

ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОРУДИЙ ЛОВА В ВОДЕ

И. Ш. ТЮКТАЕВ

В рыбохозяйственных исследованиях большой интерес представляет определение сопротивления орудий лова в воде путем непосредственного подключения измерительного прибора к исследуемому объекту, но существующие массовые контрольно-измерительные приборы не приспособлены для таких измерений. Поэтому в подобных исследованиях приняты другие методы подключения измерительных приборов, дающие косвенные показания величины сопротивления исследуемого объекта. К таким методам относятся определение величины провеса тягового каната, оттяжка через специальные ролики и др.

Названные методы дают значительные погрешности, особенно при измерении небольших сопротивлений образцов. Эти погрешности, помимо ошибок самих приборов, зависят от дополнительных сопротивлений оснастки и тяговых канатов, различных направляющих роликов, изгиба и вращения канатов и т. д.

В последние годы в связи с появлением различных контрольно-измерительных приборов для электрического измерения неэлектрических величин стало возможным измерять сопротивление (или тяговое усилие) с помощью тензодатчиков. Однако принципиальная схема включения силоизмерительного звена прибора, а также все погрешности, связанные с деталями оттяжки и оснастки, оставались такими же, как мы отмечали выше. Несмотря на это, применение тензодатчиков явилось известным прогрессом в рыбохозяйственных исследованиях, так как оно позволило обеспечить дистанционную регистрацию показаний приборов и исключило искажения от инерционных воздействий.

С методической точки зрения наиболее правильным будет подключать измерительный прибор 2 непосредственно к исследуемому объекту, например между образцом 3 и тяговым канатом 1 (рис. 1), и получать действительные значения величины его сопротивления. В этом случае сопротивление объекта будет воздействовать непосредственно на чувствительный элемент, а регистрирующий механизм будет отмечать величину этого сопротивления.

Основным преимуществом такого метода является то, что показания прибора соответствуют истинным значениям сопротивления образца без какого-либо искажения, вызываемого различной аппаратурой и оснасткой, используемыми при всех других методах измерений.

При этом методе измерений погрешности показаний будут состоять

только из ошибок самого измерительного прибора, которые, как правило, поддаются более или менее точной оценке.

Несмотря на простоту такого способа проведения необходимых замеров, практическое его применение чрезвычайно ограничено. Это вызвано особыми условиями расположения исследуемого объекта, который погружен в воду на различных глубинах и расстояниях и к тому же находится в постоянном движении.

Для определения сопротивления исследуемого объекта методом непосредственного включения прибора потребовалась разработка специальной аппаратуры, обеспечивающей: полную герметичность измери-

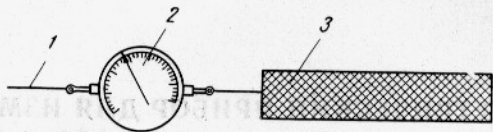


Рис. 1. Схема включения измерительного прибора.

тельного прибора, подвижность прибора вместе с исследуемым объектом и возможность погружения его на любую глубину, дистанционную передачу показаний прибора и автоматическую регистрацию этих показаний, а также исключение искажений показаний прибора, вызванных его подвижностью, глубиной погружения и дистанционной передачей показаний.

С учетом вышеперечисленных условий нами разработана и применена специальная аппаратура, описание которой приводится ниже.

В ряде случаев, когда недостаточно произвести только отсчет той или иной измеряемой величины, а требуется развертка ее во времени, пользуются самопишущими (регистрирующими) приборами и осциллографами. Самопишущие приборы используются для записи медленно изменяющихся, а осциллограф — для записи и наблюдения быстро изменяющихся электрических величин.

В зависимости от способа записи самопишущие приборы делятся на приборы с непрерывной записью и приборы с точечной записью.

К подвижной части самопишущих приборов с непрерывной записью крепится особый указатель, на конце которого помещается перо с чернилами. Перо записывает значения измеряемой величины на диаграммной бумаге с координатной сеткой и поперечными линиями времени. С помощью стрелки, располагающейся над шкалой, можно отсчитывать измеряемую величину.

Лентопротяжный механизм перемещает диаграммную бумажную ленту, на которой перо вычерчивает кривую зависимости измеряемой величины от времени.

Для того чтобы уменьшить влияние трения пера о бумагу, вращающий момент самопишущих приборов с непрерывной записью должен быть значительно больше, чем у показывающих приборов.

Для протяжки диаграммной бумаги применяется специальный двигатель (электрический или с пружинным механизмом). Скорость движения бумаги может регулироваться с помощью сменных шестерен.

Такое устройство самопишущих приборов из-за инерции их подвижной части позволяет производить записи лишь медленно изменяющихся величин (частота изменений измеряемой величины не более 1 гц). Сами записи могут производиться длительно: в течение нескольких часов и даже суток.

В качестве чувствительных элементов были использованы стальные упругие кольца пружинных динамометров следующих типов: ДПУ-0,01-2 (1—10 кг); ДПУ-0,02-2 (2—20 кг); ДПУ-0,1 (10—100 кг). На эти упругие стальные кольца наклеивались тензодатчики R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , как показано на рис. 2.

Принцип работы этих приборов заключается в следующем. Динамометр представляет собой стальное кольцо, упруго деформирующееся под действием сил (P), прилагаемых к ушкам. В зоне наибольших деформаций упругого кольца наклеиваются проволочные преобразователи (тензодатчики).

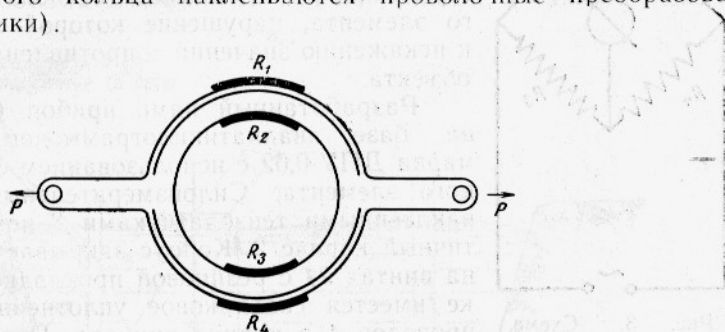


Рис. 2. Схема наклейки тензодатчиков.

Проволока преобразователя воспринимает деформации кольца, вследствие чего изменяются ее геометрические размеры, а также и электрическое сопротивление. В зависимости от количества и типов тензодатчиков и типа используемой измерительной аппаратуры получаемые электрические сигналы могут фиксироваться этой аппаратурой непосредственно или после соответствующего усиления.

Стальное упругое кольцо пружинного динамометра выбирали в соответствии с нагрузкой. Нагрузку предварительно определяли обычным пружинным динамометром, который включали в цепь нагрузки через огибаемый веревкой канифас-блок по методу оттяжки.

Для обеспечения достаточной чувствительности прибора динамометр с наклеенными датчиками выбирали в пределах нагрузки, определенной предварительной проверкой пружинными динамометрами.

Так, если предварительная нагрузка составляла 18 кг, то упругое кольцо брали из динамометра ДПУ-0,02 (2—20 кг) с наклеенными датчиками соответствующих сопротивлений. Исходя из этих соображений и по предварительной фактической нагрузке опытных образцов при скоростях движений 0,4—1,2 м/сек для исследований были изготовлены кольцевые динамометры с наклеенными датчиками на три диапазона усилий 0—10 кг, 0—20 кг, 0—100 кг.

Размеры выбранных кольцевых динамометров позволяли использовать тензодатчики с сопротивлением порядка 190—200 см при величине базы 20 мм. Тензодатчики включали по мостовой схеме, изображенной на рис. 3, при которой отпадает необходимость в компенсации температурной погрешности преобразователя, так как все плечи моста работают в одних и тех же температурных условиях.

Учитывая, что относительное изменение сопротивления проволочных преобразователей не превышает 0,5% (а в большинстве случаев составляет 0,1—0,2%), сигналы, получаемые с измерительной диагонали моста, должны быть усилены, с тем чтобы измерительная аппаратура могла их зафиксировать.

Для усиления сигналов использовали тензометрический усилитель

типа 8АНЧ-7М, который позволяет проводить измерения с помощью проволочных датчиков одновременно в 8 точках.

Усилитель питался от сети переменного тока промышленной частоты напряжением 220 в через стабилизатор напряжения. В качестве регистрирующего прибора применяли самопишущий миллиамперметр типа Н-340 на 50 ма. Как уже отмечалось выше, для успешного проведения измерения по принятой методике необходимым является условие полной герметичности силоизмерительного чувствительного элемента, нарушение которой может привести к искажению значений сопротивления движущегося объекта.

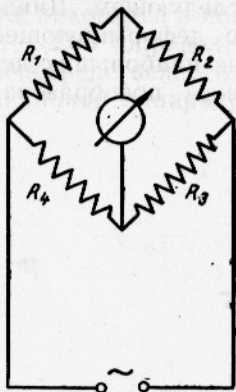


Рис. 3. Схема включения тензодатчиков.

Разработанный нами прибор (рис. 4) создан на базе двадцатикилограммового динамометра марки ДПУ-0,02 с использованием силоизмерительного элемента. Силоизмерительный элемент 1 с наклеенными тензодатчиками 3 помещен в герметичный корпус 2. Корпус закрывается крышкой 23 на винтах 24 с резиновой прокладкой 8. На крышке имеется сальниковое уплотнение 6 для ввода проводов 4 в корпус прибора. Провода 4 для защиты от электрических помех находятся в экранирующей оплетке 5. Для крепления проводов внутри прибора имеется угольник 15.

К крышке прибора винтами крепится пластинка 7 с отверстиями для сообщения окружающей воды (в которую погружен прибор) с диафрагмой.

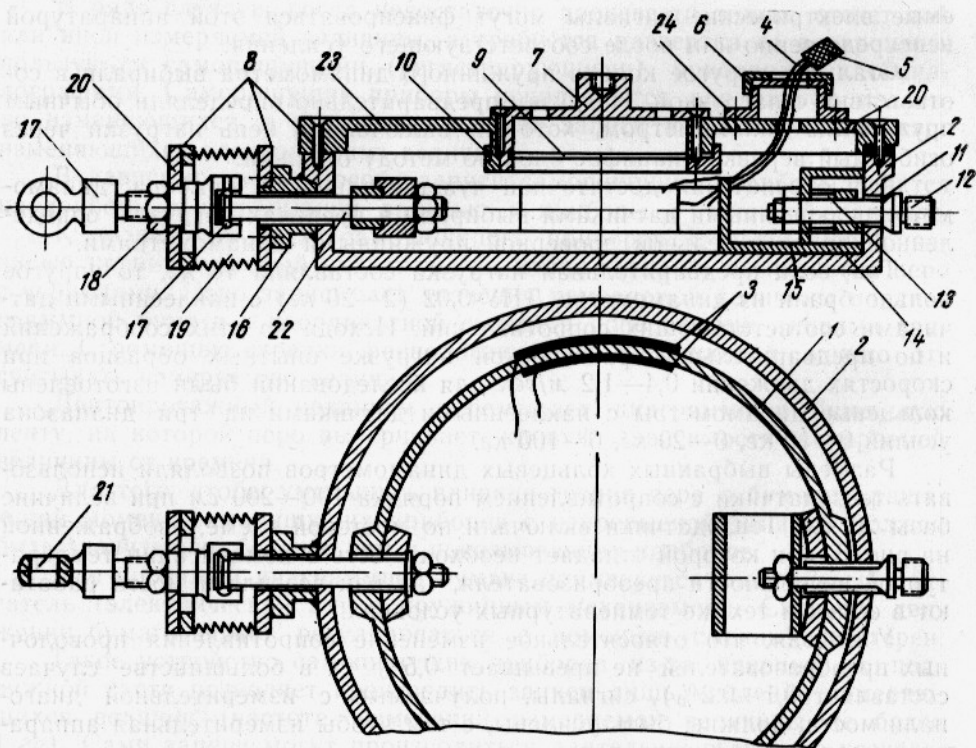


Рис. 4. Принципиальная схема прибора для измерения сопротивлений орудий лова в воде.

Пластинка 7 заканчивается цилиндрическим выступом с внутренней резьбой для крепления прибора к штоку с поплавком.

Для обеспечения надежной герметизации внутренней полости корпуса прибора заполнен трансформаторным маслом. Заполнение прибора маслом осуществляется с помощью двух резьбовых пробок 20; одна служит для заливки масла, а другая — для выпуска воздуха при заливке. В основании крышки имеется резиновая диафрагма 9 (из маслостойкой резины), служащая для компенсации давления, возникающего при изменении объема сиффона 19 под нагрузками, а также от давле-

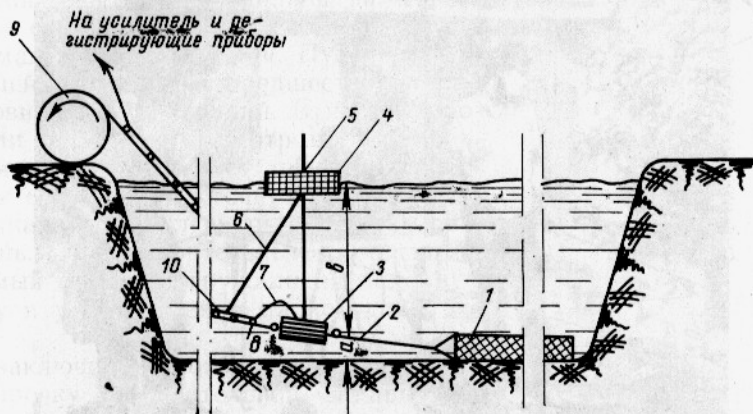


Рис. 5. Схема расположения приборов на экспериментальной установке.

ний, вызванных изменением температур. Сиффонное устройство соединяется с корпусом прибора фигурной втулкой 16. Крышка сиффона затянута гайкой 18.

Диафрагма 9 крепится к крышке четырехмиллиметровыми винтами при помощи стального кольца 10. Неподвижная серьга 12 уплотнена в корпусе медной прокладкой 11. Силовое измерительное устройство с неподвижной серьгой соединен при помощи свободно плавающей втулки 13, что исключает случайные боковые усилия при растяжении силоизмерительного кольца. Втулка 13 опирается на неподвижную скобу 14. Подвижная серьга 21 соединена с силоизмерительным кольцом с помощью штока 22 и двух шарниров 17.

Схема расположения измерительных и вспомогательных приборов экспериментальной установки показана на рис. 5.

Исследуемый объект 1 (сетка, канат и др.) с помощью тягового каната 2 соединяется с подвижной серьгой динамометра 3. Вторая неподвижная серьга динамометра 3 соединена с тяговым канатом 8, конец которого подан на барабан 9 тяговой лебедки.

Для подачи электрических сигналов от тензодатчиков протянут кабель 7 (в морском исполнении с экранированной оплеткой), второй конец которого соединен с усилителем.

Усилитель сигналов и регистрирующий прибор (рис. 6) были размещены на берегу у тяговой лебедки.

Кабель 7 (рис. 5) прикрепляли шкимками 10 к тяговому канату 8, и они под действием барабана 9 лебедки перемещались совместно. Лишь при подходе к тяговому барабану шкимки 10 отвязывали или отрезали и кабель 7 укладывали в бухту отдельно, и таким образом кабель обходил тяговой барабан.

Для того, чтобы силоизмерительный элемент 3 на протяжении всего опыта находился на заданной глубине, его соединяли через стальной штырь 5 с поплавком 4. Поплавок 4 обеспечивает устойчивое положение прибора на любой заданной глубине. Так как мы проводили опыты на глубинах только до двух метров, то практически установка прибора на любой заданной глубине не вызывала затруднений. Вместе с тем поплавок 4 предотвращал поворачивание прибора в воде, что могло бы привести к повреждению или запутыванию кабеля 7.

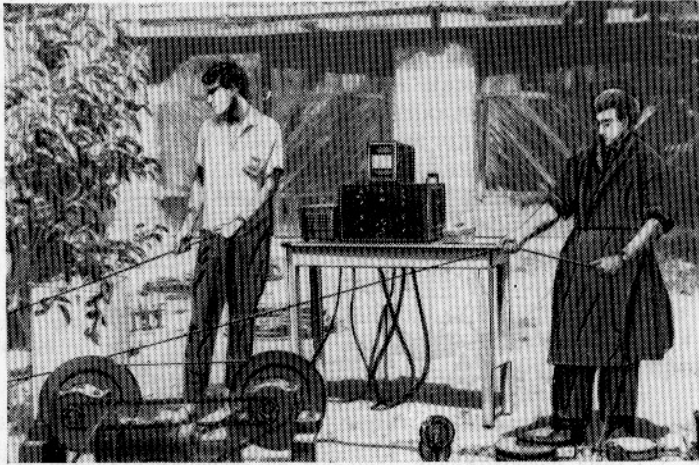


Рис. 6. Работа на экспериментальной установке.

Штырь 5 удерживался в вертикальном положении канатом 6. Поплавок обтекаемой (эллипсообразной) формы изготавливали из цельного куска пенопласта толщиной 40 мм. В середине поплавка просверлено отверстие для прохода штыря 5 и устройства для крепления поплавка на штыре на заданной высоте.

Регулированием высоты поплавка задавалась глубина погружения прибора. Обычно при исследовании сопротивления жгута сетного полотна, которое шло по дну, мы принимали расстояние $a = 200$ мм, $b = 1000 \div 1500$ мм.

В качестве тягового каната 2 нами применялась капроновая нитка $34/6 \times 2 \times 3$ с разрывной нагрузкой 46,7 кг. При значительных нагрузках брали две или три нитки. Длина каната 2 была принята равной 5 м. Вместе с тем сопротивление самого каната было настолько незначительным, что прибор его не ощущал. В качестве тягового каната 8, применялась рыболовная хлориновая веревка диаметром 6 мм с разрывной нагрузкой 140 кг.

Вышеописанным методом непосредственного включения измерительного прибора к измеряемому объекту измеряли сопротивление опытных образцов жгута сетного полотна и канатов в прудах Куринского экспериментального осетрового рыболовного завода. Записи информации от тензодатчиков через соответствующую усилительную аппаратуру проводились щитовым самопишущим прибором с миллиметрами П-340 постоянного тока магнитоэлектрической системы с пределом измерения 50 ма.

Запись показаний производилась чернилами на диаграммной бу-

маге в криволинейных координатах. Ширина рабочей части диаграммной бумаги — 100 мм.

Для привода диаграммной бумаги применялся синхронный двигатель с питанием от сети переменного тока частотой 50 гц, напряжением 127 или 220 в.

Прибор имеет шесть скоростей движения диаграммной бумаги 20, 60, 180, 600, 1800, 5400 мм/ч, которые устанавливаются путем замены сменных шестерен, входящих в комплект прибора.

Наши опыты проводились на максимальной скорости перемещения диаграммной бумаги, т. е. 5400 мм/ч. Пуску регистрирующей аппаратуры предшествовал ряд подготовительных операций. В начале производили наружный осмотр всей измерительной аппаратуры и установки и приводили их в рабочее состояние. Измерительную аппаратуру включали в измерительную цепь. Силоизмерительный датчик и исследуемый объект погружали на заданную глубину и устанавливали на исходную позицию.

В заключение производили проверку и балансировку измерительной аппаратуры. Записи проводились для каждого опыта отдельно.

На рис. 7 приведена запись, которая была получена при определении сопротивления жгута сетного полотна из хлопчатобумажной дели с ячейей 34 мм, длиной в посадке 10 и высотой 7 м, отношением $\frac{d}{a} = 0,033$ и коэффициентом посадки 0,667/0,745. Замеры проводились на пяти скоростях движения жгута. Тарировкой прибора (по специальной масштабной линейке) был установлен масштаб: 1 мм = 0,2 кг. Расшифровкой записи получаем следующие результаты:

Скорость движения, м/сек	Сопротивление, кг
0,4	4,6
0,6	5,8
0,8	8,0
1,0	12,0
1,2	16,5

Для удобства чтения записи на диаграмме обведены тушью.

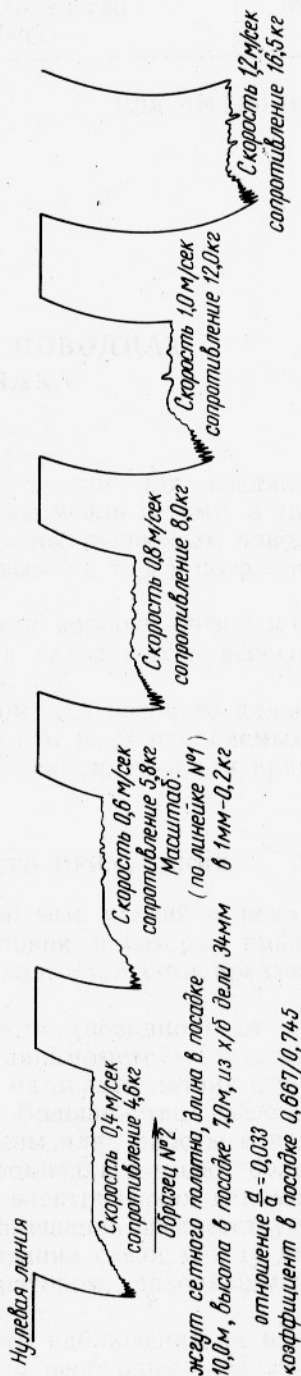


Рис. 7. Образец записи сопротивлений на различных скоростях движения жгута сетного полотна.