

Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

кафедра промышленного рыболовства

БАКАЛАВРСКИЙ ПРОЕКТ

на тему

**«ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА
СОПРОТИВЛЕНИЯ КАНАТНО-СЕТНОЙ ЧАСТИ РАЗНОГЛУБИННЫХ
ТРАЛОВ В ГИДРОКАНАЛЕ
ООО «ФИШЕРИНГ-СЕРВИС»»»**

Докладчики:

Белозер Иван Сергеевич, 18-ПР

Максудов Дамир Вадимович, 18-ПР

Научный руководитель:

к.т.н., доцент Недоступ А.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

- ▶ Обоснование планирования экспериментальных исследований с моделями разноглубинных тралов в гидроканале;
- ▶ Правила проведения экспериментальных исследований с моделями разноглубинных тралов в гидроканале;
- ▶ Обоснование критериев подобия (минимизация их числа);
- ▶ Обоснование величины масштабного эффекта (минимизация его величины);
- ▶ Расчет силы сопротивления модели трала и коэффициента гидродинамического сопротивления трала
- ▶ Определение агрегатного сопротивления плавучего якоря R_a в гидроканале ООО «Фишеринг Сервис».
- ▶ Определение агрегатного сопротивления плавучего якоря и располагаемой тяги P_r лодки Ока-4 на полигоне в березовском карьере.
- ▶ Разработка натурального разноглубинного трала для лова ряпушки (*Coregonus albula*) с привязкой к озеру Виштынецкое.

Технические характеристики экспериментальной установки гидроканала ООО «Фишеринг-Сервис»

- ▶ Специалистам, работающим в этой области науки, известно, какие сложности вызывает испытание орудий лова в океане. Эксперименты с физическими моделями орудий рыболовства проводятся на специально оборудованных в этих целях полигонах или на лабораторных установках (Фридман, 1981; Белов, 2000; Розенштейн, 2000; Недоступ, 2008). Поэтому в 1979 году в г. Калининграде построен и введен в эксплуатацию гидроканал - специальная установка лабораторного типа для проведения экспериментов в области гидромеханики орудий промышленного рыболовства
- ▶ Строительство гидроканала длилось десять лет и сегодня он является одним из крупнейших сооружений подобного типа в мире.
- ▶ Надежнее и ценнее всего оказывается эксперимент, проведенный с натурным орудием рыболовства в натуральных условиях, но при этом необходимо всегда знать точность полученных данных в подобных экспериментах, не говоря о стоимости таких исследований. Построение физической модели, подобной натурному орудию рыболовства в уменьшенном масштабе, относительно недорогой, в которой интересующие явления будут протекать подобно явлениям в оригинале, и затем изучение этих явлений на полученной таким образом модели составляет метод физического моделирования

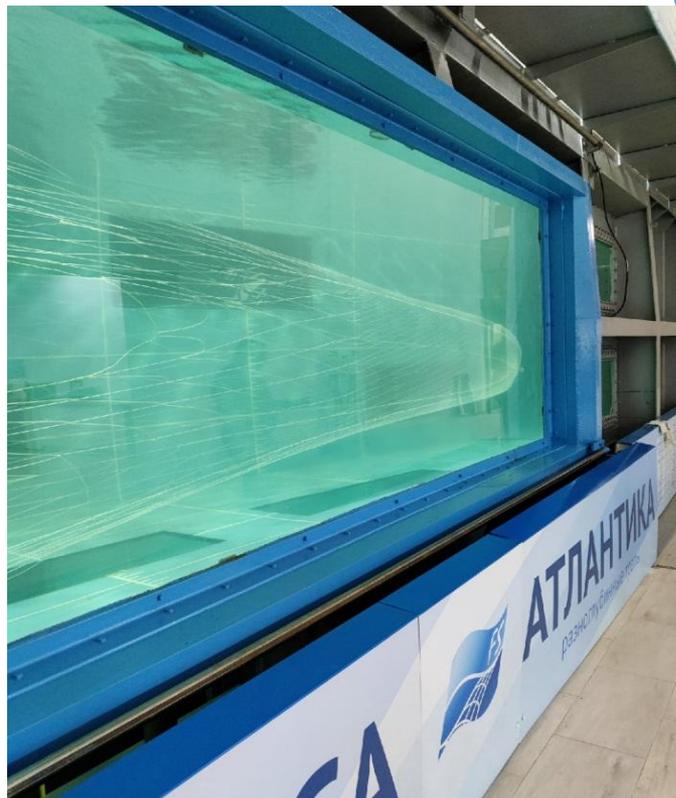
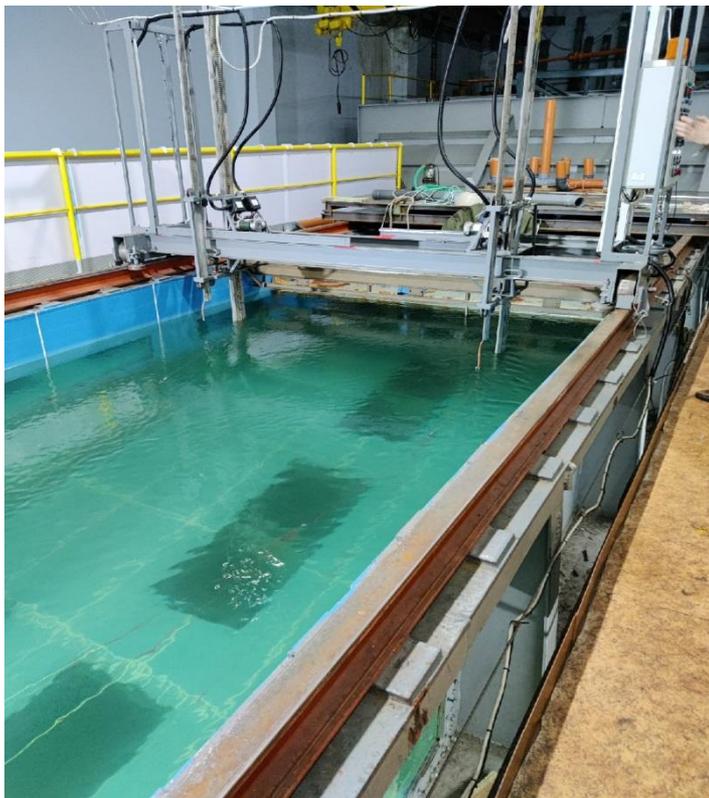


Рис 1 - гидроканал ООО «Фишеринг-Сервис».

Рис 2 - Смотровое окно гидроканала ООО «Фишеринг-Сервис»

Сегодня в гидроканале проводятся исследования по созданию новых промысловых схем рыболовных траулеров; новых тралов с улучшенными параметрами сетной оболочки, в том числе с зеркальной (квадратной) ячейей; приведение к конструктивным особенностям траловых досок с целью повышения их маневренных и гидродинамических характеристик; продолжают работы по совершенствованию конструкций так называемых акустических тралов и многие другие исследовательские работы

- ▶ Габариты, м.....34x9x12
- ▶ Габариты рабочего участка, м.....14x3x2
- ▶ Высота рабочего участка по зеркалу воды, м.....2
- ▶ Объем воды, м³.....900
- ▶ Максимальная скорость воды в рабочем участке, м/с.....3,4
- ▶ Мощность привода потребляемая, кВт.....117
- ▶ Мощность привода установленная, кВт.....250
- ▶ Диаметр импеллера, м.....2,1
- ▶ Производительность импеллерного насоса, м³/с.....21,0

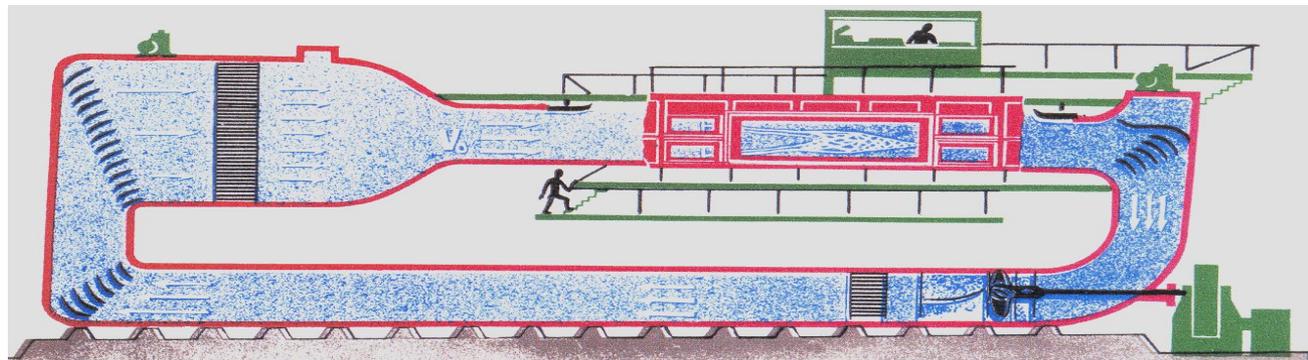


Рис 3 - Гидроканал (в продольном разрезе)

Методы проведения экспериментов с разноглубинными тралами в гидроканале << ООО Фишеринг-Сервис >>

Существует несколько методик экспериментальных исследований для определения геометрических и гидродинамических характеристик траловых конструкций. Общая идея которых - провести эксперимент с подобной моделью трала и получить данные, которые можно будет использовать в дальнейших процессах моделирования и корректирования конструкций трала

В качестве метода экспериментальных исследований модели трала Разноглубинный Трал 4,5 / 17,0 м в гидроканале ООО «Фишеринг Сервис»: была выбрана система «модель трала - голые концы - кабели - лапки - раздвижные ножи»

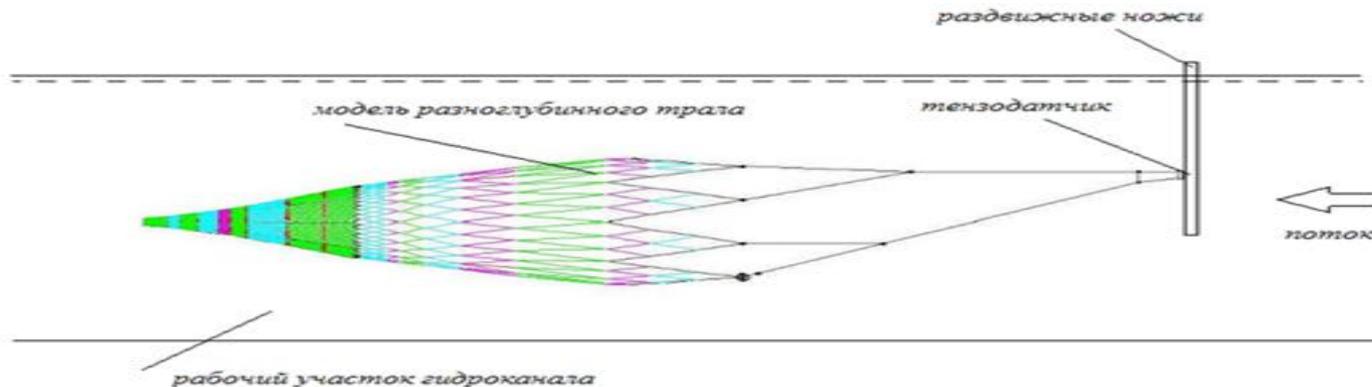


Рис 4 - Система «модель трала - голые концы - кабели - лапки -раздвижные ножи»

Оснастка модели разноглубинного трала



Рис 5 - Заглубляющая цепь на нижней подборе



Рис 6 - Соединение скобой между голыми концами и кабелем (а)



Рис 7 - Соединение скобой между голыми концами и кабелем (б)



Рис 8 - Гидродинамический щиток

Проведение экспериментов

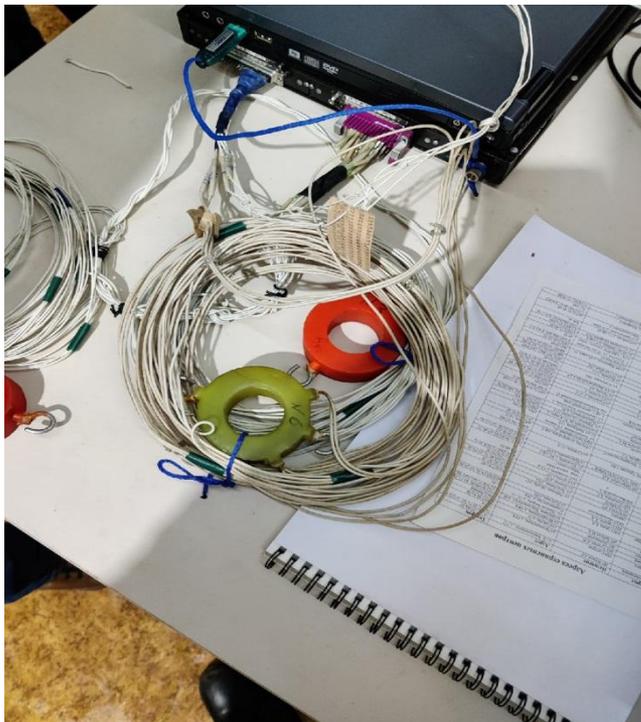


Рис 9 - Тензо - датчики



Рис 10 - тензометрическая аппаратура MIC-200



Рис 11 - Угломер



Рис 12 - Вид модели разноглубинного трала

Проведение и обработка экспериментальных данных

Экспериментальные данные модели трала РТ - 4,5/17,0 м

v, м/с	Расстояние между досками, м	Горизонтальное раскрытие, м	Вертикальное раскрытие, м	Угол раскрытия, град		Сопротивление, Н	
				верх	низ	верх	низ
1,0	1,5	1,31	1,3	1	7	9,1	8,5
	2,0	1,63	1,16	1	7	9,4	8,6
	2,5	1,92	1,01	1	5	10,1	9,2
1,5	1,5	1,33	1,91	1	20	3,2	1,8
	2,0	1,64	1,82	1	20	3,1	1,8
	2,5	1,94	1,73	1	20	3,5	2,0
2,0	1,5	1,05	1,42	0,5	12	7,6	3,3
	2,0	1,36	1,36	0,5	12	7,9	3,5
	2,5	1,72	1,27	0,5	12	8,0	3,5

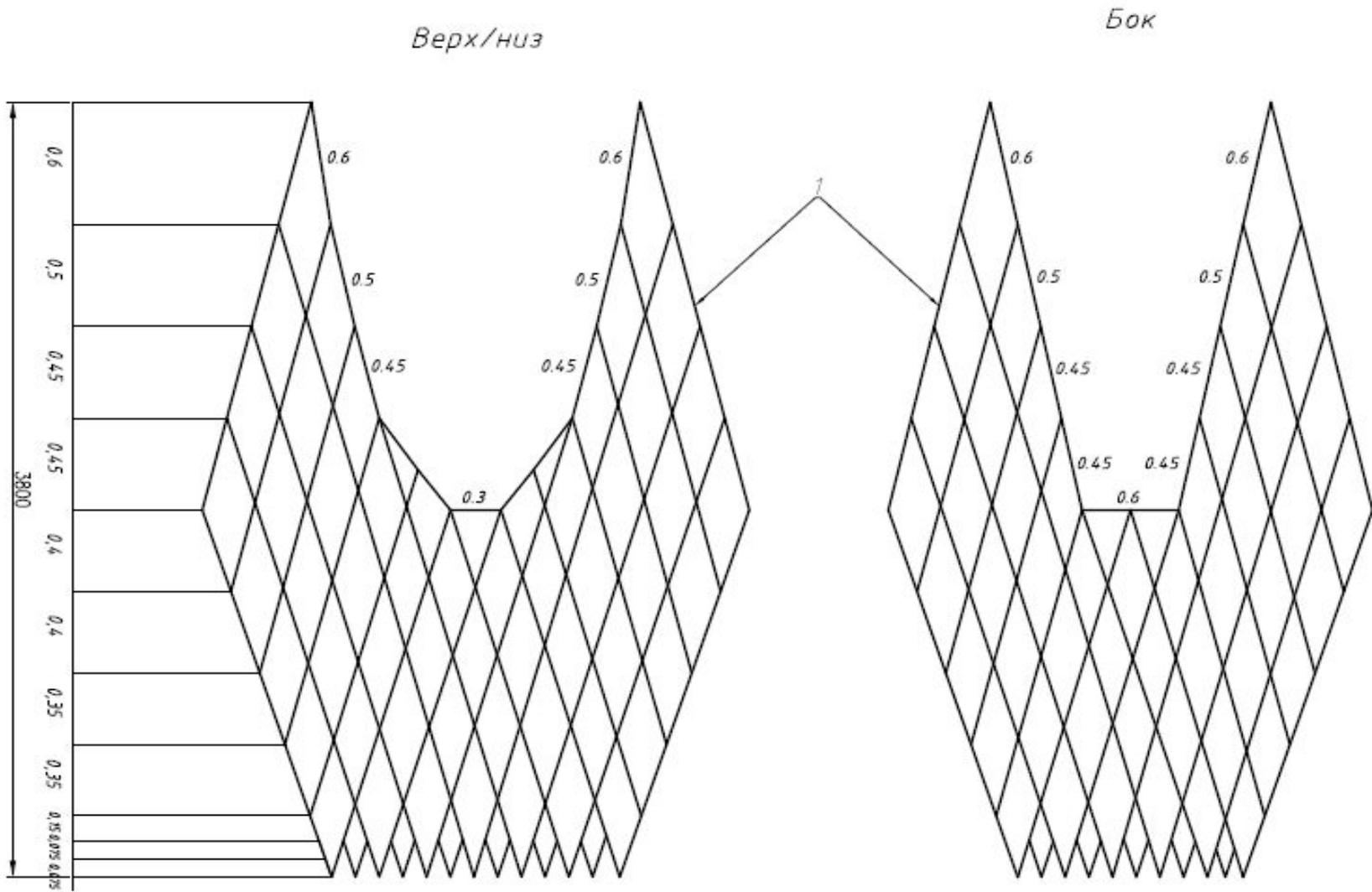
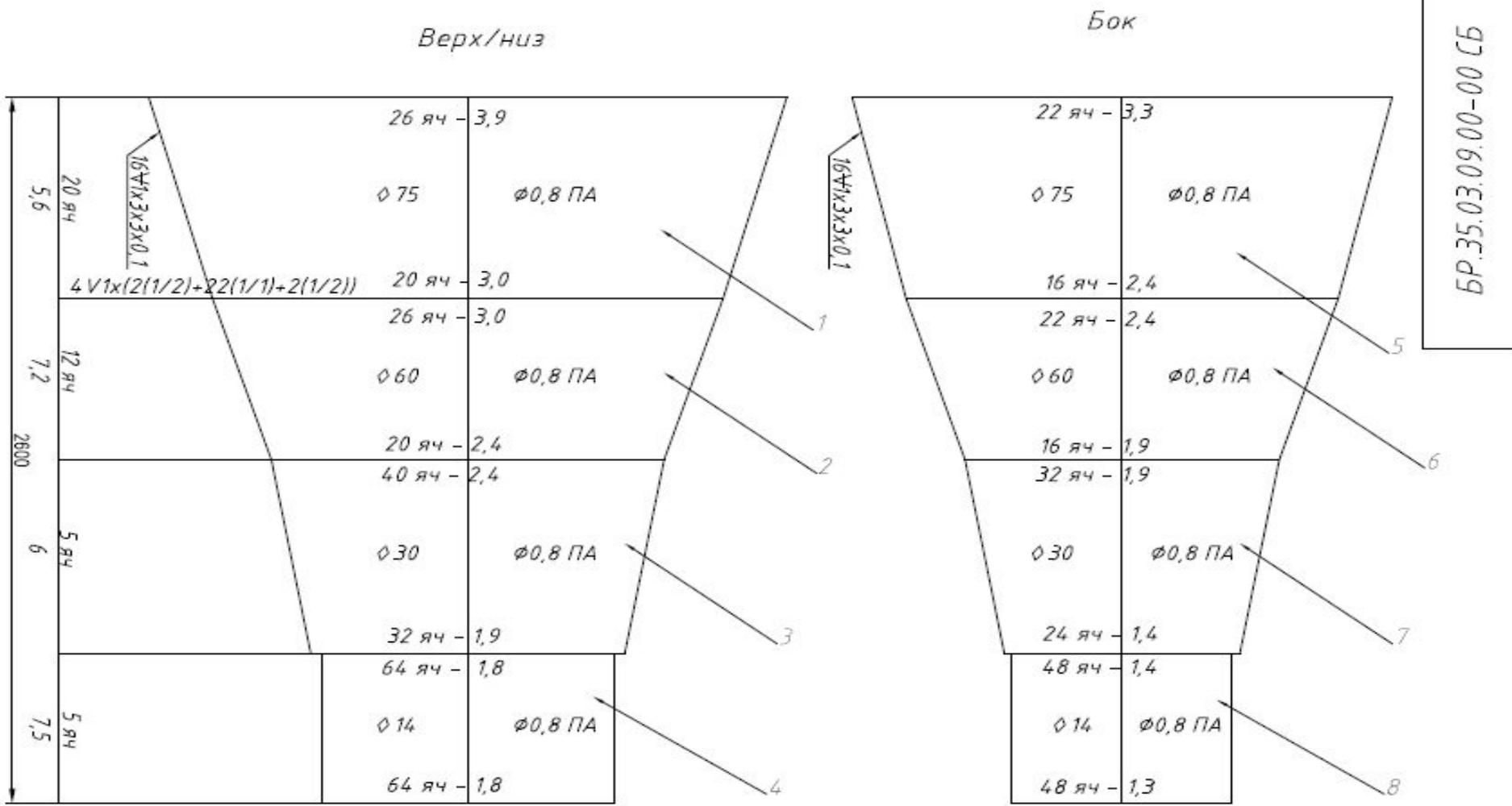


Рис 13 - Модель разноглубинного трала 4,5/17 м



БР.35.03.09.00-00 СБ

Рис 14 - Сетная часть разноглубинного трала

Графики полученные при проведении экспериментов

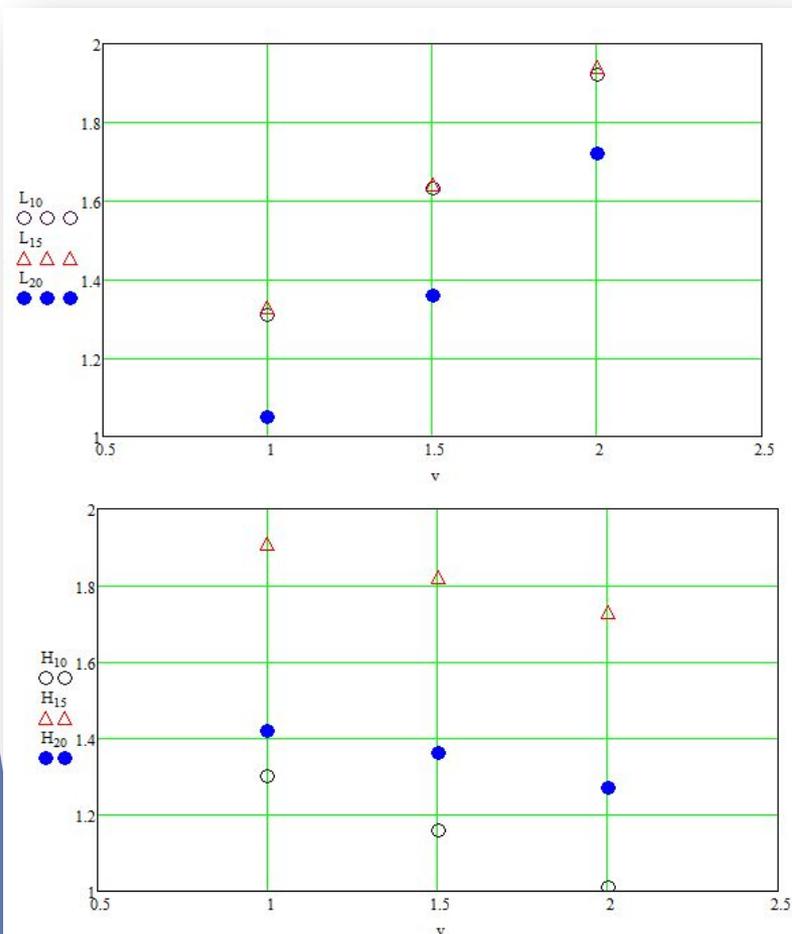


Рис 15 -

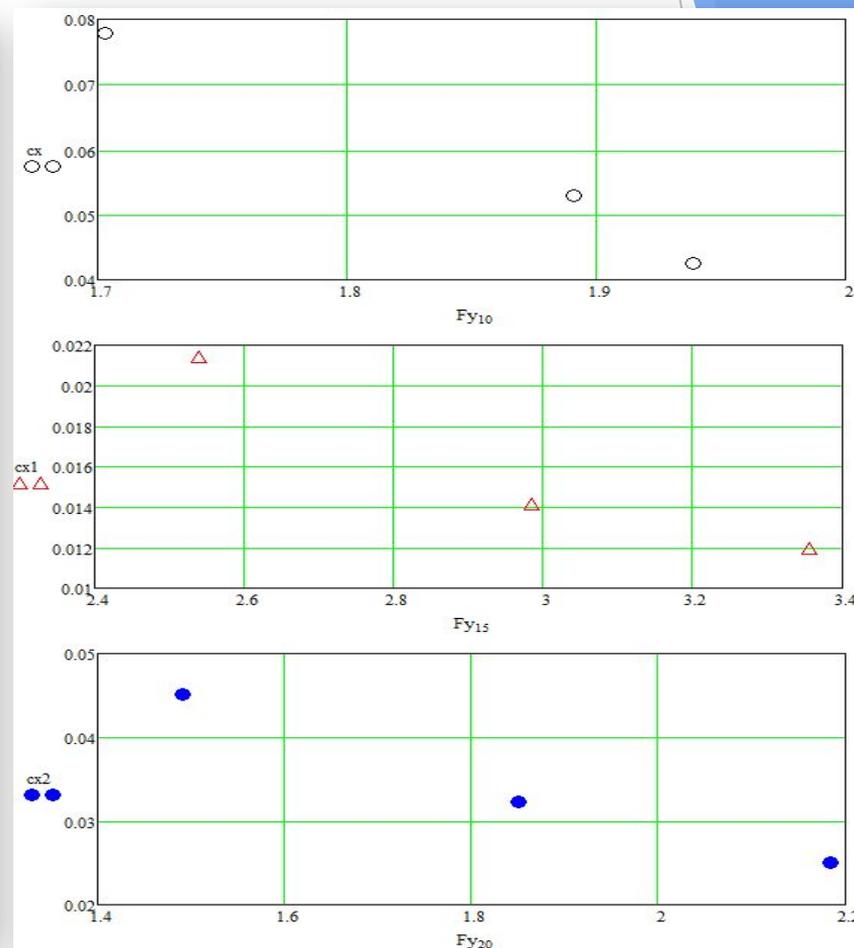


Рис 16 -

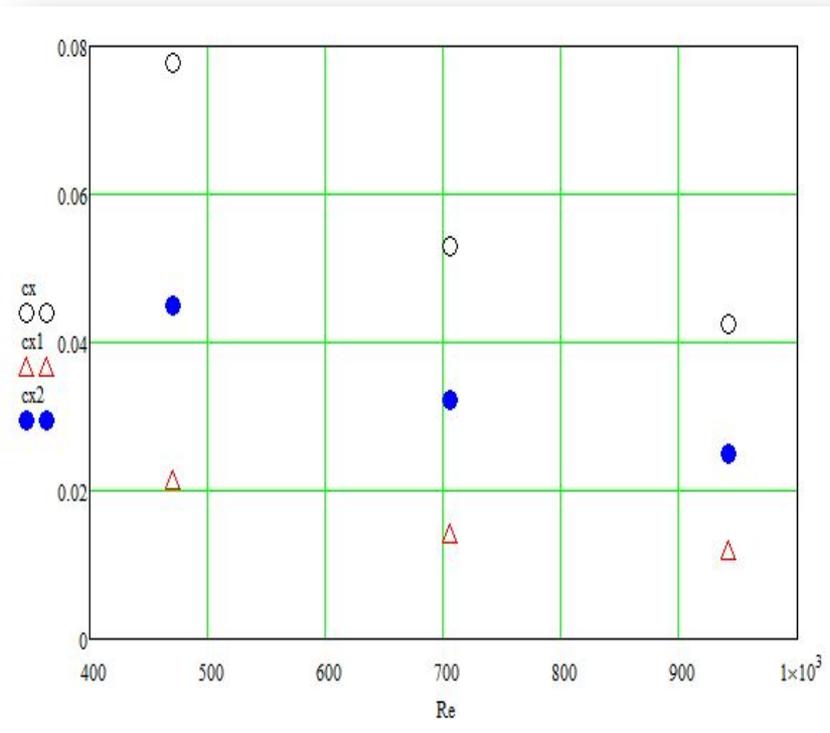


Рис 17

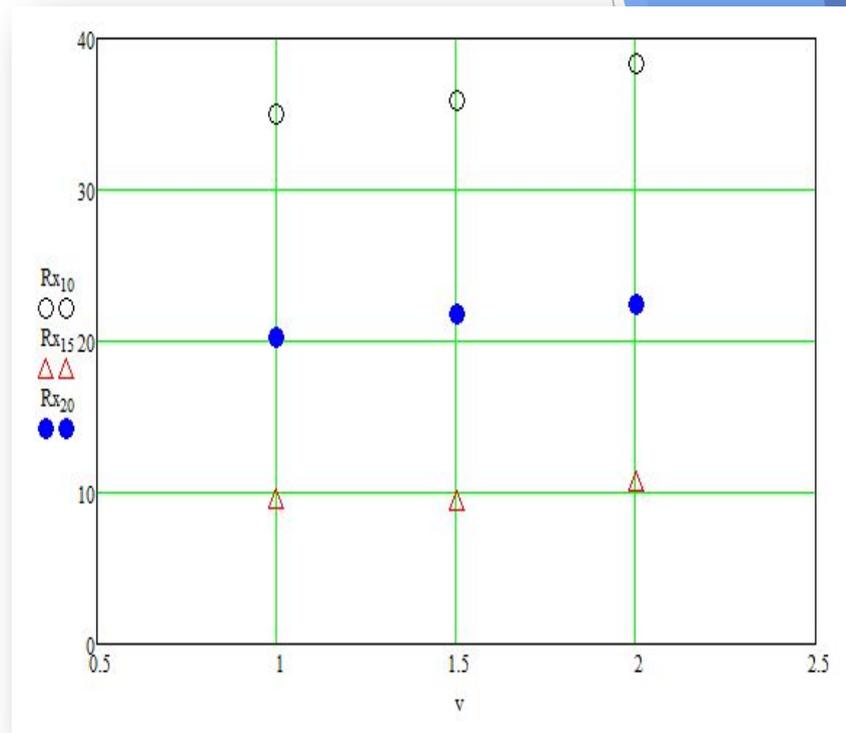


Рис 18

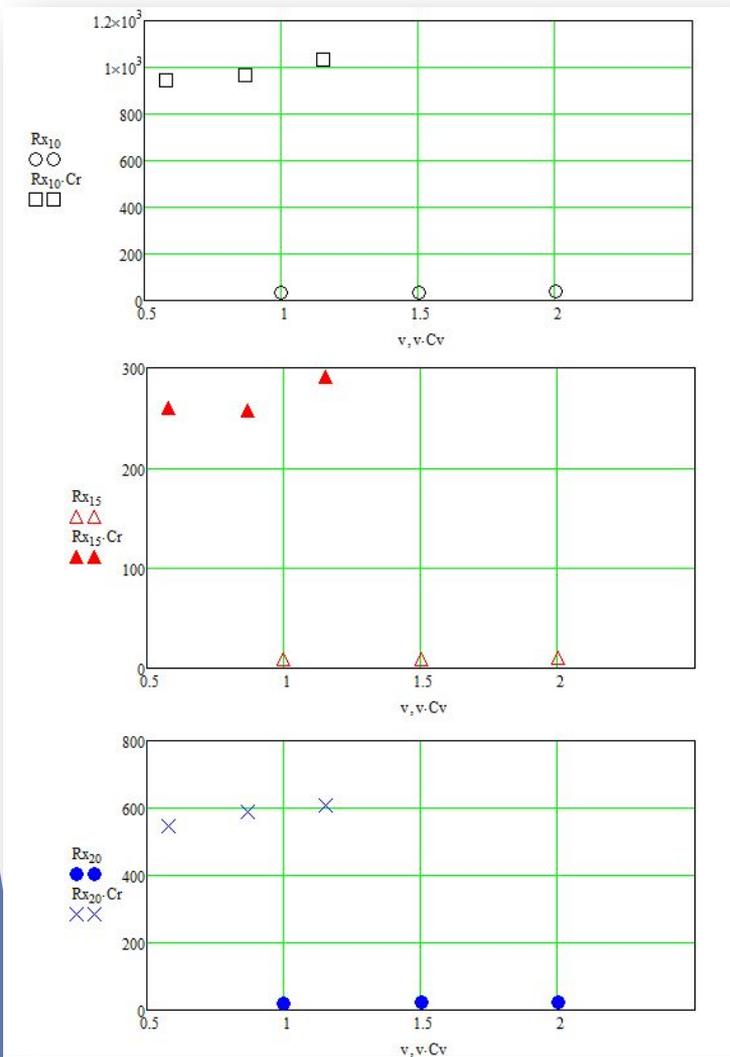


Рис 19

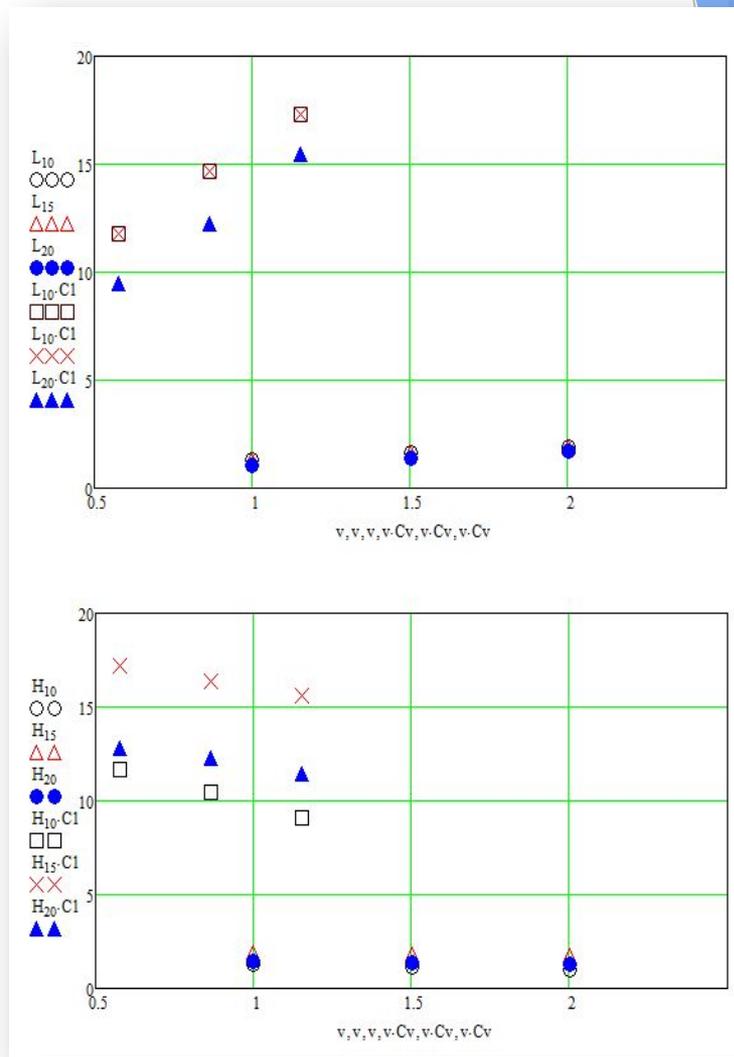


Рис 20

Экспериментальные исследования с плавучим якорем

- ▶ Плавучий якорь - это приспособление, которое удерживает маломерное судно на месте при сильном течении, ветре, высоких волнах. Главной задачей плавучего якоря является удержание лодки на месте, невзирая на ветер, волны, скорость течения и т.д. Большое значение имеют размеры, т.к. от этого зависит эффективность его использования, точно так же как при выборе обычного основной параметр - вес. Он должен быть достаточным для удержания судна на месте. Для плавучего якоря основным параметром являются размеры, позволяющие справляться с силой течения и удерживать судно или лодку на месте. Плавучий якорь (см. рис. 1) имеет усеченную конусовидную форму, выполняется из брезента. В основание его вшивается металлический обруч, это делается с целью укрепления конструкции. По сути, он представляет собой сачок с отрезанным концом, но ручка заменена на стропы, которые крепятся к основному канату, соединяющему устройство с лодкой. Количество строп составляет 4 шт., также к его основанию крепится трос для вытягивания из воды. Конструкция оснащена буйком, который указывает на его местоположение в воде относительно судна.
- ▶ Плавучий якорь служит оценкой располагаемой тяги судна P_p в условиях полигона, те его буксировки и определения скорости траления (буксировки).

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ

- ▶ Задача проектирования трала сводится к первой проблеме: обоснованию агрегатного сопротивления траловой системы R_a с учетом располагаемой тяги судна P_p . Причем располагаемая тяга судна P_p должна обеспечиваться соответствующей скоростью траления, иначе рыбу не поймать

$$R_a \leq P_p,$$

$$P_p = f(k, v),$$

где k - коэффициент использования тяги, $k \leq 1$; v - скорость траления.

Оценить располагаемую тягу судна P_p возможно несколькими вариантами:

- непосредственно рассчитать P_p по данным двигателя, гребного винта и характеристик корпуса судна, а также генератора судна;
- экспериментально замерить P_p .

В связи с тем, что предполагается эксплуатировать разноглубинный трал на озере Виштынецкое лодкой Ока-4, то ее располагаемую тягу P_p оценим с помощью плавучего якоря (см. рис. 1).

- ▶ Вторая задача по определению располагаемой тяги P_p лодки Ока-4 на полигоне в березовском карьере сводится к поиску на зависимости (3) располагаемой тяги P_p лодки и агрегатного сопротивления R_a . Причем v и R_a являются входными и первостепенными параметрами для проектирования разноглубинного трала для вылова ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое

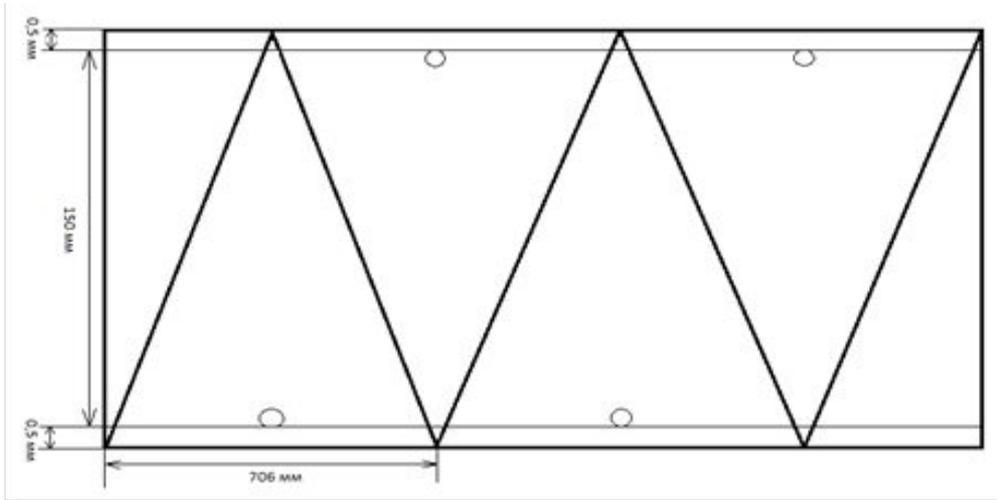


Рис 21 - Плавучий якорь (развертка)

ИССЛЕДОВАНИЯ

- ▶ Эксперименты в гидроканале ООО «Фишеринг Сервис» с плавучим якорем для определения его агрегатного сопротивления R_a проходили в ноябре 2021 года. В табл. 1 сведены размеры экспериментальной конструкции.

Размеры экспериментальной конструкции Таблица 1

Длина строп	Длина оттяжек	Расстояние между креплениями оттяжек	Горизонт расположения крепления тензодатчика
$l_c,$ м	$l,$ м	$L_d,$ м	$h,$ м
1,3	5,0	2,12	0,5

На рис. 2 изображена экспериментальная конструкция и плавучий якорь.

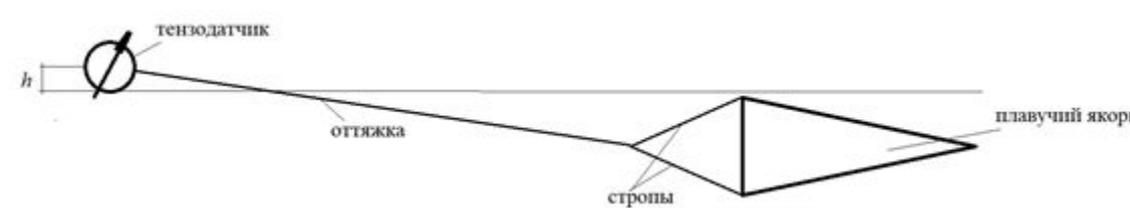


Рис 22 - Экспериментальная конструкция и плавучий якорь

- ▶ На рис. 3 изображен гидроканал ООО «Фишеринг Сервис» и испытания плавучего якоря. На рис. 4 изображен плавучий якорь в ходе экспериментов. В ходе экспериментальных исследований снимались показания тензодатчика измерительной станции МІС-200 и углы ориентации оттяжек. Все данные занесены в табл. 3. Значения агрегатного сопротивления плавучего якоря R_a получены по формуле

$$R_a = NT \cos\left(\arcsin\left(\frac{L_d - D}{2(l + l_c)}\right)\right) \cos\left(\arcsin\left(\frac{h}{l + l_c}\right)\right),$$

- ▶ где N - количество оттяжек, $N=2$; T - натяжение в оттяжке (показание тензодатчика). Угол ориентации оттяжки в горизонтальной плоскости α определен по формуле

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{L_d - D}{2(l + l_c)}\right),$$

угол ориентации оттяжки в вертикальной плоскости β определен по формуле

$$\beta = \arcsin\left(\frac{h}{l + l_c}\right).$$



Рис 23 - Гидроканал ООО
«Фишеринг Сервис»

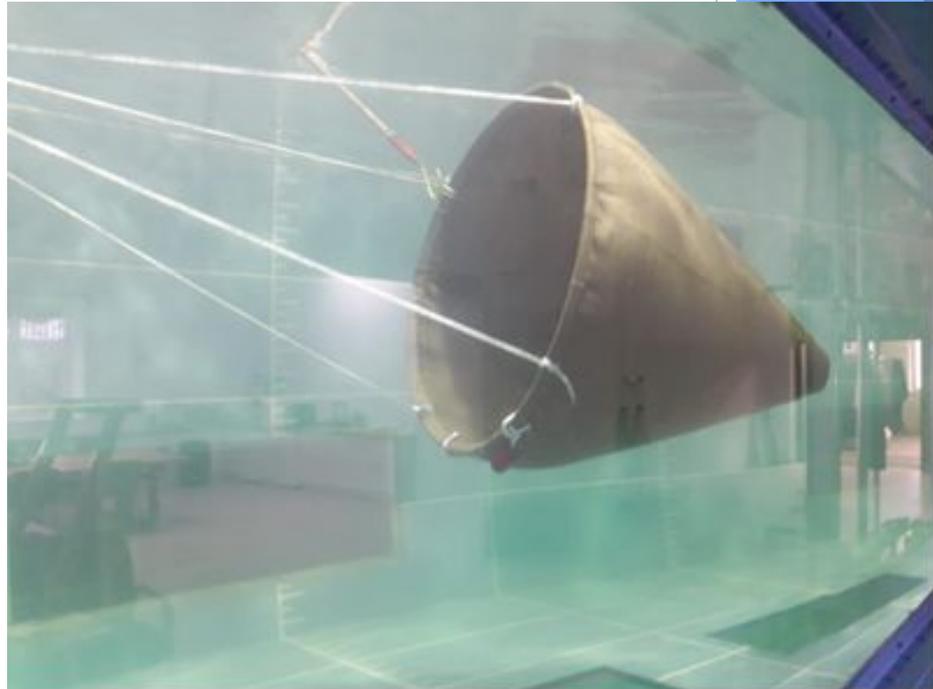


Рис 24 - Плавающий якорь в ходе
экспериментов

Таблица 3

№ п/п	Скорость потока воды v , м/с	Угол ориентации оттяжки в горизонтальной плоскости α , град	Угол ориентации оттяжки в вертикальной плоскости β , град	Натяжение в оттяжке T , Н	Агрегатное сопротивление плавучего якоря R_a , Н
1	0,5	2,7	4,5	90	179
2	1,0			510	1016
3	2,0			1500	2987
4	2,5			2010	4003

- ▶ На основании экспериментальных данных табл. 3 построим график зависимости (3), который приведен на рис 25

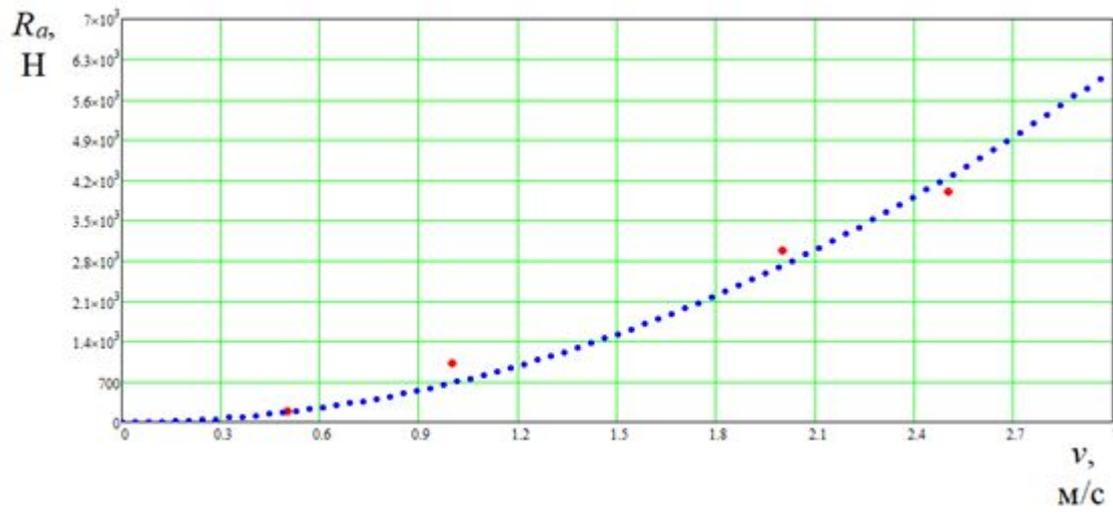


Рис 25 - График зависимости $R_a=f(v)$

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

- ▶ По данным табл. 3 определена эмпирическая формула для расчета агрегатного сопротивления плавучего якоря (ошибка не более 10%)

$$R_a = 1060 \frac{\pi D^2}{4} v^2,$$

где показатель 1060 имеет размерность плотности кг/м³.

- ▶ На основании формулы для расчета гидродинамического сопротивления плавучего якоря R_x [2]

$$R_a = R_x = 900 \frac{\pi D^2}{4} v^2$$

- ▶ где показатель 900 имеет размерность плотности кг/м³, при условии, что гидродинамическое сопротивление обруча, оттяжек и строп равно 0. Разница в показателях формул (7) и (8) обусловлена размерами выходного отверстия плавучего якоря.
- ▶ Сопоставим экспериментальные и расчетные данные сопротивления плавучего якоря (см. рис. 6).

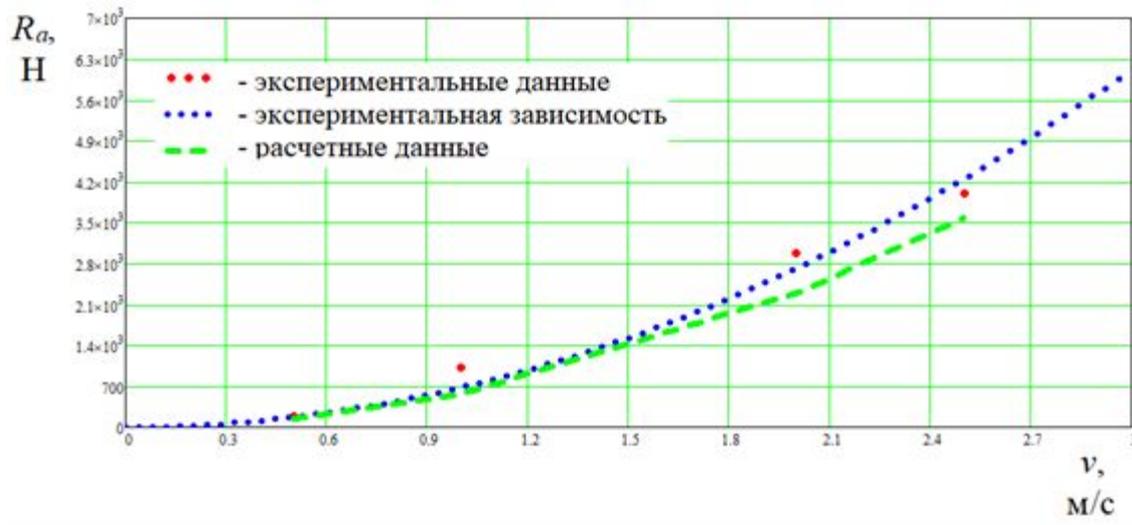


Рис 26 - График зависимости $Ra=f(v)$

- ▶ Вторая задача по определению располагаемой тяги P_p лодки Ока-4 на полигоне в березовском карьере свелась к поиску на зависимости $P_p = R_a = f(v)$ максимальной скорости буксировки.
- ▶ Эксперименты проходили на полигоне в березовском карьере в Гвардейском районе Калининградской области (рис.9).



Рис. 27 - Эксперименты на полигоне в березовском карьере



Рис 28 - Замер оттяжек



Рис 29 -Завязывание стропов

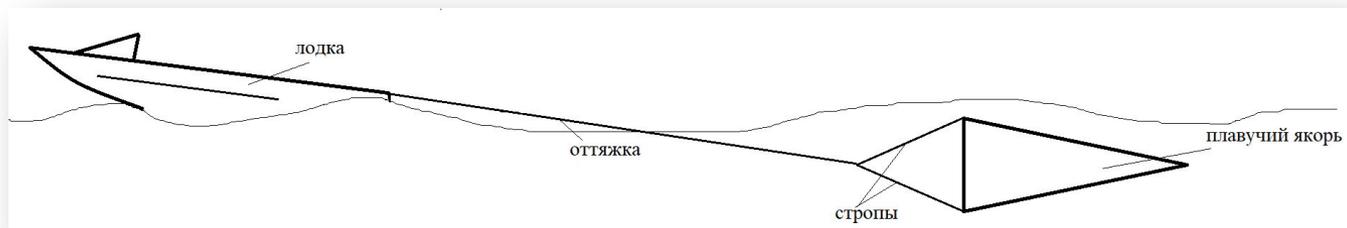


Рис 30 - Эксперименты на полигоне



Рис 31 - Испытания на Березовском озере

- ▶ В ходе экспериментов на полигоне получены экспериментальные данные по скорости буксировки плавучего якоря, а именно $v=1,5\text{ м/с}$. Таким образом по формуле (7) определим значение агрегатного сопротивления

$$R_a = 1060 \frac{\pi 0,9^2}{4} 1,5^2 = 1517\text{ Н}$$

Агрегатное сопротивление R_a является отправным значением для проектирования разноглубинного трала для лова ряпушки (*Coregonus albula*) в озере Виштынецкое и является приоритетной задачей для Калининградской области, с точки зрения обоснования общего допустимого улова (ОДУ) для ее вылова, так как трал для лова ряпушки будет эксплуатироваться и окажет существенное приращение улова ценного вида гидробионтов

- ▶ Используя программное обеспечение «Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства» для обоснования проектных характеристик разноглубинного трала [3-6] выяснилось, что при скорости траления $v=1,5\text{ м/с}$ и $R_a=1517\text{ Н}$ облавливать ряпушку (*Coregonus albula*) не имеет смысла, так как бросковая скорость у рыбы имеет значения более 2 м/с .
- ▶ Таким образом, было принято решение использовать при облове ряпушки (*Coregonus albula*) разноглубинным тралом две спаренные лодки Ока-4 с моторами мощностью каждый по 25 лс. Выполним соответствующие расчеты. На скорости $v=1,5\text{ м/с}$ соответственно $R_{2a}=3035\text{ Н}$ - агрегатное сопротивление двух плавучих якорей одинаковых размеров, тогда на основании формулы (7) получим

$$D_2 = \frac{1}{v} \sqrt{\frac{2R_{2a}}{1060\pi}} = 1,273\text{ м}$$

- ▶ Определяем максимально возможное агрегатное сопротивление при $v=2,0\text{ м/с}$ для двух спаренных лодок Ока-4 с моторами мощностью каждый по 25 л.с.

$$R_a = 1060 \frac{\pi 1,273^2}{4} 2,0^2 = 5,39\text{ кН}$$

▶ На основании расчетов с помощью программного обеспечения «Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства» для обоснования проектных характеристик разноглубинного трала были получены основные геометрические параметры раскрытия устья трала при $v=2,0\text{ м/с}$: $L=10\text{ м}$ - горизонтальное раскрытие и $H=11\text{ м}$ - вертикальное раскрытие

Заключение

- В заключении и результате нашей выпускной работы были поставлены цели в будущей разработке натурального трала и проведены нужные для нас исследования, и эксперименты. На основании полученных экспериментальных данных и расчетов с помощью программного обеспечения «Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства», получилось найти нужный для натурального трала гидродинамический коэффициент сопротивления.

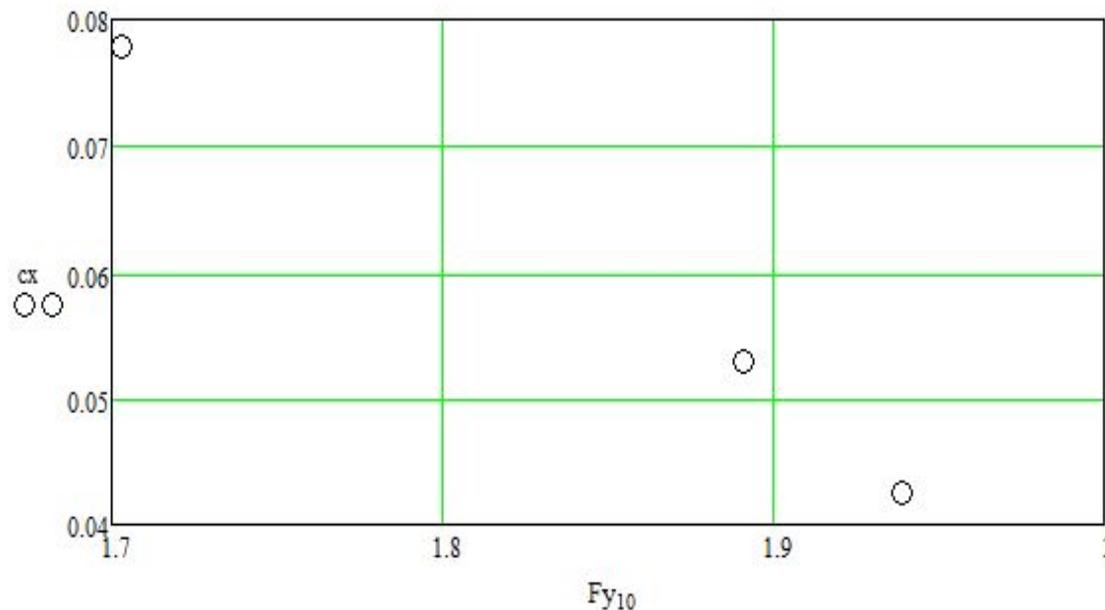


Рис 32 - Зависимость гидродинамического сопротивления трала

- ▶ В гидроканале и на полигоне были проведены расчеты тягового усилия лодки с плавучим якорем, и на основании этого был выведен график зависимости

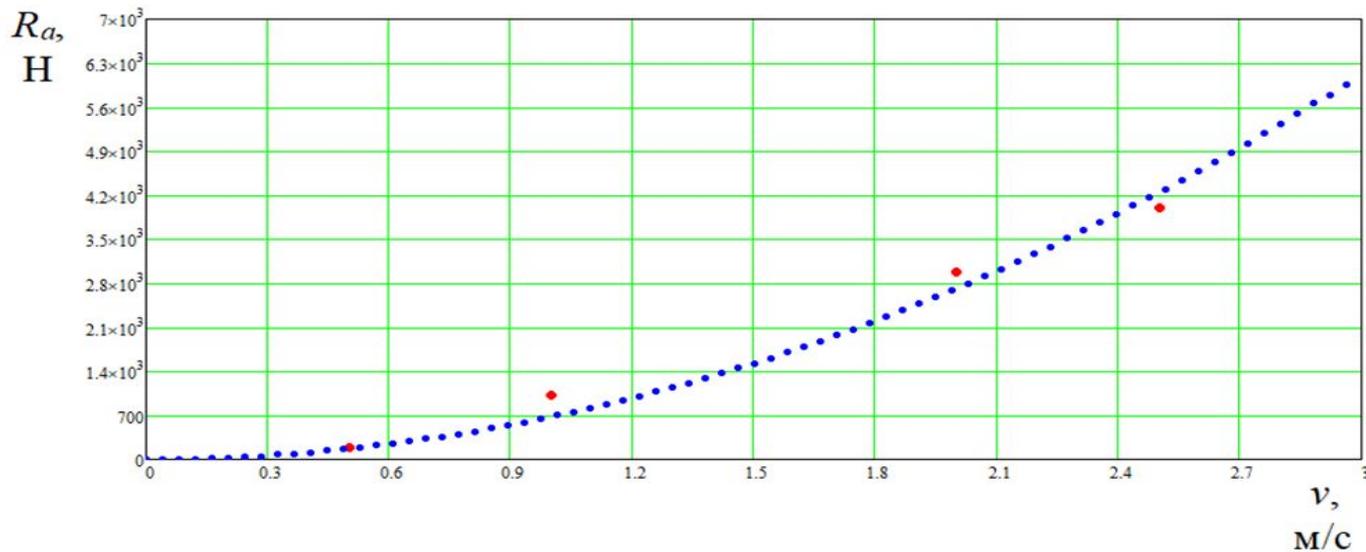
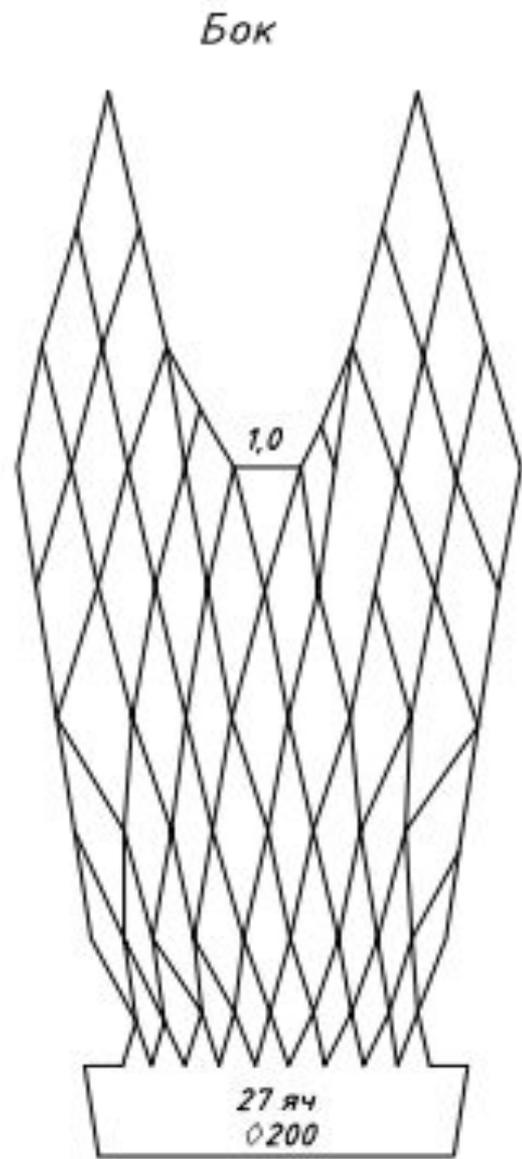
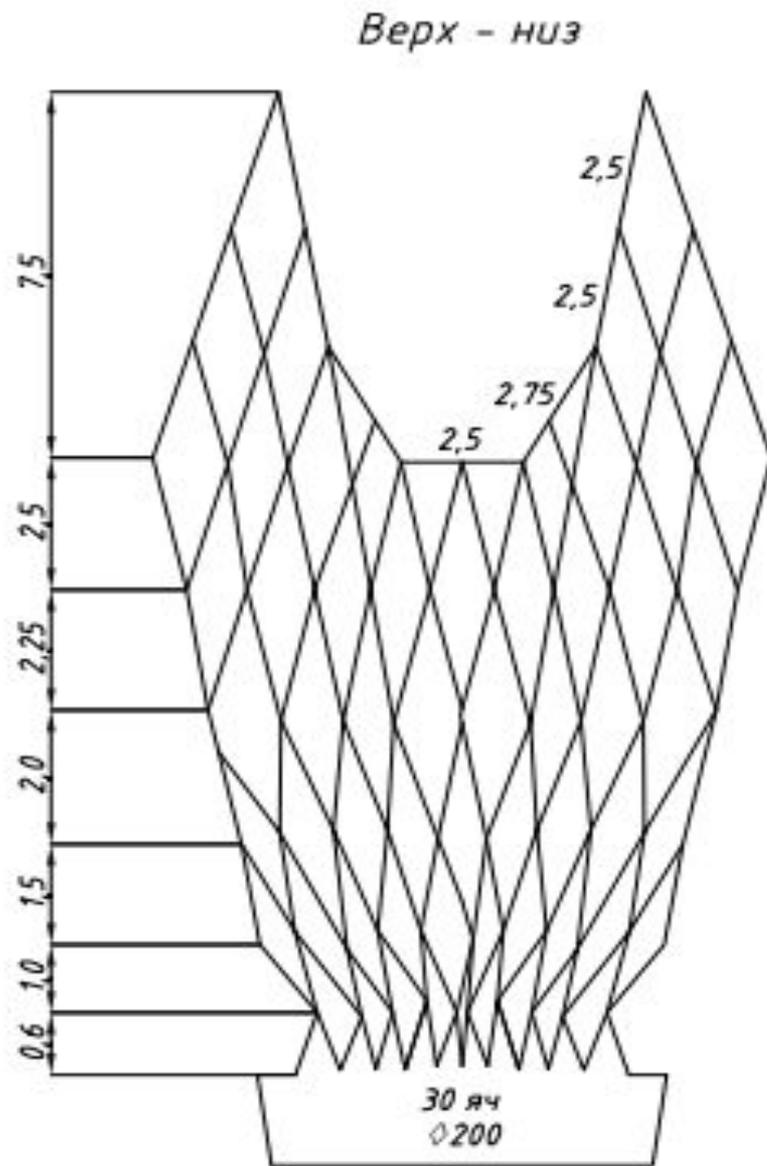


Рис 33 - График зависимости агрегатного сопротивления плав.якоря от скорости

После произведения исследований экспериментальных данных была найдена зависимость воздействия скорости потока воды (траления) на геометрические и силовые характеристики модели.

С помощью этого был представлен трал в натуре, что в будущем даст нам возможность более эффективный промысел ряпушки на Озере Виштынецкое



БР.35.03.09.2028.000 СБ

Рис 34 Канатно-сетная часть разноглубинного трала 18/95 м

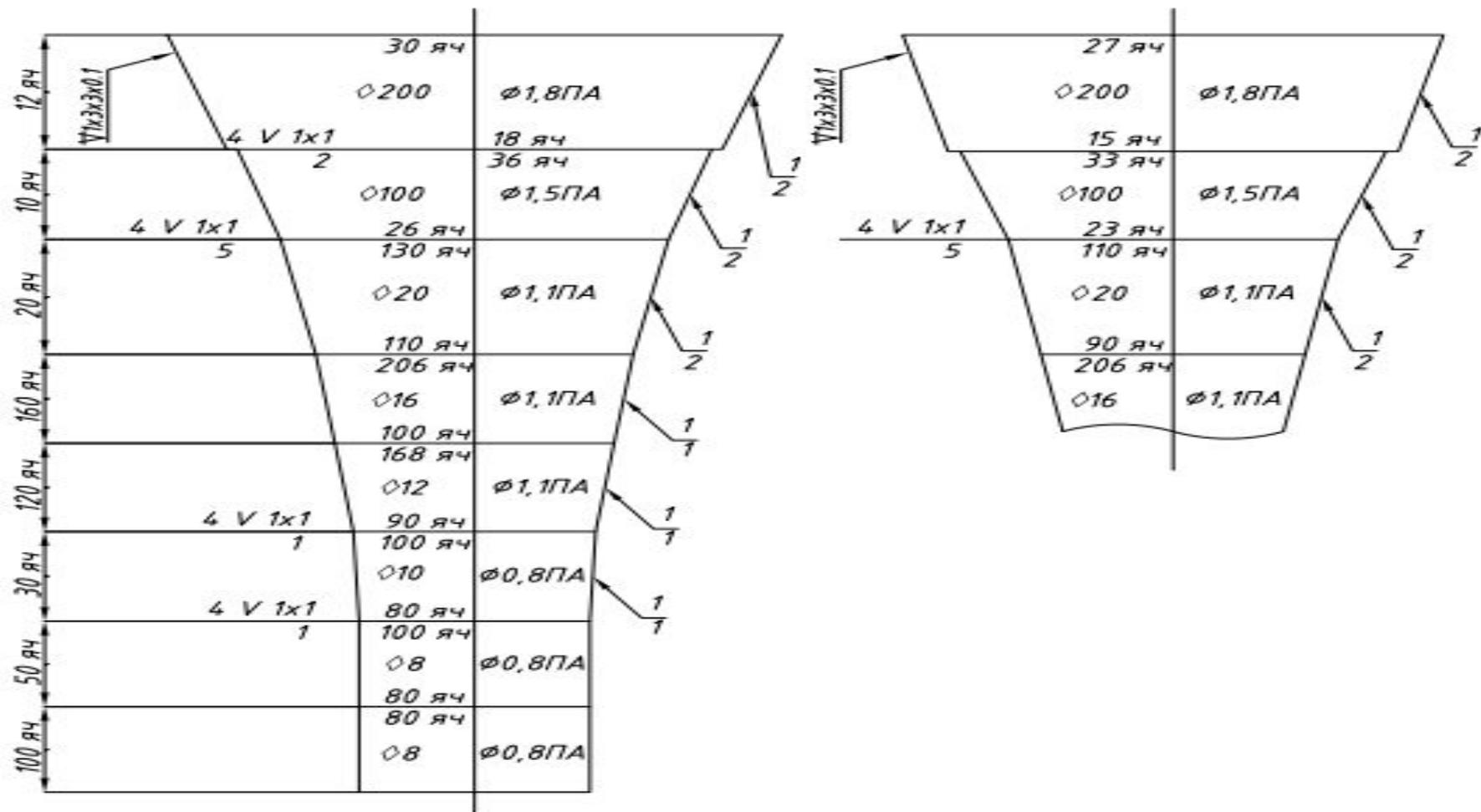


Рис 35 - Сетная часть разноглубинного трала 18/95 м

