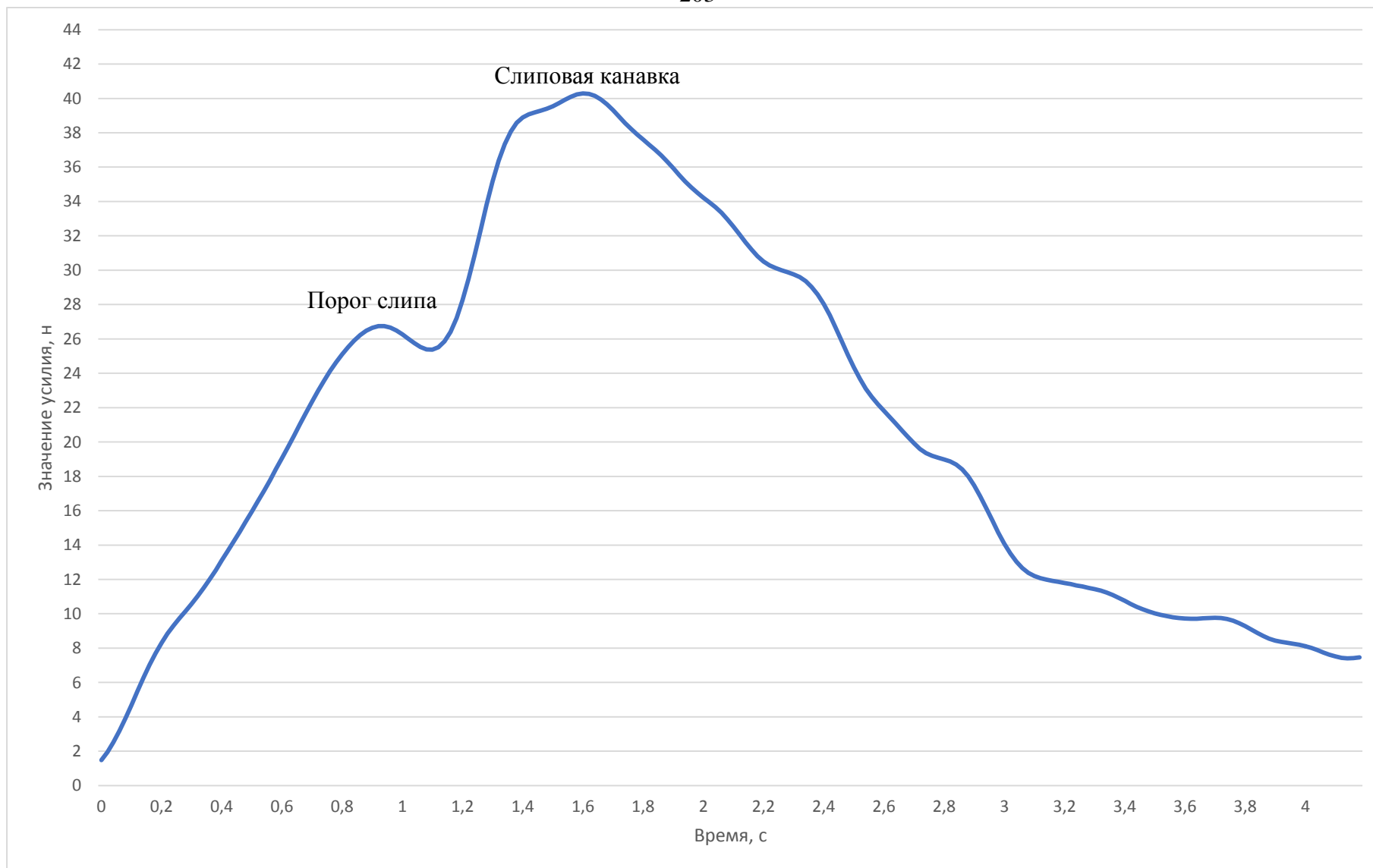


Рисунок П.Г.15 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

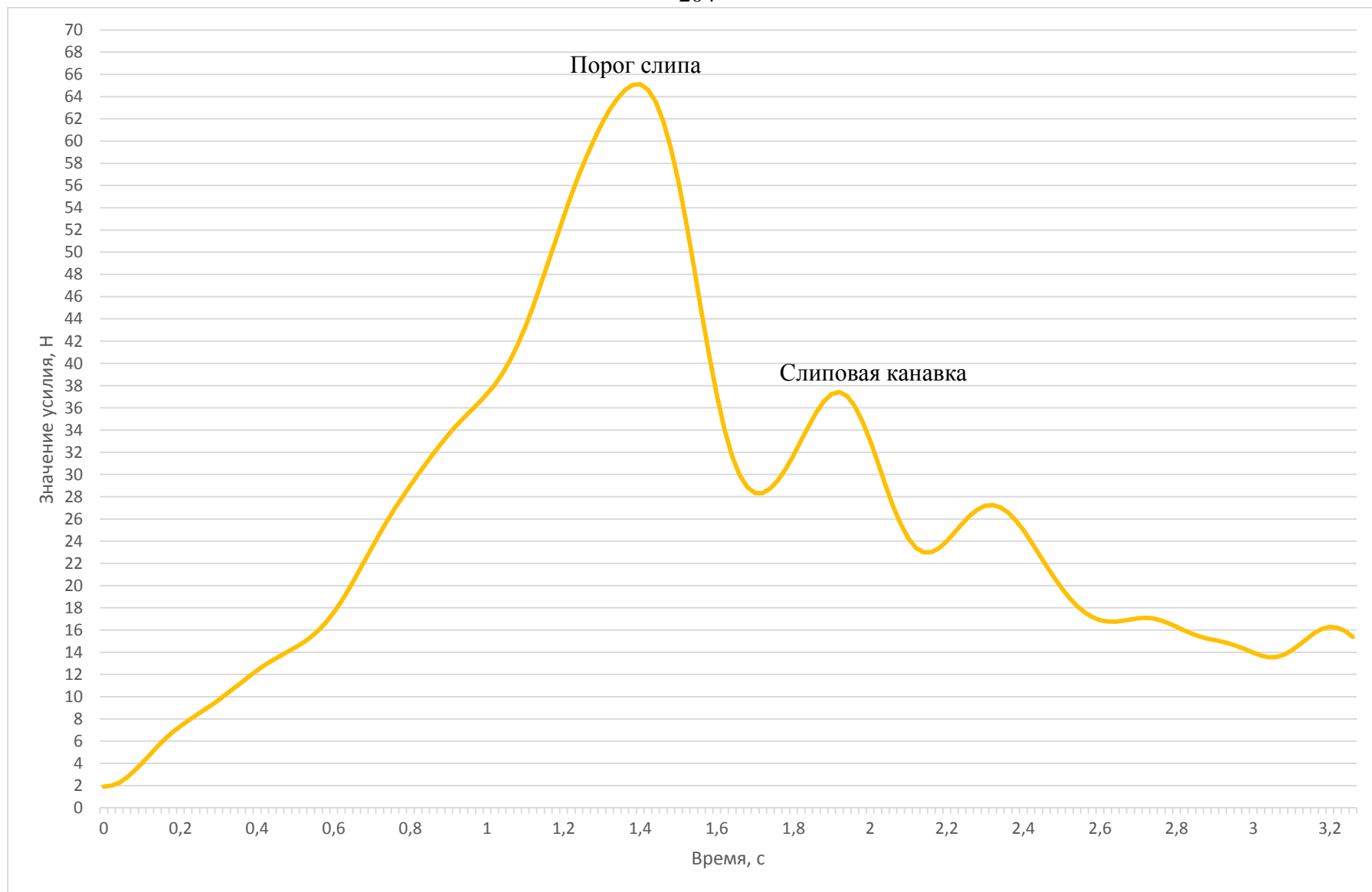


Рисунок П.Г.16 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,3 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

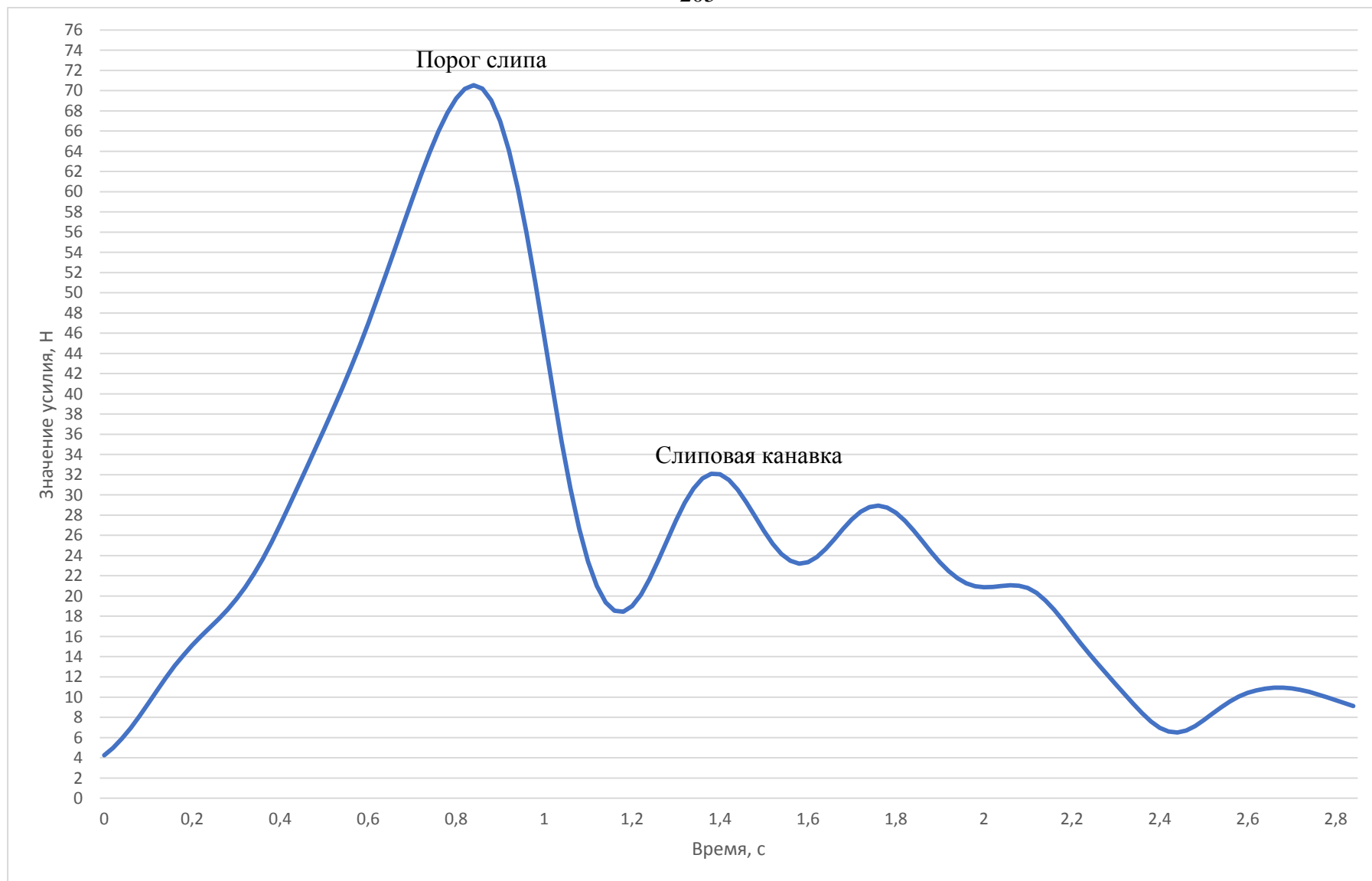


Рисунок П.Г.17 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 30° , скоростью выборки $0,4$ м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

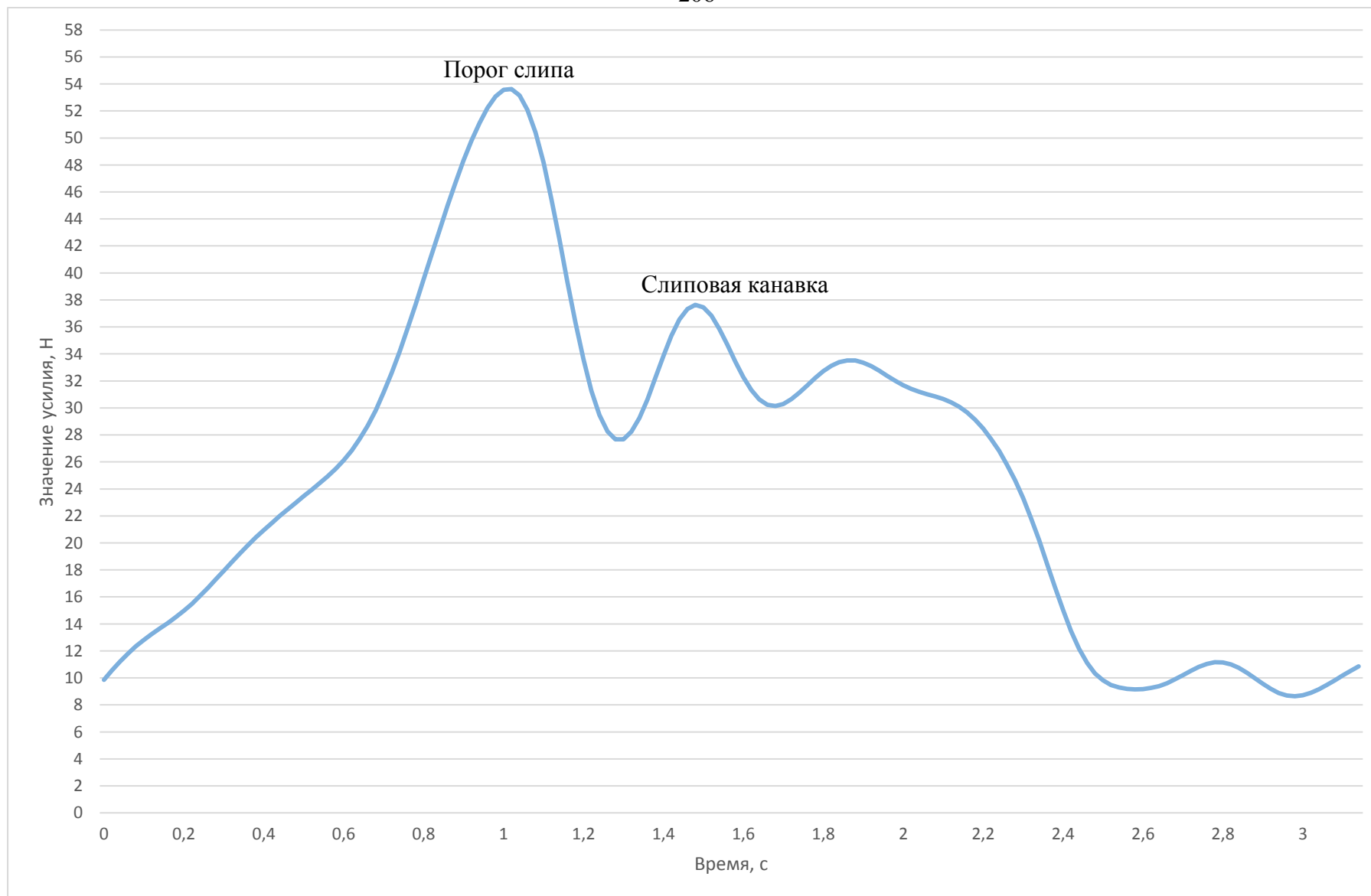


Рисунок П.Г.18 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

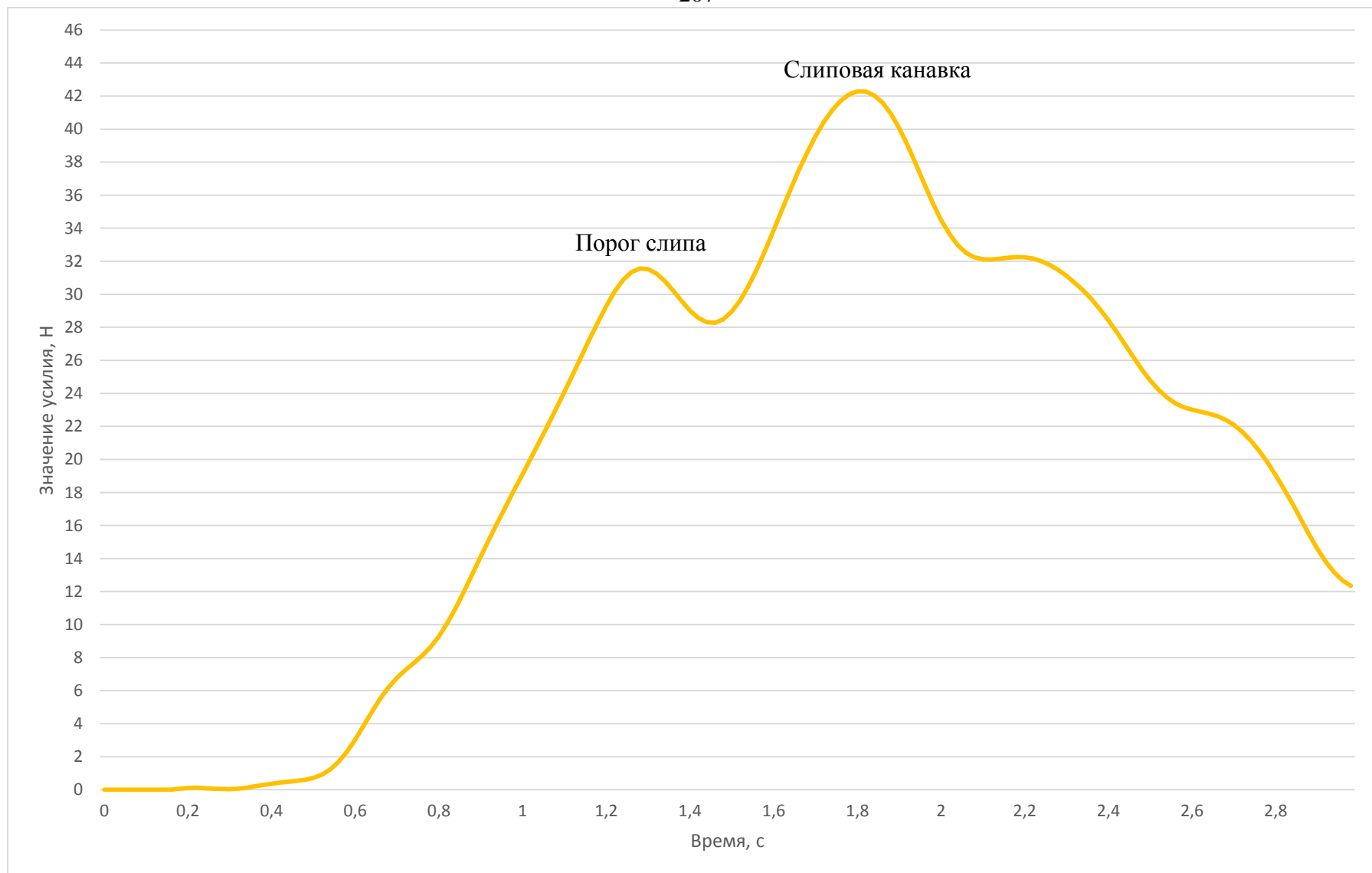


Рисунок П.Г.19 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

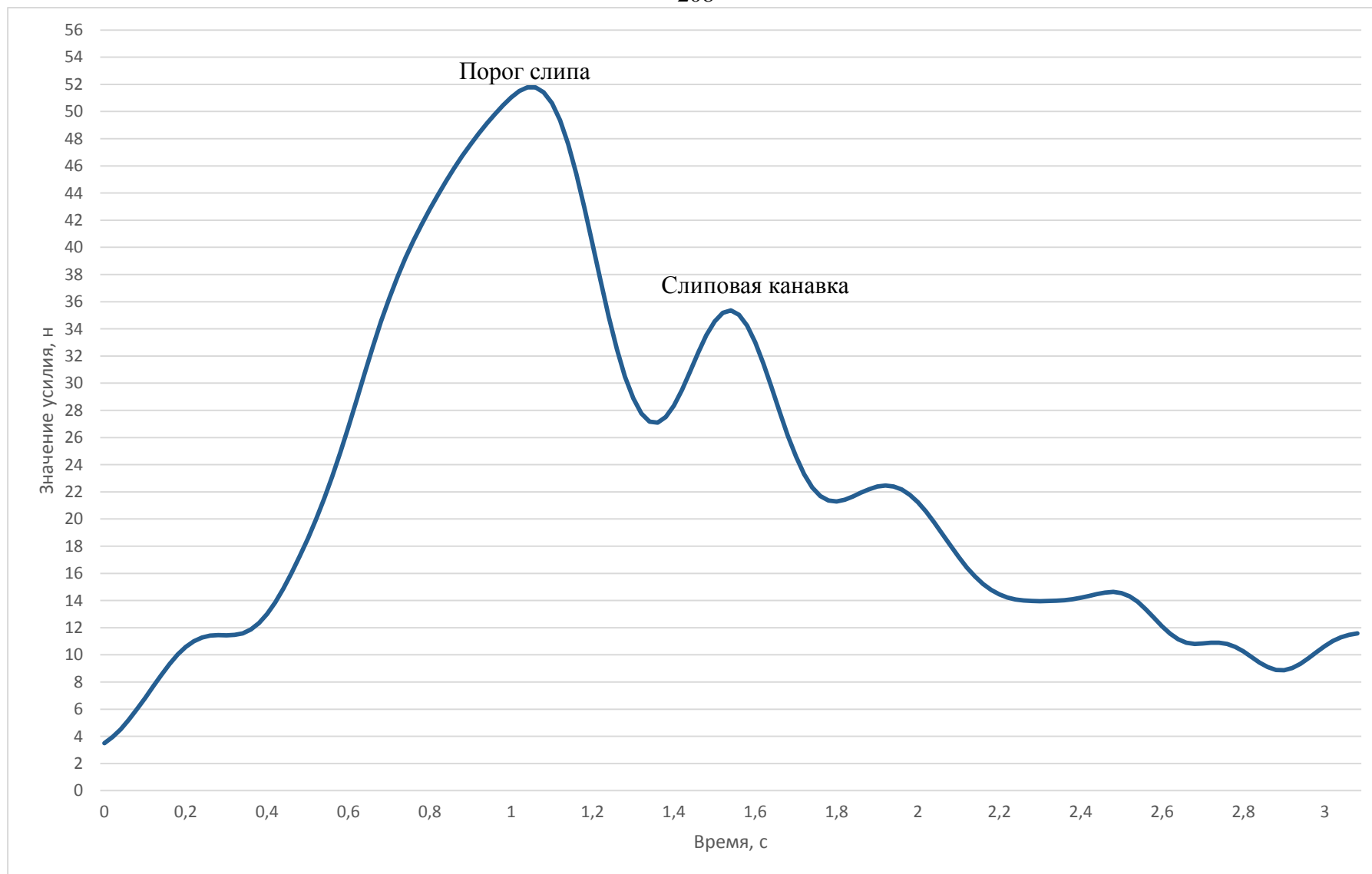


Рисунок П.Г.20 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,4 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

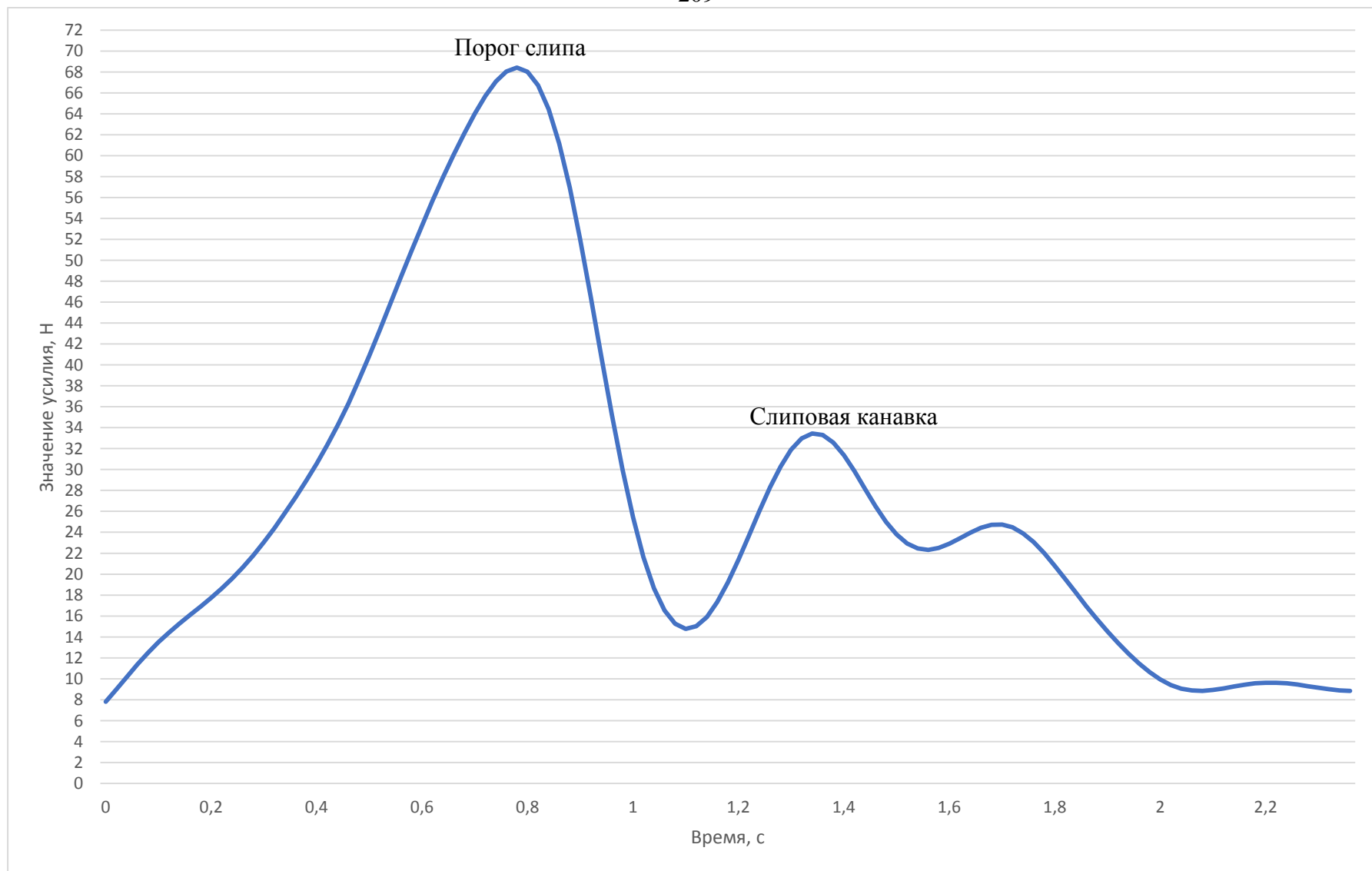


Рисунок П.Г.21 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

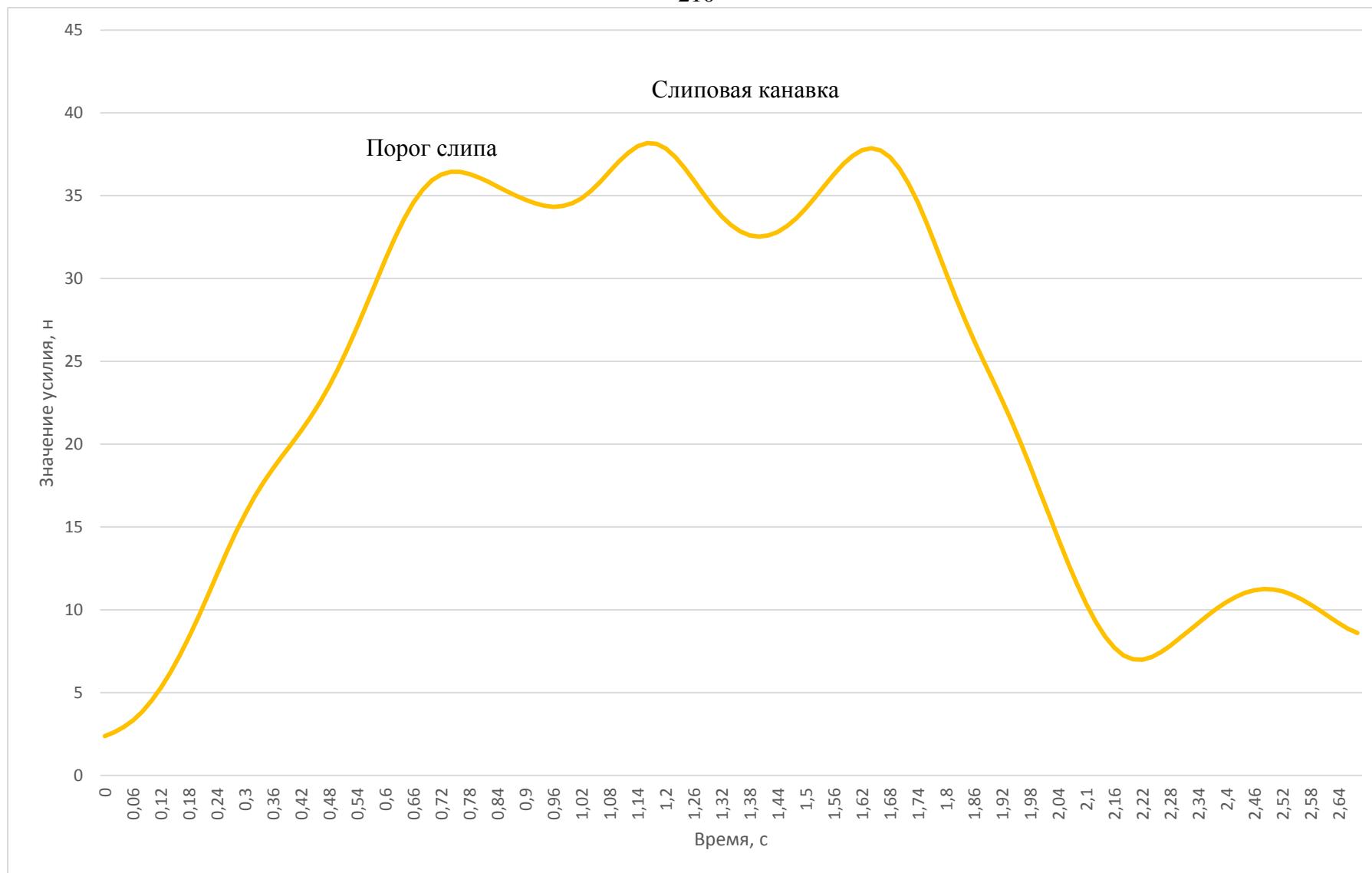


Рисунок П.Г.22 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу прямой формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

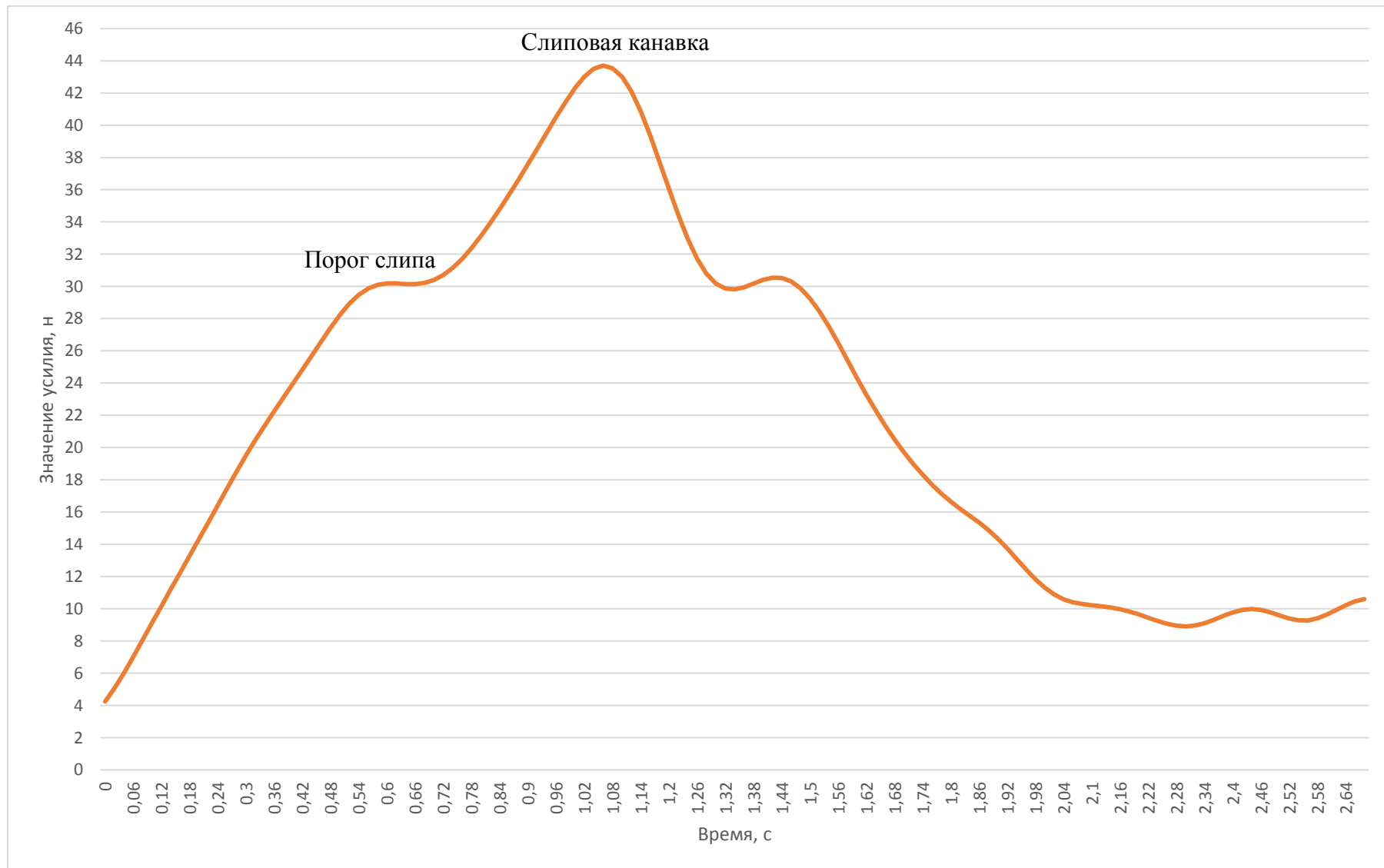


Рисунок П.Г.23 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 45° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

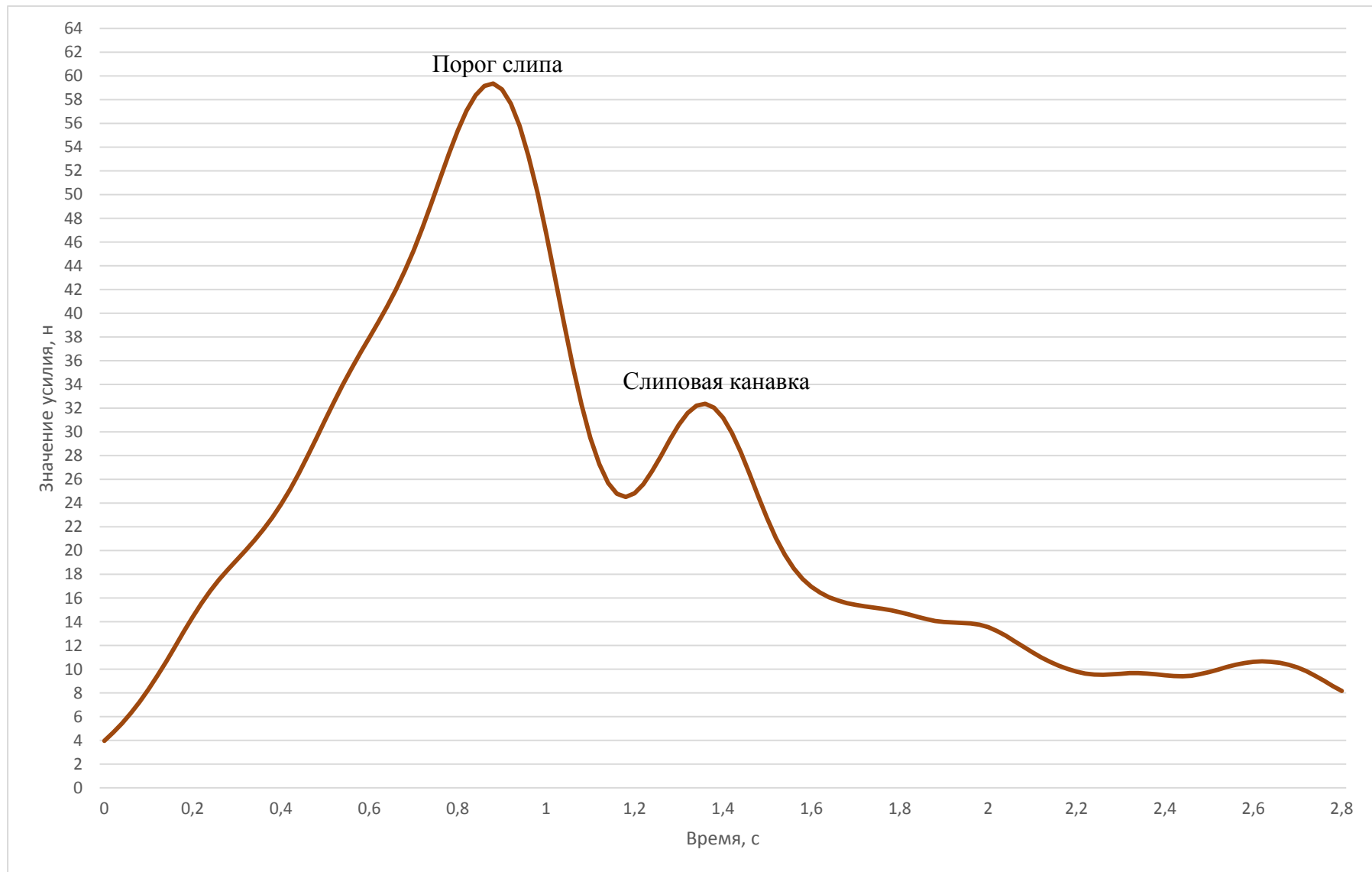


Рисунок П.Г.24 – Динамограмма усилия выборки мешка на макетной установке по слипу сферической формы с углом наклона 30° , скоростью выборки 0,5 м/с и площадью соприкосновения мешка и слиповой поверхности 182 см^2

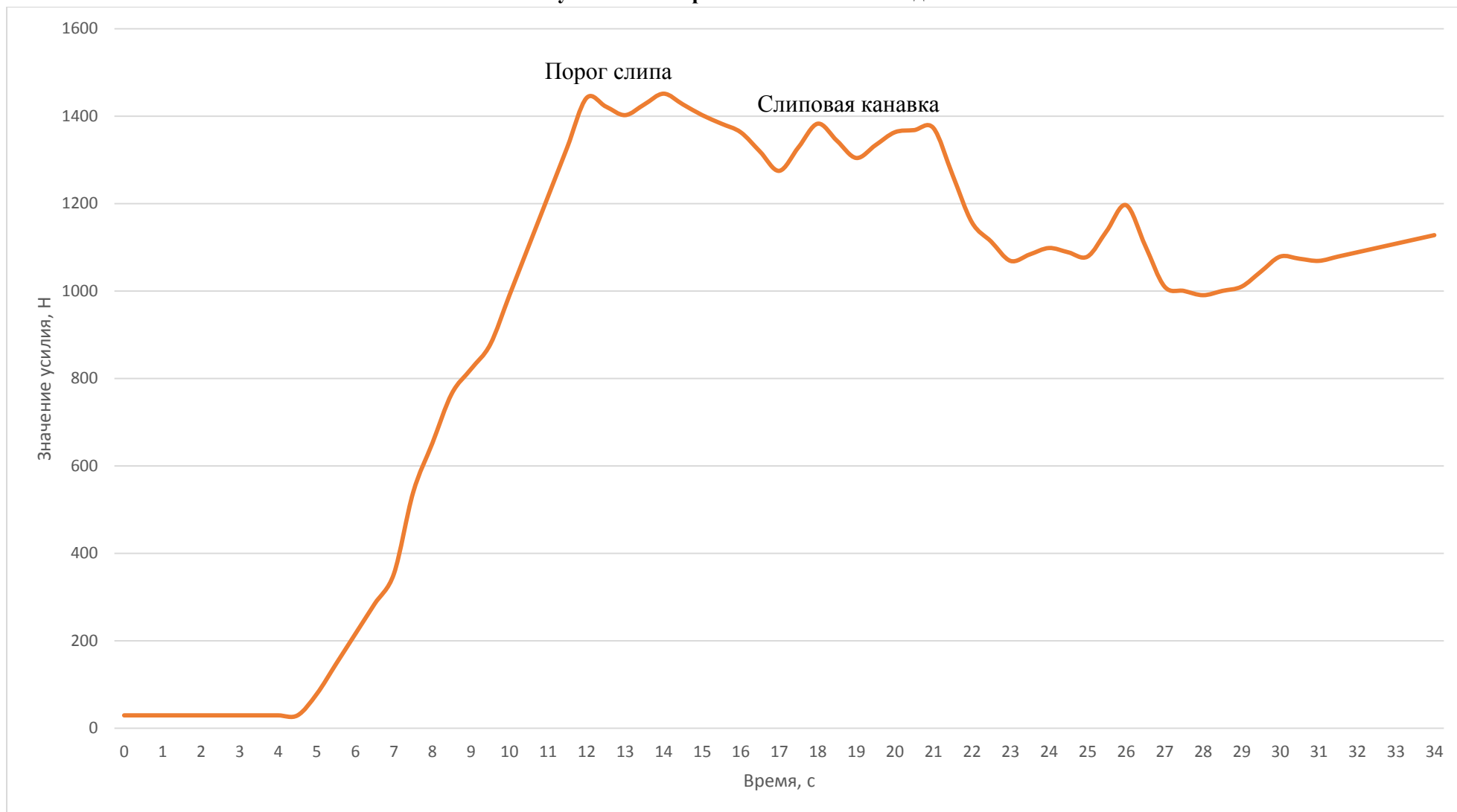
Приложение Д**Результаты замеров на СТМ «Атлантида»**

Рисунок П.Д.1 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 1-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

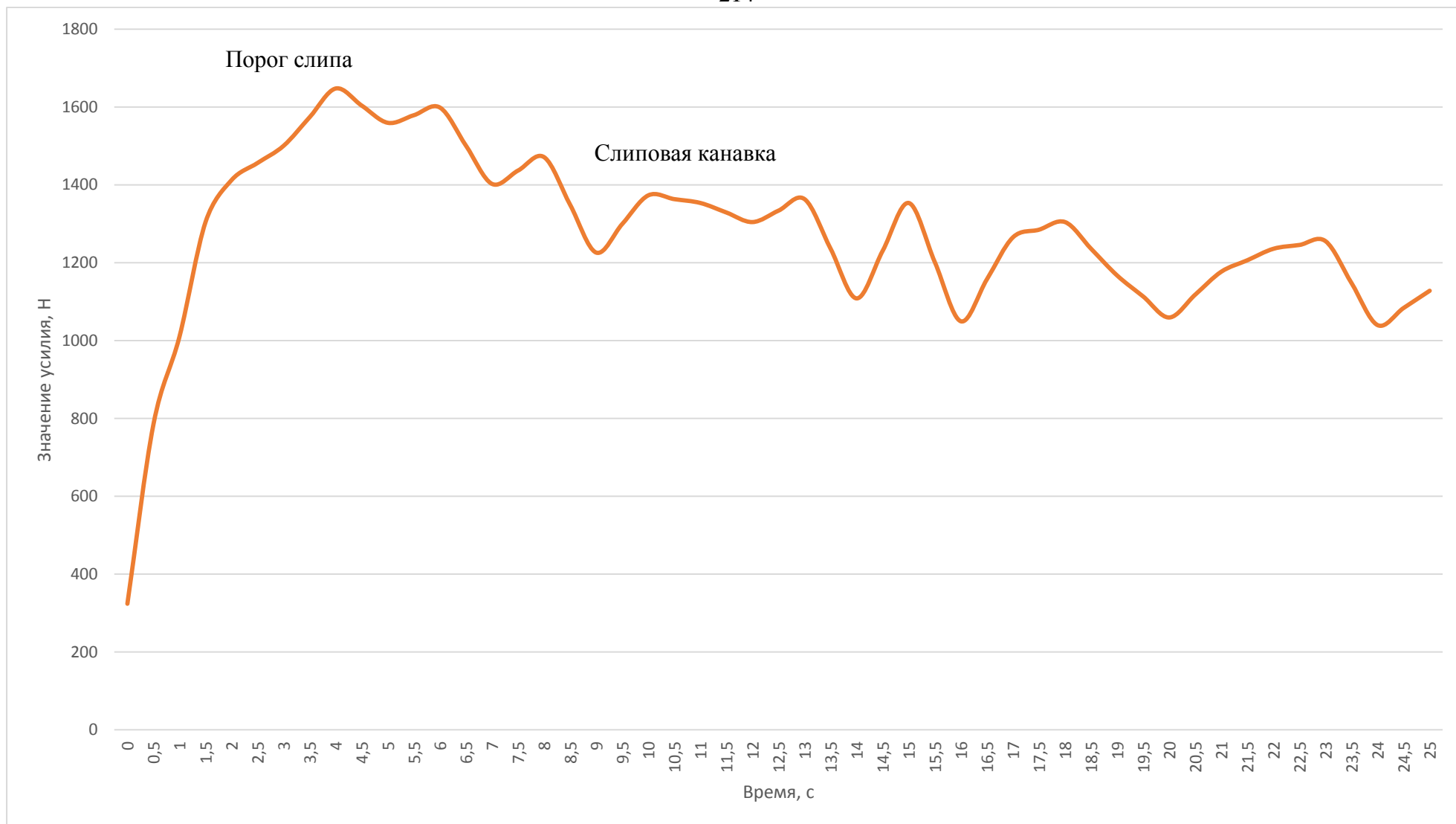


Рисунок П.Д.2 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 2-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

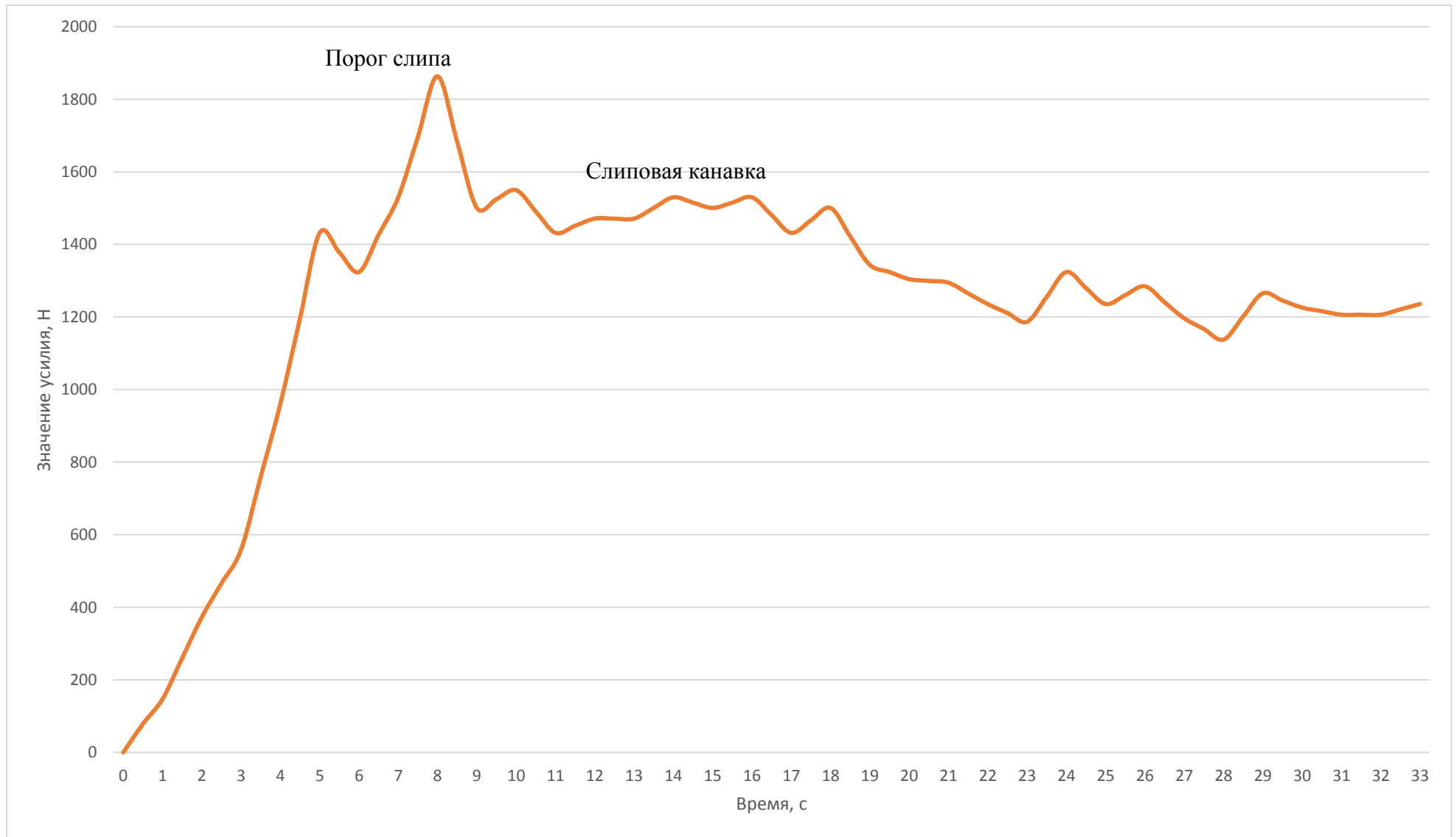


Рисунок П.Д.3 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 3-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

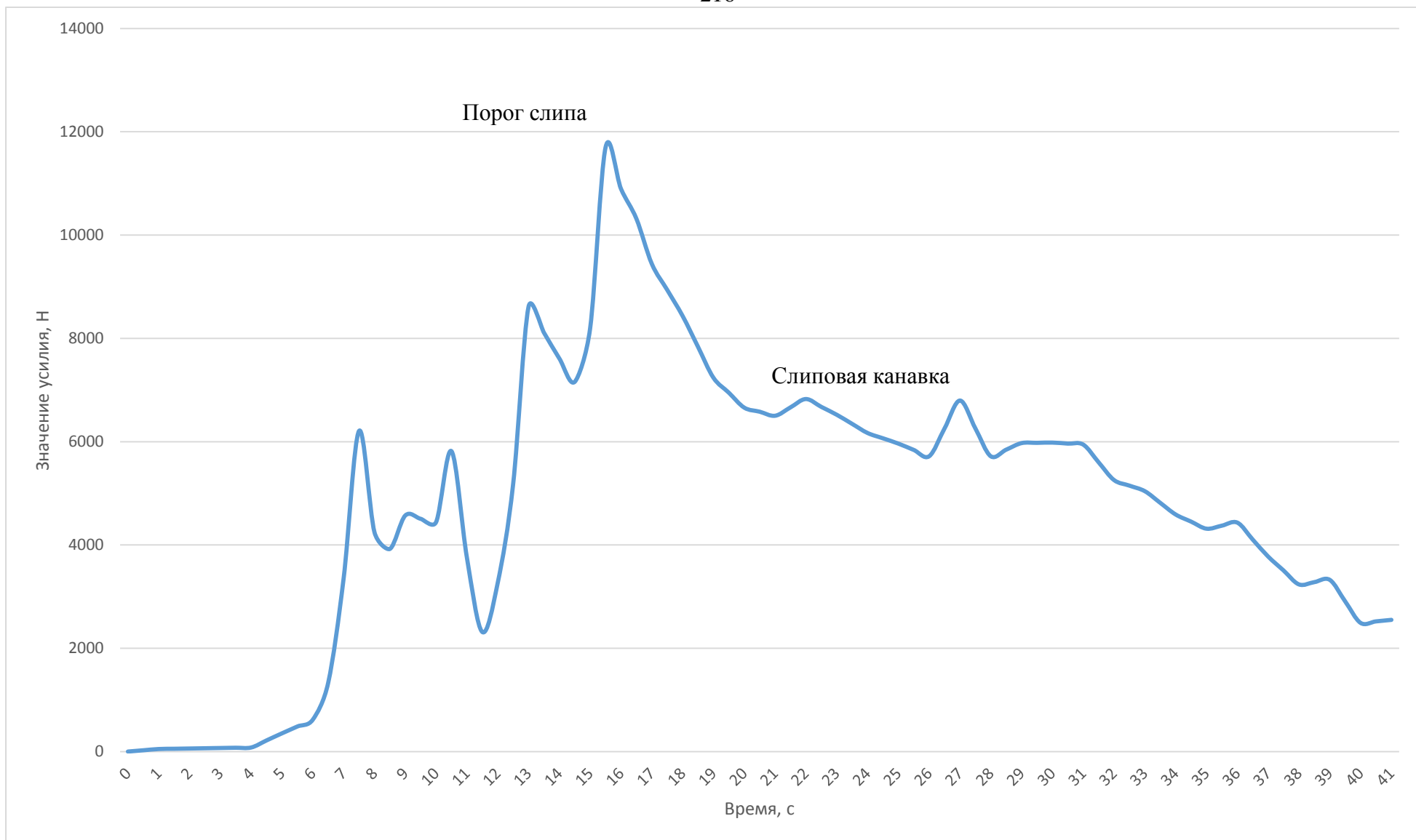


Рисунок П.Д.4 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 4-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

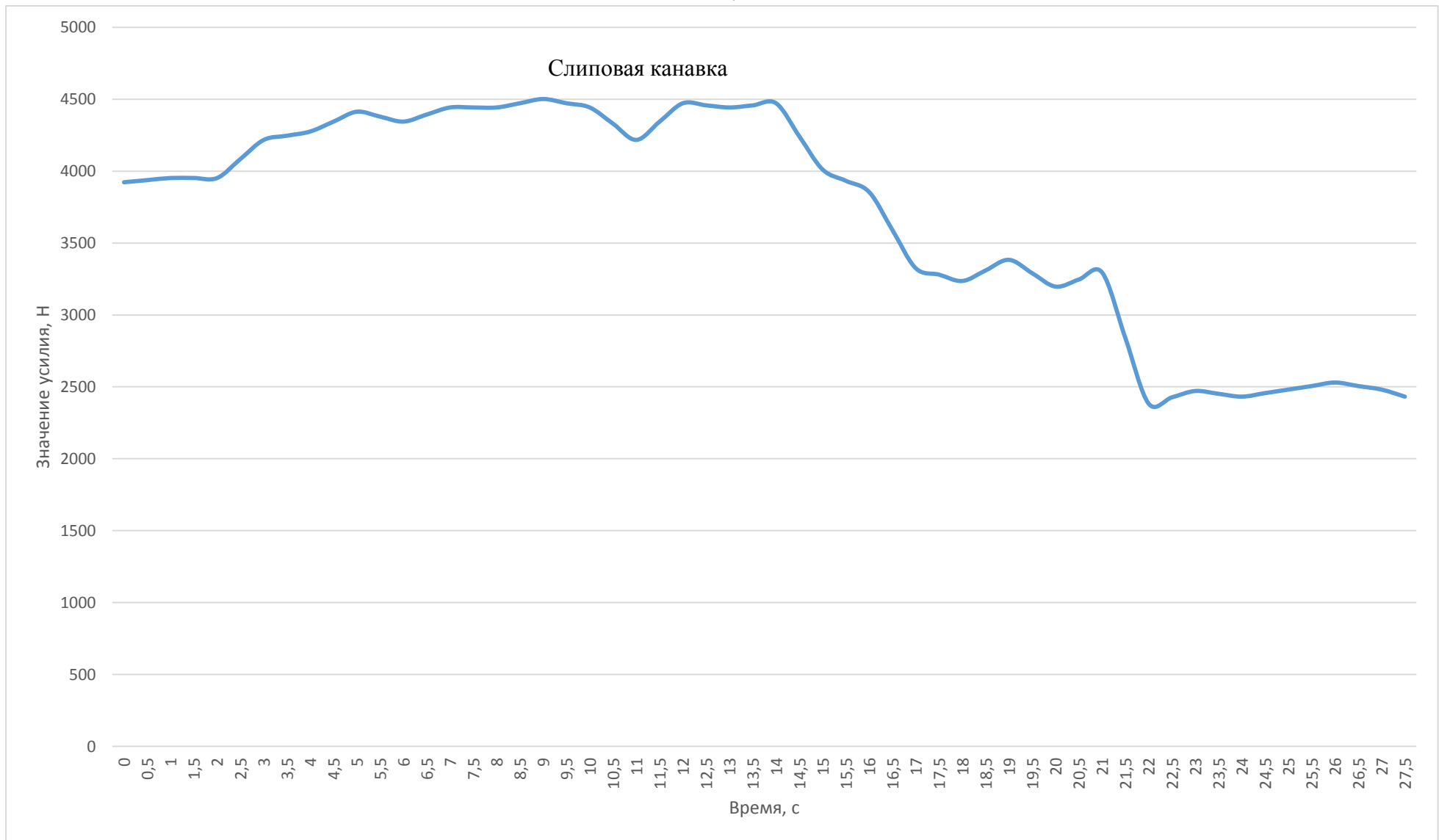


Рисунок П.Д.5 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 5-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

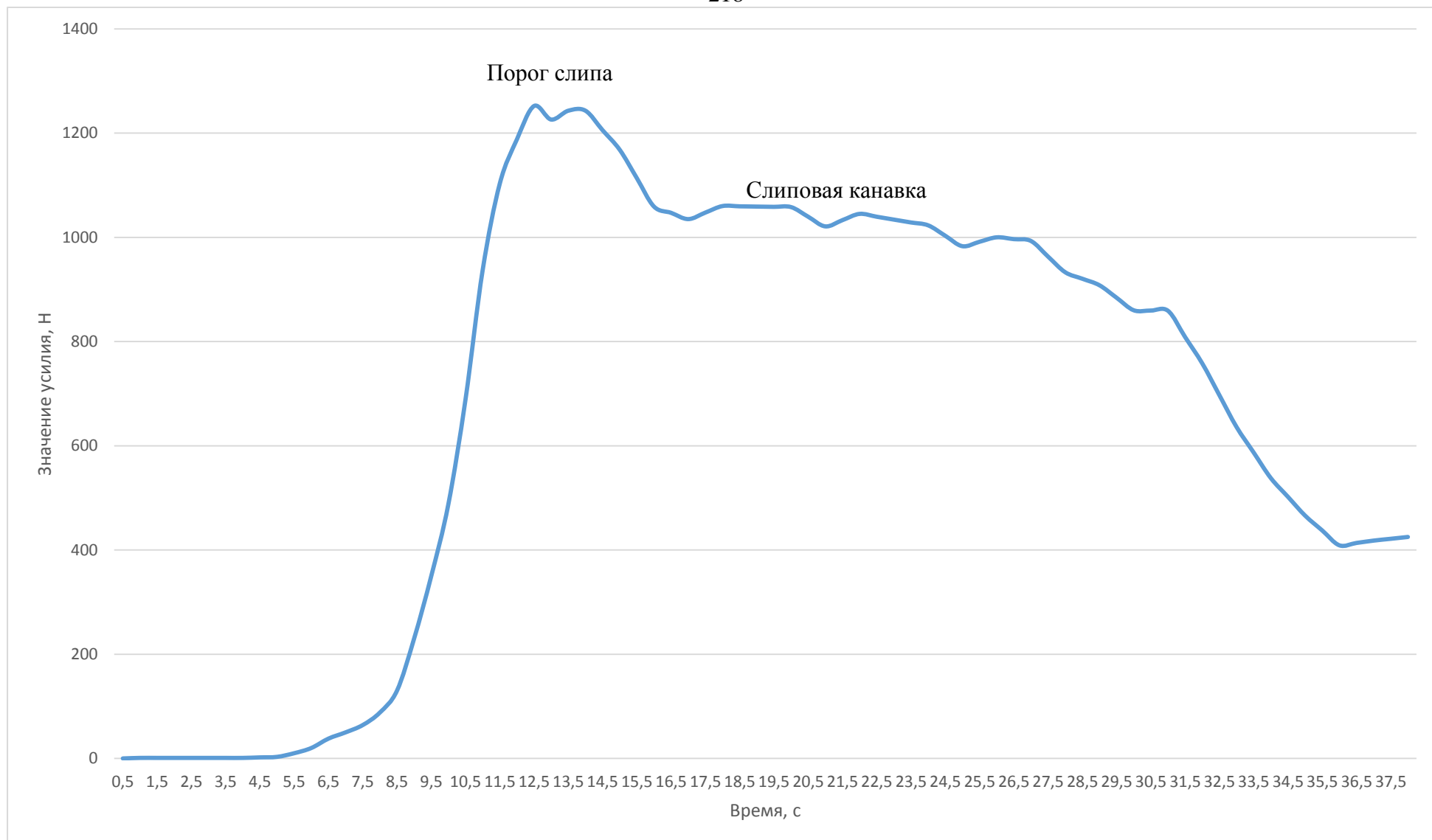


Рисунок П.Д.6 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 6-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

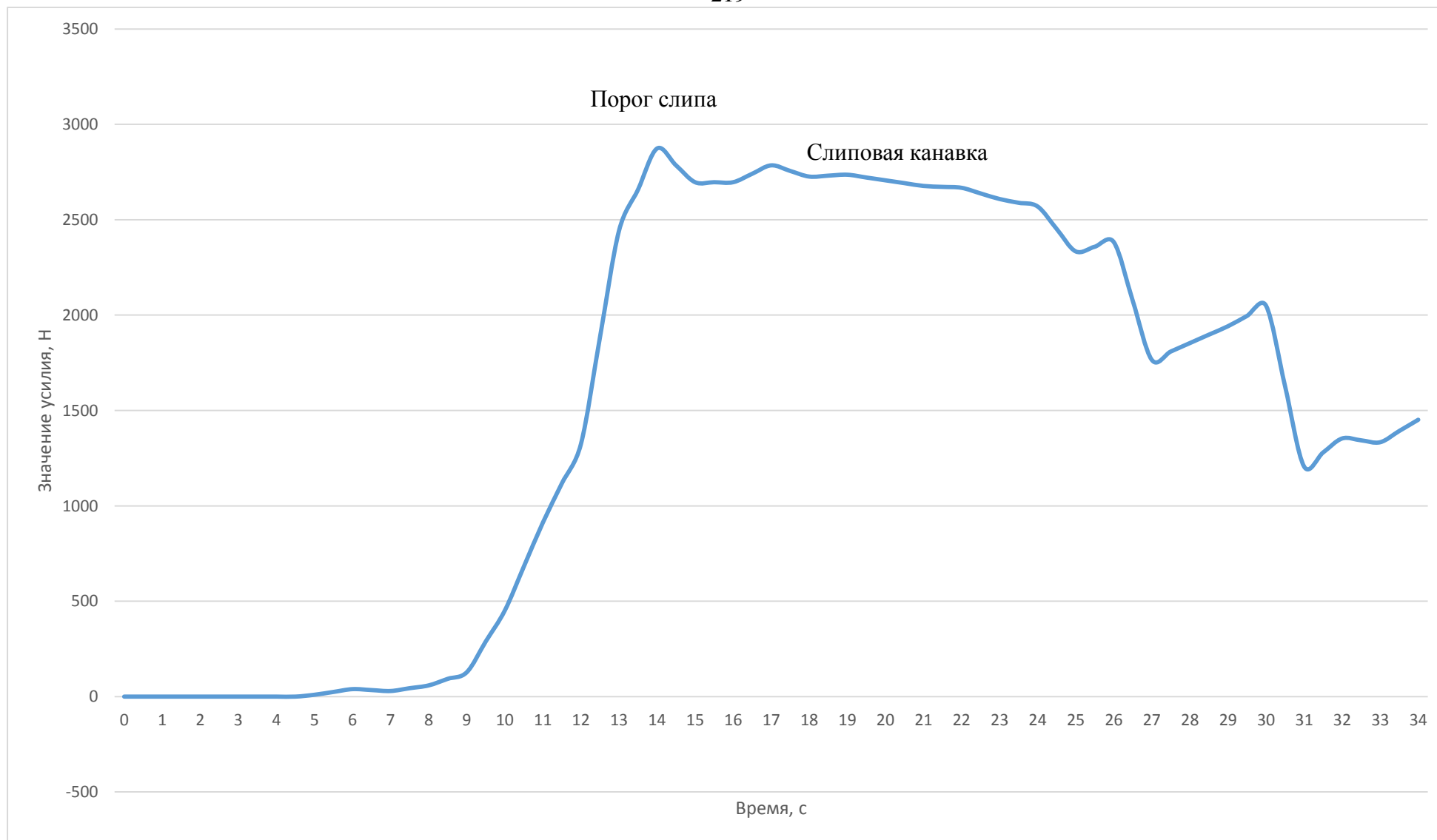


Рисунок П.Д.7 – Динамограмма изменения усилия возникающего в вытяжном конце во время выборки кутка мешка с уловом на палубу судна во время проведения 7-го замера на научно-исследовательском судне СТМ «Атлантида»

Приложение Е

Акты проведения научно-исследовательских работ и внедрения результатов исследования

Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Врио ректора ФГБОУ ВО «КГТУ»
А.Г. Мнацаканян
09.09.2025

АКТ

о внедрении результатов
диссертационного исследования
«Экспериментальное определение зависимости усилия выборки траловых мешков с
уловом по слипу судна от характеристик системы судно-трал-промысловая машина»
Скуратова Николая Александровича
в учебный процесс

Результаты научно-исследовательской работы Скуратова Николая Александровича (научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Суконнов А.В.) в виде экспериментальной установки промысловой схемы и метода экспериментальной оценки усилия выборки при подъеме мешков с уловом от факторов, характеризующих систему «судно-трал-промысловая машина», внедрены в учебный процесс на кафедре промышленного рыболовства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» при подготовке бакалавров (35.03.09 Промышленное рыболовство) и магистров (35.04.08 Промышленное рыболовство) по дисциплинам:

- «Механизация процессов рыболовства», преподаватель кандидат технических наук, доцент Суконнов А.В.;
- «Конструирование промысловых машин и механизмов», преподаватель кандидат технических наук, доцент Суконнов А.В.;
- «Проектирование промысловых схем и механизмов», преподаватель кандидат технических наук, доцент Суконнов А.В.;
- «Промысловые схемы и механизмы», преподаватель кандидат технических наук, доцент Суконнов А.В.;

Применение данного метода и экспериментальной установки в учебном процессе кафедры промышленного рыболовства позволит повысить теоретический и практический уровень подготовки бакалавров и магистров при реализации образовательных программ.

Заведующий кафедрой
промышленного рыболовства

А.А. Недоступ

А К Т

внедрения рекомендаций по снижению усилия, возникающего в вытяжном конце, при подъёме траловых мешков с уловом на палубу судна слиповым методом

— концевая часть мешка трала 70/300

(обозначение и наименование объекта исследования)

В соответствии с Актом проведения научно-исследовательских работ на судне СТМ «Атлантида» по определению тягового усилия возникающего при подъёме траловых мешков с уловом слиповым методом от «05» декабря 2023 г. были выдвинуты мероприятия направленные на снижение данного усилия и его воздействия на промысловые механизмы и объект промысла. Внедрение данных мероприятий, относящихся к оптимизации управляющих параметров системы судно-трал-промысловая лебёдка (повышение угла выхода вытяжного конца с 10 до 30 градусов), позволило снизить потери качество улова, а также повысило безопасность промысловых операций за счёт увеличения ресурса механизмов задействованных в выборке. Усилие в вытяжном конце при учёте рекомендации снизилось примерно на 15%, что подтвердилось последующими замерами.

Комиссия на основании акта проведения научно-исследовательских работ на судне СТМ «Атлантида» по определению тягового усилия возникающего при подъёме траловых мешков с уловом от «05» декабря 2023 г. считает рекомендации действительными.

Акт научно-исследовательских работ от 05.12.2023 (дата) прилагается.

Председателя комиссии: _____ (подпись) Шнар В.Н.

члены комиссии: _____ (подпись) Зенкин Ю.А.

_____ (подпись) Науменак А.В.

_____ (подпись) Скуратов Н.А.

М.П.
Дата



Место составления акта

А К Т

проведения научно-исследовательских работ на судне СТМ «Атлантида» по определению тягового усилия возникающего при подъёме траловых мешков с уловом слиповым методом

от «05» декабря 2023 г

Научно-исследовательские работы проводились в период выполнения работ в ИЭС Марокко в период с октября по декабрь 2023 года.

Комиссия в составе членов экипажа СТМ «Атлантида» и научной группы ФГБНУ ВНИРО «АтлантНИРО»:

Председатель комиссии: начальник экспедиции Шнар В.Н., члены комиссии: ст. пом. капитана Зенкин Ю.А., пом. капитана по добыче СТМ «Атлантида» Науменак А.В., мастер по добыче СТМ «Атлантида» Скуратов Н.А. провела опытные работы с промысловыми механизмами и устройствами судна СТМ «Атлантида» и с концевой частью мешка трала 70/300, предназначенной для аккумуляирования и удержания улова трала, с целью определения основных характеристик промысловой схемы и замеров усилия, возникающего во время выборки мешка с уловом на палубу СТМ «Атлантида», в соответствии с ОСТ 15-82-79 «Материалы рыболовные из текстильных нитей. Методы испытаний».

Испытания проводили при атмосферных условиях при температуре $18 \pm 2^\circ\text{C}$ с траловыми мешками с уловом динамометром ЭД-РМ 20 кН с точностью до 1 Н.

На основании проведенных замеров комиссия установила, что:

№	Форма поверхности слипа	Угол наклона слипа α°	Угол выхода вытяжного конца β°	Скорость выборки v_b , м/с	Максимальное усилие на пороге слипа $M_{пг}$, (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

В результате опытных работ комиссия установила следующее:

Скуратов Н.А.



ЦБА