

РАЗДЕЛ IV

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК РЫБ

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЛИНИНГРАДСКОЙ САЛАКИ

Инж.-механик А. Н. МОРЕВ

Развитие механизации трудоемких процессов в рыбной промышленности требует знания физико-механических свойств рыбы. В особенности такие знания нужны при конструировании рыбообделочных, сортировочных, посольных, копильных машин и устройств и при проектировании средств механизации погрузочно-разгрузочных работ и внутриводской транспортировки на рыбообработывающих предприятиях.

Представляется необходимым проведение обширных исследовательских работ по составлению физико-механических характеристик рыб. В основу классификации промысловых рыб должна быть положена классификация рыб, принятая в атласе «Промысловые рыбы СССР». Однако количество рыб, подлежащих изучению с целью получения их физико-механических характеристик, может быть несколько сокращено; в это число должны войти только наиболее важные в промысловом отношении рыбы и в первую очередь те, механизация обработки которых затруднительна, но необходима.

К последним относятся хамса, тюлька, килька и салака. Механизация обработки (особенно механизация рыбообделки) этих рыб сводится прежде всего к созданию устройств, ориентирующих рыбу при ее движении, и устройств для сортировки ее по размерам. Так как вес каждой рыбы этих пород небольшой, поштучная пропускная способность (производительность) устройств должна быть велика, а это в свою очередь усложняет устройства.

На производствах, выпускающих соленую рыбную продукцию и приготавливающих различные консервы, наиболее применимыми являются следующие физико-механические показатели: вес и линейные размеры рыбы, центр тяжести тела рыбы, удельный и насыпной вес, угол естественного откоса, углы скольжения при покое и движении рыбы по дереву, железу и транспортной ленте.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТОВ

Вес и линейные размеры салаки

Определения проведены на рыбе, пойманной за 11 час. до начала проведения опытов. Салаку из лодки выгружали зюльгой в сетные носилки, затем, пересыпав льдом, в ящиках емкостью 40—50 кг достав-

ляли авторефрижератором на Мамоновский рыбокомбинат, где и проводили опыты.

Для того чтобы рыба во всех опытах имела одинаковую остаточную влажность, ее промывали и в течение 1 часа выдерживали в перфорированном сосуде. Из ящиков рыбу насыпали в ведро без отбора и сортировки. Вначале определяли на технических лабораторных весах вес отдельного экземпляра с точностью до 0,01 г. Затем рыбу укладывали на измерительную доску, градуированную в сантиметрах, и определяли линейные размеры; поперечные размеры определяли штангенциркулем. Условная схема линейных размеров рыбы и ее частей показана на рис. 1.

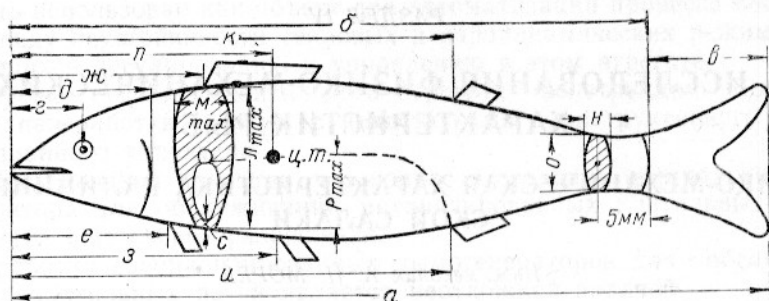


Рис. 1. Условная схема линейных размеров салаки и ее частей.

Для подтверждения правильности наших замеров мы воспользовались также данными биологической лаборатории Балтниро, откуда были получены результаты взвешиваний и замеров общей длины салаки, выловленной в период с 14 апреля по 13 мая 1954 г.

Для выяснения зависимости веса салаки от ее общей длины был построен график (рис. 2). Разброс точек на этом графике относительно большой.

Кривая представляет собой параболу $y=ax^b$; в нашем случае она имеет вид

$$G=0,007 L^3,$$

где: G — вес салаки в г;

L — общая длина в см.

В нижней части рис. 2 показана диаграмма распределения количества рыб по длинам. Так, основная масса салаки имеет длину от 17,5 до 24 см, причем наибольшее число рыб (10,3% от общего числа) имеет длину 19,6—20,0 см.

Центр тяжести тела рыбы

Центр тяжести тела рыбы определяли на приспособлении, представляющем собой горизонтальную площадку, одним концом шарнирно укрепленную на вертикальной стойке, а другим — подвешенную к коромыслу технических лабораторных весов.

Площадка имела деления через 5 мм; со стороны шарнира располагался вертикальный упор, точно совпадающий с осью шарнира. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса площадки $l_2=24,4$ см; площадка уравнивалась разновесом в 26,35 г.

Уравновесив пустую площадку, на нее укладывали рыбу головой вплотную к упору и вновь уравнивали разновесами с точностью до 0,01 г.

Вычитая из веса площадки с рыбой вес пустой площадки, получали разность весов площадки с рыбой и пустой площадки (G_1); затем рыбу снимали с площадки и взвешивали (G).

Расстояние до центра тяжести вычисляли по схеме расположения сил, изображенной на рис. 3, по формуле

$$l_1 = \frac{G_1 l_2}{G},$$

где: l_1 — расстояние от конца рыла рыбы до центра тяжести в см;
 l_2 — длина площадки в см от упора до места подвески;
 G — вес рыбы в г;
 G_1 — разность весов площадки с рыбой и пустой площадки.

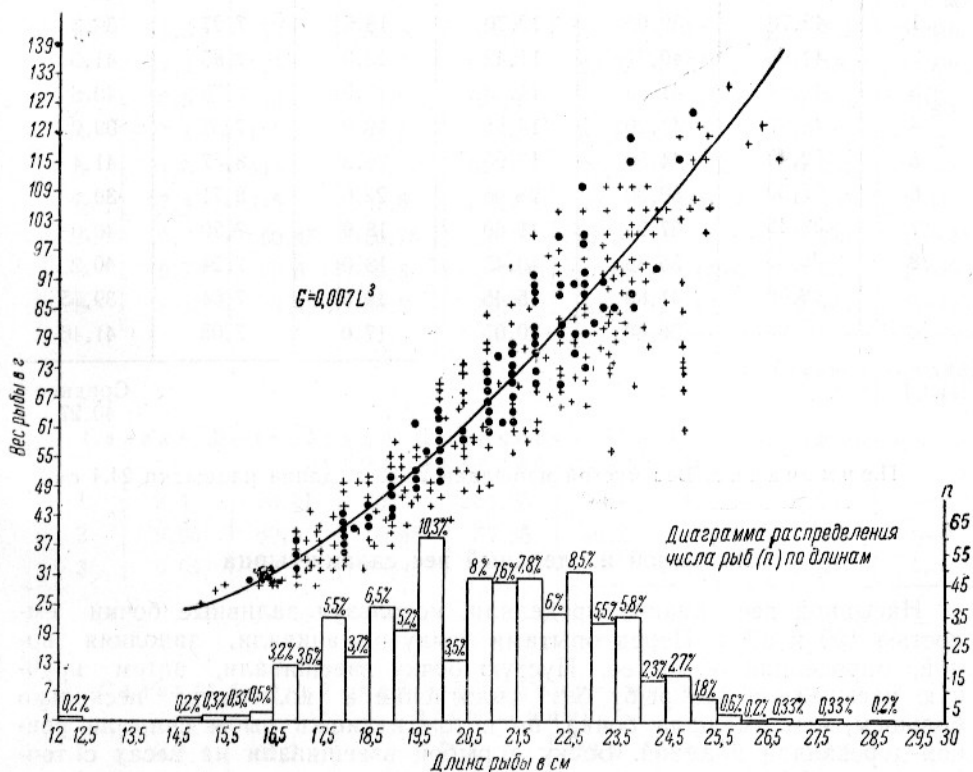


Рис. 2. График зависимости веса салаки от общей длины (салака Калининградского залива, период вылова 14 апреля — 15 мая 1954 г.; общее число рыб по пробам 600).

Полученные значения l_1 относили к полной длине тела рыбы. Среднее значение расстояния от конца рыла рыбы до центра тяжести по

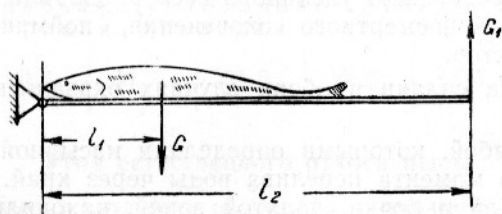


Рис. 3. Схема расположения сил при определении центра тяжести рыбы.

десяти экземплярам 40,27%, а крайние значения 39,20—41,56% от полной длины рыбы (табл. 1). Эти значения подсчитывались по формуле $\frac{n}{a} \cdot 100$ (обозначения см. на рис. 1).

Данные о расположении центра тяжести салаки
(г. Мамоново, Калининградской области, 3 июня 1954 г.)

Номер опыта	Вес рыбы G в г	Вес площадки с рыбой в г	Разность веса площадки с рыбой и пустой площадки G_1	Длина рыбы общая L в см	Расстояние от конца рыла до центра тяжести l_1 в см	Величина расстояния от конца рыла до ц. т. в % от полной длины рыбы
1	42,70	39,05	12,70	18,5	7,27	39,3
2	44,96	40,77	14,42	19,0	7,85	41,3
3	47,37	41,23	14,88	19,0	7,70	40,6
4	48,27	41,20	14,85	19,2	7,52	39,2
5	52,45	44,30	17,95	20,2	8,37	41,4
6	67,30	50,30	23,95	22,0	8,71	39,6
7	39,45	37,95	11,60	18,0	7,20	40,0
8	35,35	36,80	10,45	18,0	7,24	40,2
9	49,50	41,80	15,45	19,3	7,64	39,65
10	35,03	36,40	10,05	17,0	7,05	41,46

Среднее
40,27

Примечание. Вес пустой площадки 26,35 г, длина площадки 24,4 см.

Насыпной и удельный вес салаки-сырца

Насыпной вес салаки определяли, используя заливные бочки емкостью 100 и 50 л. Перед опытами бочку замачивали, заполняя водой, определяли объем ее. Пустую бочку взвешивали, затем вручную насыпали в нее рыбу без уплотнения в количестве несколько большем, чем вмещала бочка, но потом излишки рыбы снимали ровной деревянной планкой. Бочку с рыбой взвешивали на весах с точностью до 0,1 кг.

Зная емкость бочки и вес рыбы в ней, вычисляли насыпной вес путем деления веса рыбы на объем бочки. Было проведено 9 определений. Среднее значение насыпного веса салаки-сырца $0,925 \text{ т/м}^3$, крайние значения 0,910 и 0,938 (табл. 2)

Опыты по определению удельного веса проводили на салаке, находившейся в стадии посмертного окоченения, пойманной за 2—3 и за 8—9 час. до опытов.

Удельные веса салаки в обоих случаях оказались приблизительно одинаковыми.

В бочки с рыбой, которыми определяли насыпной вес, доливали пресную воду до момента перелива воды через край. По разности весов бочки с рыбой и бочки, долитой водой, находили вес долитой в бочку воды. Вычитая из емкости бочки объем долитой воды, получали объем рыбы, помещенной в бочку. Далее, разделив вес рыбы в бочке на объем ее, получали удельный вес салаки-сырца, среднее значение которого по семи опытам 1,044, а крайние значения 1,036 и 1,053 (см. табл. 2). Таким образом, удельный вес салаки-сырца немного больше удельного веса пресной воды, т. е. свежая салака, помещенная в пресную воду, будет тонуть.

Насыпной и удельный вес салаки
(опыты проводились 4 июня 1954 г.)

Номер опыта	Вес пустой бочки в кг	Вес бочки с водой в кг	Емкость бочки в л	Вес бочки с рыбой в кг	Вес рыбы в бочке в кг	Вес бочки с рыбой и водой в кг	Насыпной вес рыбы в т/м ³	Удельный вес рыбы
Салака балтийская — сырец								
1	17,5	113	95,5	104,7	87,2	116,1	0,913	1,036
2	17,4	115	97,6	107,1	89,7	118,3	0,920	1,038
3	17,5	113	95,5	106,3	88,8	117,4	0,930	1,052
4	17,4	115	97,6	106,2	88,8	—	0,910	—
5	17,5	113	95,5	106,7	89,2	—	0,934	—
6	17,4	115	97,6	108,2	90,8	118,8	0,930	1,043
7	9,7	60,45	50,75	56,7	47,0	62,5	0,926	1,044
8	9,7	60,5	50,8	57,35	47,65	62,9	0,938	1,053
9	9,45	59,45	50,0	55,6	46,15	61,4	0,923	1,044

Среднее
0,925 | Среднее
1,044

Салака балтийская (соленость 17%, I сорт, чановый посол, укладка вручную)

1	9,4	59,11	49,75	54,25	44,85	68,0	0,901	—
2	9,65	60,5	50,85	55,85	46,2	69,55	0,908	—
3	9,65	60,5	50,85	50,45	40,8	70,45	0,802	—

Среднее
0,870 | —

Салака балтийская (трехминутная вибрация при насыпании)

1	9,7	60,7	51	63,6	53,9	69,45	1,057	—
2	9,7	60,7	51	65,75	56,05	69,15	1,099	—
3	9,7	60,7	51	65,8	56,1	69,1	1,100	—

Среднее
1,085 | —

Салака балтийская (уплотнение руками, трехминутная вибрация, докладка с уплотнением)

1	9,7	60,7	51	62,3	52,6	65,3	1,031	—
---	-----	------	----	------	------	------	-------	---

Угол естественного откоса рыбы

При свободном насыпании рыбы на горизонтальную плоскость образуется конус.

Угол между образующей конуса и горизонтальной плоскостью и будет углом естественного откоса рыбы. Опыты по его определению заключались в следующем. У 100-литровой бочки выбивали оба дна, бочку ставили на горизонтальный деревянный настил и в нее свободным насыпанием без уплотнения вручную из сетчатых носилок насыпали свежую салаку вровень с обрезом бочки. Затем два человека

медленно поднимали бочку вертикально вверх, рыба высыпалась и образовывала конус, у которого с четырех сторон (по перпендикулярным диаметрам) определяли угломером угол при основании.

Три опыта были проведены на салаке, выловленной за 5 час. до начала проведения опытов и находившейся на причале в течение 2—3 час. в ящиках емкостью по 40—50 кг, закрытых полихлорвиниловыми мешками. По этим трем опытам угол естественного откоса колебался в пределах 20—26°.

В следующих трех опытах на салаке, выловленной за 2—3 часа до начала работ и находившейся в ящиках не более 50 мин., были получены углы естественного откоса в пределах 16—19°.

Такую разницу в углах естественного откоса для обоих случаев, очевидно, можно объяснить состоянием рыбы и количеством остаточной влаги на ней. В первом случае рыба имела на своей поверхности очень мало остаточной влаги (была обветренной) и поэтому конус был круче и выше. Результаты опытов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Углы естественного откоса салаки

Дата	Номер опыта	Угол естественного откоса в град. по перпендикулярным диаметрам в четырех местах				Средний угол естественного откоса в град. для четырех точек	Примечания
		1	2	3	4		
3/VI 1954 г.	1	24	23,5	21	23	22,9	Снулая, в стадии по- смертного окоченения, I сорт, выловлена за 5 час. до опыта, выгружалась зюзьгой, есть чешуя, слизь. Хранилась 2—3 часа на при- чале в ящиках по 40—50 кг, закрытая хлорвиниловыми мешками. Бочка 100-литро- вая, насыпание в бочку вручную из сетчатых но- силков (г. Мамоново)
	2	21	24	23	26	23,5	
	3	25	22	24	20	22,7	
4/VI 1954 г.	4	18	17	17	16	17	Снулая, в стадии окоче- нения, I сорт, выловлена за 2—3 часа до опыта, вы- гружалась зюзьгой, храни- лась в ящиках на причале 50 мин. Бочка 100-литро- вая, насыпание вручную (г. Мамоново)
	5	17,5	18,5	18	18	18	
	6	19	18	19	17,5	18,4	
28/V 1954 г.	7	28	26	27	25	26,5	Снулая, I сорт, вылов- лена за 8—9 час. до опы- та, выгрузка рыбонасосом, транспортировалась авто- рефрижератором в ящиках по 40—50 кг со Светлов- ского рыбокомбината. Боч- ка 100-литровая
						Среднее 21,3	

Углы скольжения рыбы по различным материалам

Для исследований брали железо оцинкованное новое, транспортерную ленту с резиновой обкладкой на одной стороне, две поверхности из дерева (у одной волокна расположены вдоль движения рыбы, у другой поперечное расположение волокон).

Все плоскости имели размеры 100×400 мм. Для проведения опытов каждую плоскость помещали на специальный прибор, при помощи которого изменяли угол наклона испытываемой плоскости.

Углы скольжения салаки определяли для сухих поверхностей и для поверхностей, непрерывно смачиваемых водой. Для первого случая брали салаку, помещенную на 1 час в перфорированную емкость для стекания с ее поверхности воды. Во втором случае рыбу перед опытом помещали в воду.

Каждую рыбку укладывали на поверхность скольжения четыре раза: головой, хвостом, спинкой и брюшком по направлению движения.

Определение угла скольжения сводилось к подбору наименьшего угла наклона плоскости, при котором рыба, помещенная на плоскость в том или ином положении, начинала скользить, причем изменение угла наклона плоскости делалось вручную медленно и плавно.

Во время движения рыбы по плоскости отмечали, как к концу движения ориентировалась продольная ось тела рыбы к направлению движения. Было отмечено, что салака, положенная спинкой или брюшком по направлению движения, в большинстве случаев, пройдя по смоченной поверхности 50—70 см, разворачивалась головой вперед за счет торможения хвостовым плавником.

Всего по определению углов скольжения салаки было проделано 856 опытов. Опыты проводились на салаке, выловленной за 4—9 час. до начала опытов (Мамоновский рыбокомбинат Балтгосрыбтреста).

В результате опытов было установлено, что угол скольжения рыбы, положенной головой или хвостом по направлению движения, превышает 90° , т. е. салака не скользит; она прилипает к плоскости и поворачивается вместе с ней либо до момента, пока внешним толчком не будет оторвана от плоскости, либо пока собственный вес экземпляра рыбы не преодолеет силу прилипания. Рыбки прилипают в основном хвостовым плавником, причем, если рыбка лежит хвостом вперед, то лучи хвостового плавника при увеличении угла наклона расходятся и рыбка как бы упирается хвостом в поверхность плоскости скольжения.

В положениях на плоскости спинкой или брюшком по направлению движения рыба ведет себя одинаково: при сухих поверхностях обычно не скользит, а перекатывается, однако угол, при котором начинается движение ее в случае укладки спинкой по направлению движения, на 8 — 10° меньше угла в случае укладки брюшком вперед по направлению движения. Это объясняется различной кривизной спинки и брюшка.

Для любых положений рыбы угол скольжения более тяжелой рыбы несколько меньше, так как соотношение между общей поверхностью тела рыбы и поверхностью соприкосновения с плоскостью у рыб различного веса не одинаково, а поэтому различны силы прилипания и углы скольжения.

Характер движения салаки по смоченным поверхностям несколько иной, а именно: рыба, положенная спинкой или брюшком по направлению движения, вначале один-два раза переворачивается с боку на бок и, прилипая хвостовым плавником, разворачивается головой вперед.

Опыты показали, что салака, первоначально уложенная на плоскости головой или хвостом вперед, скользит лишь по таким поверхностям, как смоченные оцинкованное железо, резиновая обкладка транспортерной ленты и сухая обратная сторона ленты. По остальным поверхностям рыба, уложенная таким образом, не скользит, а, прилипнув, висит даже при углах поворота плоскостей до 90° .

Скольжение по сухой оборотной стороне транспортерной ленты, видимо, объясняется следующим:

рыба, лежащая на ленте, имеет фактическую площадь соприкосновения с ней меньшую, чем рыба, лежащая на резиновой обкладке ленты, так как хлопчатобумажная основа представляет собой своего рода сетку из нитей, а следовательно, и сила прилипания здесь относительно меньше;

лента, на которой проводились опыты, долгое время была в употреблении в расфасовочном отделении консервного цеха и пропиталась маслом и жиром. Поэтому салака по ней скользила, будучи уложенной в любом положении, что вряд ли будет наблюдаться при новой или незасаленной поверхности оборотной стороны транспортной ленты.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные работы позволяют дать некоторые приближенные значения физико-механических характеристик калининградской салаки весенних уловов (апрель—май).

Вес и общая длина связаны формулой $G=0,007 L^3$ см;

центр тяжести салаки находится на расстоянии $0,4027 L$ от конца рыла рыбы;

удельный вес свежей салаки 1,044;

насыпной вес $0,925$ т/м³;

угол естественного откоса $21,3^\circ$;

углы скольжения салаки-сырца по различным материалам в зависимости от положения рыбки на поверхности скольжения в случае сухой и смоченной поверхности колеблются в пределах от 37 до $65,5^\circ$. Наименьшим является угол скольжения салаки по смоченному оцинкованному железу, а наибольшим — по несмоченному дереву при движении рыбы поперек волокон дерева. В процессе движения по смоченным плоскостям салака стремится повернуться головой по движению и в большинстве случаев это происходит на пути движения, равном $500—700$ мм.

2. Полученные данные могут быть использованы при разработке и проектировании машин и механизмов для обработки рыбы (рыборазделочные, головоотсекающие, плавникорезальные машины), при проектировании и разработке устройств для ориентировки и сортировки рыбы и подъемно-транспортных средств.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дерягин Б. В., Что такое трение? изд. АН СССР, 1952.
2. Лобзин П. П., Физические свойства рыбы, Труды ВНИРО, т. XIII, Пищепромиздат, 1940.
3. Стентон Е. Е., Общая теория трения, изд. ОНТИ, М.—Л., 1935.
4. Яковлев К. П., Математическая обработка результатов измерений, Гостехиздат, 1953.