

597.98  
7-78  
МИНИСТЕРСТВО РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

ТРУДЫ

ТОМ XXII

# МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ И ОБРАБОТКИ РЫБЫ

ПИЩЕПРОМИЗДАТ

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

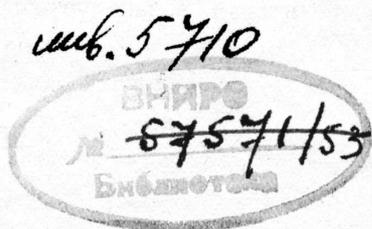
ТРУДЫ

ТОМ XXII

# МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ И ОБРАБОТКИ РЫБЫ

Под редакцией  
лауреата Сталинской премии Б. Н. МИЛЛЕРА

Проверено 1957 г.



ПИЩЕПРОМИЗДАТ  
Москва 1952

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие . . . . .	3
С. С. Торбан, Некоторые данные для расчета механизмов неводного лова в дельте р. Волги . . . . .	5
Б. Н. Миллер, Выгрузка соленой хамсы из чанов рыбонасосом . . . . .	34
И. И. Теслин, Исследование сопротивлений в напорных рыбопроводах . . . . .	45
В. В. Дорменко, О механизации сортировки соленой сельди . . . . .	78
В. В. Дорменко, Опыт прессования сала кашалота для получения жира и кожевенного сырья . . . . .	87

Редактор *Е. М. Кондратьева*

Техн. редактор *В. В. Водзинский*

Л-170079

Подписано к печати 25/XI 1952 г.

Тираж 2 000 экз.

Форм. бум. 70 × 108<sup>1/16</sup> 3<sup>5/8</sup> бум. л. = 10,3 п. л.

Уч.-изд. л. 9

Заказ 4678

Цена 5 руб. 50 коп. по прейскуранту 1952 г.

1-я типография Углетехиздата Министерства угольной промышленности СССР  
Москва, Давыдовский пер., 4

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Исследования в области механизации трудоемких и тяжелых работ в связи с общим техническим прогрессом в рыбной промышленности являются в высшей степени важными и актуальными.

Публикуемые в настоящем томе трудов ВНИРО работы, выполненные лабораторией механизации в 1950 и 1951 гг., посвящены исследованиям в области механизации процессов добычи и обработки рыбы.

К разделу механизации добывающей рыбной промышленности относится работа инженера С. С. Торбана по вопросу механизации неводного лова.

Раздел гидромеханизации представлен работой кандидата технических наук И. И. Теслина о напорных рыбопроводах и работой кандидата технических наук Б. Н. Миллера о выгрузке рыбы из чанов при помощи рыбонасосов.

Раздел механизации обработки рыбных и нерыбных продуктов представлен работами старшего научного сотрудника В. В. Дорменко о сортировке сельди и прессовании сала кашалота.

В дальнейшем по мере расширения объема работ лабораторией механизации ВНИРО будут подготовлены к печати следующие сборники трудов.

---

Замеченные опечатки в книге „Труды ВНИРО, том XXII  
„Механизация процессов добычи и обработки рыбы“

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
36	14 снизу	Рыбонасосная	Тузлукомониторная
39	15 снизу	$H = \frac{7(432)^2}{852} = 1,9 \text{ м.}$	$H = 7 \left( \frac{432}{852} \right)^2 = 1,9 \text{ м.}$
40	11 сверху	$H = 7 \frac{(730)^2}{852} = 5,15 \text{ м.}$	$H = 7 \left( \frac{730}{852} \right)^2 = 5,15 \text{ м.}$
43	16 снизу	испортиться.	повредиться.
55	20 снизу	11.	11d.
63	4 снизу	для члена <i>a</i> (рис. 16):	для члена <i>a</i> :
63	2 снизу	для члена <i>b</i> (рис. 17):	для члена <i>b</i> :
64	15 снизу	$\left( c_1 \frac{dp'}{dp} \right)$	$\left( c, \frac{dp'}{dp} \right)$
68	13 снизу	$\gamma_b \gamma_p$	$\gamma_b$ и $\gamma_p$
68	12 снизу	$a_b a_p$	$a_b$ и $a_p$
69	9 сверху	рис. 22	рис. 20
69	26 сверху	(рис. 7)	(рис. 17)
69	27 сверху	(рис. 20)	(рис. 18)
69	29 сверху	(рис. 19 и 20)	(рис. 19 и 21)
69	14 снизу	$(Q_p \text{ вх мм}^3/\text{час})$	$(Q_p \text{ м}^3/\text{час})$
69	13 снизу	Как видно из этих графиков (рис. 18),	Как видно из этих графиков,
70	8 сверху	на рис. 25	на рис. 23
85	8 снизу	600 кг/см.	600 кг. см.
85	5 снизу	20 кг/см.	20 кг. см.
85	1 снизу	1270 кг/см.	1270 кг. см.

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЗМОВ НЕВОДНОГО ЛОВА В ДЕЛЬТЕ р. ВОЛГИ

*Инженер С. С. ТОРБАН*

### Введение

За последние годы проведены исследования траловых и сейнерных лебедок, завершается работа по методике расчета отдельных специфических узлов промысловых механизмов. Настоящее исследование по своему направлению и задачам является продолжением указанных выше работ; основная его цель — обосновать исходные расчетные данные для проектирования неводных лебедок и механизации спуска и подтягивания пятого крыла речного невода.

В 1950—1951 гг. мы исследовали усилия, действующие на пятое и бежное крыло речных закидных неводов на пятнадцати наиболее характерных тонях дельты р. Волги, где, как известно, неводное рыболовство имеет исключительно важное значение. Исследования проводили с неводами длиной от 250 до 900 м и высотой стены от 6 до 20 м. В этих экспериментах участвовало более двухсот начальников тоней, бригадиров и рыбаков, неизменная помощь которых способствовала успешному проведению данного исследования. В экспериментальных работах принимал участие лаборант ВНИРО М. С. Викторинов.

### Усилия, действующие на невод, и методика их измерения

Речной закидной невод в процессе лова находится под воздействием следующей системы сил:

- 1) силы поддержания со стороны поплавок;
- 2) силы веса сетного полотна, канатов и грузил;
- 3) силы трения нижней подборы о дно реки;
- 4) давления потока на сетное полотно или сопротивления воды движению сетного полотна;
- 5) усилия, приложенного к бежному клячу;
- 6) усилия, приложенного к пятому клячу.

Под влиянием этой системы сил невод, деформируясь, перемещается вдоль тони.

Изменяя соотношение между указанными силами, сплывающему неводу придают такую форму, которая обеспечивала бы наибольшую уловистость.

Обычно же на данной тоне неводу придают желаемую форму еплывания, изменяя лишь усилия, прилагаемые к бежному и пятому клячам.

На основании исследований сопротивления сетей при их движении в воде, проведенных заслуженным деятелем науки и техники профессором Ф. И. Барановым [3], зависимость между усилиями, прилагаемыми

к клячам невода в процессе его тяги, и сопротивлением воды движению невода может быть представлена в виде уравнения:

$$P = \varphi(R),$$

$$R = f(V_p, V_6, V_n, \Phi, A),$$

где:  $V_p$  — скорость течения в различных точках реки на участке тони;  
 $V_6$  — скорость тяги бежного крыла;  
 $V_n$  — скорость спуска пятного крыла;  
 $\Phi$  — форма невода, приобретаемая им в процессе сплывания;  
 $A$  — величина, зависящая от площади невода, диаметра нити, коэффициента посадки и др.

Величины  $V_6$ ,  $V_n$  и  $\Phi$  находятся в сложной взаимозависимости и изменение одной из них вызывает как непосредственные, так и косвенные изменения других. Вследствие этого аналитическое решение задачи становится практически невозможным.

Поэтому проф. Ф. И. Баранов предложил метод механической имитации работы орудий лова [4] и графоаналитический метод расчета речных закидных неводов [5], которые позволяют рассчитывать конструкцию орудий лова, отвечающих конкретным условиям данной тони.

Однако эти методы дают лишь частное решение задачи в зависимости от специфических особенностей тони, гидрологического режима реки и принятого или запроектированного режима работы невода.

Мы же должны обосновать расчетные параметры для проектирования унифицированных промысловых механизмов, а поэтому важны не частные случаи, а некоторые общие характеристики, свойственные процессу неводного лова.

Пятное крыло речного закидного невода в процессе одного производственного цикла проходит путь от замета до притонка, при этом пятной кляч перемещается параллельно бровке берега. В зависимости от гидрологического режима водоема, соотношения длины невода и тони, а также в соответствии с промысловыми требованиями пятное крыло на одном участке тони спускают, с кратковременными торможениями, на другом — исдтягивают. С промысловой точки зрения наиболее напряженным является первый участок, на котором производят спуск невода.

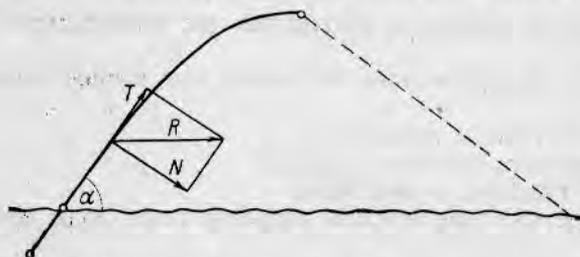


Рис. 1. Схема действия усилий при спуске пятного крыла.

При торможении пятного крыла (рис. 1) пятчик уравнивает некоторую слагающую ( $T$ ) давления потока ( $R$ ) на невод:

$$T = R \cos \alpha,$$

$\alpha$  — угол между пятным крылом и береговой линией.

Сила  $T$  стремится оторвать пятное крыло от берега, а усилие, развиваемое пятчиком при торможении, удерживает невод в нужном положении у берега.

Из этого уравнения видно, что с уменьшением угла  $\alpha$  (наклона пятного крыла к берегу) сила  $T$  увеличивается. Однако это справедливо лишь для некоторых пределов изменения угла.

Наблюдения показывают, что сила  $T$  достигает при торможении максимального значения, когда угол  $\alpha$  равен  $35-40^\circ$ ; если же он меньше  $35-40^\circ$ , то сила  $T$  начинает уменьшаться. Уменьшение силы  $T$  вызывается в этом случае уменьшением общего давления  $R$  потока на невод.

При тяге бежного уреза и крыла невода преодолевают силу сопротивления воды его движению и силу трения нижней подборы о дно реки.

Величина усилий, развиваемых при тяге бежного уреза и крыла невода, спуске и подтягивании пятного крыла, а также характер изменения этих усилий в течение всего процесса лова, являются важнейшими данными для расчета механизмов неводного лова.

Основным методом исследования указанных усилий был принят метод динамографирования. Схемы включения динамографа в пятной и бежной урезках показаны на рис. 2 и 3.

Так как динамограф включен в бежной урез через оттяжку по указанной схеме (рис. 3), то фактическое усилие, действующее на лебедку, не считая потерь от трения в блоке, можно определить по формуле:

$$P = \frac{1}{2} Q,$$

где  $Q$  — показание динамографа.

В качестве контрольно-измерительных приборов использованы тяговый гидравлический динамограф системы ВИСХОМ и тяговый пружинный динамограф системы акад. В. П. Горячкина [9].

### Усилия, действующие на пятное крыло невода

На основе многочисленных материалов динамографирования процесса спуска пятного крыла невода можно отметить, что общей особенностью динамограмм является совершенно отчетливо выраженный прерывистый характер действующего усилия.

Усилия во время торможения постепенно возрастают от нуля до максимального значения для данного торможения, затем в течение непродолжительного времени остаются постоянными и с прекращением торможения мгновенно падают до нуля. Количество «циклов нагрузки» на динамограмме соответствует количеству торможений пятного крыла.

Последнее торможение на закрепе более продолжительно по сравнению с предыдущими, и характер изменения усилий в процессе этого торможения несколько отличен от ранее рассмотренного.

На рис. 4 представлены три графика касательных усилий, действующих на пятный урез невода. Эти динамограммы<sup>1</sup> получены нами на тонях «Краснознаменная» Оранжерейного комбината, «Нижнестахановская» колхоза Красная Пятилетка Икрянинской МРС и «Авангардная» Образцово-Травинского рыбозавода.

Продолжительность спуска невода от замета до закрепа, количество торможений невода и максимальные нагрузки в процессе торможений в каждом рассматриваемом опытном притонении различны.

Так, процесс спуска пятного крыла на тоне «Авангардная» длится 25 мин., а на тоне «Нижнестахановская» — 18 мин. Количество торможений невода на тоне «Краснознаменная» — 8, а на тоне «Авангардная» — 17. Максимальное усилие, действующее на пятной урез на тоне «Краснознаменная», — 1020 кг, а на двух других — 900 и 950 кг.

Однако несмотря на различие в продолжительности спуска пятного крыла, количестве торможений и величине максимальных усилий, указанные графики отражают некоторую общую закономерность изменения усилий, воздействующих на пятной урез невода.

Для более полного анализа результатов динамометрирования рассмотрим обобщенную динамограмму этого же процесса (рис. 5).

После отдачи пятного кола на берег начинается замет. Анализируя участок динамограммы 0—1, мы видим, что с начала замета в течение

<sup>1</sup> В приведенных динамограммах изменены масштабы времени и усилия.

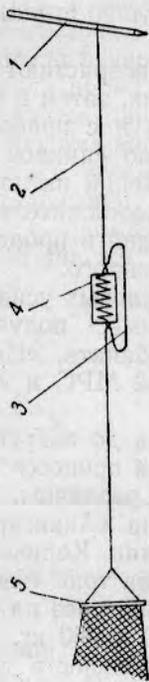


Рис. 2. Схема включения контрольно-измерительного прибора в пятной урез невода:

1 — пятной кол; 2 — пятной урез; 3 — слабина пятного уреза; 4 — динамометр; 5 — пятное крыло.

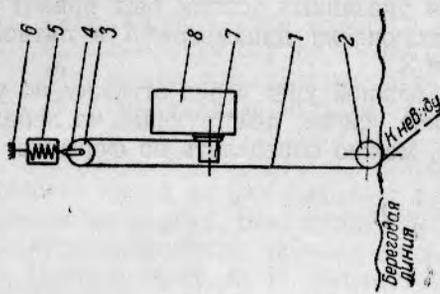


Рис. 3. Схема включения контрольно-измерительного прибора в бежной урез невода:

1 — бежной урез; 2 — лобовой ролик; 3 — конифас-блок; 4 — серьга динамографа; 5 — динамометр; 6 — жесткая опора; 7 — барабан лебедки; 8 — лебелка.

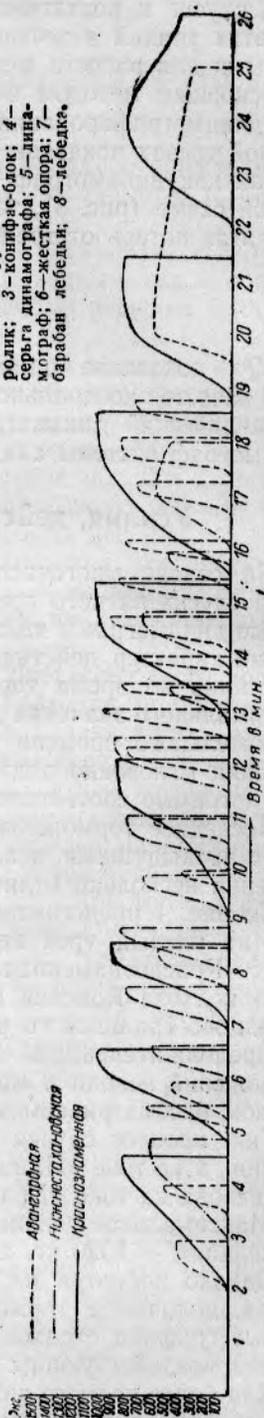


Рис. 4. Графики измененной усилий (F), действующих на пятное крыло речного закидного невода тони „Авангардная“, „Нижнестахановская“, „Краснознаменная“.

2—4 мин. силовой отметчик динамографа чертит линию, совпадающую с нулевой, т. е. усилия равны нулю.

Хронометраж процесса спуска пятного крыла показывает, что продолжительность периода от начала замета до начала воздействия усилия



Рис. 5. Обобщенная динамограмма процесса спуска пятного крыла.

различна не только для разных тоней, но зачастую неодинакова и на одной и той же тоне.

Этот период практически не превышает 5 мин. и зависит в основном, при стабильных условиях главных факторов, от формы замета невода.

Таблица 1

Наименование тони	Дата	Продолжительность периода (в мин.)
Белячная . . . . .	15/VIII 1950 г.	03
„ . . . . .	15/VIII 1950 г.	02
„ . . . . .	8/IX 1950 г.	01
Нижнестахановская . . . . .	2/IX 1950 г.	03
„ . . . . .	3/IX 1950 г.	04
Левая Шага . . . . .	16/X 1950 г.	05
Левая Плотовая . . . . .	28/IX 1950 г.	02

Чем больше выметан невод навстречу течению, тем этот период длительней, и наоборот. При замете невода по течению усилия начинают воздействовать на пятной урез почти мгновенно.

Когда угол между направлением пятного крыла и берегом начинает уменьшаться и становится меньше  $90^\circ$ , сила  $T$  начинает плавно расти. Момент начала торможения невода соответствует на динамограмме точке 1, момент максимального усилия — точке  $m$ . После того, как сила  $T$  достигнет максимального значения, усилие остается в течение непродолжительного времени примерно постоянным (участок  $m-2$ ), что соответствует углу  $\alpha = 35-40^\circ$ .

Обеспечив неводу необходимую задержку (участок 1—2), пятчик выворачивает пятной кол, усилие падает и достигает нуля в точке 3. Точка 3 соответствует моменту начала свободного сплывания невода.

После торможения пятчик в течение некоторого времени в зависимости от хода невода дает последнему свободное сплывание, при этом пятчик с колом перемещается вдоль тони, несколько опережая сплывающее пятное крыло.

Выбрав новую точку торможения, он устанавливает кол и занимает удобное для этой цели положение (точка 4). В промежутке между двумя торможениями (3—4)  $T = 0$ .

В точке 4 невод еще продолжает в течение некоторого времени свободно сплывать (точка нового торможения была выбрана впереди пятного крыла), и усилие  $T$  продолжает оставаться равным нулю (4—5). Затем процесс изменения усилия протекает так же, как и в ранее рассмотренном случае.

Последнее торможение на закрепе отличается от предыдущих большей продолжительностью и характером изменения усилия.

Из динамограмм следует, что торможение (кроме последнего на закрепе) прекращают тогда, когда сила  $T$  или продолжает еще расти, или остается в течение непродолжительного времени постоянной. В последнем торможении усилие возрастает до точки  $m$ , затем начинает постепенно уменьшаться.

Уменьшение усилия в последнем торможении вызывается привалом невода к берегу (бежной кляч подошел к притонку) и уменьшением вследствие этого давления потока  $R$ .

Точно установить для всех тоней некоторую среднюю продолжительность торможения невода на закрепе невозможно, так как это зависит при данных конкретных условиях от формы замета и от характера спуска невода на всем участке от замета до закрепа.

Таблица 2

Наименование тони	Дата	Продолжительность торможения на закрепе (в мин.)	Продолжительность спуска невода (в мин.)
Рот Фронт . . . . .	17/VIII 1950 г.	07	27
" " . . . . .	17/VIII 1950 г.	04	25
" " . . . . .	18/VIII 1950 г.	06	30
Пионерская . . . . .	21/VIII 1950 г.	03	21
" . . . . .	22/VIII 1950 г.	05	22
Краснознаменная . . . . .	31/VIII 1950 г.	03	29
Лицевая . . . . .	15/X 1950 г.	08	50

Табл. 2 показывает, что продолжительность торможения пятого крыла на закрепе (участок 6—10) не превышает в приведенных опытных притонениях 8 мин.

Общая продолжительность спуска пятого крыла невода от замета до закрепа, как и продолжительность торможения невода на закрепе, различна для разных тоней и обуславливается неодинаковыми техническими характеристиками неводов, тоней и особенностями каждого отдельного притонения.

На тоне «Лицевая» общая продолжительность спуска невода — 50 мин., а на тоне «Гандуринская» — 20 мин., при этом на первой тоне длина невода около 900 м, а на второй — 360 м. Продолжительность спуска невода на тонях «Краснознаменная» и «Рот Фронт» примерно одинакова и колеблется в пределах от 25 до 30 мин. Продолжительность рассматриваемой операции на тоне «Пионерская» значительно меньше, чем на тоне «Рот Фронт», так как длина неводов на этих тонях соответственно равна 250 и 330 м.

Усилия торможения достигают наибольшего значения не на закрепе, как это предполагали ранее, а, как правило, до закрепа.

В 13 опытных притонениях усилия при торможениях до закрепа были больше, чем при торможении на закрепе (табл. 3). В опытном притонении на тоне «Рот Фронт» 24 мая 1950 г. максимальные усилия до закрепа достигали 1800 кг, а при торможении на закрепе — всего 740 кг. На этой же тоне в другом опытном притонении усилия при торможении пятого крыла были соответственно 1250 и 930 кг и т. д.

Только на двух тонях «Гандуринская» и «Лицевая» усилия на закрепе были больше, чем до закрепа. На тоне «Гандуринская» в торможениях, предшествующих закрепу, усилия достигали всего 100 кг, а при торможении на закрепе усилия достигали 370 кг. На тоне «Лицевая» — соответственно 820 и 890 кг. Характер распределения усилий на этих двух тонях по сравнению с другими зависит от принятого на этих тонях

Таблица 3

Наименование тони	Дата	Максимальное усилие (в кг)	
		до закрепа	на закрепе
Пионерская . . . . .	21/VIII 1950 г.	1200	700
" . . . . .	21/VIII 1950 г.	1500	640
Рот Фронт . . . . .	24/V 1950 г.	1800	740
" . . . . .	17/VIII 1950 г.	1250	930
Белячная . . . . .	15/VIII 1950 г.	1000	600
" . . . . .	15/VIII 1950 г.	1650	700
" . . . . .	8/IX 1950 г.	1100	800
Авангардная . . . . .	23/IX 1950 г.	950	600
Нижнестахановская . . . . .	3/IX 1950 г.	890	540
Гандуринская . . . . .	17/IX 1950 г.	100	370
Краснознаменная . . . . .	31/VIII 1950 г.	1020	800
Кировская . . . . .	30/IX 1950 г.	1000	840
Лицевая . . . . .	15/IX 1950 г.	820	890
Левая Шага . . . . .	16/X 1950 г.	800	330
Парижская Коммуна . . . . .	3/X 1950 г.	400	130

режима работы. Анализ динамограмм процесса спуска пятного крыла на тоне «Гандуринская» указывает на некоторое своеобразие этого процесса.

Количество торможений пятного крыла не превышает трех, первое — на замете, второе — примерно посередине между заметом и закрепом и третье — на закрепе. Первые два торможения непродолжительны и усилия в процессе этих торможений едва достигают 100 кг. Последнее же торможение (на закрепе) более продолжительно, при этом усилия достигают 370 кг. Специфические условия данной тони определили соответствующий режим работы невода, при котором многочисленные и продолжительные торможения пятного крыла излишни. Указанные два опытных притонения, в силу своеобразия режима работы неводов на этих тонах, ни в какой мере не опровергают вывода о том, что усилия в процессе торможений пятного крыла до закрепа больше, чем на закрепе. Это лишний раз подчеркивает взаимосвязь между нагрузками, действующими на отдельные части невода, и принятым режимом его работы.

Скорость течения в реке, обуславливающая режим работы невода, является главным фактором, определяющим усилия, действующие на пятное крыло невода. В табл. 4 приведены данные, характеризующие результаты динамографирования процесса спуска пятного крыла невода на тоне «Рот Фронт» Оранжевой комбината.

Таблица 4

№ тормо- жений	Максимальные усилия при торможении (в кг)		№ тормо- жений	Максимальные усилия при торможении (в кг)	
	24/5 1950 г.	17/8 1950 г.		24/5 1950 г.	17/8 1950 г.
1	750	750	10	1100	900
2	600	1250	11	1800	—
3	750	350	12	1000	—
4	880	450	13	1100	—
5	1300	550	14	1100	—
6	1300	600	15	1000	—
7	1300	600	16	1000	—
8	1500	250	17	740	—
9	1700	650			

Сопоставление этих данных показывает, что, несмотря на одинаковую продолжительность спуска пятного крыла от замета до закрепя в обоих опытных притонениях, количество торможений и величина усилий совершенно различны.

В опытном притонении, произведенном в мае при больших скоростях течения (весенний паводок), количество торможений пятного крыла достигло 17, в другом же притонении, произведенном в августе, количество торможений было всего 10 (табл. 4). Между тем, максимальное усилие в первом случае достигло 1800 кг, а во втором — 1250 кг. В первом притонении в 9 торможениях из 17 усилия превышали 1000 кг, во втором — только один раз. Естественно, что в первом притонении работа с пятным колом была довольно трудная и требовала большого опыта и внимания пятчика. В летний период пятчик относительно легко справляется с возложенными на него обязанностями, хотя и в этом случае оперировать пятным колом, находящимся под нагрузками, достигающими тонны, весьма опасно.

В период весеннего паводка усилия, воздействующие на пятной урез и кол, значительно увеличиваются и работать с неводом становится трудно; поэтому искусственно снижают эти усилия, значительно укорачивая длину невода, увеличивая длину тони и уменьшая ширину замета невода. В этих случаях замет невода производят не на  $\frac{2}{3}$  ширины реки, как указано в правилах рыболовства, а всего на  $\frac{1}{2}$  или даже еще меньше. Уменьшение длины невода и глубины замета ведет к уменьшению площади облова.

Воздействие столь больших усилий в процессе спуска невода отрицательно сказывается на его уловистости.

В процессе торможения пятные подборы сильно натягиваются, поэтому нижняя подбора отстаёт от грунта, образуя просвет между сетным полотном и дном реки. В этот просвет устремляется рыба, которая старается выйти из облавливаемого пространства.

По данным Д. Н. Анисимова, под пятное крыло уходит до 20% рыбы. Поэтому весьма важным, с точки зрения промысла, является вопрос о возможности снижения усилий, действующих на пятное крыло невода. Причем это снижение усилий ни в какой мере не должно наносить ущерб уловистости неводов.

Рассмотрим динамограммы двух опытных притонений на тоне «Белячная» (рис. 6). Опыт-

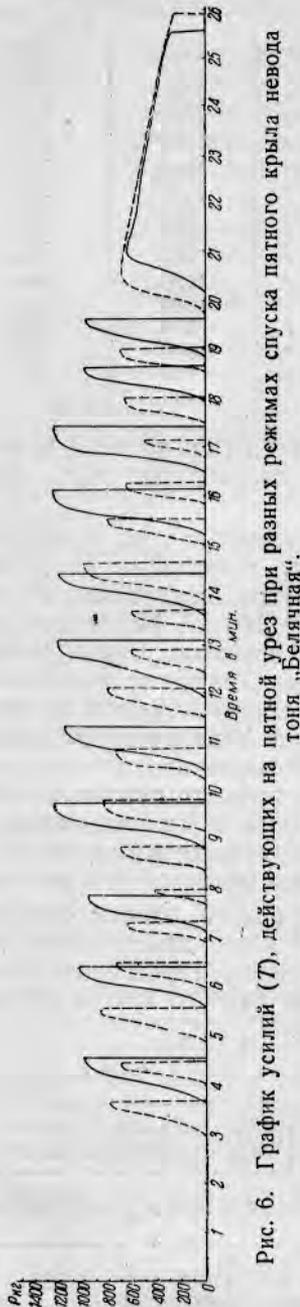


Рис. 6. График усилий (Т) действующих на пятной урез при разных режимах спуска пятного крыла невода тона «Белячная».

ные притонения были произведены одним и тем же неводом, причем продолжительность спуска пятного крыла была примерно одинаковой для обоих притонений. Характеристика усилий, действовавших на пятной урез в процессе этих притонений, дана в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что в опытном притонении 1 было сделано 12 торможений пятного крыла. В этом притонении максимальные усилия до-

Таблица 5

№ торможений	Максимальные усилия при торможении (в кг)		№ торможений	Максимальные усилия при торможении (в кг)	
	притонение 1	притонение 2		притонение 1	притонение 2
1	1000	800	11	980	600
2	1150	700	12	690	600
3	970	850	13	—	1000
4	1250	740	14	—	800
5	1150	650	15	—	650
6	1200	420	16	—	500
7	1200	700	17	—	650
8	1250	840	18	—	700
9	1230	730	19	—	700
10	1000	800			

стигли 1250 кг. В 9 торможениях усилия были равны или превышали 1000 кг. Пятной урез и пятные подборы работали с большим напряжением. В опытном притонении 2 количество торможений пятного крыла равно 19. Однако в этом притонении максимальные усилия достигли всего 1000 кг, причем в 16 торможениях усилия колебались в пределах 800 кг.

Таким образом, при одних и тех же конкретных условиях спуск пятного крыла можно производить по-разному, но в этом случае усилия, воздействующие на пятной урез, и подборы находятся в прямой зависимости от количества и продолжительности каждого торможения.

В опытном притонении 1 (рис. 6) усилия были чрезмерно велики, а количество торможений всего 12. Пятчик работал хотя и в опасных, но более легких условиях, чем во втором случае, так как он не так часто переносил пятной кол на новое место. В притонении 2 работа пятчика менее опасна, так как усилия при торможениях значительно ниже, но при этом трудоемкость процесса спуска крыла несколько больше, так как пятчик вынужден за один и тот же промежуток времени выполнить 19 торможений. Не вызывает сомнений, что в опытном притонении 2 невод находился в более благоприятных условиях.

Следовательно, чем больше количество торможений, тем меньше усилия при торможениях. Необходимо отметить, что при частых и кратковременных торможениях не только уменьшаются усилия, воздействующие на пятное крыло невода, но и улучшаются условия лова, так как невод сплывает более ровно. Ф. И. Баранов [2] отмечает по этому поводу, что «не следует сразу чрезмерно задерживать невод: он захватывает меньше рыбы, ибо бежное крыло приближается к берегу».

Наиболее целесообразен в этом отношении такой режим спуска невода, при котором количество торможений было бы по возможности больше. Он обеспечивал бы минимальные усилия в пятном урезе и подборах невода и вместе с тем улучшал бы условия лова. Такой режим спуска возможен только при полной механизации данного процесса; в этом случае можно заменить большое количество кратковременных торможений непрерывным плавным спуском крыла невода под некоторым натяжением.

В зависимости от скорости течения в реке можно указать на два варианта спуска пятного крыла: без торможений и с непрерывным, но неполным торможением.

При спуске пятного крыла по первому варианту полностью устраняются недостатки, свойственные спуску пятного крыла с периодическими торможениями, так как усилия подтягивания ничтожно малы по сравнению с усилиями при торможении. При спуске пятного крыла без торможений невод плывет с устойчивым пятным крюком от замета до притонка.

Недостатком этого метода спуска пятного крыла является то, что он, как правильно отмечает В. В. Борищев [7], требует более длинных тоней.

Однако самым главным в этом вопросе является то, что спуск пятного крыла без торможения от замета до притонка возможен лишь при небольших скоростях течения, что, кстати сказать, упускает В. В. Борищев. Не случайно, что этот способ спуска пятного крыла нашел широкое распространение на Дону и почти совершенно не применяется на Волге.

Плавный спуск пятного крыла невода при непрерывном, но неполном торможении дает возможность резко снизить усилия, действующие на пятной урез и пятные подборы, и тем самым избежать те недостатки, которые свойственны спуску пятного крыла при помощи кола. По сравнению с первым вариантом этот метод спуска пятного крыла не обеспечивает сплывания невода с устойчивым пятным крюком. Однако он имеет и одно важное преимущество — не требует удлиненных тоней и может быть осуществлен на обычных тонях, при относительно высоких скоростях течения.

Для осуществления этих методов спуска пятного крыла необходимо механизировать процесс, создать такой агрегат, который позволил бы в зависимости от конкретных условий данной тони осуществить спуск пятного крыла или совсем без торможений, или с непрерывным, но неполным торможением.

Механизация процесса спуска пятного крыла позволит не только избежать рассмотренных нами отрицательных явлений, связанных с техникой неводного лова, но и значительно облегчить труд пятчиков и подпятчиков.

Подтягивания пятного крыла от закрепа до притонка производятся с более или менее одинаковой скоростью. Усилия подтягивания колеблются в пределах 40—50 кг и редко достигают 100 кг.

Приведенный анализ экспериментального материала позволяет сделать некоторые выводы.

1. Величина усилий, действующих на пятной урез и пятные подборы невода, зависит на данной конкретной тоне от:

- а) скорости течения;
- б) формы замета;
- в) режима тяги бежного крыла;
- г) режима спуска пятного крыла;
- д) технических характеристик невода.

2. График усилий, действующих на пятной урез и крыло невода в процессе его спуска от замета до закрепа, носит ярко выраженный прерывистый характер.

3. Усилия во время торможений пятного крыла при нормальном режиме работы не превышают по нашим наблюдениям 1800 кг.

4. Максимальные усилия, воздействующие в процессе торможения на пятное крыло невода, направлены под углом 35—40° к линии берега.

5. Спуск пятного крыла с периодическими торможениями вызывает чрезмерные нагрузки на пятной урез и пятные подборы невода и обуславливает преждевременный износ и аварии орудий лова. Вместе с тем, такой метод спуска пятного крыла отрицательно влияет на уловистость неводов.

6. Величина усилий может быть снижена путем увеличения числа торможений и уменьшения их продолжительности. Наилучшим режимом спуска пятного крыла следует считать спуск крыла при некотором непрерывном, но неполном торможении. При небольших скоростях течения спуск крыла следует производить без торможений.

## Усилия, действующие на бежном урезе и бежное крыло невода

Исследование усилий в процессе тяги невода показывает, что каждая динамограмма этого процесса состоит из двух частей, из которых первая соответствует тяге бежного уреза, вторая — тяге рабочей подборы. Между этими частями динамограммы находится участок, на котором усилия равны нулю. Начало этого участка соответствует моменту окончания тяги бежного уреза, а его окончание — началу тяги бежного крыла.

На участке динамограммы, который отражает тягу бежного уреза, усилия в течение непродолжительного времени остаются постоянными, затем начинают расти, достигая максимума перед подходом кляча к притонку.

Рост усилий на этом участке происходит неравномерно. В некоторые моменты общий рост усилий прерывается кратковременным их падением и затем последующим новым ростом. Наряду с кратковременными изменениями наблюдаем и мгновенные изменения тяговых усилий.

На участке динамограммы, который отражает тягу рабочей подборы, усилия падают плавно по мере выборки крыла невода.

В начале тяги усилия достигают максимума, а в момент подхода к притонку приводов — минимума.

На рис. 7<sup>1</sup> показаны графики изменения усилий в процессе трех притонений на тонях «Бригадная» Тумакского рыбозавода, «Молодежная» Оранжерейного комбината и «Авангардная» Образцово-Травинского рыбозавода.

Продолжительность тяги бежного уреза и бежного крыла на тоне «Бригадная» равна 65 мин., а на тоне «Авангардная» — 32 мин. Процесс выборки бежного уреза длится на тоне «Молодежная» 15 мин., на тоне «Авангардная» 12 мин. и на тоне «Бригадная» 24 мин. Величины максимальных усилий на этих участках динамограммы равны соответственно 500, 420 и 360 кг. Несмотря на то, что указанные динамограммы получены в опытных притонениях на различных тонях, с различными характеристиками неводов, режимов работы, скоростей течения, они имеют общий характер. Во всех трех опытных притонениях усилия тяги постепенно возрастают по мере выборки бежного уреза и достигают максимума перед подходом бежного кляча к притонку. При тяге крыла невода тяговое усилие по мере выборки рабочей подборы плавно падает. На этих графиках в период тяги бежного уреза отчетливо видны некоторые кратковременные и мгновенные изменения тягового усилия. Это же свойственно динамограммам, полученным и на других тонях.

Сходство динамограмм, полученных в совершенно различных условиях, свидетельствует о том, что они отражают некоторые общие закономерности изменения тяговых усилий при выборке бежного уреза и крыла невода. Поэтому результаты динамометрирования на пятнадцати наиболее характерных тонях можно распространить и для подавляющего большинства тоней дельты р. Волги.

На основании полученного экспериментального материала построена обобщенная динамограмма<sup>2</sup> процесса тяги невода. Эта динамограмма (рис. 8) представляет собой ломаную линию 0—0'—1—2—3—3'—4—5—6—7—8, отдельные участки которой характеризуют различные моменты тяги невода.

Для того чтобы лучше уяснить характер изменений усилий, рассмотрим пределы изменения скоростей тяги в течение всего процесса выборки невода.

<sup>1</sup> Вследствие изменения масштаба времени и сил мгновенные изменения тяговых усилий показаны отдельно в виде участков действительных динамограмм.

<sup>2</sup> В обобщенной динамограмме не показаны кратковременные и мгновенные изменения усилий, которые будут рассмотрены отдельно.

В первый момент тяги бежного уреза скорость выборки должна быть максимальной, чтобы быстрее выбрать слабину уреза и сплыванию невода придать нужную форму. Скорость выборки слабины колеблется

в пределах 75—80 м/мин. (участок динамограммы 0—1, рис. 8).

Особенно важно выбирать урез с этой скоростью в весенний период, когда скорости течения максимальны и невод сплывает очень быстро. Если своевременно не подобрать слабину уреза, то невод, увлекаемый течением, расправляет созданный при замете бежный крюк, а затем при последующем его сплывании середина невода «выдувается», что отрицательно сказывается на уловистости.

Это конечно не означает, что скорости тяги могут быть какими угодно большими. При очень больших скоростях тяги и малых скоростях течения невод не успевает сплыть и сокращается время активного состояния невода.

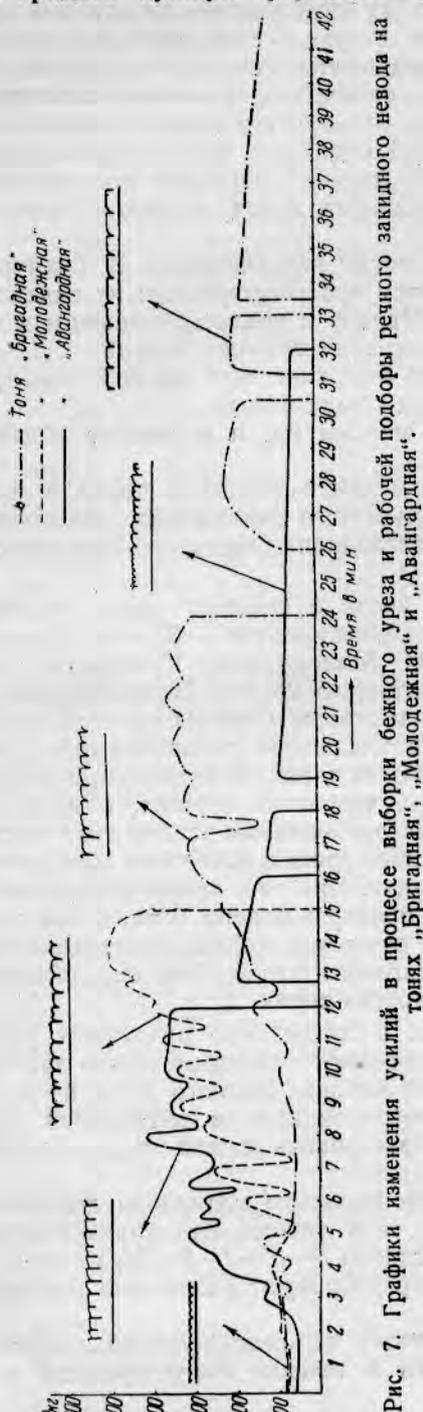
После выборки слабины усилия тяги постепенно возрастают и бежной кляч начинает перемещаться под влиянием не только течения, но и усилия тяги. В этот момент скорость тяги быстро снижают и за 5—7 мин. до подхода бежного кляча к притонку скорость тяги достигает 10—12 м/мин. (участок динамограммы 1—3, рис. 8).

Промежуточные скорости тяги невода полностью определяются конкретными условиями данной тони, так как при работе с неводом надо умело сочетать скорости течения в реке со скоростями тяги лебедкой.

После того, как бежной кляч подойдет к притонку, начинают тянуть бежное крыло за рабочую подбору. Если при тяге уреза скорости изменяются в довольно широких пределах, то в процессе тяги бежного крыла (участок динамограммы 5—8, рис. 8) скорости остаются практически постоянными и не превышают 10—12 м/мин.

Участок динамограммы 0—1

(рис. 8) соответствует первой фазе тяги невода, т. е. с момента подачи бежного уреза на лебедку до начала «набивки» уреза: Усилие тяги на этом участке характеризуется ординатами 0'—0 в начальный период и 1'—1 в конечный. Продолжительность этого процесса характеризуется



абсциссой  $0'-1'$ . Многочисленные данные показывают, что выборка слабины уреза редко продолжается более 3—5 мин., при этом усилия тяги уреза обычно не превышают 50—100 кг. В течение первого периода усилия тяги уреза затрачиваются, в основном, на преодоление сопротивления воды движению ненагруженного каната и частично на преодоление трения его о грунт.

После того, как слабина уреза выбрана и бежное крыло начинает перемещаться под влиянием течения и усилия тяги, нагрузки на бежной урез постепенно возрастают, достигая максимума в момент захода бежного крюка за линию притонка.

Этот момент тяги невода характеризуется линией 1 и 2, а его продолжительность — участком  $1'-2'$ .

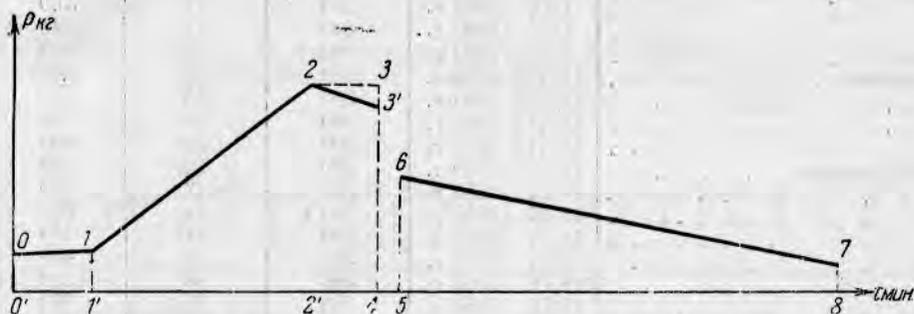


Рис. 8. Обобщенная динамограмма процесса тяги бежного уреза и бежного крыла невода.

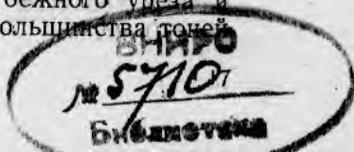
В зависимости от характера распределения скоростей течения у притонка усилия тяги до подхода бежного кляча к притонку остаются или постоянными, или несколько падают, так как к этому моменту невод уже начинает выходить из зоны больших скоростей течения и постепенно приваливает к берегу. В первом случае усилия тяги в процессе подхода бежного кляча к притонку характеризуются участком динамограммы  $2-3$ , а в другом, наиболее часто встречающемся, — участком  $2-3'$ .

После подхода бежного кляча к притонку тяга невода прерывается на 1—2 мин., в течение которых подвязывают «подачу» (вспомогательный канат) к рабочей подборе. Усилия тяги падают до нуля. Продолжительность тяги бежного уреза выражается абсциссой  $0'-4$ , а максимальное усилие — ординатой  $2'-2$ .

Продолжительность тяги бежного уреза, т. е. участка  $1-4$ , как и величина максимальных усилий, чрезвычайно различна не только для разных тоней, но и на одной и той же тоне в различных притонениях.

В табл. 6 приведены некоторые данные, характеризующие продолжительность тяги бежного уреза и максимальные усилия, действующие на канат в течение этого процесса. Как видно из табл. 6, продолжительность тяги бежного уреза не одинакова, например, на тонях «Нижнестанхановская» и «Белячная», где средняя продолжительность этого процесса на первой тоне 12—13 мин., а на второй — 15—16 мин., хотя на обеих тонях длина бежных урезов одинакова.

Продолжительность данного процесса на тоне «Краснознаменная» колеблется в пределах от 16 до 21 мин. Эти колебания в разных притонениях на одной и той же тоне, например, на тонях «Гандуринская», «Краснознаменная» и др., объясняются, в основном, различной формой замета и трудностью выдержать определенный режим тяги бежного уреза и спуска пятного крыла в различных притонениях. Для большинства тоней



средняя продолжительность данного процесса колеблется в пределах от 12 до 20 мин.

Таблица 6

Наименование тони	Дата эксперимента	Длина бежного уреза (в м)	Продолжительность тяги бежного уреза (в мин.)	Максимальные усилия (в кг)
Рот Фронт . . . . .	17/VIII 1950 г.	350	15	600
" " . . . . .	17/VIII 1950 г.	350	16	600
Нижнестахановская . . . . .	1/IX 1950 г.	300	12	600
" " . . . . .	1/IX 1950 г.	300	11	500
" " . . . . .	1/IX 1950 г.	300	13	780
" " . . . . .	1/IX 1950 г.	300	12	700
" " . . . . .	1/IX 1950 г.	300	14	775
" " . . . . .	2/IX 1950 г.	300	12	600
Белячная . . . . .	14/VIII 1950 г.	300	16	400
" " . . . . .	14/VIII 1950 г.	300	15	450
" " . . . . .	15/VIII 1950 г.	300	15	650
" " . . . . .	15/VIII 1950 г.	300	16	400
Гандуринская . . . . .	17/IX 1950 г.	360	12	670
" " . . . . .	17/IX 1950 г.	360	13	550
" " . . . . .	17/IX 1950 г.	360	14	500
" " . . . . .	18/IX 1950 г.	360	11	750
" " . . . . .	18/IX 1950 г.	360	17	420
" " . . . . .	18/IX 1950 г.	360	18	320
" " . . . . .	18/IX 1950 г.	360	18	600
" " . . . . .	18/IX 1950 г.	360	12	550
Краснознаменная . . . . .	16/V 1950 г.	400	21	400
" " . . . . .	16/V 1950 г.	400	17	675
" " . . . . .	16/V 1950 г.	400	16	800

Начало тяги бежного крыла (точка 5) характеризуется мгновенным ростом усилий (ордината 5—6), которые, достигнув в начале тяги 350—400 кг (в большинстве случаев 200—300 кг), затем постепенно снижаются по мере выборки крыла невода. Линия 5—6 показывает процесс изменения усилий в период тяги бежного крыла, а абсцисса 5—8 — его продолжительность. Скорость тяги рабочей подборы остается примерно одинаковой на всем протяжении процесса тяги и редко превышает 10—12 м/мин.

Продолжительность тяги рабочей подборы зависит в основном только от длины бежного крыла (табл. 7).

Таблица 7

Наименование тони	Длина невода (в м)	Продолжительность тяги бежного крыла (в мин.)
Бригадная . . . . .	500	39
" " . . . . .	500	39
" " . . . . .	500	38
Коллективная . . . . .	380	26
Левая Шага . . . . .	500	36
Пятилетка . . . . .	370	25
" " . . . . .	370	23

В тот момент, когда привода подходят к притонку, тяга бежного крыла прекращается (точка 8) и начинается выборка остальной части невода вручную. Величина тягового усилия в момент прекращения тяги невода лебедкой (ордината 7—8) едва достигает в обычных условиях 50—70 кг.

Рассмотрим мгновенные изменения тяговых усилий, которые наблюдаются в процессе тяги уреза и крыла невода.

Изучение динамограмм процесса тяги невода на разных тонях и реках дельты р. Волги показывает, что мгновенные изменения тягового усилия наблюдаются на большинстве тоней.

На рис. 9, 10, 11, 12 представлены различные участки двух динамограмм, полученных на тонях «Авангардная» и «Парижская Коммуна».

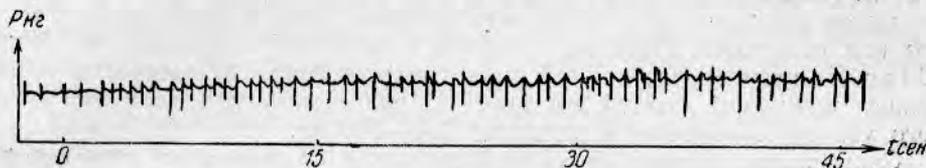


Рис. 9. Участок (1-й) динамограммы процесса тяги бежного уреза в опытном притонении на тоне „Авангардная“ 24 сентября 1950 г.

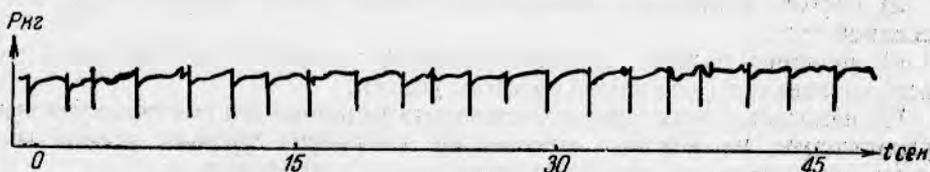


Рис. 10. Участок (2-й) динамограммы процесса тяги бежного уреза в опытном притонении на тоне „Авангардная“ 24 сентября 1950 г.

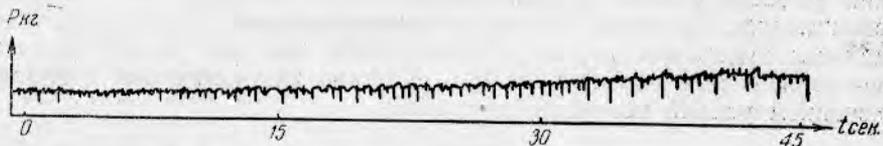


Рис. 11. Участок (1-й) динамограммы процесса тяги бежного уреза в опытном притонении на тоне „Парижская Коммуна“ 30 октября 1950 г.

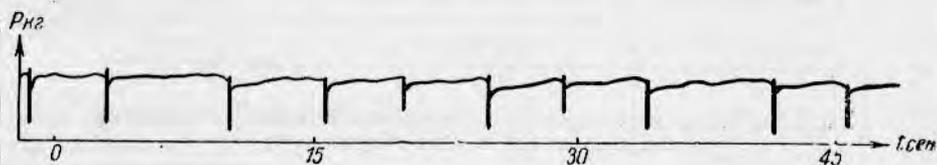


Рис. 12. Участок (2-й) динамограммы процесса тяги бежного уреза в опытном притонении на тоне „Парижская Коммуна“ 30 октября 1950 г.

Общей особенностью этих участков динамограмм является то, что процесс мгновенных изменений тяговых усилий носит как бы односторонний характер. Тяговые усилия мгновенно падают (вертикальные штрихи), а затем достигают прежнего значения и только в редких случаях возрастают до значений, несколько превышающих начальные.

Таким образом, изменения усилий в этом случае надо понимать, в основном, как процесс мгновенного падения нагрузки.

Первый участок динамограммы (рис. 9) показывает изменение тягового усилия в тот момент, когда производят тягу уреза под некоторой нагрузкой. Число мгновенных изменений силы  $P$  достигает на этом участке 70 раз в минуту. Падение тягового усилия колеблется в пределах 30—200 кг.

Второй участок (рис. 10) отражает момент тяги уреза перед подходом бежного кляча к притонку. На этом участке мгновенные изменения нагрузки происходят реже, чем на первом участке. Величина изменения нагрузки колеблется в пределах 200—300 кг.

Еще более резкие отличия в характере изменений тяговых усилий наблюдаются на участках динамограммы, полученной на тоне «Парижская Коммуна». Количество мгновенных изменений тягового усилия на первом участке (рис. 11) достигает 120 раз в минуту. Этот участок динамограммы отражает два момента — конец тяги слабины уреза и последующую тягу его под нагрузкой. Падение нагрузки колеблется в пределах от 30 до 200 кг. На втором участке этой динамограммы (рис. 12) количество мгновенных изменений усилий достигает 12 раз в минуту, а величина тягового усилия изменяется в пределах 150—200 кг.

Сопоставляя данные динамографирования со скоростью тяги невода в различные моменты процесса неводного лова, а также с величиной основного тягового усилия, характерного для этого участка динамограммы, мы можем предположить, что:

а) частота мгновенных изменений тяговых усилий зависит от скорости неводной тяги;

б) величина падения тягового усилия в процессе этих изменений зависит от величины основного тягового усилия.

На некоторых тонах при определенных условиях мы получили участки динамограмм, на которых мгновенные изменения тяговых усилий или совсем отсутствовали, или были совершенно незначительны.

Изучая условия, при которых получены участки динамограммы, указанного на рис. 13 вида, мы установили, что, изменяя количество витков каната на турачке лебедки, можно изменить частоту мгновенных изменений тягового усилия; при некоторых обстоятельствах они совершенно прекращаются. Повторив эти эксперименты на других тонах, где лебедки снабжены турачками другой конфигурации, мы хотя и получили подтверждение этому явлению, однако участков динамограммы с плавным изменением усилий получить не удалось.



Рис. 13. Участок динамограммы процесса тяги бежного уреза в опытном притонении на тоне «Кировская».

В результате анализа экспериментального материала установлено, что мгновенные изменения тяговых усилий обуславливаются взаимодействием каната и тягового барабана — турачки; частота и величина этих изменений зависит от:

- а) геометрической характеристики (профиля) турачки;
- б) величины основного усилия, действующего на канат;
- в) скорости тяги каната;
- г) количества витков каната на турачке;
- д) состояния поверхности турачки;
- е) упругих свойств каната;
- ж) коэффициента трения каната о поверхность турачки.

Наряду с мгновенными изменениями тяговых усилий на динамограммах отчетливо видны некоторые кратковременные изменения этих усилий, которые присущи только процессу тяги бежного уреза и совершенно отсутствуют при тяге бежного крыла.

В результате одновременного динамографирования процесса спуска пятного крыла и тяги бежного уреза установлено, что эти кратковременные изменения усилий тяги бежного уреза обусловлены характером спуска пятного крыла. В период торможения пятного крыла усилия тяги бежного уреза несколько падают, а в период подтягивания пятного крыла (между двумя очередными торможениями) усилия тяги бежного уреза несколько возрастают.

Установленная взаимосвязь между характером изменения усилий на бежном урезе и характером процесса спуска пятного крыла позволяет сделать вывод, что при плавном спуске пятного крыла без периодических торможений усилия тяги бежного уреза должны несколько возрасти.

Приведенный выше анализ результатов динамографирования процесса тяги бежного уреза и бежного крыла неводной лебедкой дает в основном лишь качественную характеристику этого процесса. Рассмотрим теперь количественную сторону его, которая имеет решающее значение при выборе расчетных параметров для проектирования промышленных механизмов, мощности двигателя, а также для расчета некоторых элементов невода.

Наибольший интерес представляет период тяги бежного уреза, в процессе которого, как мы установили, усилия достигают максимума.

Таблица 8

Наименование тони	Наименование водоема	Длина невода (в м)	Высота невода (в м)	Дата	Максимальные усилия (в кг)
Коллективная . . .	Никитинский банк	380	9	4/X 1950 г.	445
" " " " " "	" " "	380	9	4/X 1950 г.	400
Кировская . . . . .	" " "	475	7	30/IX 1950 г.	420
" " " " " "	" " "	475	7	30/IX 1950 г.	485
" " " " " "	" " "	475	7	30/IX 1950 г.	420
" " " " " "	" " "	475	7	30/IX 1950 г.	485
Бригадная . . . . .	Белинский банк	500	10	13/X 1950 г.	385
" " " " " "	" " "	500	10	13/X 1950 г.	370
" " " " " "	" " "	500	10	13/X 1950 г.	485
" " " " " "	" " "	500	10	13/X 1950 г.	450
" " " " " "	" " "	500	10	13/X 1950 г.	450
Гандуринская . . . . .	р. Гудурино	360	7	17/IX 1950 г.	670
" " " " " "	" " "	360	7	17/IX 1950 г.	550
" " " " " "	" " "	360	7	18/IX 1950 г.	385
" " " " " "	" " "	360	7	18/IX 1950 г.	750
Левая Плотовая . . . . .	Никитинский банк	370	7	28/IX 1950 г.	500
" " " " " "	" " "	370	7	28/IX 1950 г.	550
" " " " " "	" " "	370	7	29/IX 1950 г.	500
Нижнестахановская	Главный банк	300	18	21/V 1950 г.	930
" " " " " "	" " "	300	18	1/IX 1950 г.	600
" " " " " "	" " "	300	18	1/IX 1950 г.	500
" " " " " "	" " "	300	18	2/IX 1950 г.	780
Рот Фронт . . . . .	Старая Волга	330	16	24/V 1950 г.	600
" " " " " "	" " "	400	16	24/V 1950 г.	930

Процесс тяги бежного уреза на различных тонах характеризуется различными тяговыми усилиями, зависящими от многих факторов, достаточно полно рассмотренных выше. В табл. 8 приведены некоторые результаты динамометрирования процесса тяги бежного уреза на ряде тоней дельты р. Волги. Они показывают, что максимальные усилия, которые воздействуют на канат и лебедку, колеблются в очень широких пределах: от 370 до 950 кг.

На тоне «Бригадная» усилия колебались от 385 до 485 кг при длине невода на этой тоне 500 м. На тоне «Гандуринская» при длине невода 360 м максимальные усилия достигли 750 кг, т. е. значительно больше,

чем на предыдущей. Очевидно, что на величину усилия тяги уреза оказывает влияние не только длина (точнее, площадь) невода, но и скорость течения и режим тяги.

Характерно, что величина усилий на одной и той же тоне в нескольких следующих друг за другом притонениях не одинакова, причем колебания этой величины достигают значительных размеров.

На тоне «Бригадная» в четырех притонениях эти колебания достигли 100 кг (в пределах от 385 до 485 кг), а на тоне «Гандуринская» колебания величины максимальных усилий еще выше и достигают 365 кг (в пределах от 385 до 750 кг). Аналогичные колебания в большей или меньшей степени наблюдаются на всех тонях. Такие колебания объясняются специфическими условиями каждого притонения — формой замета, режимом тяги бежного крыла и спуска пятного, глубиной замета и т. д. В каждом рассматриваемом случае мы наблюдаем очень сложную взаимозависимость между величиной действующих усилий и режимами работы, скоростями течения и другими факторами.

Установилась точка зрения, что в период весеннего паводка усилия, действующие на бежной урез в процессе его тяги, значительно выше, чем в осенний период. Такие суждения имеют в своей основе тот бесспорный факт, что скорости течения в весенний период значительно больше, чем в другое время года; следовательно, и усилия, воздействующие на невод, выше. Это логическое умозаключение совершенно справедливо и оспаривать его невозможно. Тем не менее, сравнение результатов динамографирования, произведенных в опытных притонениях весной и осенью, не обнаруживают больших расхождений в величине усилий. Колебания между величинами максимальных усилий весной и осенью находятся примерно в пределах колебаний их во время опытных притонений одного и того же периода. В табл. 9 помещены некоторые сравнительные величины максимальных усилий, действующих на бежной урез в периоды весенних и осенних экспериментов.

Таблица 9

Наименование тони	Длина невода (в м)	Высота невода (в м)	Дата	Максимальные усилия (в кг)	
				бежной урез	бежное крыло
Рог Фронт	330	16	20/V 1950 г.	400	300
" "	330	16	22/V 1950 г.	500	250
" "	330	16	22/V 1950 г.	600	200
" "	330	16	22/V 1950 г.	650	250
" "	330	16	23/V 1950 г.	600	200
" "	330	16	23/V 1950 г.	500	250
" "	330	16	23/V 1950 г.	650	300
" "	400	16	24/V 1950 г.	950	400
" "	400	16	24/V 1950 г.	700	300
" "	360	16	17/VIII 1950 г.	600	285
" "	360	16	17/VIII 1950 г.	600	265
" "	360	16	17/VIII 1950 г.	585	265
" "	360	16	17/VIII 1950 г.	464	200
Белячная	300	18	29/V 1950 г.	500	150
" "	300	18	29/V 1950 г.	700	300
" "	300	18	30/V 1950 г.	450	300
" "	300	18	30/V 1950 г.	480	300
" "	300	18	15/III 1950 г.	650	250
" "	300	18	15/III 1950 г.	400	150
" "	300	18	15/III 1950 г.	500	200
" "	300	18	7/IX 1950 г.	550	250
" "	300	18	7/IX 1950 г.	540	200
" "	300	18	8/IX 1950 г.	500	225
" "	300	18	8/IX 1950 г.	375	225

На тоне «Рот Фронт» в опытных притонениях, проведенных с 20 по 23 мая, максимальные усилия, действующие на бежной урез, колебались в пределах от 400 до 650 кг и только в опытных притонениях 24 мая максимальные усилия достигли 950 и 700 кг. Последние два притонения носили несколько необычный для весеннего времени характер, так как нормальная длина невода была увеличена на 20%, а замет его произведена специально под противоположный берег. Несмотря на эти дополнительные обстоятельства, тяговые усилия в этих притонениях не намного превышают усилия для обычных притонений при нормальной длине невода и общепринятых правилах замета. В остальных притонениях, произведенных на этой же тоне в мае 1950 г., усилия не превышали 650 кг.

Максимальные усилия в процессе тяги крыла невода в тех же притонениях колебались в пределах от 200 до 300 кг.

Для получения сравнимых данных в период осенней путины 1950 г. на тоне «Рот Фронт» была проведена вторая серия экспериментов.

Максимальные усилия в период тяги бежного уреза в этих опытных притонениях колебались от 465 до 600 кг, а в процессе тяги крыла невода — от 200 до 285 кг. Сравнивая результаты этих двух серий экспериментов, мы не обнаруживаем серьезных расхождений в величине максимальных усилий.

На тоне «Белячная» во время экспериментов, произведенных в период весенней путины, усилия в процессе тяги бежного уреза колебались в пределах от 400 до 700 кг, а при тяге крыла невода — от 150 до 300 кг. Для тех же процессов в период осенних экспериментов усилия были соответственно — от 400 до 650 кг и от 150 до 250 кг. Как и на предыдущей тоне, при сравнении двух серий экспериментов не обнаруживаем серьезных расхождений в величине действующих усилий.

Причина этого странного, на первый взгляд, явления состоит в том, что рост усилий свыше 800—900 кг, если неводные канаты находятся в длительной эксплуатации, вызывает частые аварии, т. е. рвутся бежные урезы или даже сам невод. Например, в опытном притонении на тоне «Нижнестахановская» I/VI 1950 г., при котором усилия достигли 930 кг, бежной урез рвался четыре раза, а в другом притонении при тех же нагрузках лопнул невод.

Многолетняя практика эксплуатации орудий лова в различное время года помогла выработать такие оптимальные режимы работы, при которых усилия во время весеннего паводка и в осенний период остаются почти одинаковыми в пределах 600—700 кг. Для этого с увеличением скорости течения изменяют длину тони, замет начинают выше по течению, чтобы в процессе спуска пятного крыла как можно больше привалить невод к берегу и вывезти его из зоны наибольших скоростей течения. Однако привал невода ведут таким образом, чтобы он хотя и медленно, но все-таки сплывал. Спуск пятного крыла и тягу бежного уреза производят таким образом, чтобы бежной кляч не заходил далеко за линию притонка и, следовательно, не образовывался бы большой бежной крюк.

Зачастую уменьшают также глубину замета и сокращают длину невода. Поэтому в динамограммах весеннего и осеннего периодов мы не обнаруживаем ожидаемых больших расхождений.

В результате многочисленных экспериментов установлено, что максимальные усилия в процессе тяги бежного уреза не превышают 950 кг (тони «Рот Фронт», «Нижнестахановская»). Можно с уверенностью утверждать, что при нормальных режимах работы это и есть тот предел нагрузки, которым характеризуется рассматриваемый процесс.

Однако максимальные усилия лишь частично характеризуют условия работы механизма, осуществляющего тягу невода и работу канатов. Важно знать продолжительность воздействия этих усилий и каким режимом нагрузки характеризуется каждый элемент тяги невода.

Рассмотрим четыре опытных притонения на тоне «Кировская» рыбо-завода им. С. М. Кирова.

В 1-м и 3-м притонениях выборка бежного уреза продолжалась в течение 20 мин., во 2-м — 19 мин. и 4-м — 21 мин. 30 сек. (рис. 14). Если принять среднюю продолжительность тяги бежного уреза в 20 мин., то усилия тяги по этапам будут в основном характеризоваться следующими данными (табл. 10).

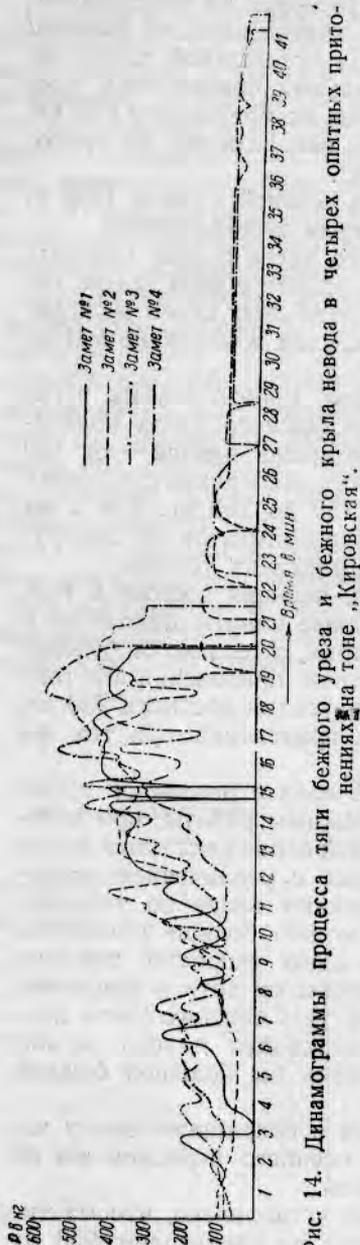


Рис. 14. Динамограммы процесса тяги бежного уреза и бежного крыла невода в четырех опытных притонениях на тоне «Кировская».

Таблица 10

№ этапа	Время тяги (в мин.)	Усилия (в кг)	Примечание
1	0—5	80—200	Усилие в 250 кг действует в течение 1 мин.
2	5—10	200—250	
3	10—15	250—400	
4	15—20	400—600	

Нетрудно заметить, что максимальные усилия воздействуют на бежной урез и лебедку всего лишь в течение последних 5 мин. процесса тяги уреза. В предшествующие же этапы усилия тяги значительно ниже. Следовательно, лебедка в рассматриваемых опытах притонениях работает при максимальных усилиях только 25% времени от общей продолжительности данного процесса, остальные 75% она работает при усилиях, значительно меньших.

На этой же тоне продолжительность тяги бежного крыла 20—22 мин.; при этом усилия тяги распределяются по этапам следующим образом (табл. 11).

Максимальные усилия при этом достигают 140—160 кг; однако продолжительность воздействия этих усилий невелика и примерно равна 25% от общей продолжительности тяги бежного крыла.

Таблица 11

№ этапа	Время тяги (в мин.)	Усилия (в кг)	Примечание
1	0—5	160—140	Усилие в 140 кг действует в течение 1 мин.
2	5—10	140—160	
3	10—15	100—80	
4	15—20	80—60	
5	20—22	60—60	

Следовательно, при общей продолжительности процесса тяги невода в 40—42 мин. максимальные усилия в 400—600 кг действуют на лебедку только в течение 5 мин., что составляет 12,5% от продолжительности производственного цикла неводной тяги. В течение 62,5% времени усилия не превышают 200 кг. Кроме того, усилия в 600 кг действуют только 2—3 мин.

Аналогичный характер распределения усилий можно наблюдать и при анализе динамограмм, полученных в опытных притонениях на других тонях.

Табл. 12 показывает, что продолжительность воздействия максимального усилия редко превышает 2 мин.

Таблица 12

Наименование тони	Продолжительность тяги бежного уреза (в мин.)	Максимальные усилия (в кг)	Продолжительность воздействия максимального усилия (в мин.)
Пионерская . . . . .	14	300	1
" . . . . .	12	475	1
" . . . . .	13	420	1
Молодежная . . . . .	12	500	1
Пятилетка . . . . .	25	485	2
Левая Шага . . . . .	17	400	2

Следовательно, сама по себе величина максимального усилия не дает еще достаточного представления о напряженности процесса тяги невода, а лишь частично его характеризует. Проведенный анализ усилий по элементам тяги значительно более полно характеризует происходящее в процессе тяги невода явления. Однако при последнем методе анализа экспериментального материала трудно получить сопоставимые результаты. Поэтому весьма интересным является анализ динамограмм по средним характеристикам.

Путем планиметрирования найдены средние усилия в период тяги бежного уреза ( $P'_{ср.}$ ), средние усилия в период тяги бежного крыла ( $P''_{ср.}$ ) и общее среднее усилие, характеризующее весь процесс тяги невода ( $P_{ср.}$ )

В опытном притонении на тоне «Левая Плотовая» (табл. 13) максимальные усилия в процессе выборки бежного уреза достигли 500 кг, а средние усилия, характеризующие этот процесс, не превышают 240 кг, т. е. 50% максимальных. Максимальные усилия при тяге бежного крыла были 300 кг, а средние — всего 100 кг.

Таблица 13

Наименование тони	Усилия при тяге бежного уреза (в кг)		Усилия при тяге бежного крыла (в кг)		Среднее усилие в цикле (в кг)
	максимальное	среднее	максимальное	среднее	
Левая Плотовая . .	500	240	500	100	170
Кировская . . . . .	550	260	280	100	180
Рот Фронт . . . . .	460	220	200	130	185

Общее среднее усилие, характеризующее весь процесс тяги невода, равно 170 кг. На тоне «Кировская»  $P'_{ср.}$  равно примерно 50% максимального усилия, а  $P_{ср.}$  — около 30%, т. е. сохраняются те же соотношения, что и на тоне «Левая Плотовая». Аналогичные соотношения наблюдаются на тоне «Рот Фронт» и др. Из табл. 13 видно, что неводные лебедки работают при весьма благоприятных режимах нагрузок, когда максимальные усилия действуют в течение очень непродолжительного промежутка времени, а средние усилия, являющиеся некоторой характеристикой напряженности работы механизма, в течение всего процесса достигают лишь 30% максимальных.

При расчете механизма неводных лебедок основным параметром безусловно является величина максимального усилия, в нашем примере 950 кг. Однако современный метод расчета механизмов на долговечность, как известно, исходит не только из величины максимального усилия, но

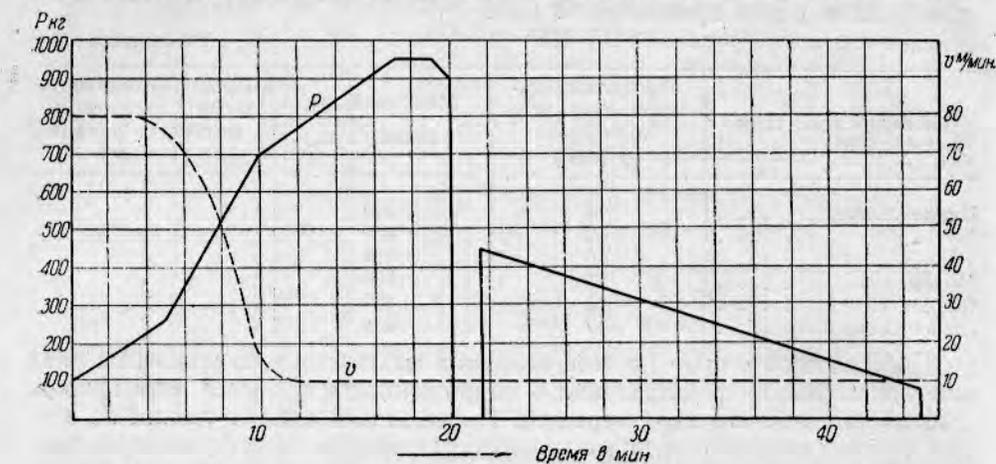


Рис. 15. Расчетный график 1 (наиболее напряженный режим работы).

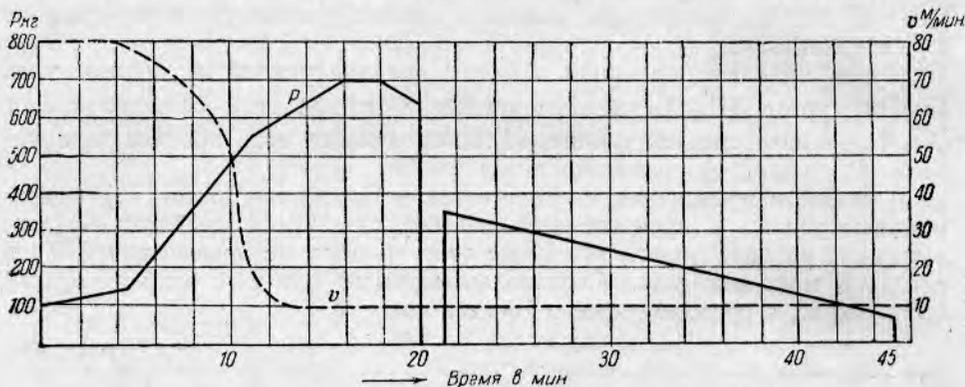


Рис. 16. Расчетный график 2 (средний режим работы).

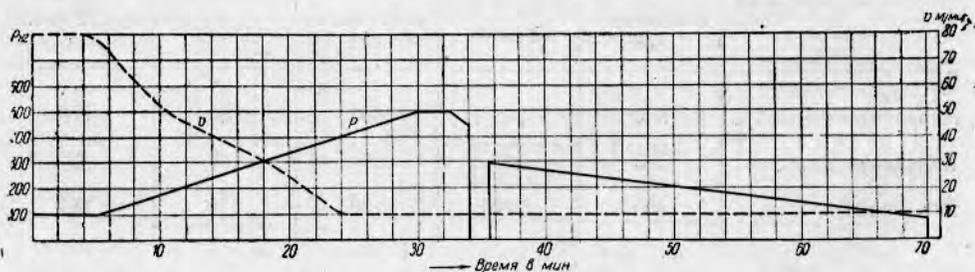


Рис. 17. Расчетный график 3 (наиболее легкий режим работы).

и режима воздействия усилия в течение всего производственного цикла. В связи с этим полученные результаты динамографирования, отражающие процесс изменения усилий в течение всего производственного цикла, приобретают особый интерес.

Для расчета механизма лебедки мы рекомендуем три графика, характеризующие основные режимы работы тоней дельты р. Волги (рис. 15, 16, 17).

Режим работы тони с наибольшей длительностью производственного процесса характеризуется относительно небольшими тяговыми усилиями, достигающими 500 кг. Между тем, наибольшие усилия в 930 и 950 кг мы отметили всего на двух тонях из пятнадцати, причем на этих же тонях в других экспериментах усилия тяги были значительно ниже. Продолжительность производственного процесса на этих тонях почти в два раза меньше, чем в первом случае. Естественно, что объединить такие совершенно различные графики оказалось невозможным. Наиболее часто встречаемый режим работы лебедок характеризуется некоторыми средними величинами тяговых усилий продолжительности процесса. Достаточно указать, что усилия тяги до 700 кг были в 94 экспериментах, а усилия от 700 кг и выше — всего в 9; соответственно и продолжительность процесса тяги до 45 мин. — в 75 экспериментах, от 45 до 55 мин. — в 5 и от 55 до 75 мин. — в 13.

Несомненно, что расчет механизма на прочность должен исходить из наиболее напряженного графика работы (рис. 15), так как в практике неводного лова такой случай встречается. Однако два других графика позволяют проверить механизм на средние режимы (рис. 16), наиболее часто встречаемые, а также на относительно легкие условия работы (рис. 17).

График усилий и скорости тяги имеет также большое значение при определении мощности, потребляемой неводной лебедкой в процессе тяги невода.

В настоящее время подавляющее большинство тоней оснащено тракторными лебедками, двигатели которых имеют мощность в 30 л. с., и стационарными лебедками системы механика Матвеева, которые приводятся в движение от двигателей внутреннего сгорания мощностью 15—18 л. с. С 1950 г. на колхозных тонях начали работать электролебедки конструкции Н. И. Борисова и А. А. Ширинова [12], двигатели которых имеют мощность в 6 квт; в 1951 г. начали поступать в эксплуатацию первые электролебедки Нежинского механического завода конструкции В. В. Лойе и С. В. Рантсуса, снабженные электродвигателями мощностью в 7 квт. Таким образом, в настоящее время для тяги речных неводов используются двигатели мощностью от 8 до 30 л. с.

До последнего времени господствовало мнение, что максимальный расход мощности в процессе тяги речного невода обуславливается максимальными усилиями в период подхода бежного кляча к притонку. Произведенный нами анализ силовых и скоростных графиков процесса тяги невода не только уточняет этот важный вопрос, но и выявляет ряд новых положений.

Зная величины тяговых усилий  $P$  и скорости тяги  $v$  для каждого момента процесса тяги невода (рис. 18, 19, 20)<sup>1</sup>, а также учитывая к. п. д. установки, мы можем по формулам найти потребляемую мощность во время той или иной операции тяги невода.

В первый период тяги невода лебедка выбирает слабины уреза при максимальной скорости около 75—80 м/мин. Усилия тяги в этот момент, как мы уже сказали, достигают 80—100 кг.

Выборка слабины продолжается в среднем 2—4 мин. и реже 5—7 мин. Расход мощности на выполнение этой операции колеблется в пределах от 1,75 до 2 квт.

После окончания выборки слабины усилия тяги начинают заметно расти, а скорости тяги, хотя и значительно меньше, чем при тяге слабины, продолжают оставаться относительно высокими — около 30—

<sup>1</sup> Данные графики несколько отличны от ранее рассмотренных. В этих опытных пригонениях мы искусственно создавали необычные режимы, чтобы определить возможные изменения мощности.

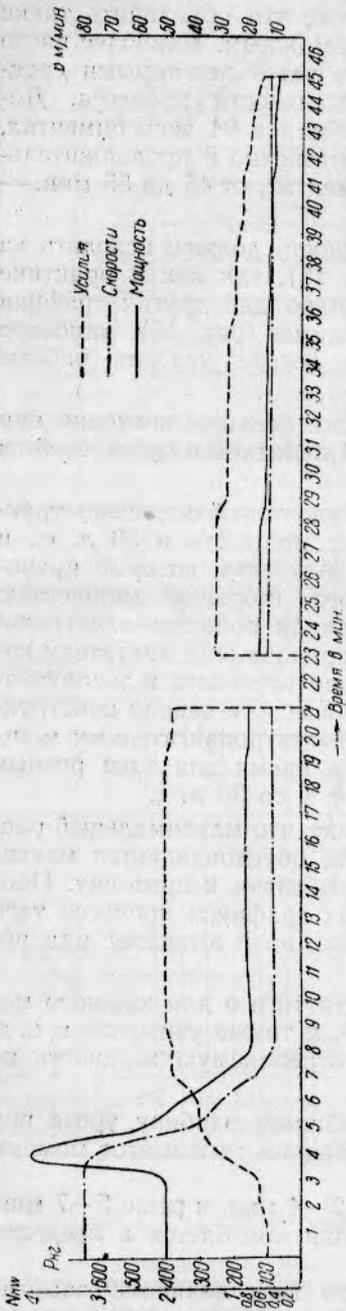


Рис. 18. График изменения усилий, скоростей тяги и мощности в процессе выборки бежного уреза и бежного крыла невода. Тоня „Краснознаменная“. Опытное притонение 1.

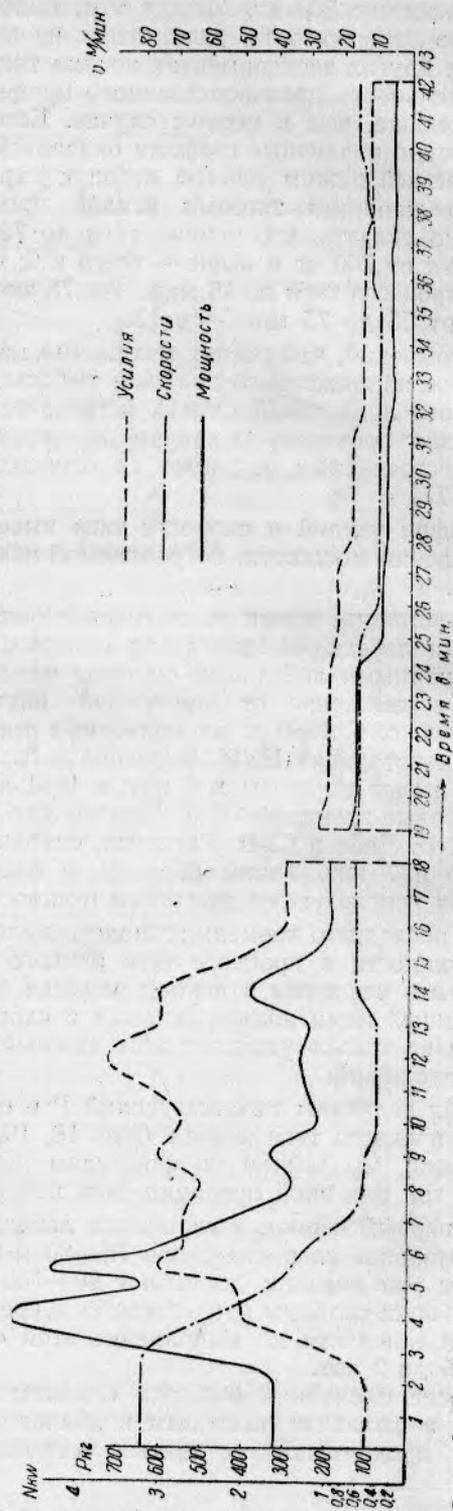


Рис. 19. График изменения усилий, скоростей тяги и мощности в процессе выборки бежного уреза и крыла невода. Тоня „Краснознаменная“. Опытное притонение 2. (май 1951 г.)

40 м/мин. В этот период, который продолжается 5—7 мин., расход мощности достигает 4,5—5 квт.

В процессе дальнейшей тяги бежного уреза усилия продолжают расти, достигая максимального значения за несколько минут до подхода бежного кляча к притонку. Скорость тяги в этот период достигает минимального значения — 10—12 м/мин. В рассматриваемых опытных притонениях максимальные усилия равны 400, 720 и 800 кг. Расход мощности на эту последнюю операцию тяги бежного уреза колеблется в пределах от 0,8 до 2 квт.

В период тяги крыла невода скорости тяги остаются практически постоянными и равны 10—12 м/мин., а тяговые усилия колеблются в пределах от 350 до 80 кг. Расходуемая мощность в процессе тяги бежного крыла примерно равна 0,2—1 квт.

Таким образом, при средней продолжительности производственного цикла тяги невода в 42 мин. максимальный расход мощности в 4,5—5 квт наблюдается лишь в течение 5—8 мин., т. е. от 12 до 20% общего времени работы лебедки. В остальное же время тяги невода расход мощности значительно ниже, причем в течение примерно 50% времени производственного цикла расход мощности не превышает 1 квт.

Произведенный анализ расхода мощности на отдельные операции тяги невода показывает, что предположение о максимальном расходе мощности в период достижения максимальных усилий, т. е. в период подхода бежного кляча к притонку, является ошибочным. Этот вывод вытекает не только из динамограмм трех указанных притонений на тоне «Краснознаменная», где максимальные усилия были несколько меньше, чем, например, на тонях «Рот Фронт» или «Нижнестахановская», но и из многочисленных наблюдений на других тонях. Если даже допустить, что максимальные усилия в период подхода бежного кляча достигают 1000 кг, то при нормальных режимах тяги в этот период расход мощности будет около 2,5 квт. Из этого следует, что наибольший расход мощности определяется не моментом подхода бежного кляча к притонку, а тем периодом, когда усилия тяги начинают расти, но скорости тяги продолжают еще оставаться значительными.

В связи с этим следует считать ошибочным вывод Д. Н. Анисимова, который определяет максимальный расход мощности по формуле:

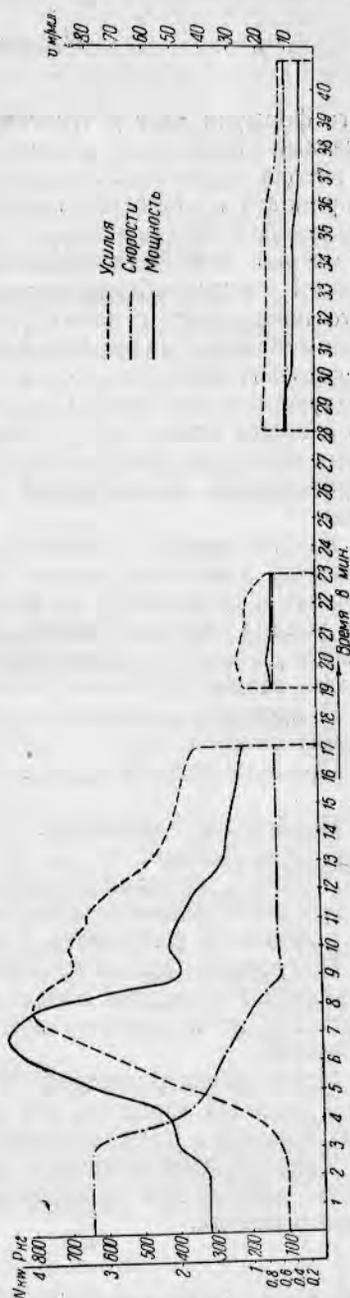


Рис. 20. График изменения усилий, скоростей тяги и мощности в процессе взборки бежного уреза и крыла невода. Тоня «Краснознаменная». Опытное притонение 3. (май 1951 г.)

$$N_{\text{макс.}} = \frac{P_{\text{макс.}} \cdot V_{\text{мин.}}}{75 \cdot \eta} \text{ л. с.},$$

где  $\eta$  — к. п. д. лебедки.

Для расчета мощности мы рекомендуем другую формулу

$$N_{\text{расч.}} = \frac{P_{\text{ср.}} \cdot V_{\text{ср.}}}{102 \cdot \eta} \text{ кВт.}$$

Эта формула дает результаты, которые более близко совпадают с результатами наших исследований. Найденный расход мощности в процессе тяги невода значительно отличается от мощности тех двигателей, которые приводят в движение неводные лебедки. Максимально необходимая мощность для тяги невода в 4 раза меньше мощности трактора, в 2—3 раза меньше мощности стационарных лебедок и на 1—1½ квт меньше мощности электролебедок последних систем.

Это показывает, с каким большим резервом мощности работают неводные лебедки и какое большое количество горючего, смазочных масел и средств затрачивается совершенно бесполезно.

Полученные материалы динамографирования процесса тяги бежного уреза и крыла невода могут быть использованы также для уточнения некоторых исходных данных при проектировании и постройке невода.

Проведенное исследование дает возможность сделать следующие выводы:

1. Динамограммы процесса тяги невода отражают наряду с общим характером изменения усилий в течение всего процесса также кратковременные и мгновенные их изменения. Кратковременные изменения тягового усилия обуславливаются характером спуска пятного крыла невода от замета до закрепа. Мгновенные изменения указанных усилий обуславливаются взаимодействием тягового барабана лебедки и каната.

2. В процессе выборки бежного уреза максимальные усилия (перед подходом бежного кляча к притонку) достигают 950 кг.

3. Продолжительность воздействия максимальных усилий — 1—2 минуты.

4. Наибольшая мощность, потребляемая лебедкой в процессе тяги невода, не превышает 4,5—5 квт. Эта мощность потребляется лишь в течение 10—20% продолжительности производственного цикла. В течение 50% продолжительности производственного цикла потребляемая мощность колеблется в пределах 1 квт.

5. Полученные динамограммы позволяют более правильно рассчитывать механизм неводных лебедок, так как известны не только максимальные усилия, но и характер изменения усилий в течение всего процесса тяги невода.

6. Мгновенные изменения тяговых усилий придают воздействующему усилию ударный характер, что приводит к расшатыванию структуры неводных канатов и преждевременному их износу.

7. Динамограмма процесса тяги невода позволяет уточнить некоторые исходные данные для проектирования и постройки отдельных элементов закидного невода.

## Промысловые требования и исходные расчетные данные

На основании проведенных исследований, наблюдений работы неводных тоней и литературных данных [1, 6, 9, 10, 11] составлены технические требования и указаны основные расчетные параметры для проектирования механизации спуска и подтягивания пятного крыла и неводных лебедок.

## А. Механизация спуска и подтягивания пятного крыла

### Промысловые требования

Механизация спуска и подтягивания пятного крыла должна обеспечить одновременную работу двух неводов на тоне при уплотненном графике работы.

Процесс спуска пятного крыла невода может осуществляться на одной и той же тоне, но в разные моменты этого процесса, с различными скоростями в зависимости от формы замета, конкретных условий данного притонения и режима выборки бежного уреза. Останавливать механизм спуска невода для переключения скоростей нежелательно, так как такие переключения могут быть в течение одного процесса несколько раз, т. е. практически необходимо было бы неоднократно останавливать (тормозить) невод. Поэтому надо предусматривать плавное регулирование режима спуска неводов.

Механизация должна обеспечить спуск пятного крыла в зависимости от гидрологического режима водоема как с принудительным подтягиванием, так и при непрерывном, но неполном торможении.

Несмотря на то, что крайне нежелательно тормозить пятное крыло в процессе его спуска, в промысловой практике бывают случаи, когда при аварии на бежном крыле или по какой-либо другой причине необходимо срочно затормозить спуск невода. Следовательно, при механизации этого процесса необходимо предусматривать возможность торможения невода при аварии в любой точке от замета до притонка.

Нагрузки на пятной урез при аварийных торможениях не должны превышать какие-то заранее заданные величины, выбранные с учетом прочности каната и продолжительности его работы. Поэтому необходимо, чтобы механизация была снабжена прибором, обеспечивающим автоматическое движение пятного крыла (в период торможения) в момент воздействия критических нагрузок.

Этот прибор должен иметь широкий предел регулирования (от 750 до 1000 кг).

Большинство неводных тоней имеет прямую береговую линию. Однако встречаются и такие тони, которые имеют не прямую конфигурацию береговой линии. В связи с этим механизация должна обеспечить спуск невода как на тонях с прямолинейной, так и с криволинейной конфигурацией береговой линии; при этом пятной кляч невода должен перемещаться по урезу воды.

Управление механизацией должно быть сосредоточено в одном месте и осуществляться одним человеком; при этом необходимо разработать систему сигнализации, при помощи которой неводной рабочий, управляющий механизацией, мог бы определять положение пятного крыла невода в ночное время и в ненастную погоду.

Изменение уровня воды в водоеме в зависимости от времени года вызывает необходимость перемещать береговые механизмы в процессе этого изменения, так как они должны находиться на определенном расстоянии от бровки воды. Обычно такие перемещения производят два-три раза в год. Поэтому важно предусмотреть простоту монтажа и демонтажа этих механизмов.

Конструкция механизмов должна быть достаточно простой, а вся механизация недорогой, экономически выгодной и должна сочетать надежность и безопасность в работе с простотой обслуживания.

### Исходные данные

Скорость спуска пятного крыла от замета до закрепа колеблется в пределах от 8—10 до 20—23 м/мин. Скорость подтягивания пятного крыла на этом же участке при слабом течении не превышает 35—

40 м/мин. Скорость подтягивания пятного крыла от закрепа до притонки — 10—23 м/мин.

Чтобы обеспечить спуск и подтягивание пятного крыла невода при различных гидрологических режимах, механизм должен обладать пределом регулирования скоростей от 8 до 40 м/мин.

При торможениях пятного крыла на участке замет — закреп усилия достигают 1800 кг (для расчета различных опор и креплений).

В аварийных случаях возможны торможения пятного крыла на участке закреп — притонка. Усилия торможения на этом участке достигают 500 кг.

Усилия при торможениях направлены к береговой линии под углом 35—40°. Усилия подтягивания пятного крыла на участке закреп — притонка не превышают 100—125 кг.

При расчете различных креплений необходимо иметь в виду, что механизация работает на мокрых затопляемых грунтах (мелкий речной песок или земля с травяным покровом).

## **Б. Лебедка для тяги речных неводов**

### **Промысловые требования**

Неводная лебедка должна обеспечить одновременную тягу двух канатов — бежного уреза одного невода и рабочей подборы другого. Так как тяга уреза и рабочей подборы производится на различных скоростях, то неводная лебедка должна обеспечивать возможность регулирования скоростей тяги каждого из двух одновременно работающих неводов.

Режим тяги невода зависит от ряда факторов, обуславливаемых конкретными особенностями каждой тони. В связи с этим лебедка должна иметь широкий предел регулирования скоростей, чтобы можно было фиксировать любую промежуточную скорость в указанном пределе. Регулирование скоростей тяги должно быть плавным и осуществляться на ходу.

На состояние канатов серьезно влияют рабочие барабаны лебедки; поэтому канаты должны плавно находить на барабаны и сходиться с них; не должны проскальзывать на барабанах и их витки не должны тереться между собой.

Во избежание несчастных случаев барабаны лебедки должны иметь обратный ход.

В промысловой практике часто необходимо срочно прекратить тягу и остановить лебедку. При этом важно, чтобы при таких остановках в процессе тяги грузовой вал лебедки не вращался в обратную сторону под влиянием действующего в канате усилия.

Чтобы избежать аварий невода и поломок лебедки в случае задева невода или воздействия чрезмерных усилий, лебедка должна быть снабжена автоматическим устройством, которое прекращает тягу в момент воздействия на канат расчетных нагрузок.

Чтобы правильно вести процесс лова и соблюдать необходимый режим тяги, лебедку необходимо снабдить указателями скоростей и усилия тяги.

Место притонка, как правило, изменяется с изменением уровня воды, но расстояние от лебедки до бровки воды не должно превышать 8—10 м. Чтобы лебедку легко можно было перемещать в зависимости от изменения места притонка, вес ее должен быть минимальным.

Механизм лебедок должен быть плотно закрыт, чтобы туда не попадали пыль, песок и атмосферные осадки.

Так как в ближайшее время подавляющее большинство тоней будет электрифицировано, то целесообразно, чтобы привод к лебедке был осуществлен от электродвигателя.

Лебедка должна быть проста в обслуживании, безопасна и надежна в работе. Управлять лебедкой должен один рабочий, который одновременно наблюдает за тягой канатов. Канат следует снимать с барабанов и укладывать при помощи автоматического канатоукладчика.

### Расчетные данные

Максимальное усилие тяги в процессе выборки бежного уреза достигает 950 кг. Для расчета следует принять 1000 кг.

Прибор автоматического выключения лебедки должен иметь предел регулирования от 600 до 1000 кг, чтобы можно было устанавливать критические нагрузки, при которых тяга невода автоматически прекращается в зависимости от качества невода и неводных канатов.

Скорость тяги невода колеблется в пределах от 10 до 80 м/мин.

Лебедка должна производить тягу канатов, имеющих размеры по окружности от 50 до 75 мм.

Таким образом, исследование усилий, действующих на пятное и бежное крыло речного закидного невода в процессе лова, позволило определить величину этих усилий, характер их изменения и расчетные данные, а также обосновать основные промысловые требования для проектирования неводных лебедок и механизации спуска и подтягивания пятого крыла невода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В. Г., Тяга канатов на тонях двойными ручьевыми барабанами, журнал «Рыбное хозяйство», 1950, № 6.
2. Баранов Ф. И., Техника неводного лова. Материалы к познанию русского рыболовства, т. II, вып. III, 1913.
3. Баранов Ф. И., Техника промышленного рыболовства, Коиз, 1933.
4. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства. Пищепромиздат, 1948.
5. Баранов Ф. И., Новый способ расчета речных неводов, журнал «Рыбное хозяйство», 1948, № 7.
6. Борисов Н. И., Альбом механизмов, применяемых в добывающей рыбной промышленности, ВНИРО, 1940.
7. Борищев В. В., Методы работы на речных неводных тонях, журнал «Рыбное хозяйство», 1950, № 9.
8. Высоцкий А. А., Динамометрирование сельскохозяйственных машин. Машгиз, 1949.
9. Полонский А. А., Механизация неводной тяги. Коиз, 1932.
10. Скворцов И. Н., Механизированный неводной лов. Коиз, 1935.
11. Торбан С. С., Новые неводные лебедки, журнал «Рыбное хозяйство», 1950, № 9.
12. Ширинов А. А., Речная неводная лебедка, журнал «Рыбное хозяйство», 1951, № 1.



## ВЫГРУЗКА СОЛЕНОЙ ХАМСЫ ИЗ ЧАНОВ РЫБОНАСОСОМ

Кандидат технических наук Б. Н. Миллер

### Введение

Процесс выгрузки из посольных чанов соленой хамсы и другой мелкой рыбы, имеющей свойство слеживаться, является одной из наиболее тяжелых и трудоемких операций на рыбообрабатывающих предприятиях. Механизация этого процесса позволит ликвидировать разрыв в схемах комплексной механизации выгрузки, транспортирования, обработки и уборки хамсы и другой мелкой рыбы.

Пытались механизировать процесс выгрузки соленой хамсы из чанов при помощи центробежных рыбонасосов. Однако ни одна из этих попыток не дала положительного результата как из-за несовершенства выгрузочных устройств, так и из-за того, что испытания не были доведены до конца. Поэтому лаборатория механизации ВНИРО смонтировала и сконструировала передвижную центробежную рыбонасосную установку для выгрузки соленой хамсы из чанов, а также разработала методику соответствующих промышленных испытаний.

Промышленные испытания этого устройства были проведены в производственных условиях в осеннюю путину 1950 г. в г. Керчи и дали положительные результаты.

### Опытная установка ВНИРО для промышленных испытаний

Опытная рыбонасосная установка для выгрузки соленой хамсы из чанов, смонтированная в Октябрьском цехе Керченского рыбокомбината Крымгосрыбтреста по схеме лаборатории механизации ВНИРО, имеет следующее устройство (рис. 1).

Центробежный рыбонасос по схеме был смонтирован передвижным на металлической раме.

Была использована комплексная рыбонасосная установка, состоящая из центробежного рыбонасоса РБ-100, редуктора и ручного поршневого насоса БКФ-1, изготовленных на Кандалакшском механическом заводе.

#### Характеристика агрегата

##### I. Рыбонасос РБ-100

1. Рекомендуемый напор (от уровня воды) . . . . .	до 7 м
2. Рекомендуемая высота всасывания . . . . .	4,5 м
3. Рекомендуемая длина нагнетательного трубопровода . . . . .	120 м
4. Длина всасывающего шланга . . . . .	9 м
5. Диаметр (внутренний) всасывающего шланга . . . . .	100 мм
6. Емкость улитки и всасывающего шланга . . . . .	66,4 л
7. Число оборотов 1-го исполнения . . . . .	432 об/мин.
"   "   2-го   "   . . . . .	730 об/мин.
"   "   3-го   "   . . . . .	852 об/мин.
8. Производительность по воде при 852 об/мин. . . . .	96 м <sup>3</sup> /час

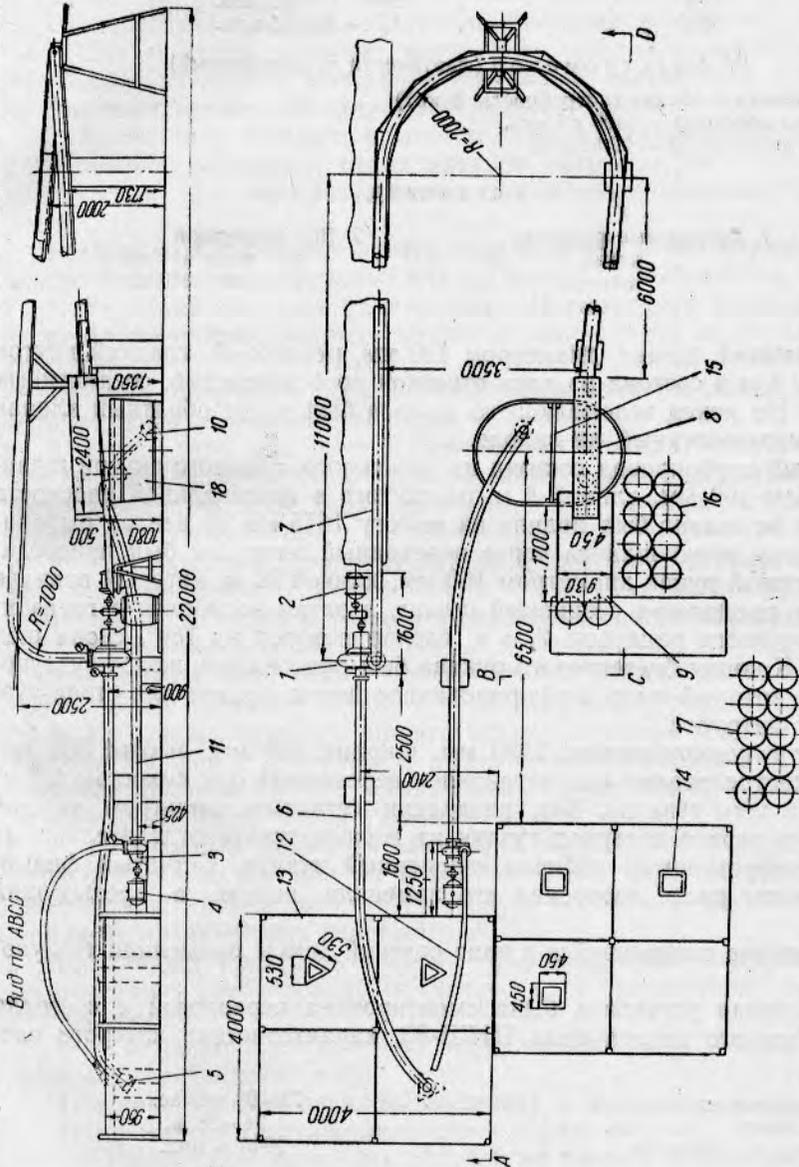


Рис. 1. Схема установки для выгрузки соленой хамсы из чанов при помощи рыбонасоса: 1—комплектная рыбонасосная установка РБ-100; 2—электромотор; 3—центробежный насос ЦНШ-80; 4—электромотор; 5—обратный клапан рыбонасоса; 6—всасывающий шланг рыбонасоса; 7—напорный шланг центробежного насоса; 8—тузлукоотделитель; 9—стол для приема соленой хамсы; 10—обратный клапан центробежного насоса; 11—всасывающий шланг центробежного насоса; 12—напорный шланг центробежного насоса; 13—брезентовая посольная ванна; 14—вынимающиеся деревянные колодцы; 15—фильтр; 16—порожние бочки; 17—заполненные бочки; 18—деревянный чан для тузлука.

## II. Ручной поршневой насос БКФ-1 (для заливки)

1. Производительность . . . . . 13,5 л/мин.
2. Время заполнения системы водой . . . . . около 5 мин.

## III. Редуктор

1. Тип — одноступенчатый с парой цилиндрических косозубых шестерен; модуль — 4
2. Передаточные отношения и число оборотов при моторе с 1460 об/мин.:  
1-е исполнение — передача 3,39—432 об/мин.  
2-е . . . . . 2,00—700 об/мин.  
3-е . . . . . 1,71—852 об/мин.

## IV. Электромотор (фактически установленный)

1. Мощность — 10 квт (потребность 6 квт)
2. Число оборотов — 1400 об/мин.
3. Ток переменный — 220/380 в

## V. Установка

- |                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| 1. Габаритные размеры: | 2. Вес установки: |
| длина 1775 мм          | без воды 411 кг   |
| ширина 650 мм          | с водой 480 кг    |
| высота 1150 мм         |                   |

Всасывающий шланг диаметром 100 мм, резиновый, гладкий внутри имел длину 8 м и состоял из двух отрезков по 4 м каждый, соединенных патрубком. На конец всасывающего шланга был надет обратный клапан (храпок), изготовленный на заводе.

Напорный трубопровод состоял из резинового, гладкого внутри шланга диаметром 100 мм, длиной 4 м, изогнутого в вертикальной плоскости радиусом 1 м; шланг был поднят на высоту 1675 мм от центра рыбнасоса. К концу этого шланга через переходный патрубок был присоединен брезентовый рукав диаметром 150 мм, длиной 24 м, который вначале шел прямо, продолжая резиновый шланг, а затем изгибался в горизонтальной плоскости радиусом 2 м и, сделав поворот на 180°, снова шел по прямой. К концу брезентового рукава был присоединен желоб-тузлукоотделитель, который имел перфорированное дно и поддон для стока тузлука через патрубок.

Длина тузлукоотделителя 2430 мм, ширина 300 мм, высота 300 мм. Под тузлукоотделителем был установлен деревянный бак емкостью 2,5 м<sup>3</sup> для стока в него тузлука. Бак разделили сетчатым фильтром на два отделения, в первое поступал тузлук из желоба-тузлукоотделителя, а из второго тузлукомонитор забирал очищенный тузлук. Сетчатый фильтр можно менять; после засорения его заменяли новым, а предыдущий очищали.

Для размыва слежавшейся в чане соленой хамсы применили тузлукомонитор.

Рыбнасосная установка была смонтирована переносной и состояла из центробежного насоса типа ЦНШ-80, характеристика которого следующая:

производительность . . . . .	73—93 м <sup>3</sup> /час,
напор . . . . .	34—28 м,
число оборотов . . . . .	2940 в мин.

Мотор к нему присоединен через муфту на одном валу: мощность мотора — 16 квт, число оборотов — 2940 в мин., ток переменный, напряжение его 220/380 в.

Всасывающий шланг тузлукомонитора (резиновый, диаметром 100 мм, длиной 8 м) состоял из двух кусков по 4 м, соединенных патрубком с обратным клапаном (храпком) на конце, который опускали в чан с тузлуком.

Напорный шланг диаметром 75 мм, резиновый, длиной 4 м.

Для напорного шланга были изготовлены насадки двух типов, сжимающие струю тузлука: конусная, выходное отверстие ее имеет диаметр 18 мм, и щелевидная, размер щели  $40 \times 12$  мм.

### Методика опытной выгрузки хамсы на установке ВНИРО

Наряду со схемой опытной установки была разработана методика испытаний ее, уточненная перед началом работ в г. Керчи.

Окончательно принята следующая методика испытаний:

1. Для опытной выгрузки могут быть применены чаны любой конструкции и из любого материала (бетонные, деревянные, брезентовые), не приспособленные для гидромеханизации.

2. В середину каждого опытного чана, предназначенного для механизированной разгрузки, перед началом загрузки рыбы устанавливают треугольные или четырехугольные деревянные колодцы, сбитые из досок.

Размер колодца должен быть таким, чтобы в его наружный контур можно было вписать обратный клапан (храпок) рыбонасоса.

3. Во время загрузки чана рыбой перед посолом верхняя часть колодцев должна быть закрыта крышкой, чтобы рыба не попадала внутрь колодца.

4. После окончания посола рыбы перед началом выгрузки надо вынуть из чанов деревянные колодцы.

5. После того как вынули деревянный колодец, образуется свободное от рыбы пространство, куда опускают конец всасывающего шланга рыбонасоса с храпком (обратным клапаном), а также конец напорного шланга тузлукомонитора.

6. Рыбонасосную установку для выгрузки соленой рыбы из чанов необходимо монтировать передвижной; кроме того, число оборотов рабочего колеса рыбонасоса должно иметь возможность изменяться.

7. Тузлукомониторная установка для размыва тузлуком слоя рыбы в чане должна быть также передвижной и должна иметь на напорном трубопроводе задвижку Лудло для регулирования расхода тузлука.

8. На конец напорного шланга тузлукомонитора следует надевать по очереди насадки с конусным и щелевидным выходными отверстиями; в процессе опытной работы устанавливают наилучшую форму насадки и оптимальный напор струи тузлука.

9. Необходимо проверить наилучшее направление струи тузлука (под слой рыбы, в толщу или на поверхность его) с точки зрения удобства эксплуатации; кроме того, струя тузлука не должна наносить выгружаемой рыбе механических повреждений.

10. Следует проверить условия транспортировки выгруженной рыбы по напорному трубопроводу (в частности, по брезентовому рукаву) к месту ее уборки.

11. Контролировать качество выгружаемой рыбы и количество механических повреждений надо:

а) в чане — перед началом выгрузки;

б) на желобе-тузлукоотделителе — перед тем, как убраться ее в бочки.

12. Необходимо проверить, хорошо ли вымыта и очищена от жировой пленки соленая рыба, выгруженная рыбонасосом.

13. Надо определить следующие основные показатели работы установки:

а) число оборотов рабочего колеса рыбонасоса;

б) производительность рыбонасоса;

в) количество подаваемого тузлука;

г) напор струи тузлука;

д) соотношение рыбы и тузлука в перегружаемой смеси;

е) сочетание работы рыбонасоса и тузлукомонитора.

14. Рыбонасосную и тузлукомониторную установки следует обязательно снабдить манометрами и вакуумметрами.

### Промышленные испытания

Перед началом испытаний в деревянном баке был заготовлен туздук и подвезены 100-литровые бочки. Редуктор рыбонасоса был перемонтирован на 1-е исполнение, т. е. рабочее колесо рыбонасоса имело 432 об/мин.

#### 1 испытание

Из брезентового чана с посоленной в нем рыбой вынули установленный там четырехугольный деревянный колодец, что было сделано вручную одним рабочим, который стоял на досках, уложенных поверх чана и опирающихся на его деревянный каркас. После этого в слое посоленной рыбы образовалось отверстие, с вертикально стоящими стенками из соленой хамсы, заполненное тузлуком.

Выгружали крупную хамсу 1-го сорта 6-дневного посола.

Перед началом выгрузки представители лаборатории Керченского рыбокомбината взяли пробы соленой рыбы из разных мест чана (по площади и по глубине). Среднее количество лопанца в соленой хамсе перед выгрузкой — 17,9%.

В отверстие, образовавшееся после того, как вынули деревянный колодец, был опущен конец всасывающего резинового шланга (диаметром 100 мм) рыбонасоса с обратным клапаном-храпком.

На основании заводской характеристики при 825 об/мин. производительность рыбонасосной установки РБ-100 на воде составляет 96 м<sup>3</sup>/час. При 432 об/мин. производительность рыбонасоса равна:

$$Q = \frac{96 \times 432}{852} = 48,7 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Перед началом выгрузки на конец напорного шланга тузлукомонитора была надета насадка с щелевидным выходным отверстием размером 40 × 12 мм.

Туздук начали подавать, постепенно открывая задвижку Лудло. Выходящая струя тузлука была не направленной, а рассеянной, веерообразной. Если задвижка мало открыта, то количество поступающего в чан тузлука недостаточно для образования требуемой концентрации. Если же задвижку открыть больше, то количество подаваемого в чан тузлука увеличивается; следовательно, струя рассеивается интенсивнее и значительная часть тузлука попадает не в чан, а разбрызгивается вокруг него.

Так как насадка с щелевидным выходным отверстием не может создать направленную струю тузлука, испытания с этой насадкой были прекращены.

#### 2 испытание

Вместо насадки с щелевидным выходным отверстием на конец напорного шланга тузлукомонитора была надета конусная насадка, диаметр выходного отверстия ее — 18 мм.

Все остальные параметры и устройства остались теми же, что и при 1-м испытании.

Эта насадка давала очень плотную направленную струю, имеющую небольшую конусность по мере удаления от выходного отверстия.

Если задвижка Лудло недостаточно открыта и, следовательно, напор струи небольшой, то подаваемый в чан туздук не сможет образовать требуемую концентрацию в смеси.

Чем больше открыта задвижка, тем интенсивнее увеличивается одновременно и количество тузлука и напор струи. С увеличением напора увеличивается и количество механических повреждений размываемой в чане рыбы.

Достаточное количество тузлука для правильной эксплуатации рыбо-насосной установки стало поступать в чан лишь после увеличения давления в напорной струе до 2,5—3 атм.

Такой напор разрезал слой соленой хамсы и наносил ей сильные и многочисленные механические повреждения, например, отрывал жабры и даже головы, а также частично срывал мясо с кости и т. д. Такие повреждения достигали 40—45% в среднем. Попытались применить конусную насадку при разных изменениях напора, направления струи, а также создать более густую смесь рыбы и тузлука в чане для уменьшения количества подаваемого тузлука и, следовательно, для уменьшения напора струи тузлукомонитора; кроме того, увеличение выходного отверстия насадки до 30 мм несколько снизило напор и уменьшило количество механических повреждений в рыбе. В результате было установлено, что применение насадок, сжимающих струю и, следовательно, повышающих ее напор, для эксплуатации непригодно.

### 3 испытание

Таким образом была установлена непригодность обоих типов насадок; поэтому решили проверить, возможна ли работа без всяких насадок на напорном шланге тузлукомонитора.

Все параметры и условия работы на установке остались такими же, как и при 1-м испытании.

В чане предварительно установили треугольный колодец, который также мог легко вынуть один рабочий.

Лабораторное обследование установило, что выгружают хамсу крупную, 6-дневного посола, 1-го сорта со средним количеством лопанца, равным 20,5% от общего количества хамсы до начала посола.

После того как вынули деревянный колодец, образовалось отверстие, в которое был опущен всасывающий шланг рыбо-насоса с храпком; под слой рыбы подвели конец напорного шланга тузлукомонитора.

Вначале включили тузлукомонитор и тузлук стал нагнетаться в чан. Задвижку Лудло приоткрывали постепенно и, когда давление достигло 0,5 атм (по манометру), слой соленой хамсы около отверстия колодца стал разрушаться и расслаиваться. Тогда был включен рыбо-насос и началась выгрузка соленой рыбы. Однако вследствие уменьшения числа оборотов рабочего колеса рыбо-насоса до 432 об/мин. снизился и напор, который был рассчитан по формуле подобия и составил:

$$H = \frac{7(432)^2}{852} = 1,9 \text{ м.}$$

Из-за незначительной производительности рыбо-насоса  $Q = 48,7 \text{ м}^3/\text{час}$  и небольшого напора  $H = 1,9 \text{ м}$  в результате снижения числа оборотов рабочего колеса до 432 об/мин. для данных конкретных условий установки выгрузка производилась с большими затруднениями.

Приходилось создавать в чане очень разреженную смесь, так как при более или менее густой смеси (даже около 1:5—1:6) выгружаемая рыба залежала в брезентовом рукаве в местах, где образовывались изгибы и вмятины, потому что смесь шла не полным сечением, а примерно в  $\frac{1}{3}$  сечения. В связи с этим приходилось прокачивать трубопровод чистым тузлуком, чтобы ликвидировать залежи рыбы.

Такие условия работы не позволяли наладить правильный режим подачи тузлука в чан, хотя было уже очевидно, что отсутствие каких-либо насадок на конце напорного шланга тузлукомонитора дает возможность создать требуемые условия работы при выгрузке.

После ряда попыток найти приемлемый режим работы при выгрузке соленой рыбы из чана было решено отказаться от числа оборотов рабочего колеса рыбонасоса, равного 432 об/мин., и начать работать с большим числом оборотов.

#### 4 испытание

Редуктор рыбонасоса был перемонтирован на 2 исполнение, т. е. на 730 об/мин.

При этом производительность по воде равна:

$$Q = \frac{96 \times 730}{852} = 82,2 \text{ м}^3/\text{час},$$

а напор достигает

$$H = 7 \frac{(730)^2}{852} = 5,15 \text{ м.}$$

Рыбу выгружали из двух брезентовых чанов, в которые были вставлены деревянные колодцы, в одном четырехугольный, в другом треугольный.

Количество лопанца в чанах до выгрузки составляло от 18 до 22%.

На конце напорного шланга тузлукомонитора никакого наконечника не было.

В начале работы его опустили под слой рыбы. После того как открыли задвижку Лудло, производительность подачи тузлука и напор начали постепенно увеличиваться. Слой соленой хамсы около отверстия стал постепенно расслаиваться и рыбы отделялись друг от друга. Тут же включали рыбонасос, который забирал смесь тузлука и рыбы и по напорному трубопроводу подавал ее к желобу-тузлукоотделителю, где рыба отделялась от тузлука; в дальнейшем ее убирали в бочки, а тузлук сливали в первое отделение бака. После очистки его снова засасывал тузлукомонитор из второго отделения бака.

По мере расширения отверстия в слое соленой хамсы и прекращения расслаивания этого слоя струю тузлука стали направлять на боковые стенки этого слоя, причем в основном стремились подавать тузлук в толщу слоя. В результате этого рыбу не повреждали и, кроме того, она лучше расслаивалась.

Наилучших результатов размыва соленой хамсы в чане достигали при напоре струй тузлука в 0,45—0,50 атм (по манометру). Так как объем бака с тузлуком недостаточен (учитывая объем выгруженного чана и объем напорного трубопровода), приходилось работать не непрерывно, а периодически. Такой режим работы необходим еще и потому, что укладывали рыбу в бочки вручную через наклонный столоток, и производительность этой операции отставала от возможной производительности выгрузки при помощи рыбонасосов.

Таким образом, режим работы на выгрузке следующий:

- 1) подача тузлука в чан;
- 2) начало выгрузки;
- 3) перерыв;
- 4) подача тузлука в чан;
- 5) начало выгрузки;
- 6) перерыв и т. д.

Хронометраж, проведенный при выгрузке соленой рыбы из двух чанов, дал следующие результаты:

#### Чан № 1

Количество рыбы в чане	1,5 т
Полная затрата времени с момента начала до конца выгрузки	31 мин.
Время на чистую работу при выгрузке	11 мин.
„ на дополнительную подачу тузлука	6 мин.
„ на перерывы	14 мин.

## Чан № 2

Количество рыбы в чашке . . . . .	2,4 т
Полная затрата времени на выгрузку . . . . .	58 мин.
В том числе:	
на чистую работу при выгрузке . . . . .	18 мин.
на дополнительную подачу тузлука . . . . .	12 мин.
на перерывы . . . . .	28 мин.

Ряд проб, взятых на желобе-водоотделителе для определения количества лопанца после механизированной выгрузки, показал, что количество лопанца за счет выгрузки увеличилось на 4% (от 19,3 до 23,3% в среднем).

Из этих чанов выгружали крупную соленую хамсу 1-го сорта 7-дневного посола.

По показаниям вакуумметра при всасывании смеси соленой хамсы и тузлука из чана вакуум в рыбонасосе колебался в пределах от 0,2 до 0,25 атм, а напор по манометру был равен 0,18—0,22 атм.

В процессе испытаний было установлено:

1) чем крепче тузлук, тем сильнее всплывание соленой рыбы и тем меньше ее захватывает храпок рыбонасоса, так как она находится на поверхности зеркала тузлука. Главным образом это происходит по мере уменьшения количества рыбы в чане. Поэтому желательно употреблять возможно менее крепкие тузлуки; крепость их не должна превышать 20° Боме. Для осаживания всплывающей на поверхность тузлука рыбы и для регулирования ее более равномерного поступления к храпку рыбонасоса применили род гребка с увеличенной опорной поверхностью (было использовано днище от бочки);

2) воздух прорывается во всасывающий шланг рыбонасоса через храпок в результате неправильного положения храпка в чане в процессе выгрузки;

3) недостаточное количество тузлука не позволяет установить правильный режим работы при выгрузке рыбы из чанов с применением рыбонасоса. Результаты этой серии испытаний были вполне удовлетворительными и доказали, что в промышленных условиях можно применить рыбонасосы как для выгрузки соленой хамсы из чанов, так и для транспортировки ее по напорному трубопроводу к месту уборки.

## Б испытание

Основная цель данного испытания — установить возможность механизированной выгрузки соленой хамсы, засоленной обычным образом, из чана, т. е. если в него предварительно не вставлен деревянный вынимающийся колодец. Все параметры и условия работы остались теми же, что и во время предыдущих испытаний. Был лишь изменен первоначальный режим работы.

Конец всасывающего резинового шланга рыбонасоса с храпком (обратным клапаном) был уложен на поверхность слоя хамсы в чане, однако рыбонасос не был включен.

После этого под храпок рыбонасоса была направлена из напорного шланга тузлукомонитора (без надсадки) струя тузлука для размыва слоя хамсы и создания рабочей смеси.

После этого взяли пробы рыбы, чтобы установить количество механических повреждений (выгружали крупную хамсу 1-го сорта 6—7-дневного посола, количество лопанца в чане перед началом выгрузки — до 19% в среднем), из того места, где происходил размыв ее. Эти пробы показали, что если струя тузлука направлена на поверхность слоя рыбы в чане под давлением 0,3—0,35 атм, то жаберные крышки отгибаются и даже частично отрываются.

Поэтому перестали подавать тузлук и вручную в слое соленой хамсы сделали небольшую ямку, в которую уложили храпок рыбонасоса и вставили конец нагнетательного шланга тузлукомонитора. После этого начали размывать слой хамсы и по мере образования рабочей смеси включали рыбонасос, который откачивал ее из чана.

При разгрузке чана без колодца было затрачено дополнительное время на образование отверстия в слое хамсы. Вначале это отверстие было сделано вручную, а затем — при помощи периодической подачи тузлука и включения рыбонасоса.

Дальнейшая работа после образования требуемого отверстия в слое рыбы ничем не отличалась от описанной в предыдущих четырех испытаниях; она дополнительно подтвердила благоприятные результаты данного способа выгрузки рыбы.

После окончания выгрузки рыбы из первого чана был разгружен второй, такой же чан.

Результаты выгрузки рыбы из двух чанов доказали, что можно выгружать рыбу и без применения колодцев, но при этом необходимо предварительно создать вручную отверстие в слое соленой рыбы. Правда, сначала надо очень осторожно и постепенно откачивать рабочую смесь рыбонасосом.

При этом вначале часто прорывается воздух в храпок рыбонасоса, а также иногда рыбонасос захватывает очень густую смесь, что может привести к некоторым дополнительным механическим повреждениям перегружаемой рыбы.

Кроме того, струю тузлука нельзя направлять на поверхность слоя рыбы, так как рыба получает при этом ряд дополнительных механических повреждений.

## 6 испытание

Во время этого испытания выгружали из брезентовых чанов мелкую соленую хамсу (нитку).

Всего было разгружено четыре чана (общее количество рыбы около 8 т).

Пробы, взятые перед началом выгрузки, показали, что количество лопанца в соленой рыбе достигает 80—90%. Продолжительность посола — 2—3 дня. В трех чанах установили деревянные колодцы, а в одном чане колодца не было.

Все параметры и режим работы оставались теми же, что и при двух предыдущих испытаниях.

После выгрузки количество лопанца увеличилось на 8—10%.

Таким образом, можно применить рыбонасос и для выгрузки мелкой соленой хамсы (нитки), которая имеет вид кашеобразной массы.

## Выводы

В результате проведенных промышленных испытаний можно сделать следующие основные выводы.

1. Разработанный лабораторией механизации ВНИРО способ выгрузки соленой хамсы из чанов с применением деревянных вынимающихся колодцев и направленной струи тузлука позволил создать пригодную для промышленного использования механизированную установку, при помощи которой выгружают из чанов и транспортируют рыбу по напорному трубопроводу при помощи рыбонасоса.

2. В слое соленой рыбы после того, как вынули из чана деревянный колодец, образуется отверстие, в которое опускают храпок рыбонасоса. В результате этого вокруг отверстия расслаивается слой хамсы при помощи направленной струи тузлука из напорного шланга тузлукомонитора без насадок, сжимающих струю. Это дает минимальные механиче-

ские повреждения в перегружаемой рыбе и создает рабочую смесь требуемой концентрации. При отсутствии деревянных колодцев в чанах необходим дополнительный ручной труд, затрудняющий эксплуатацию (в начале работы); кроме того, при этой операции возможны добавочные механические повреждения рыбы.

3. Крепость тузлука, применяемого при выгрузке, играет важную роль для создания оптимального режима работ. Чем крепче тузлук, тем больше всплывание рыбы и, следовательно, хуже условия работы рыбонасоса. Поэтому следует использовать возможно менее крепкие тузлуки.

4. Промывка выгруженной рыбонасосом рыбы и очистка ее от жировой пленки вполне удовлетворяют технологическим требованиям.

5. Механические повреждения, получаемые соленой рыбой в результате выгрузки рыбонасосом и транспортировки по напорному трубопроводу, значительно ниже, чем при ручной выгрузке (в первом случае 4%, во втором — 11,7%).

6. На основании результатов проведенных промышленных испытаний опытной установки разработан проект инструкции для работы на промышленных установках, который приложен ниже.

## ПРОЕКТ ИНСТРУКЦИИ

### по монтажу и обслуживанию рыбонасосной установки для выгрузки соленой рыбы из чанов и транспортировки ее к месту уборки

1. Рыбонасос и тузлукомонитор необходимо монтировать передвижными на отдельных тележках.

2. Рыбонасосная установка должна иметь редукторную передачу и специальный насос для заливки.

3. Производительность тузлукомонитора не должна быть меньше производительности рыбонасоса.

4. Тузлукомонитор надо обязательно монтировать на одном валу с электромотором.

5. Диаметр напорного шланга тузлукомонитора должен быть не более 100 мм (для удобства маневрирования им); длина этого шланга должна быть достаточна для погружения в любую часть чана.

6. На конце напорного шланга тузлукомонитора может быть надето кольцо, предохраняющее конец шланга от повреждений.

Всякого рода насадки, сжимающие струю тузлука, на конец напорного шланга надевать не следует, так как при применении их рыба может испортиться.

7. Когда расстояние от тузлучной станции до тузлукомонитора становится настолько большим, что это затрудняет заливку тузлукомонитора вследствие большой длины всасывающего шланга, необходимо предусматривать устройство тузлукопроводящей сети.

8. Достаточное количество тузлука является одним из основных факторов для создания правильного режима работы при выгрузке рыбы из чанов при помощи рыбонасоса. Поэтому объем бака тузлучной станции должен быть не меньше двойного объема чана.

9. Бак тузлучной станции необходимо разделить фильтрующей перегородкой на две части — в одну часть сливают тузлук, из второй части после очистки через фильтр всасывающий шланг тузлукомонитора засасывает тузлук.

10. Для уменьшения всплывания рыбы в чане при выгрузке следует использовать возможно менее крепкие тузлуки; крепость их не должна превышать 20° Боме.

11. Перед началом посила рыбы в середину чана необходимо установить трех- или четырехугольный деревянный колодец, размер которого равен диаметру хrapка рыбонасоса. Перед началом выгрузки рыбы эти колодцы следует вынуть из чанов и на их место надо опустить хrapок рыбонасоса и ввести конец напорного шланга тузлукомонитора.

12. Струя тузлука из напорного шланга тузлукомонитора должна быть направлена под слой рыбы, находящийся наплаву в чане, и лишь в крайнем случае в толщу этого слоя.

Струю нельзя направлять на поверхность слоя рыбы в чане, так как это может нанести ей механические повреждения.

13. Скорость струи тузлука из напорного шланга тузлукомонитора для размыва рыбы должна быть не более 2,5—3,0 м/сек.

14. При перемещении хrapка рыбонасоса в чане во время выгрузки рыбы его следует располагать в разжиженной части смеси.

15. Во время выгрузки рыбы из чана для более равномерного поступления рыбы к хrapку рыбонасоса и для осаживания всплывающей в тузлуке рыбы следует немного перемешивать смесь рыбы и тузлука в чане, применяя шест с насаженным на его конец кругом.

16. Во время выгрузки соленой рыбы из чанов нельзя допускать прорыв воздуха в хrapок рыбонасоса, поэтому в начале выгрузки надо опускать хrapок вертикально вниз, но его следует не доводить до дна чана на 100—150 мм. После выгрузки примерно половины рыбы из чана хrapок следует укладывать боком на дно чана, но слой тузлука над ним должен быть не менее 8—100 мм; перед окончанием выгрузки хrapок следует ставить на дно чана в наклонном положении.

17. При выгрузке соленой рыбы из чана при помощи рыбонасоса соотношение смеси рыбы и тузлука должно быть не ниже 1 : 2,5—1 : 3, чтобы избежать механических повреждений рыбы.

18. Выпускаемые Кандалакшским механическим заводом комплектные рыбонасосные установки с редукторной передачей и поршневым ручным насосом для заливки должны работать при 730 об/мин. При 432 об/мин. всасывание и напор не обеспечивают нормального режима работы.

19. Для транспортировки выгруженной из чанов рыбы к месту ее уборки можно применять как напорные трубопроводы (металлические трубы, резиновые шланги и брезентовые рукава), так и самотечные желоба. Правда, в брезентовых рукавах рыба может получать некоторые поверхностные повреждения кожных покровов, портящих ее товарный вид.

20. При монтаже рыбонасосной установки для выгрузки соленой рыбы из чанов, напорных трубопроводов и самотечных желобов для ее транспортировки к месту уборки необходимо соблюдать все требования и условия, которые предъявляются к таким же устройствам для выгрузки и транспортировки рыбы-сырца.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ В НАПОРНЫХ РЫБОПРОВОДАХ

Кандидат технических наук И. И. Теслин

### Введение

Быстрое развитие и широкое внедрение гидромеханизации во многие отрасли промышленности СССР невозможно без знания закономерностей, лежащих в основе процесса движения различных неоднородных сред.

О сопротивлении при движении в трубах двухфазных газожидкостных смесей, например, воды и пара, воды и воздуха, накопился уже значительный экспериментальный и теоретический материал. Однако этого нельзя сказать о движении таких неоднородных сред, как канализационные отходы, смесь воды и торфа, воды и песка и особенно воды и рыбы. О специфических законах сопротивления смеси воды и рыбы при движении ее в трубах, насколько нам известно, отсутствуют литературные данные, кроме статьи Н. Ф. Чернигина [3]. В своей работе Н. Ф. Чернин без достаточных оснований пришел к следующим выводам:

1. «Транспортировка смеси рыбы с водой без повреждения крупной рыбы возможна на расстоянии до 700 и, по видимому, до нескольких тысяч метров».

2. «Транспортировка рыбы с водой по трубопроводу полностью сохраняет первоначальное качество рыбы-сырца».

3. «Трубопроводы для перекачки надо укладывать с постоянным уклоном в одну сторону. Если это требование невозможно, то на высоких частях трубопровода должны быть сделаны отверстия для постоянного выпуска воздуха».

4. «Расчет стальных трубопроводов для перекачки смеси рыбы с водой можно производить по тем же формулам гидравлики, что и для простого водопровода, если концентрация смеси не превышает 30% содержания рыбы».

Первые три вывода по меньшей мере являются общими и возможны, как это будет показано ниже, в некоторых частных случаях и при определенных условиях, а последний вывод совершенно необоснован.

Рассмотрим каждый из этих выводов более подробно. Действительно, «транспортировка смеси рыбы и воды без повреждений крупной рыбы возможна» на далекие расстояния. Однако, как показали наши исследования сопротивления смеси воды и различных промысловых видов рыб Азово-Черноморского бассейна при движении их в прямых напорных трубах, это утверждение Н. Ф. Чернигина возможно лишь при соответствующей скорости движения водо-рыбного потока и далеко не для всяких рыб и не во всякой стальной трубе. Например, при перекачке смеси воды и леща в технически гладкой трубе диаметром ( $d$ ) 10" в производственных условиях работы 10" рыбонасоса, установленного на Азовском

рыбокомбинате, при скорости смеси 1,0—1,2 м/сек. было получено 0,12% брака, а при скорости 2,5—3,4 м/сек. повреждение леща и судака достигало 5—8%. Еще больше брака было во время опытов по перекачке хамсы примерно при этих же скоростях и тоже в технически гладкой (внутри шлифованной) трубе  $d = 103$  мм, установленной на опытном стенде Керченского рыбокомбината. Поэтому и второй вывод Н. Ф. Чернигина является также общим, не конкретным.

Качество перекачиваемой по трубам рыбы зависит не только от скорости смеси, но и от времени и температуры ее хранения. Во время перекачивания в Порткатоне по 4" трубопроводу только что уснувшей тюльки лопанца было не более 0,1%, а во время перекачивания при той же скорости и по тому же трубопроводу тюльки, которая находилась после улова в байде в течение 4—8 часов, лопанца было до 10%.

Третий вывод Н. Ф. Чернигина также недостаточно конкретен. Чернигин говорит, что надо укладывать трубопровод «с постоянным уклоном в одну сторону». Однако если укладывать трубопровод с уклоном по направлению движения потока жидкости, то он работает хуже, чем тогда, когда его укладывают с уклоном, обратным движущемуся потоку; так как в первом случае находящийся в трубопроводе и выделяющийся из жидкости воздух движется навстречу перекачиваемому потоку и создает тем самым добавочное сопротивление и пульсации. Н. Ф. Чернигин почему-то ничего не говорит об этом и даже ставит знак равенства между уклонами трубопроводов, направленными по течению потока и против него.

Четвертый вывод является совершенно неверным, так как не вытекает из содержания работы. Автор не сообщает ни методики исследования, ни самих опытов и их результатов, ни литературных источников. Повидимому, Н. Ф. Чернигин делает этот вывод на базе умозрительного рассуждения или же на основании постулированного предложения О'Бриена, не упоминая о нем. По утверждению О'Бриена, сопротивления, вызываемые движением любой смеси, можно определять по обычным формулам гидравлики, если умножить полученный результат на величину, равную удельному весу смеси, протекающей в трубе. Это утверждение, как будет показано ниже, не имеет никакого основания. Однако многие работники, в том числе и Н. Ф. Чернигин, связанные с расчетом устройств по транспортировке неоднородных дисперсных сред, исходя, повидимому, из постулата О'Бриена, считают, что можно рассчитывать потери напора при движении смеси воды и рыбы в трубопроводах по формулам, применимым для воды, имея в виду, что удельный вес свежей рыбы мало отличается от удельного веса воды.

Влияние концентрации рыбы, находящейся в составе перекачиваемой смеси, до настоящего времени никем не изучалось. Поэтому также необоснованным является утверждение Чернигина, что «по объективным наблюдениям» 30% концентрации рыбы не влияет на величину сопротивления, вызываемого смесью воды и этой рыбы при ее движении в трубах.

Лаборатория механизации ВНИРО в 1950 г. впервые приступила к исследованию сопротивления смеси воды и рыбы при движении ее в различных напорных трубопроводах рыбонасосных установок с центробежными рыбонасосами диаметром 100 и 250 мм.

На основании экспериментальных исследований, проведенных в 1950 г. на Азовском и Керченском рыбокомбинатах, нам удалось выявить некоторые характерные закономерности, знание которых позволяет уже сейчас сделать необходимые выводы о величине потери давления при движении смесей: а) воды и леща, воды и судака в трубах  $d = 10''$ ; б) воды и тюльки и воды и хамсы в трубах  $d = 4''$ ; в) воды и хамсы в трубах  $d = 5$  и  $6''$ .

## Методика исследования

Сопrotивление движению смеси воды и рыбы в напорных горизонтальных трубах исследовали на базе двух хотя и сходных, но принципиально различных методик. На основании первоначальной методики была смонтирована опытная установка, служившая для определения смеси воды и леща, воды и судака при движении в трубе диаметром 255 мм (рис. 1). По этой же методике определяли и сопротивление смеси воды и тюльки, транспортировавшейся по трубе рыбонасосной линии Порткатоновского рыбного цеха диаметром 105 мм (рис. 2).

На этих установках опыты ставили при обычном режиме производственной работы рыбонасосной линии, когда неизбежно происходят колебания в расходах рыбы. В результате этих колебаний концентрации рыбы в составе транспортируемой смеси изменялось сопротивление в рыбонасосной линии; поэтому трудно было определить точную производительность рыбонасоса, в частности, приведенную скорость движения воды, т. е. скорость, которая была бы, если по трубе двигалась только вода.

Таким образом, на указанных выше установках нельзя получить постоянных величин, характеризующих водорыбную смесь. Кроме того, нельзя регулировать в производственных условиях температуру водорыбной смеси. Эти два обстоятельства не дают возможности построить кривую зависимости потери напора от факторов, обуславливающих эту потерю, т. е. от концентрации рыбы, вязкости воды и др.

Чтобы устранить эти и некоторые другие методические недостатки, присущие первой и второй опытным установкам (рис. 1, 2), впоследствии мы провели исследование на основании другой, более совершенной методики.

На разработанной по этой методике установке, смонтированной на территории холодильника Керченского рыбокомбината (рис. 3), были поставлены опыты с различной концентрацией рыбы при постоянном расходе воды, находящейся в составе исследуемой смеси. При эксплуатации этой установки невозможно изменение шероховатости в опытных трубах, происходящее особенно заметно под действием морской воды; кроме того, она имеет участки труб с прозрачными стенками для визуального наблюдения, устройство для промывки трубок забора давления, а также предусмотрены и другие приспособления.

Кроме того, на установке возможны опыты путем циркуляции исследуемого потока по замкнутому контуру, сделано устройство для измерения расхода воды, необходимой для того, чтобы приведенная скорость воды была постоянной, и др. Более полное представление о сущности принятых нами методик исследования можно легко получить на основании описания устройств опытных установок и опытов, приведенных ниже.

### 1 опытная установка

Установка, на которой велись опыты по определению сопротивления трению смеси воды с живым и только что уснувшим лещом или судаком, показана на рис. 4. Эта установка была смонтирована и установлена на плоту Азовского рыбного цеха в апреле 1950 г.

#### Опытный участок

Как видно из рис. 1, опытный участок изготовлен из стальной трубы длиной 6000 мм, внутренний диаметр его 255 мм; он имел подъем по направлению движения потока, равный 1 : 100, и расстояние между сверлениями для трубок отбора давления по 2500 мм. В эти сверления, сделанные по прямой линии образующей трубы, ввинчивали штуцеры внутренним диаметром 2 мм, на которые надевали резиновые трубки, идущие от дифференциального манометра.

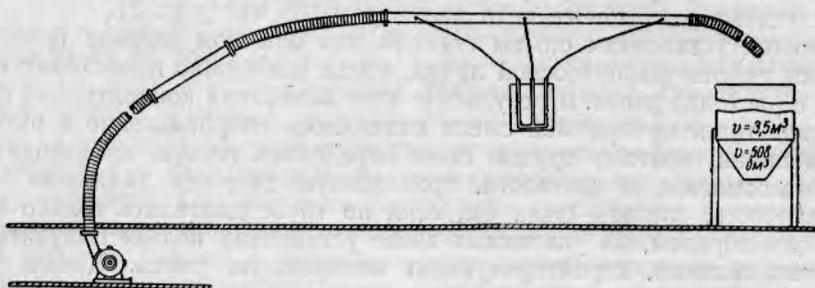


Рис. 1. Схема первой опытной установки.

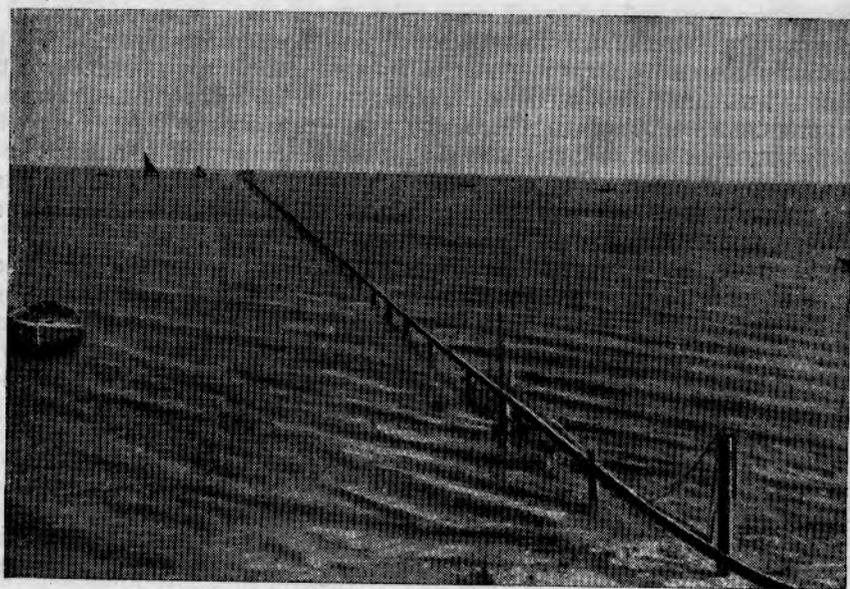


Рис. 2. Напорный рыбопровод в Порткатоне.

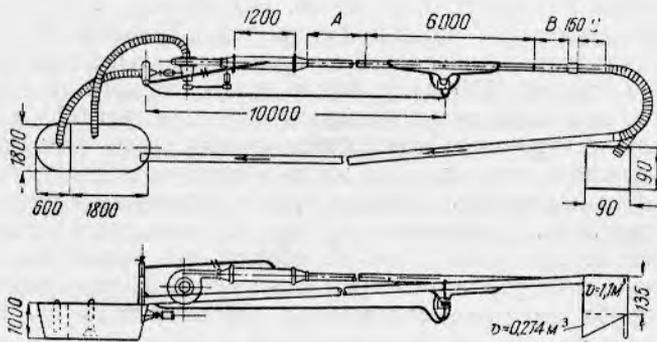


Рис. 3. Схема опытной установки на Керченском холодильнике.

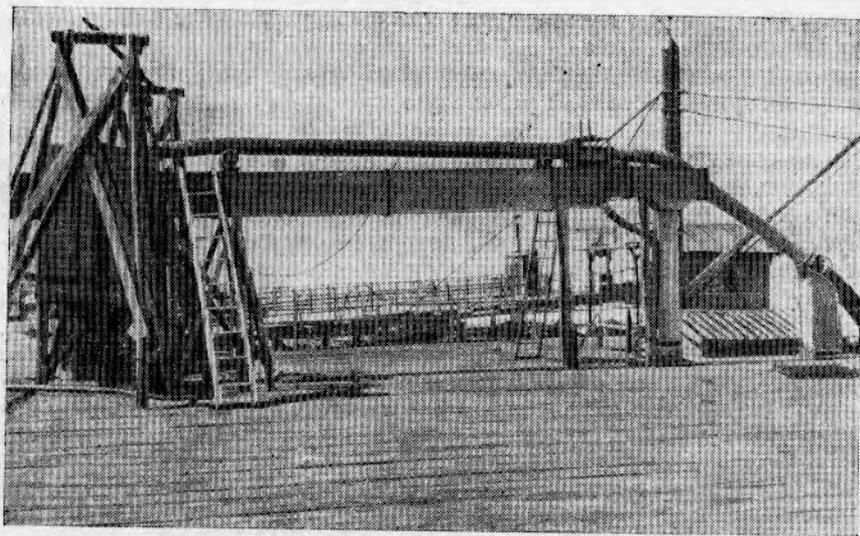


Рис. 4. Общий вид опытной установки на Азовском комбинате.

Чтобы определить зависимость сопротивления при движении водорыбной смеси в трубах от их диаметров, производили шлифовку внутренних стенок трубы опытного участка. В трубу насыпали шлифующий материал ( $110 \text{ дм}^3$ ), состоящий из  $62 \text{ дм}^3$  песка и  $48 \text{ дм}^3$  гравия, что составляет  $23 \text{ дм}^3$  на  $1 \text{ м}^2$  поверхности трубы. После наполнения трубы шлифующим материалом концы ее глушились. Затем трубу крепили на токарном станке, при этом патрон токарного станка один конец ее зажимал, а другой — закрепляли на деревянном люнете (стойке).

Установленная таким образом труба вращалась на токарном станке сначала при линейной скорости  $0,934 \text{ м/сек.}$  ( $70 \text{ об/мин.}$ ) в течение 13 часов, а затем в продолжение 2 часов при скорости  $0,56 \text{ м/сек.}$  ( $42 \text{ об/мин.}$ ). Затем из трубы удалили шлифующий материал и насыпали в нее сухой речной песок без гравия ( $110 \text{ дм}^3$ ); после этого ее снова шлифовали в течение 14 часов, при этом она вращалась со скоростью  $0,56 \text{ м/сек.}$

В дальнейшем внутреннюю поверхность трубы подвергли полировке при помощи древесных опилок. Для этого в трубу насыпали древесные опилки, которые прижимались к стенке трубы деревянным брусом соответствующего размера. Вращение трубы на токарном станке при  $70 \text{ об/мин.}$  в течение 10,5 часа и при  $42 \text{ об/мин.}$  в течение 14,5 часа достаточно хорошо отполировало поверхность трубы. В результате такой обработки эта труба имела относительную шероховатость  $\epsilon = 0,000458$ .

### Начальный участок и отводящая труба

Начальный участок представлял собой гладкую резиновую трубу  $d = 10''$ , длиной 2,5 м. Эта труба имеет небольшую кривизну. Кроме того, длина начального участка меньше той длины, которая необходима для установившегося профиля скоростей для движения воды.

Учитывая эти обстоятельства, мы обработали опытный материал соответствующим образом, о чем будет сказано в разделе «Обработка опытного материала».

Начальный участок соединили с опытной трубой при помощи фланцев, между которыми вставили резиновую прокладку с хорошо зачищенными краями.

Чтобы не возникала добавочная турбулизация потока в месте соединения фланцев, внутренний диаметр прокладки был на 1,5 мм больше внутреннего диаметра опытной трубы. С этой же целью тщательно зачищали заусеницы, выступы и кромки, которые образовывались при сверлении отверстий под штуцеры для трубок забора давлений, соединявших опытную трубу с дифференциальным манометром. Конец опытной трубы весьма тщательно соединяли с резиновым шлангом диаметром 255 мм, длиной 1,5 м, чтобы не возникало добавочное так называемое «местное сопротивление». Во время опытов шланг находился по вертикали в соосном с опытной трубой направлении, а по горизонтали отклонялся не более  $12^\circ$ . Для этого подвешивали над трубой таль, а измерительный бункер устанавливали вплотную к концевому резиновому шлангу.

## Измерение параметров водорыбной смеси

### Измерение расходов воды и смеси воды и рыбы

Расход воды и смесь воды и рыбы измеряли объемным способом в специально изготовленном деревянном бункере емкостью  $3,5 \text{ м}^3$ . Для герметичности в бункер вставляли изготовленный из оцинкованной жести кожух. Этот квадратного сечения бункер в нижней части заканчивался четырехугольной усеченной пирамидой емкостью  $508 \text{ дм}^3$ . В нижнюю часть этой пирамиды сделан металлический люк, через который выпускали исследуемую смесь.

Сечение параллелепипедной части бункера равно  $1,977 \text{ дм}^2$ . Таким образом, одному сантиметру высоты параллелепипедной части бункера соответствует объем, равный  $19,77 \text{ дм}^3$ . Во всех расчетах общая емкость пирамидальной части бункера принята в  $508 \text{ дм}^3$ , а емкость 1 см высоты параллелепипедной части —  $20 \text{ дм}^3$ .

Для отсчета уровня наполнения бункера в нем была жестко закреплена рейка с делениями по 0,5 см.

### Измерение перепада давления

Во всех случаях перепады давления измеряли при помощи дифференциальных манометров, стеклянные трубки которых укрепляли на деревянных дощечках с миллиметровой шкалой отсчета.

Как правило, во время опытов измеряли высоту перепада давления трехтрубным дифференциальным манометром. Поэтому можно было контролировать правильность перепадов давления, возникавших в опытной трубе во время движения в ней смеси воды и рыбы. При движении смеси воды и рыбы, особенно смеси воды и хамсы, довольно часто происходит полное или частичное закупоривание трубок отбора давления. В результате такого закупоривания в трубках дифференциального манометра устанавливается такая высота давления, которую легко определить трехтрубным дифференциальным манометром и трудно обнаружить двухтрубным.

Чтобы трубки отбора давления не закупоривались в результате того, что в них попадает чешуя рыбы, впоследствии начали промывать их водой, которую подвели к дифференциальному манометру по трубе (рис. 3). Необходимость такого промывного устройства выявилась в течение опытов с тьюлкой, а поэтому мы сумели создать его только лишь во время опытов с хамсой.

При режимах с большими перепадами давления трубки дифференциального манометра заполняли бромформом, (удельный) вес его 2,885, а с малыми перепадами — дихлорэтаном (удельный вес 1,25) или хлороформом (удельный вес 1,49).

Применение бункера большой емкости и дихлорэтана, хлороформа и бромформа в качестве рабочих жидкостей в дифференциальном манометре, имеющих по сравнению со ртутью малый удельный вес, обеспечило относительно высокую точность при измерении расходов водорыбной смеси и перепадов давления.

### Измерение температуры

Температуру измеряли обыкновенным ртутным термометром с точностью до  $0,5^\circ \text{C}$ . Температуру смеси воды и рыбы измеряли в бункере не менее двух раз во время каждого опыта.

Так как вязкость воды изменяется в зависимости от температуры на небольшую величину, то для наших целей точность измерения температуры до  $0,5^\circ \text{C}$  была вполне достаточной.

### Рыбонасос и прочее оборудование

В течение опытов исследуемая смесь перекачивалась 10-дюймовым рыбонасосом, приводом которого был электромотор переменного тока.

Число оборотов изменяли при помощи водяного реостата в пределах от 272 до 371 в минуту, что соответствовало скорости движения смеси от 1,14 до 3,38 м/сек.

Взвешивали рыбу обычными десятичными весами с точностью до 50 г. Выпускаемую из мерного бункера рыбу полностью задерживала сетка, подвешенная внизу его.

## 2 опытная установка

На действующей рыбонасосной линии  $d = 4''$  (рис. 5, см. рис. 2) 2-й опытной установки, смонтированной Азовским рыбокомбинатом в Порткатоне, определяли потери напора при движении смеси воды и свежей тюльки в трубе  $d = 105$  мм. Уклон этой трубы равен 0. Устройство этой опытной установки принципиально ничем не отличается от вышеописанной опытной установки. Для измерения перепада давления и расхода смеси воды и рыбы использовали тот же мерный бункер и дифференциальный манометр, что и во время опытов на 1-й установке.

Разница была лишь в том, что в этой установке  $d$  опытного участка трубы равен 105 мм; после шлифовки, аналогичной описанной выше для трубы диаметром 255 мм, эта труба имела относительную шероховатость  $\varepsilon = 0,000394$ .

## 3 опытная установка

На 3-й опытной установке, смонтированной на Керченском рыбокомбинате (рис. 6, см. рис. 3), определяли сопротивление во время движения смеси воды и хамсы в трубах  $d = 103, 125$  и  $153$  мм.

Эта установка принципиально отличается от двух первых. Работая на 3-й установке, мы имеем возможность, во-первых, осуществлять циркуляцию смеси воды и рыбы по замкнутому контуру; во-вторых, готовить по своему усмотрению водорыбную смесь определенной концентрации; в-третьих, поддерживать во время опытов постоянное количество воды и одновременно изменять расход рыбы; в-четвертых, промывать трубки отбора давления перед началом замера перепада давления, вызываемого движением воды и рыбы в опытной трубе.

Экспериментальный участок

### Экспериментальный участок

Все опыты со смесью воды и хамсы производились на участке (рис. 3) длиной 6 м, на котором устанавливали поочередно три опытные трубы внутренним  $d = 103, 125$  и  $153$  мм. Эти трубы устанавливали на опытном участке с уклоном, равным для труб  $d = 103$  и  $153$  мм  $1:100$ , и для трубы  $d = 125$  мм  $1:150$ .

Расстояния между сверлениями трубок отбора давления равны 2,3 м для труб 103 и 153 мм и 2,0 м для трубы диаметром 125 мм. Последняя имела всего два сверления, в которые, как и в трубы  $d = 103$  и  $153$  мм, ввинчивались штуцеры  $d = 2$  мм. Эти штуцеры соединялись при помощи резиновых и стеклянных трубок с дифференциальным манометром; этот манометр можно быстро включать и выключать, так как на его дощечке сделан групповой зажим.

Чтобы можно было сравнить результаты опытов при исследовании движения смеси воды с судаком и лещом в трубе  $d = 255$  мм и воды и тюльки в трубе  $d = 105$  мм с результатами аналогичных опытов со смесью воды и хамсы в трубах  $d = 103, 125$  и  $153$  мм, мы отшлифовали последние.

Шлифовку этих труб производили при помощи пескоструйного аппарата. Кроме того, трубы  $d = 125$  и  $153$  мм после шлифовки оцинковались электролитическим способом.

В результате такой обработки внутренних стенок труб и последующих гидравлических определений их шероховатости по формуле Никурадзе — Прандтля  $\left(\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2,0 \lg \frac{r}{k}\right)$  были получены шероховатости, которые показаны в табл. 1.

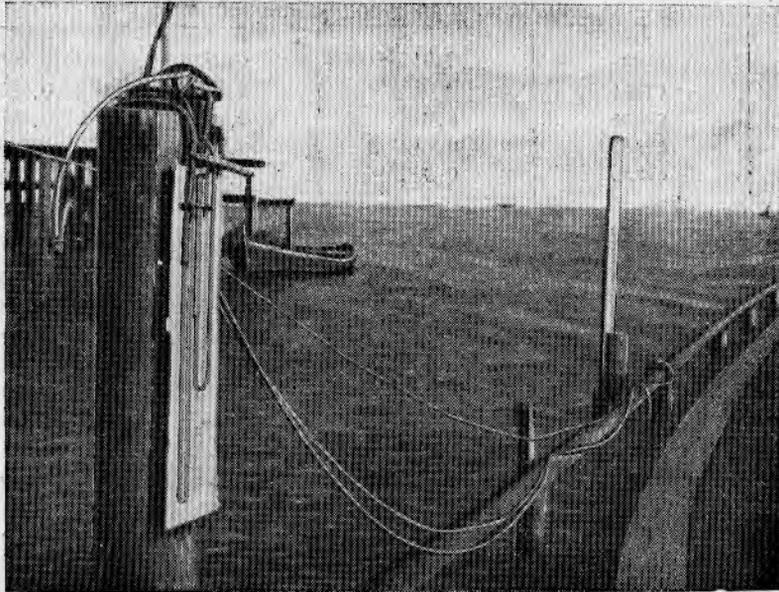


Рис. 5. Установка дифференциальных манометров на опытном участке напорного рыбопровода в Порткатоне.

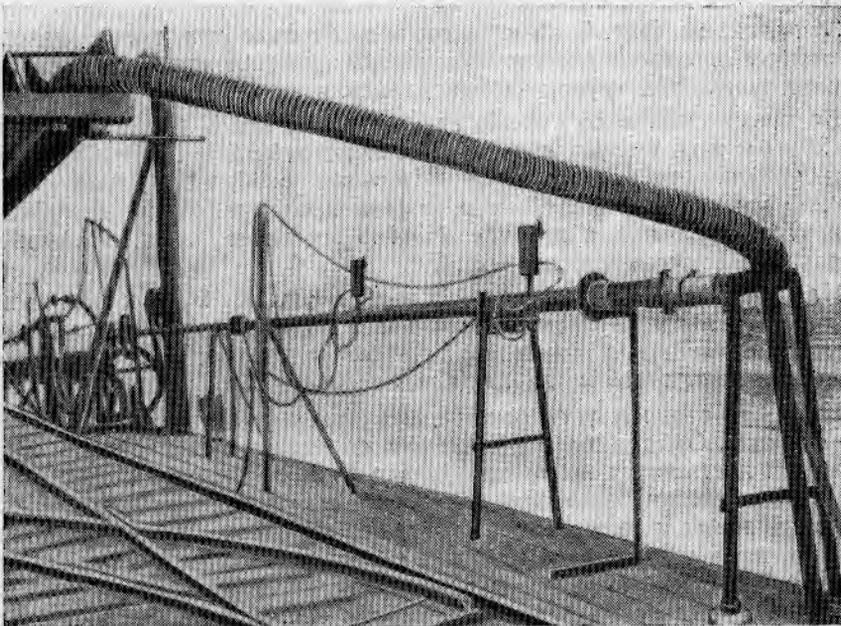


Рис. 6. Напорный рыбопровод опытной установки на Керченском холодильнике.

Таблица 1

Диаметр трубы (в мм)	Материал трубы	Значения $\lambda$ для автомодельной области	Шероховатость	
			абсолютная $k$ (в мм)	относительная
103	сталь	0,0178	0,0215	0,000418
105	сталь	0,0151	0,0207	0,000394
125	сталь	0,0195	0,0268	0,000478
153	сталь	0,0121	0,0282	0,000370
255	сталь	0,0237	0,0584	0,000458

Как видно из табл. 1, относительная шероховатость трубы  $d = 153$  мм наименьшая, несмотря на то, что стенки ее обрабатывались так же, как и стенки труб  $d = 103$  и  $125$  мм. Такое различие в величинах шероховатостей, повидимому, можно отнести за счет неодинаковой твердости металла труб. Действительно, по внешнему виду и сертификату трубы  $d = 103$  и  $d = 125$  мм имели одинаковую техническую характеристику, а труба  $d = 153$  мм отличалась от них и принадлежала к типу обсадных нефтепроводных труб.

Отсюда следует, что утверждение проф. А. П. Юфина [4] о том, что после пропуска через трубы различных диаметров песчаного грунта (в количестве 60 000 кг) и воды достигается в них одинаковая относительная шероховатость, не совсем точно.

Это явление можно наблюдать лишь тогда, когда разница в твердости металла шлифуемых труб небольшая. При большой же разнице в твердости стенок труб различную первоначальную шероховатость сделать одинаковой нам не удалось.

На всех опытных трубах, применявшихся для исследования сопротивления при движении смеси воды и хамсы, были установлены по три демпферных стакана емкостью около 0,6 дм<sup>3</sup>.

Эти стаканы (рис. 6, на котором видно только два, третий находится за столбом электролинии) предназначены для гашения пульсации и устранения закупорки трубок забора давления.

Во время опытов со смесью воды и леща, воды и судака в трубе  $d = 255$  мм и со смесью воды и тюльки в трубе  $d = 105$  мм мы наблюдали явления пульсации. Эта пульсация особенно сильна в трубе  $d = 255$  мм в тот момент, когда по ней проходит смесь с небольшой концентрацией рыбы, а в трубе  $d = 105$  мм тогда, когда в смеси воды и тюльки находится морской ерш<sup>1</sup>.

Например, присутствие в смеси воды и тюльки 20% ерша вызывало настолько сильные пульсации, что мы с большим трудом отсчитывали перепады давлений на дифференциальном манометре; во время движения же чистой воды этого не наблюдали.

Учитывая это, мы установили на трубах упомянутые выше демпферные стаканы. Однако в течение опытов со смесью воды и хамсы пульсации были настолько незначительны, что точность отсчета перепадов давления практически была одинаковой как при присоединении трубок отборов давления к этим стаканам, так и при отборе давления непосредственно через штуцеры, ввинченные в сверления опытной трубы. Таким образом, демпферные стаканы в основном улавливали чешую и другие отходы. Однако это до некоторой степени снижало возможность засорения трубок отбора давления.

<sup>1</sup> Явление пульсации возможно обусловлено не самой природой водорыбной смеси, а плохим состоянием внутренней поверхности рыбопровода.

## Начальный участок и отводящие трубы

Начальный участок (рис. 3) во всех случаях имел длину, вполне достаточную для того, чтобы профиль скорости исследуемой смеси при входе ее в опытную трубу был постоянен. Для трубы  $d = 103$  мм он равнялся  $45d$ , а для труб  $d = 125$  и  $153$  мм соответственно —  $37$  и  $28d$ .

Впереди начального участка находилась труба  $6''$ , длиной  $1,2$  м, к которой примыкал переход. Разумеется, переход соответствующего диаметра ставили только для опытов с трубами  $d = 103$  и  $125$  мм. Во время опытов с трубой  $d = 153$  мм этот переход устанавливали за визуальным участком (рис. 7) для соединения с гибким шлангом  $d = 4''$ , по которому поток жидкости направляется в мерный бункер или гидрожелоб.

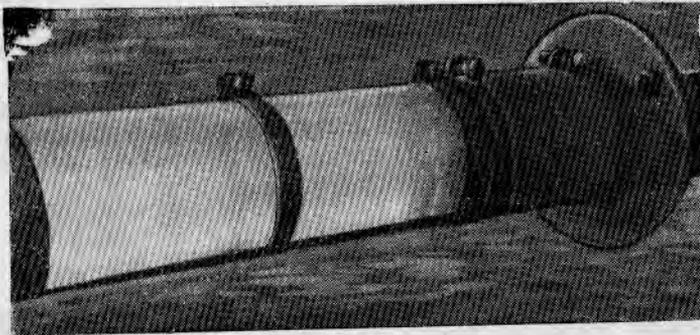


Рис. 7. Визуальный участок.

Непосредственно за опытным участком трубы присоединяли на фланцах так же тщательно, как и фланец опытной трубы с начальным участком, достаточно гладкий участок трубы длиной  $0,87$  м для трубы  $d = 103$  мм,  $1,47$  м для трубы  $d = 125$  мм и  $1$  м для трубы  $d = 153$  мм.

К концам труб  $d = 103$  и  $153$  мм присоединяли визуальные участки таких же диаметров длиной  $0,60$  и  $0,76$  м, изготовленные из плексигласа. Таким образом, во всех опытах с трубами диаметром  $103$ ,  $125$  и  $153$  мм концевые участки, которые укладывали непосредственно за опытными трубами, имели длину более  $11$ .

Передний конец визуального участка соединяли с концевым участком при помощи резиновой муфты, а на задний его конец надевали гибкий шланг.

Чтобы концевые визуальные участки трубы всегда находились в соосном положении с опытной трубой, их жестко закрепляли на неподвижной опоре (рис. 7).

### Измерение расходов исследуемой смеси воды и хамсы и других величин

Расходы смеси воды и хамсы измеряли объемным способом, который описан в разделе «1 опытная установка».

Правда, при измерении расхода смеси воды и хамсы мерный бункер несколько отличался по конструкции; и по размеру он меньше бункера, применявшегося в 1-й опытной установке. Поэтому объем пирамидальной части мерного бункера равен  $274$  дм<sup>3</sup>, общая его емкость —  $1,1$  м<sup>3</sup>;  $1$  см высоты этого бункера соответствовал  $8$  дм<sup>3</sup>.

Для измерения расхода воды во время опытов была установлена диафрагма на трубе  $d = 2''$ , по которой подавали воду при помощи водяного насоса в напорную трубу. Расход воды через диафрагму измеряли дифференциальным манометром, который заливали обычно ртутью. Чтобы

вода не поступала из моря в циркуляционный контур рыбонасосной установки и этим самым не изменяла концентрацию рыбы в замкнутой системе опытной установки, ее всасывание рыбонасосом производилось из того же чана, где готовилась водорыбная смесь.

С этой целью была устроена сетчатая перегородка в чане, которая задерживала хамсу, но пропускала воду. Таким образом, погружая шланг водяного насоса в ту часть чана, где находилась вода, а шланг рыбонасоса в отделение, где была смесь воды и хамсы, можно поддерживать постоянными концентрацию рыбы и скорость воды.

Перепад давления, в результате движения смеси воды и хамсы в трубах  $d = 103$  и  $153$  мм, измеряли во время опытов трехтрубным дифференциальным манометром, а в трубе  $d = 125$  мм — двухтрубным.

В зависимости от величины перепада эти дифференциальные манометры заливали бромформом, хлороформом или дихлорэтаном.

Перед началом измерения перепада давления дифференциальный манометр промывали водой из специально для этого подведенной трубы.

На трубе открывали водяной вентиль и выключали дифференциальный манометр; после этого вода поступала по трубкам отбора давления снаружи внутрь опытной трубы, не вытесняя рабочей жидкости, находящейся в дифференциальном манометре.

### Проведение опытов

На трех опытных установках (стендах) было проведено на Азовском и Керченском рыбокомбинатах 169 опытов, из которых 107 опытов по определению сопротивления движению смеси воды с рыбой и 62 опыта только с водой (табл. 2).

Таблица 2

Диаметр опытной трубы (в мм)	Количество опытов		Опытная рыба
	со смесью воды и рыбы	с чистой водой	
103	39	18	хамса тюлька
105	16	8	
125	10	12	хамса
153	15	10	хамса
255	27	14	лещ и судак
	107	62	

Концентрация и длина рыбы во время опытов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Диаметр опытной трубы (в мм)	Название опытной рыбы	Концентрация рыбы				Промысловая длина рыбы (в см)
		в частях рыбы к воде		$c = \frac{Q_{см}}{Q_{в}}$		
		минимальная	максимальная	минимальная	максимальная	
103	Хамса	0,04 : 1	1,02 : 1	1,04	2,022	От 5 до 8
105	Тюлька	0,04 : 1	0,31 : 1	1,04	1,310	" 4 до 6
125	Хамса	0,04 : 1	0,33 : 1	1,04	1,33	" 5 до 8
153	Хамса	0,08 : 1	0,59 : 1	1,078	1,587	" 5 до 8
255	Лещ, судак	0,003 : 1	0,122 : 1	1,003	1,122	" 19 до 29 (лещ) " 24 до 45 (судак)

В течение опытов в трубе  $d = 255$  мм судак и лещ были живые (до 90%), а остальные уснувшие. Тюлька же и хамса во всех случаях были уснувшие, но вполне свежие, иногда даже находились в состоянии трупного окоченения.

До начала опытов по определению потерь давления движущейся в трубе смеси воды и рыбы определяли потерю напора в этой трубе при движении в ней чистой воды. Полученные результаты показаны на рис. 8—12 в логарифмических координатах [ $\lg Re$ ,  $\lg(100\lambda)$ ].

Как видно из этих рисунков, на ординатах нанесены коэффициенты сопротивления трению, вычисляемые по формуле Дарси — Вейсбаха, а по осям абсцисс отложены логарифмы чисел Рейнольдса.

В соответствии с законом Блазиуса расположение этих точек на прямой подтверждает правильность проводимых нами опытов с водой и, следовательно, правильность методики, предназначенной для исследования сопротивления при движении в этих трубах смеси воды и рыбы. Кроме того, во время опытов

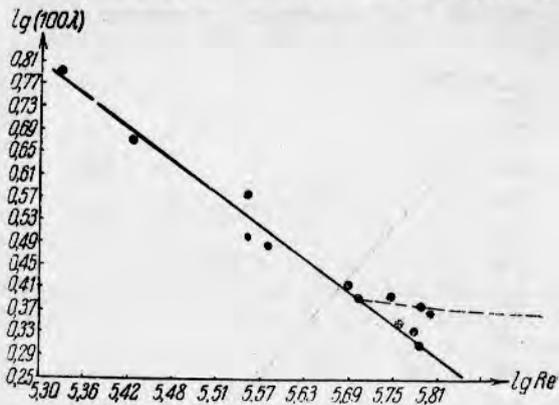


Рис. 8. Зависимость коэффициента трения воды о стенки трубы  $d=255$  мм от критерия Рейнольдса (в логарифмических координатах).

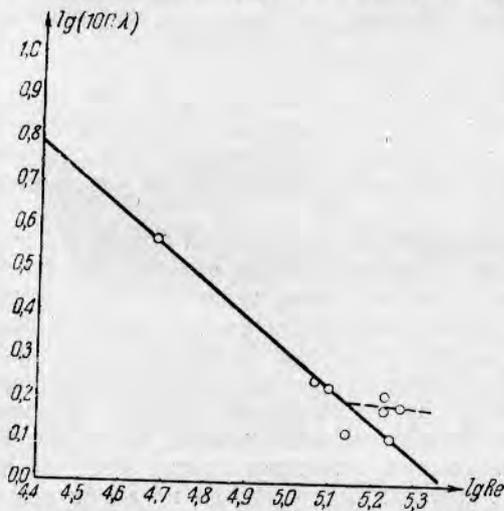


Рис. 9. Зависимость коэффициента трения воды о стенки трубы  $d=105$  мм от критерия Рейнольдса (в логарифмических координатах).

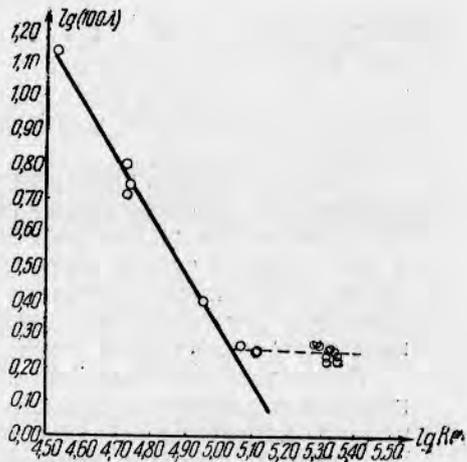


Рис. 10. Зависимость коэффициента трения воды о стенки трубы  $d=103$  мм от критерия Рейнольдса (в логарифмических координатах).

с водой мы стремились в отдельных случаях достигнуть таких скоростей, при которых коэффициент трения выходит за пределы действия закона Блазиуса ( $\lambda = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$ ), когда  $\lambda$  находится в автомодельной области, т. е. зависит только от шероховатости трубы.

Опытные точки на графиках (рис. 8—12), соответствующие большим числам Рейнольдса, расположены приблизительно параллельно оси абс-

цисс. Мы воспользовались коэффициентами ( $\lambda$ ) из автотомельной области для определения шероховатостей исследуемых нами труб и коэффициентами трения ( $\lambda$ ), которые лежат на прямой, соответствующей закону Блазиуса, — для обработки результатов опытов по сопротивлению смеси воды и рыбы. Благодаря коэффициентам трения ( $\lambda$ ), полученным при опытах с водой, представилась возможность произвести обработку опытов 1 и 2 опытных установок.

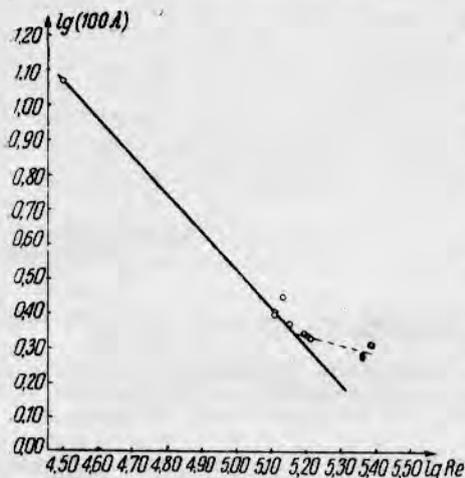


Рис. 11. Зависимость коэффициента трения воды о стенки трубы  $d=125$  мм от критерия Рейнольдса (в логарифмических координатах).

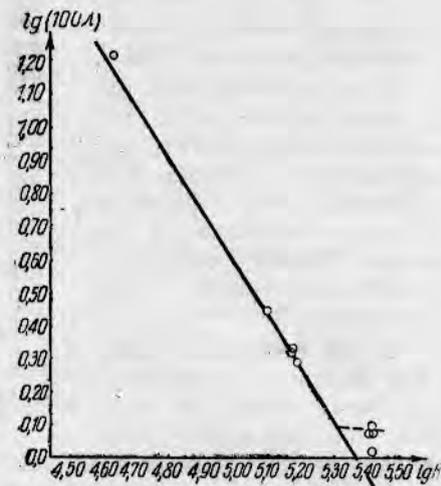


Рис. 12. Зависимость коэффициента трения воды о стенки трубы  $d=153$  мм от критерия Рейнольдса (в логарифмических координатах).

Порядок опытов на всех трех опытных установках в основном одинаков. Перед началом опыта трубки отбора давления, соединявшиеся с трехтрубным дифференциальным манометром, при работе насоса на чистой воде, промывали водой до тех пор, пока полностью не удалили из них воздух.

После окончания промывки устанавливали постоянный режим работы рыбонасоса, при котором достигали установившегося режима движения исследуемой смеси. Как уже было отмечено выше, движение смеси воды и леща, воды и судака сопровождалось значительными колебаниями скорости, изменениями плотности и давления потока. Поэтому под установившимся движением мы понимаем такое движение, в течение которого параметры исследуемой среды остаются постоянными лишь в среднем.

После того как был достигнут установившийся режим, что видно по показанию дифференциального манометра, начинали опыты. Рабочий по команде направлял гибкий шланг, который был насажен на конец опытного участка трубы, в приемно-измерительный бункер. Во время наполнения этого бункера водой или смесью воды и рыбы при помощи секундомера измеряли время наполнения и отсчитывали не менее трех раз показания перепада давлений на трехтрубном дифференциальном манометре. Как только бункер наполнялся приблизительно до 0,8 емкости, шланг из него убирали и одновременно прекращали отсчет перепадов давления на дифференциальном манометре.

Затем отсчитывали уровень наполнения бункера по специально вделанной в него рейке с точностью 0,5 см, что соответствовало 10 л, или около 0,3% при работе на 1-й и 2-й установках, и 4 л при работе на 3-й установке.

Воду или смесь из бункера выпускали через специальный люк, вмонтированный в нижнюю часть бункера, и одновременно замеряли темпе-

ратуру воды, которая была всегда постоянной в течение одного опыта; для всех опытов она находилась в пределах, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Диаметр опытной трубы (в мм)	Название опытной рыбы	Температура (в °С)			
		смеси воды и рыбы		воды	
		минималь- ная	максималь- ная	минималь- ная	максималь- ная
103	Хамса	8	12	11	12
105	Тюлька	11	4	12	16,5
125	Хамса	4	4	4	4,5
153	Хамса	9	9	9	12
255	Лещ, судак	11	16	11	12

Если в бункере находилась смесь, то рыбу, которая входила в состав этой смеси, взвешивали на весах с точностью до 50 г. Аналогично проводили и последующие опыты на всех трех стендах с той разницей, что при опытах с хамсой на трубе  $d = 103$  мм (3 стенд) расход воды, находящейся в составе экспериментируемой смеси, поддерживали постоянным. Это делали следующим образом.

Диафрагму (рис. 3) до начала опытов тарировали, пропуская через нее воду. На основании результатов этой тарировки вычерчивали кривую зависимости расхода от высоты перепада давления. Этот график давал возможность добавлять необходимое количество воды в водорыбную смесь, которая перемещалась по опытной трубе. В этом случае порядок опытов следующий: приготавливали определенной концентрации смесь рыбы и воды в чане, включали в работу рыбонасос, достигали установившегося режима движения в трубе водорыбной смеси и, наконец, измеряли в бункере расход рыбы и воды.

Затем увеличивали концентрацию рыбы в чане и опыт повторяли снова. В результате оказалось, что с увеличением концентрации рыбы расход воды в составе исследуемой смеси уменьшался. Чтобы поддержать первоначальный расход воды, включали в работу водяной насос. Воду, подаваемую этим насосом, регулировали задвижкой, установленной на трубе  $d = 2''$ , до тех пор, пока дифференциальный манометр, подключенный к диафрагме, не показывал перепад давления, соответствующий расходу воды в предыдущем опыте с пониженной концентрацией рыбы.

Таким образом, опыты, для которых использовали трубу  $d = 103$  мм, были разбиты на серии; в каждой серии поддерживали постоянный или почти постоянный расход воды и изменяли расход или, что одно и то же, концентрацию рыбы от 0,04 до 1,02 части ее на одну часть воды (табл. 3).

В результате опытов на 1-й установке со смесью воды и леща, воды и судака, на 2-й установке со смесью воды и тюльки и на 3-й установке со смесью воды и хамсы (трубы  $d = 125$  и  $153$  мм) были получены локальные опыты. Эти опыты характерны тем, что в каждом из них была определенная, присущая только данному опыту скорость или расход рыбы и воды, а также температура.

## Обработка опытного материала

Физические явления, происходящие в то время, когда по трубам протекают неоднородные среды, сложны, поэтому трудно получить точное математическое выражение закономерностей этого процесса. Эти трудности усугубляются еще тем, что кроме опытов, во время которых была использована труба  $d = 103$  мм, нам не удалось достигнуть ни одного

режима движения смеси в экспериментальной трубе, при котором был бы постоянным расход хотя бы одного компонента, например, воды для ряда последовательных опытов, а количество другого компонента смеси, например, рыбы, могло бы изменяться в каких-либо пределах. Поэтому результаты наших опытов со смесью воды и рыбы, как уже было отмечено, представляют множество экспериментальных точек, каждая из которых показывает определенное значение гидравлических и геометрических параметров потока водорыбной смеси.

Однако, несмотря на это, нам удалось путем соответствующей обработки результатов опытов установить относительно точную зависимость потери напора от концентрации рыбы, находящейся в составе движущейся в трубе смеси, и от скорости движения смеси.

Анализируя существующие методы обработки опытных материалов о движении в трубах неоднородных сред, можем констатировать два направления в этом вопросе.

Одни авторы, изучая явления, происходящие при движении неоднородной среды, прежде всего стремились результаты своих наблюдений дать в такой форме, которая изображала бы в основном физическую сущность процесса, и получали при этом сложную математическую зависимость. Результаты наблюдений других хотя и сравнительно легко применимы для решения технических задач той или иной отрасли промышленности, но базируются на грубых допущениях, далеко не отвечающих физическим законам движения неоднородной среды.

При обработке опытного материала мы старались представить математические зависимости в сравнительно простой форме, легко доступной для широкого круга технических работников, а также ставили задачу — не допускать больших отклонений от экспериментальных точек. Как нам кажется, мы это достигли благодаря большому количеству опытного материала (107 точек по рыбе и 62 по воде при относительно небольшом их разбросе, не превышающем для основных расчетных формул в среднем  $\pm 7\%$ ).

Исследуя ряд возможных вариантов обработки опытного материала, мы, в конечном счете, решили, что наиболее целесообразно обрабатывать этот материал так, чтобы в результате можно было бы удельную потерю давления  $\frac{dp}{dx}$  определять в зависимости от концентрации рыбы ( $c$ ) и воды, находящейся в составе этой смеси.

Одновременно с получением аналитического выражения удельной общей потери давления при движении смеси воды и рыбы в напорных трубах также необходимо выяснить вопрос — возникает ли явление аномалии при движении смеси воды и рыбы в трубопроводах; это явление констатировали некоторые исследователи у многих неоднородных смесей. Поэтому и была произведена обработка всех наших опытов, чтобы получить ответ на все эти и другие вопросы.

Естественно предположить, что величина потери давления при движении в трубах всякой несжимаемой смеси может зависеть, во-первых, от самой природы компонентов этой смеси и, прежде всего, от их вязкости и от относительной скорости их, когда наблюдается так называемое явление «проскальзывания»; во-вторых, от скорости перемещения неоднородной жидкости и состояния поверхности трубы, в которой совершается это движение. Основываясь на этих соображениях, а также на данных проф. Миловича<sup>1</sup> о том, что число Рейнольдса дает нам меру работы или поглощения энергии жидкой среды ее вихревым движением и что несущей и соприкасающейся со стенкой средой является, как правило, жидкость, мы при обработке материала сочли лучшим вариантом принять за основу расчета критерий Рейнольдса, вычисленный по воде.

<sup>1</sup> Проф. Милович, Основы динамики жидкостей, Энергоиздат, 1938.

Кроме того, при обработке материалов мы допустили, что:

1) смесь воды и рыбы во время движения смачивает стенки трубы и пограничный слой жидкости у стенки трубы не нарушается;

2) вязкость водорыбной смеси равна вязкости воды при одной и той же температуре;

3) рыба и вода движутся в трубе с одинаковыми скоростями, что, как показали наши визуальные наблюдения за движением хамсы, справедливо только при скоростях больше 1 м/сек.

Произведенная предварительная обработка результатов опытов показала, что для различных координат в одних и тех же опытах точки разбросаны далеко не одинаково. Оказалось, что точки меньше всего разбросаны при изображении их в безразмерных координатах

$$\left( c_1 \frac{dp'}{dp} \right) \text{ и } (Re c_1 \lambda),$$

где:  $\frac{dp'}{dp}$  — отношение удельной потери давления  $\left( \frac{dp'}{dx} \right)$ , вызываемой движением смеси воды и рыбы, к удельной потере давления  $\left( \frac{dp}{dx} \right)$ , обусловленной движением чистой воды, находящейся в составе движущейся в трубе смеси;

$$c = \frac{Q_v + Q_p}{Q_v} \text{ — концентрации рыбы;}$$

$Q_v$  и  $Q_p$  — расходы воды и рыбы;

$\lambda$  — коэффициент трения смеси воды и рыбы, вычисляемый по формуле Дарси—Вейсбаха;

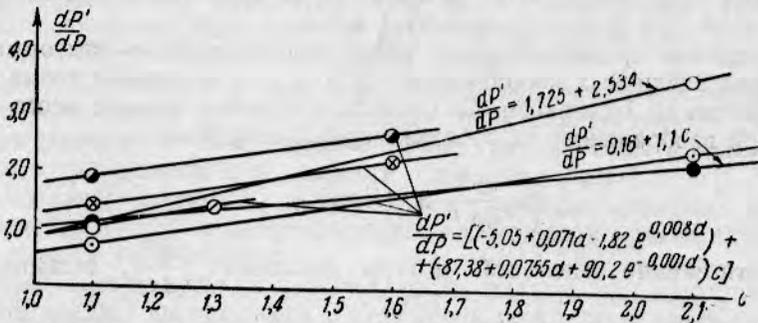
$Re$  — критерий Рейнольдса, вычисляемый по воде.

Очевидно, эта сравнительно небольшая разбросанность точек объясняется тем, что при таких координатах сглаживаются влияния вязкости воды, обусловленные колебаниями температуры и колебаниями в расходах воды, которые возникали, как уже было сказано, между отдельными измерениями. Следовательно, безразмерные координаты дают минимальную разбросанность точек, вызванную в основном субъективными и другими ошибками при отсчете измерений.

Кроме того, если безразмерные координаты  $\left( c_1 \frac{dp'}{dp} \right)$  будут в основе обработки опытного материала, то это даст нам возможность не только вывести более точную формулу для расчета потерь давления или потерь напора при движении смеси воды и рыбы в трубах с шероховатостью, которая была во время наших опытов (табл. 1), но и рассчитать аналогичное сопротивление в трубах с любой другой шероховатостью. Для такого переноса результатов исследования, полученных в виде формул (рис. 13), есть физические основания. Действительно, величина измеренного во время опытов сопротивления  $\left( \frac{dp'}{dx} \right)$  при остальных равных условиях зависит только от шероховатости внутренних стенок трубы. Вычисленная нами величина сопротивления для воды  $\left( \frac{dp}{dx} \right)$ , находившейся в составе движущейся смеси, зависит в такой же степени, как и смесь только от шероховатости этой же самой трубы. Мы можем, таким образом, допустить, что с увеличением или уменьшением шероховатости в трубе будет соответственно увеличиваться или уменьшаться в одинаковой степени сопротивление смеси и сопротивление воды, которая входит в эту смесь. Поэтому отношение удельной потери давления  $\frac{dp'}{dx}$ , вызванной движением смеси, к удельной потере давления  $\frac{dp}{dx}$ , обусловленной во-

дой, находящейся в составе этой смеси, для одной трубы с определенной шероховатостью будет таким же и для другой трубы, имеющей отличную от первой трубы шероховатость.

Предположение о существовании постоянных отношений  $\frac{dP'}{dP}$  в трубах с различной шероховатостью нам представляется вполне закономерным



- Условные обозначения:
- Труба  $d = 103$  мм с камсой
  - "  $d = 105$  мм с талькой
  - "  $d = 125$  мм с камсой
  - ⊗ Труба  $d = 153$  мм с камсой
  - "  $d = 200$  мм теор.
  - ⊙ "  $d = 255$  мм с лещом и судаком

Рис. 13. Графическое выражение формул для расчета потерь давления при движении смеси воды и рыбы в напорных трубопроводах диаметром от 100 до 260 мм.

лишь в том случае, если однородная жидкость движется с различными скоростями. Для движущейся же в трубе смеси воды и рыбы эта закономерность возможно будет несколько иной, чем для чистой воды. Это отличие, повидимому, будет тем больше, чем выше концентрация рыбы

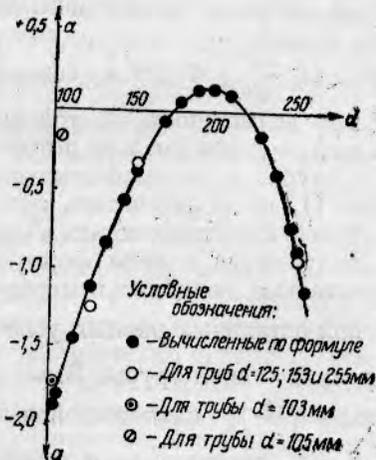


Рис. 14. Зависимость  $\alpha$  от диаметра трубы.



Рис. 15. Зависимость  $b$  от диаметра трубы.

в смеси и чем больше шероховатость трубы. Однако, нам кажется, что до уточнения этого вопроса не произойдет большой ошибки при определении потерь напора, если мы будем считать отношения  $\frac{dP'}{dP}$  при движении смеси и воды в трубах с различной шероховатостью постоянными.

Пользуясь теорией приближенного вычисления, нам удалось не только найти общий вид формул зависимости  $\frac{dp'}{dp}$  от  $c$ , но и вычислить значения их параметров как для каждой из формулы пяти опытных труб табл. 5, так и для общей формулы (10) расчета сопротивлений при движении смеси в трубах  $d =$  от 120 до 255 мм (рис. 13). Общая формула (10) получена на основании частных формул вида:

$$\frac{dp'}{dp} = a + bc, \quad (6)$$

выведенных для труб  $d = 125, 153$  и 255 мм следующим образом.

На оси ординат откладывали значения параметров  $a$  и  $b$  из частных формул 1—5 (табл. 5), а по оси ординат — соответствующие им значения диаметров труб. В результате были получены графики, изображенные на рис. 14 и 15. Получив эти графики, нетрудно аппроксимировать их уравнениями общего вида:

$$Y = A + B + Ke^{nd}.$$

Таблица 5

Значение параметров  $a$  и  $b$  в формуле  $\frac{dp'}{dp} = a + bc$  для расчета сопротивления при движении смеси воды и рыбы в напорных трубах диаметром от 100 до 260 мм

№ формул	Диаметр трубы (в мм)	Выражение параметров расчетных формул	Пределы изменения скоростей между отдельными опытами со смесью воды и рыбы						Название рыбы и ее размер
			скорость смеси (в м/сек.)		приведенная скорость воды (в м/сек.)		расход рыбы (в м <sup>3</sup> /час)		
			макси-мальная	мини-мальная	макси-мальная	мини-мальная	макси-мальная	мини-мальная	
1	103	$\frac{dp'}{dp} = -1,725 + 2,53 c$	3,40	1,41	2,82	0,70	34,40	3,10	Хамса 5—8 см
2	105	$\frac{dp'}{dp} = -0,16 + 1,1 c$	2,32	0,46	2,15	0,41	14,00	0,99	Тюлька 4 ..
3	125	$\frac{dp'}{dp} = -1,24 + 1,69 c$	2,10	0,83	1,93	0,69	22,20	3,16	Хамса 5—8 ..
4	153	$\frac{dp'}{dp} = -0,317 + 1,615 c$	1,39	0,65	1,26	0,44	22,50	3,50	Хамса 5—8 ..
5	255	$\frac{dp'}{dp} = -0,915 + 1,77 c$	3,38	1,14	3,35	1,10	28,30	1,16	Лещ 19—20 .. Судак 24—45 ..

В результате вычисления параметров формула (6) принимает следующий вид:

для члена  $a$  (рис. 16):

$$a = -5,05 + 0,071d - 1,82e^{0,008d}; \quad (7)$$

для члена  $b$  (рис. 17):

$$b = -87,38 + 0,0755d + 90,2e^{-0,001d}. \quad (8)$$

После сложения значений членов  $a$  и  $b$  и умножения  $b$  на концентрацию  $c$  получим:

$$\frac{dp'}{dp} = [(-5,05 + 0,071 d - 1,82 e^{0,008d}) + (-87,38 + 0,0755d + 90,2e^{-0,001d})c]. \quad (9)$$

или

$$\frac{dp'}{dx} = \frac{dp}{dx} [(-5,05 + 0,071 d - 1,82 e^{0,008d}) + (-87,38 + 0,0755 d + 90,2 e^{-0,001d}) c], \quad (10)$$

где:  $\frac{dp'}{dx}$  — удельная потеря давления в  $кг/м^3$ , вызываемая смесью воды и рыбы;

$c$  — концентрация рыбы, которая находится в движущейся по трубе смеси (формула 11);

$d$  — диаметр трубы в  $мм$ ;

$e$  — основание Неперова логарифма, равно 2,718;

$\frac{dp}{dx}$  — удельная потеря давления в  $кг/м^3$ , вызываемая водой, находящейся в составе смеси.

### Результаты исследований

Учитывая сказанное в предыдущем разделе, мы обработали материалы 107 опытов, во время которых было исследовано движение смеси воды и рыбы в горизонтальных напорных трубопроводах.

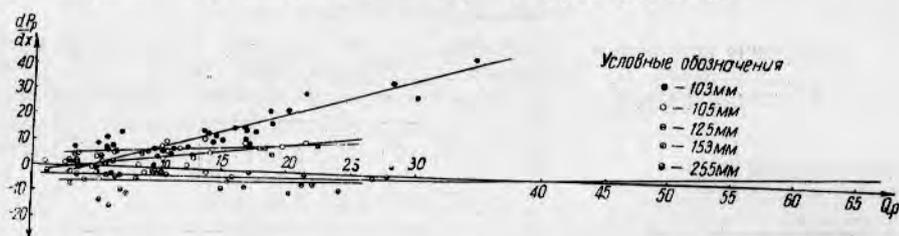


Рис. 16. Сводный график зависимости удельной потери давления в трубах от расхода рыбы.

Результаты опытов, проведенных на основе двух методик на всех трех опытных установках, показаны на рис. 16, 17, 18, 19, 20, 21 и 22.

Все эти рисунки, вычерченные в координатах  $(\gamma k w v_1 \lambda)$ ,  $(Q_p, \frac{dp_p}{dx})$  и  $(c_1 \frac{dp'}{dp})$ , можно разделить на три группы, каждая из которых соответствует определенной системе координат.

Таким образом, к I группе можно отнести рис. 19, 20, 21, 22 и 23, в которых по осям ординат отложены коэффициенты трения ( $\lambda$ ) воды и смеси, а по осям абсцисс — соответствующие им произведения из  $\gamma k w v$  и отдельно скорость  $w$  в  $м/сек$ ,

где:  $\gamma$  — объемный вес воды в  $кг/м^3$ ;

$k$  — постоянная, равная  $\frac{1}{2gd}$ ;

$g$  — ускорение силы тяжести, равное  $9,81 м/сек^2$ ;

$d$  — диаметр трубы в  $м$ ;

$\nu$  — кинематическая вязкость воды в  $см^2/сек$ .

Так как потерю давления, вызываемую движением воды, находящейся в составе смеси, измерить невозможно, то для ее вычисления по формуле Дарси — Вейсбаха, очевидно, надо знать величину коэффи-

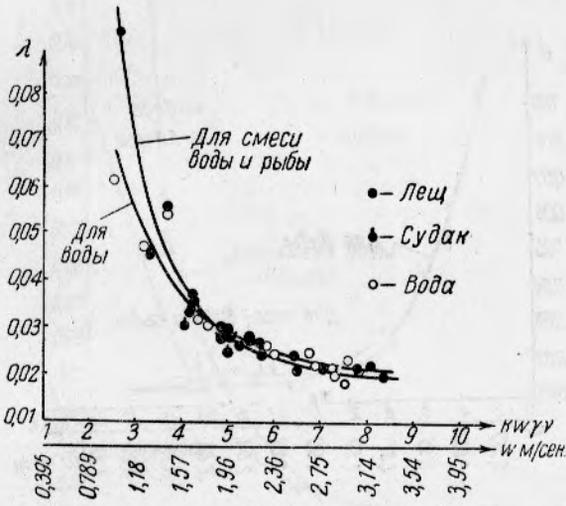


Рис. 17. Зависимость коэффициента трения движения смеси воды и рыбы в трубе  $d=250$  мм от выражения  $k\omega\gamma\gamma$ .

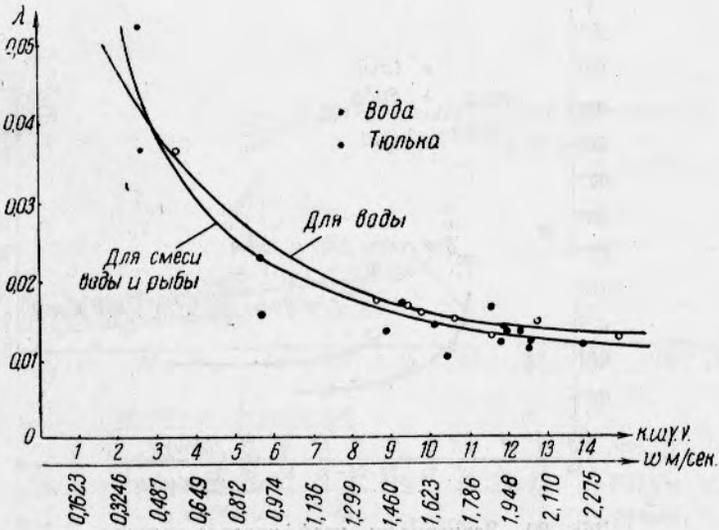


Рис. 18. Зависимость коэффициента трения движения смеси воды и рыбы в трубе  $d=105$  мм от выражения  $k\omega\gamma\gamma$ .

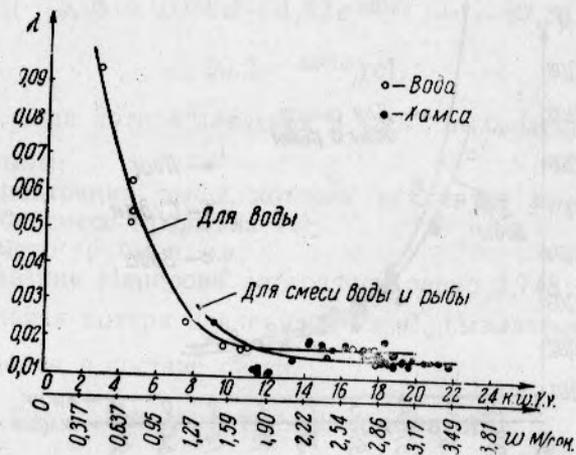


Рис. 19. Зависимость коэффициента трения движения смеси воды и рыбы в трубе  $d=103$  мм от выражения  $k\omega\gamma$ .

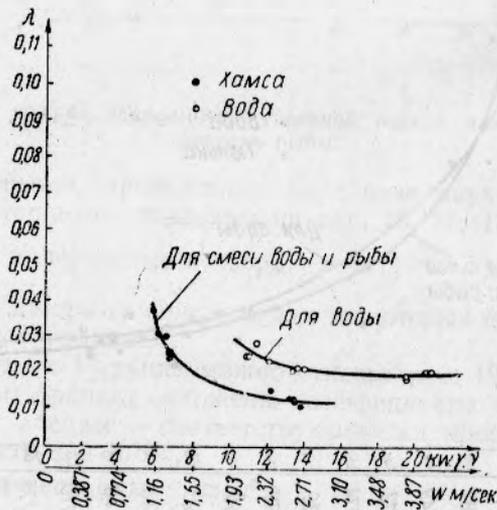


Рис. 20. Зависимость коэффициента трения движения смеси воды и рыбы в трубе  $d=125$  мм от выражения  $k\omega\gamma$ .

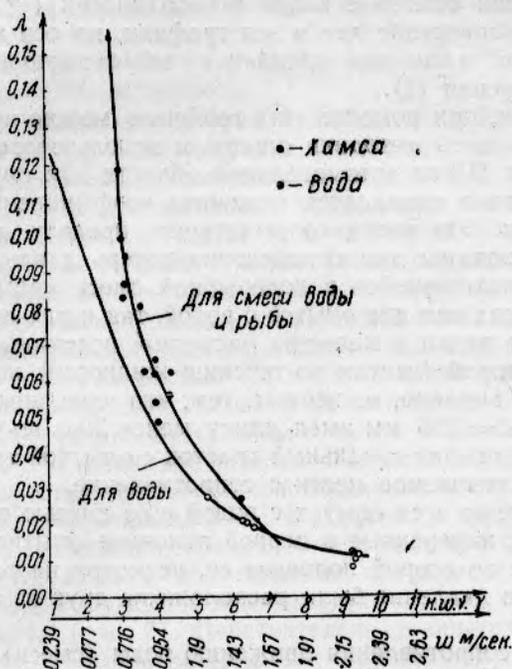
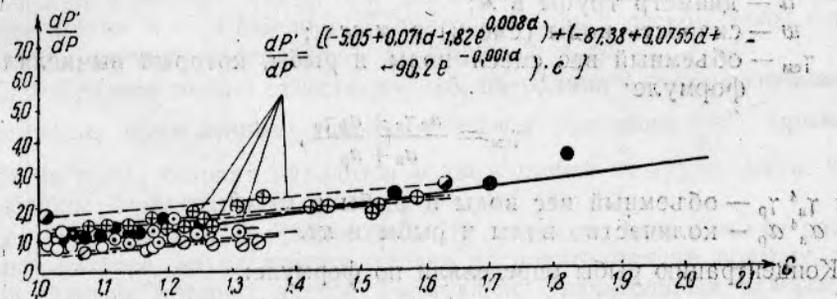


Рис. 21. Зависимость коэффициента трения движения смеси воды и рыбы в трубе  $d=153$  мм от выражения  $k\omega\gamma v$ .



Условные обозначения.

- — Труба  $d=103$  мм
- ⊕ — Труба  $d=153$  мм
- ⊙ —  $\alpha=105$  мм
- —  $\alpha=200$  мм
- ⊙ —  $\alpha=125$  мм
- ⊙ —  $\alpha=255$  мм

----- Для труб диаметром от 125 до 255 мм

Рис. 22. Сводный график.

циента сопротивления воды, который мы определяли следующим образом: измеряли расход и температуру воды в водорыбной смеси, на основании этих данных вычисляли скорость воды и по ней определяли критерий Рейнольдса. Затем, пользуясь графиками (рис. 8—12), построенными на основании опытов с водой в координатах ( $\lg Re$ ,  $\lg \lambda$ ), откладывали в том же масштабе, что и эти графики, на оси абсцисс значения чисел Рейнольдса, а по оси ординат — соответствующие им значения коэффициентов трения ( $\lambda$ ).

Таким образом, при помощи этих графиков можно не только контролировать правильность методики опытов и использовать значение коэффициентов трения ( $\lambda$ ) из автомодельной области для определения шероховатости труб, но и определять величины коэффициентов трения для числа Рейнольдса. Эти числа соответствуют пределу действия закона Блазиуса и необходимы для определения потерь давления, обусловленных движением находящейся в водорыбной смеси воды.

Во всех расчетах как для опытов с водой, так и для опытов со смесью воды и рыбы мы взяли в качестве расчетной величины потери напора, полученные на второй (считая по течению жидкости) половине опытной трубы. Это было вызвано, во-первых, тем, что начальный участок перед опытной трубой  $d = 255$  мм имел длину менее  $20d$ ; во-вторых, тем, что во фланцах, соединявших начальный участок с опытной трубой, возникало добавочное так называемое местное сопротивление.

Действительно, во всех опытах с водой и со смесью воды и рыбы перепады давления, измеренные в первой половине опытной трубы, оказались больше, чем во второй половине ее, несмотря на то, что сверления для трубок отбора давления были расположены друг от друга на равных расстояниях.

Коэффициент сопротивления движению воды (смеси) в трубе вычисляли по формуле Дарси — Вейсбаха:

$$\lambda = \frac{\Delta P_i 2gd}{\gamma_{см} w^2},$$

где:  $\Delta P_i$  — удельная потеря давления в  $кг/м^3$ ;

$g$  — ускорение силы тяжести, равное  $9,81$   $м/сек.^2$ ;

$d$  — диаметр трубы в  $м$ ;

$w$  — скорость воды (смеси) в  $м/сек.$ ;

$\gamma_{см}$  — объемный вес смеси воды и рыбы, который вычисляли по формуле:

$$\gamma_{см} = \frac{a_v \gamma_v + a_p \gamma_p}{a_v + a_p},$$

где:  $\gamma_v$ ,  $\gamma_p$  — объемный вес воды и рыбы в  $кг/м^3$ ;

$a_v$ ,  $a_p$  — количество воды и рыбы в  $кг$ .

Концентрацию рыбы определяли по формуле:

$$c = \frac{Q_v + Q_p}{Q_v} = \frac{Q_{см}}{Q_v} = \frac{w_{см}}{w_v},$$

где:  $Q_v$ ,  $Q_p$  и  $Q_{см}$  — расход воды, рыбы и смеси;

$w_v$  и  $w_{см}$  — скорость воды и смеси.

Учитывая теоретический интерес и практическую необходимость знания зависимости величины сопротивления ( $\Delta p_p$ ) от количества рыбы ( $Q_p$ ), находящейся в составе движущейся в трубе смеси, мы обработали материалы всех опытов с рыбой для определения этой зависимости.

Очевидно, величину потери давления, вызванную движением рыбы, находящейся в составе водорыбной смеси, как и потерю давления, обусловленную движением воды, находящейся в составе этой смеси, нельзя

измерить непосредственно. Поэтому для определения потери давления ( $\Delta p_p$ ), обусловленной рыбой, находящейся в движущемся потоке водорыбной смеси, мы применили метод разности. Сущность этого метода состоит в том, что из потери давления, вызванной движением смеси воды с рыбой, вычитали потерю давления, обусловленную движением только воды, находящейся в составе этой смеси (рис. 16, где показан обработанный таким способом материал).

Рассматривая кривые  $a$  и  $b$  (рис. 7, 18, 19, 20 и 21), мы можем констатировать, что они на всех рисунках, кроме рис. 22 для трубы  $d = 125$  мм, пересекаются. Несомненно, кривые  $a$  и  $b$ , изображенные на рис. 20, так же, как и для остальных труб, имели бы пересечение, если было бы проведено больше опытов и, в частности, опытов с водой при скоростях движения ее меньше 1 м/сек. Таким образом, при малой скорости движения смеси воды и рыбы возникает сопротивление, значительно большее, чем сопротивление воды, движущейся с той же скоростью. Например, сопротивление при движении смеси воды и леща, воды и судака в трубе  $d = 255$  мм со скоростью 1,0 м/сек. больше сопротивления воды на 35%, а при движении этой же смеси со скоростью 1,5 м/сек. — только на 10%. При скорости движения воды и смеси воды и леща или судака в пределах 1,75—1,85 м/сек. достигается равенство их сопротивления, при больших же скоростях движения сопротивление этой смеси становится меньше сопротивления воды на 8—10%. Однако у других исследованных нами труб и рыб величины сопротивления и значение скоростей, при которых пересекаются кривая сопротивления для воды и кривая сопротивления для смеси воды и рыбы, несколько отличаются от только что описанной закономерности (рис. 7). Действительно, в опытах со смесью воды и тюльки в трубе  $d = 105$  мм (рис. 20) кривые пересекаются при скорости движения воды и смеси 0,5 м/сек.; во время же движения смеси воды и хамсы в трубах  $d = 103$  и 153 мм (рис. 19 и 20) кривые сопротивления пересекаются при скорости 1,82 и 1,70 м/сек., т. е. почти при той же скорости, что и во время движения смеси воды с лещом и судаком в трубе  $d = 255$  мм.

Следовательно, при движении смеси воды и рыбы наблюдается такое же явление аномалии, как и при движении канализационных отходов, которое изучал А. З. Евилевич [1], движении воды с песком, воды с торфом и др., которое исследовал А. П. Юфин [2] и др.

Ко 2-й группе можно отнести рис. 16, на ординате которого отложены теоретически вычисленные удельные потери давления  $\frac{dp_p}{dx}$ , приходящиеся на рыбу, которая находится в движущейся по трубе смеси, а по оси абсцисс — расход этой рыбы ( $Q_p, bx$  мм<sup>3</sup>/час).

Как видно из этих графиков (рис. 18), точки их хотя и имеют значительный разброс, но удовлетворительно располагаются на прямых, точное выражение которых дается формулами. Значительный разброс их объясняется, во-первых, несовершенством метода разностей, который был использован при вычислении  $\frac{dp_p}{dx}$ ; во-вторых, большим колебанием в расходах (скоростях) воды, которые возникали между отдельными опытами (табл. 5), но в этих координатах не сглаживались.

Скорости воды (табл. 5) находились в пределах от 0,41 до 3,35 м/сек. В представленном же графике (рис. 16) эти скорости воды и концентрации ее в наших опытах не учитываются. Очевидно, для одного и того же расхода рыбы, показанного на оси абсцисс, при разных скоростях движения воды мы получим различные удельные потери давления  $\frac{dp_p}{dx}$ , которые равны разности между удельной потерей  $\frac{dp'}{dx}$ , вызванной дви-

жением смеси воды и рыбы, и удельной потерей давления  $\frac{dp}{dx}$ , обусловленной движением воды, находящейся в смеси.

Чтобы подтвердить эту прямолинейную зависимость  $\frac{dp_p}{dx}$  от расхода рыбы ( $Q_p$ ), вычисленную указанным выше теоретическим способом, мы на 3-й опытной установке поставили пять серий опытов, во время которых была использована труба  $d = 103$  мм. В каждой из этих серий опытов поддерживали почти постоянный расход рыбы в пределах, указанных на рис. 25. Как видно из рис. 23, графики, вычерченные в координатах  $(Q_p, \frac{dp'}{dx})$ , представляют собой семейство прямых, параллельных между собой линий. Несмотря на некоторое колебание расходов воды в одной и той же серии опытов, точки разбросаны сравнительно мало.

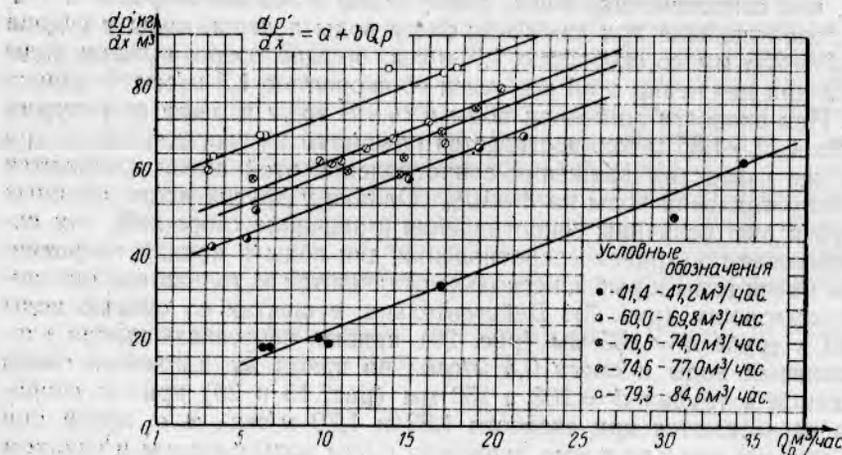


Рис. 23. График удельной потери давления в трубах  $d=103$  мм.

Таким образом, результаты опытов, которые показаны на рис. 23, подтвердили правильность полученных нами теоретическим путем графиков (рис. 16), вычерченных в координатах  $(Q_p, \frac{dp_p}{dx})$ . Следовательно, доказано, что сопротивление во время движения смеси воды и рыбы в трубах при постоянном расходе или скорости воды, находящейся в смеси, прямо пропорционально расходу или концентрации рыбы:

$$\frac{dp'}{dp} = a + bc, \quad (6)$$

$$Y = A + B + Ke^{nd}.$$

На графиках 3-й группы (см. рис. 22) по оси ординат отложены  $\frac{dp'}{dp}$ , а по оси абсцисс — концентрации  $c$ .

Безразмерная величина  $\frac{dp'}{dp}$  представляет собой, как уже ранее было отмечено, отношение удельной потери давления  $\frac{dp'}{dx}$ , вызванной движением смеси воды и рыбы, к удельной потере давления  $\frac{dp}{dx}$ , обусловленной движением воды, находящейся в смеси.

Концентрация  $c$  как величина безразмерная вычисляется по формуле:

$$c = \frac{Q_v + Q_p}{Q_v}, \quad (11)$$

где  $Q_v$  и  $Q_p$  — расходы воды и рыбы.

Как видно из этих графиков (рис. 22), точки разбросаны сравнительно мало, во всяком случае значительно меньше, чем на графиках (рис. 16), вычерченных в координатах

$$\left( Q_{p1} \frac{dp_p}{dx} \right).$$

Результаты опытов, изображенные на графиках (рис. 29), выражены следующими формулами:

Для трубы  $d = 103$  мм:

$$\frac{dp'}{dp} = -1,725 + 2,534c; \quad (1)$$

Для трубы  $d = 105$  мм:

$$\frac{dp'}{dp} = -0,16 + 1,1c; \quad (2)$$

Для трубы  $d = 125$  мм:

$$\frac{dp'}{dp} = -1,24 + 1,69c; \quad (3)$$

Для трубы  $d = 153$  мм:

$$\frac{dp'}{dp} = -0,317 + 1,615c; \quad (4)$$

Для трубы  $d = 255$  мм:

$$\frac{dp'}{dp} = -0,915 + 1,77c. \quad (5)$$

На основании последних трех формул при помощи метода, указанного в разделе «Обработка опытного материала», была выведена формула (9), которая после преобразования имеет вид формулы (10).

Формула (10) показывает, что удельная потеря давления  $\frac{dp'}{dx}$ , вызываемая движением смеси воды и рыбы в горизонтальных трубах диаметром от 120 до 260 мм, равна удельной потере давления  $\frac{dp}{dx}$ , которая обусловлена движением воды в смеси, умноженной на многочлен:

$$\begin{aligned} & [(-5,05 + 0,071d - 1,82e^{0,008d}) + \\ & + (-87,38 + 0,0755d + 90,2e^{-0,001d})c]. \end{aligned}$$

В этот многочлен входят в качестве независимых переменных диаметр трубы ( $d$ ) и концентрация рыбы ( $c$ ).

Очевидно, первые три члена представляют собой не что иное, как  $a$ , а вторые три члена — множитель  $b$  в формуле (6).

По формуле (9) были вычислены значения  $\frac{dp'}{dp}$  для труб  $d = 125, 153, 200$  и  $255$  мм и для концентраций рыбы, близких к концентрациям в наших опытах (табл. 3). Результаты этих вычислений показаны в табл. 6 на графиках (рис. 13 и 22).

Значение  $\frac{dp'}{dp}$ , вычисленное по формуле (9) в зависимости от диаметров труб и различных концентраций ( $c$ ) рыбы

Диаметр труб	Значение $c$									
	1,01	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,90	2,10
125	0,54	0,68	0,85	1,02	1,18	1,35	—	1,68	2,01	2,34
153	1,22	1,36	1,52	1,67	1,84	—	2,15	—	—	—
200	1,71	1,85	2,00	2,16	2,31	—	2,63	—	—	—
255	0,84	1,00	1,18	1,36	—	—	—	—	—	—

В виду того что формулы (9, 10) неприменимы для труб  $d$  менее 120 мм, то на графиках зависимости  $\frac{dp'}{dp}$  от  $c$  для труб  $d = 103$  и 105 мм вычисляли соответственно по формулам 1 и 2.

Как видно из сравнительного графика (рис. 22), расхождение между результатами, вычисленными по универсальной формуле (9) и по частным формулам (1—5), для труб  $d = 125$  и 153 мм весьма небольшое, а для трубы  $d = 255$  мм эти результаты одинаковы.

При анализе результатов сводного графика (рис. 22) нетрудно заметить, что:

1) в пределах концентрации  $c$  от 1,05 до 1,20 при движении смеси хамсы и воды в трубе  $d = 103$  мм и тюльки с водой в трубе  $d = 105$  мм, а также смеси воды и леща или воды и судака в трубе  $d = 255$  мм сопротивление в этих трубах практически одинаково.

Во время движения в этих трубах смеси воды и тюльки и воды и хамсы при концентрации меньше 1,05 или больше 1,20 сопротивление в одной трубе отличается от сопротивления в другой. Если концентрация их меньше 1,05, то и сопротивление смеси воды и хамсы несколько меньше, чем при движении тюльки; при концентрации их больше 1,20 сопротивление смеси воды и хамсы становится больше;

2) при движении смеси хамсы и воды в трубах  $d = 125, 153$  и 200 мм (остальные условия одинаковы) сопротивление возрастает с увеличением диаметра трубы. Однако это закономерно лишь для труб диаметром более 125 мм и в которых движется смесь хамсы и воды. В трубах с меньшим диаметром сопротивление также возрастает и становится больше, чем в трубе  $d = 125$  мм;

3) при движении смеси воды и леща, воды и судака в трубе  $d = 255$  мм сопротивление практически равно сопротивлению смеси воды и хамсы в трубе  $d = 103$  мм. Это, повидимому, можно объяснить тем, что смесь воды и леща, воды и судака по своей природе дает меньшее сопротивление, чем смесь воды с хамсой и воды с тюлькой. Следовательно, физические свойства хамсы и тюльки при движении их в трубах почти одинаковы.

То обстоятельство, что изменение  $\frac{dp'}{dp}$  в зависимости от концентрации ( $c$ ) происходит по закону прямой линии, мы объясняем особым характером движения смеси воды и рыбы. Визуальные наблюдения через плексиглазовые патрубки, установленные на опытных трубах  $d = 103$  и 153 мм, показали, что:

1) при движении смеси воды и хамсы со скоростью меньше 1 м/сек. хамса находится в нижней части горизонтальной трубы;

2) при движении смеси воды и хамсы со скоростью 1,0—1,2 м/сек. рыба двигалась почти равномерно по всему сечению трубы.

Однако в верхней части трубы концентрация ее была несколько меньше, чем в нижней;

3) при движении этой же смеси в трубе со скоростью более 1,2 м/сек. рыба распределялась по всему поперечному сечению потока достаточно равномерно. Она двигалась прямыми полосками (ленточками), почти параллельными оси трубы.

Такой характер движения рыбы в воде, очевидно, значительно ограничивает водяные вихри, образующиеся у стенки трубы, так как вода, находящаяся между движущимися полосками (лентами) рыбы, имеет малые пути перемещения по радиусу, а потому движение ее является ламинаризованным, при котором, как известно, сопротивление выражается через скорость законом прямой линии.

Однако такое ламинаризованное движение воды между слоями (полосками) рыбы не исключает вращательного движения потока в целом вокруг оси трубы.

Рассматривая частные расчетные (1—5) и общую формулу (9), мы должны иметь в виду, что они не удовлетворяют граничному условию, т. е. при движении одной воды ( $c = 1$ ) отношение удельных потерь напора  $\frac{dp'}{dp}$  не равно 1.

Повидимому, при малых концентрациях рыбы, находящейся в перекачиваемой смеси, сопротивление, обусловленное движением этой смеси, не подчиняется закону прямой линии, иначе при  $c = 1$  прямые выходили бы из одной точки, расположенной на ординате на расстоянии, равном 1 от начала координат.

На основании нашего экспериментального материала невозможно установить характер зависимости сопротивления водорыбной смеси, движущейся в трубопроводах при малых концентрациях, так как с этими концентрациями было поставлено недостаточное количество опытов, а с концентрациями ( $c$ ) меньше 1,04 совсем не было опытов. Однако, несмотря на это, предложенными формулами вполне можно пользоваться для расчетов гидравлических потерь напора в пределах концентрации ( $c$ ) от 1,04 до 2,0.

Чтобы облегчить пользование универсальной формулой (10), мы вычислили ее члены:

$$a = -5,05 + 0,071d - 1,82e^{0,008d}$$

и

$$b = -87,38 + 0,0755d + 90,2e^{-0,001d}$$

для определенных диаметров труб (табл. 7).

Таблица 7

В мм	$a$	$bc$	В мм	$a$	$bc$
120	-1,28	+1,68 $c$	149	-0,47	+1,58 $c$
121	-1,25	+1,67 $c$	150	-0,44	+1,58 $c$
122	-1,22	+1,67 $c$	151	-0,42	+1,58 $c$
123	-1,19	+1,67 $c$	152	-0,40	+1,58 $c$
124	-1,16	+1,66 $c$	153	-0,37	+1,58 $c$
125	-1,12	+1,66 $c$	154	-0,35	+1,57 $c$
126	-1,09	+1,65 $c$	155	-0,33	+1,57 $c$
127	-1,05	+1,64 $c$	156	-0,31	+1,56 $c$
128	-1,02	+1,64 $c$	157	-0,29	+1,56 $c$
129	-1,00	+1,64 $c$	158	-0,27	+1,56 $c$
130	-0,97	+1,64 $c$	159	-0,26	+1,56 $c$
148	-0,49	+1,58 $c$	160	-0,24	+1,56 $c$

(В мм)	<i>a</i>	<i>bc</i>	(В мм)	<i>a</i>	<i>bc</i>
196	+0,14	+1,56 <i>c</i>	209	+0,10	+1,58 <i>c</i>
197	+0,14	+1,56 <i>c</i>	210	+0,09	+1,59 <i>c</i>
198	+0,14	+1,56 <i>c</i>	250	-0,75	+1,75 <i>c</i>
199	+0,14	+1,56 <i>c</i>	251	-0,80	+1,75 <i>c</i>
200	+0,13	+1,56 <i>c</i>	252	-0,83	+1,76 <i>c</i>
201	+0,13	+1,57 <i>c</i>	253	-0,86	+1,76 <i>c</i>
202	+0,13	+1,57 <i>c</i>	254	-0,91	+1,77 <i>c</i>
203	+0,13	+1,57 <i>c</i>	255	-0,94	+1,77 <i>c</i>
204	+0,12	+1,57 <i>c</i>	256	-0,98	+1,77 <i>c</i>
205	+0,12	+1,58 <i>c</i>	257	-1,02	+1,78 <i>c</i>
206	+0,12	+1,58 <i>c</i>	258	-1,07	+1,78 <i>c</i>
207	+0,12	+1,58 <i>c</i>	259	-1,11	+1,70 <i>c</i>
208	+0,11	+1,58 <i>c</i>	260	-1,15	+1,80 <i>c</i>

При помощи табл. 7 и формулы

$$\frac{dp'}{dx} = a + bc \quad (12)$$

легко вычислить сопротивление при движении смеси воды и хамсы в стальных трубах  $d = 120-160$  мм и воды с судаком или лещом в трубах  $d = 196-260$  мм.

Например, для стальной или чугунной трубы  $d = 125$  мм,  $a$  равно  $-1,12$ ,  $b = +1,66$ . Предположим, что на 1 часть хамсы приходится 3 части воды; в этом случае при производительности рыбонасоса РБ-100 в  $60 \text{ м}^3/\text{час}$

$$c = \frac{Q_B + Q_P}{Q_B} = \frac{45 + 15}{45} = 1,33.$$

Если подставим в формулу (12) значения  $a$ ,  $b$  и концентрации  $c$ , то получим, что:

$$\begin{aligned} \frac{dp'}{dx} &= \frac{dp}{dx} (a + bc) = \\ &= \frac{dp}{dx} (-1,12 + 1,66 \cdot 1,33) = \frac{dp}{dx} \cdot 1,088. \end{aligned}$$

Это значит, что удельная потеря давления, т. е. потеря давления на один погонный метр  $\left(\frac{dp'}{dx}\right)$ , вызываемая движением смеси воды и хамсы в трубе  $d = 125$  мм при соотношении хамсы к воде 1 : 3 ( $c = 1,33$ ), равна удельной потере давления  $\frac{dp}{dx}$ , обусловленной движением воды, находящейся в этой смеси ( $45 \text{ м}^3/\text{час}$ ), и умноженной на коэффициент 1,088. Разумеется, этот коэффициент не является постоянной величиной; он представляет собой функцию концентрации рыбы, скорости и диаметра того трубопровода, по которому транспортируется смесь [табл. 7 и формула (9)]. Теперь следует вычислить потерю напора  $\frac{dp}{dx}$  по формуле Дарси — Вейсбаха:

$$\frac{dp}{dx} = \lambda \frac{\gamma w^2}{2gd},$$

но при этом надо исходить из часового расхода воды в 45 м<sup>3</sup>/час, а не в 60 м<sup>3</sup>/час.

Если же удельный вес смеси незначительно отличается от удельного веса воды, то потери напора можно вычислить по любой другой формуле.

При вычислении  $\frac{dp}{dx}$  по формуле Маннинга и др. размерность значения  $\frac{dp'}{dx}$  в формуле (10) будет не в кг/м<sup>3</sup>, а в м водяного столба на 1 м длины трубы.

## Выводы

I. Разработана новая методика для измерения сопротивления в горизонтальных напорных трубах при движении в них смеси воды и рыбы.

Данная методика дала возможность определить это сопротивление в условиях работы рыбных промыслов с относительно большой точностью в широком диапазоне значений концентрации воды и рыбы. Во время опытов приведенная скорость воды менялась от 0,41 до 3,35 м/сек., скорость смеси — от 0,46 до 3,4 м/сек.; концентрация, которая выражена через объемное соотношение рыбы к воде, была при этом минимум 0,04 : 1 и максимум 1,02 : 1.

II. Разработана новая методика обработки внутренних стенок труб, так как относительная шероховатость их должна быть одинаковой. В результате этого коэффициенты шероховатости в пяти различных опытных трубах были почти одинаковыми, что дало возможность установить зависимость величины сопротивления, вызываемого движением смеси воды и рыбы, от диаметра трубы.

III. Обработаны материалы 107 опытов по определению сопротивления смеси воды и различных видов рыб (судака, леща, тюльки и хамсы) при движении их в трубах  $d = 103, 125, 153$  и  $255$  мм, а также материалы сравнительных опытов с водой.

IV. Проведены визуальные наблюдения за картиной движения смеси воды и хамсы в трубах  $d = 103$  и  $153$  мм.

При этом показано, что при движении ее со скоростью меньше 1 м/сек. хамса находится в нижней части трубы, а при скорости, большей 1 м/сек., она равномерно распределяется по всему поперечному сечению трубы.

V. В результате исследования установлено, что при изотермическом движении смеси воды и различных пород промысловых рыб Азово-Черноморского бассейна в горизонтально расположенных трубах  $d = 103—255$  мм:

1) явление аномалии при движении в трубопроводах канализационных масс различных водопесчаных смесей возникает и во время движения смеси воды и леща, воды и судака, воды и тюльки, воды и хамсы;

2) утверждение О'Бриена и некоторых других авторов о том, что потери напора при движении гидросмеси можно определять по обычным формулам гидравлики, умножая результат, т. е. вычисленные таким образом потери на расходный удельный вес гидросмеси, для движения в трубах водорыбной смеси, состоящей из воды и судака, воды и леща, воды и тюльки и воды с хамсой, не подтверждается. Если бы указанное выше утверждение О'Бриена, Чернигина и др. при движении исследованных нами водорыбных смесей подтвердилось, то сопротивление этих смесей и воды при одинаковых созданных нами условиях движения должны быть равными или почти равными, так как удельный вес исследованных нами рыб, по существу, равен удельному весу воды;

3) сопротивление смеси воды и рыбы в горизонтальных напорных трубах при постоянной приведенной скорости воды прямо пропорцио-

нально количеству или концентрации рыбы в этой смеси. Сопротивление незначительно увеличивается в зависимости от концентрации рыбы. Прямые, характеризующие этот рост сопротивления, имеют небольшой угол подъема;

4) установлена зависимость безразмерной величины  $\frac{dp'}{dp}$  от концентрации ( $c$ ) рыбы в смеси воды и различных пород рыб, которая движется по трубам  $d = 103, 105, 125, 153$  и  $225$  мм. Эта безразмерная величина  $\frac{dp'}{dp}$ , выражающая отношение удельной потери давления  $\frac{dp'}{dx}$ , вызванной движением смеси воды и рыбы, к удельной потере давления  $\frac{dp}{dx}$ , обусловленной движением воды, находится в прямой зависимости от концентрации ( $c$ ) рыбы, определяющей отношение расхода или скорости смеси к расходу или скорости воды в смеси.

VI. Выведены формулы и вычислены значения их параметров для определения потерь давления (напора) при движении смеси воды и рыбы в горизонтально расположенных трубах различных диаметров. Эти формулы имеют следующий вид:

1. В трубах  $d = 103$  мм при движении в них хамсы и воды:

$$\frac{dp'}{dx} = (-1,725 + 2,534c) \frac{dp}{dx}.$$

2. В трубах  $d = 105$  мм при движении в них тюльки и воды:

$$\frac{dp'}{dx} = (-0,16 + 1,1c) \frac{dp}{dx}.$$

3. В трубах  $d = 125$  мм при движении в них хамсы и воды:

$$\frac{dp'}{dx} = (-1,24 + 1,69c) \frac{dp}{dx}.$$

4. В трубах  $d = 153$  мм при движении в них хамсы и воды:

$$\frac{dp'}{dx} = (-0,317 + 1,615c) \frac{dp}{dx}.$$

5. В трубах  $d = 255$  мм при движении в них судака и воды:

$$\frac{dp'}{dx} = (-0,915 + 1,77c) \frac{dp}{dx}.$$

VII. На основании частных формул для расчета сопротивлений движению смеси воды и рыбы в трубах  $d = 125, 153$  и  $255$  мм выведена одна общая формула (10):

$$\frac{dp'}{dx} = \frac{dp}{dx} [(-5,05 + 0,071d - 1,82e^{0,008d}) + (-87,38 + 0,0755d + 90,2e^{-0,001d})c]$$

Эта формула достаточно точна для труб  $d = 120-160$  мм при движении в них смеси хамсы с водой и для труб  $d = 250-260$  мм при движении в них смеси воды и судака, воды и леща. Однако использование этой формулы для расчета сопротивления при движении смеси воды и

хамсы в трубах  $d = 160—260$  мм или смеси воды и судака, воды и леща в трубах  $d = 160—250$  мм не гарантирует достаточную точность, так как в этом диапазоне диаметров труб она является по рыбе экстраполяционной, а по диаметрам труб — интерполяционной формулой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Евилевич О. З.*, Удаление канализационных осадков по напорным трубам, Гостройиздат, 1939.

2. *Климентов А. Н.*, О потерях напора в трубах при движении гидромассы, Известия Академии Наук СССР, Отделение технических наук, 1939, № 8.

3. *Чернигин Н. Ф.*, Транспортировка рыбы по трубопроводу, журнал «Рыбное хозяйство», 1949, № 4.

4. *Юфин А. П.*, Гидротранспорт песчано-глинистых смесей по напорным трубопроводам, Материалы фонда химико-аналитической лаборатории Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева, ч. I и II, 1940.

## О МЕХАНИЗАЦИИ СОРТИРОВКИ СОЛЕННОЙ СЕЛЬДИ

Ст. научный сотрудник В. В. Дорменко

Сортировка рыбы — основной процесс в каждой технологической схеме любого вида обработки рыбы. Этот процесс до настоящего времени не механизирован и потому требует значительного количества рабочей силы.

Можно сортировать как сырье, так и готовую продукцию, причем рыба сортируется и по качественным признакам (свежести, солености и пр.) и по размерам.

В настоящей работе мы решаем вопрос механизации сортировки по размерам только соленой сельди (готовая продукция) и не касаемся вопросов сортировки по качественным признакам.

При сортировке рыбы по размерам за величину, по которой можно производить сортировку, может быть принята длина тела рыбы, толщина, высота и, наконец, вес рыбы.

Различными изобретателями было предложено сортировать рыбу по разным параметрам, что подтверждается цифрами, выбранными нами из материалов БРИЗ Министерства рыбной промышленности СССР. За основные показатели приняты:

вес рыбы . . . . .	(20 предложений),
толщина . . . . .	(35 предложений),
высота . . . . .	(10 предложений),
длина . . . . .	(15 предложений).

В основном считают, что в каждой породе указанные величины зависят друг от друга.

Если допустить подобную зависимость, то, очевидно, безразлично, по какому показателю сортировать рыбу; определяющим фактором в этом случае должна быть простота конструкции при том или ином принципе сортировки.

В специальной литературе по определению роста и упитанности рыб достаточно подробно излагается зависимость веса рыбы от длины ее. П. В. Тюрин [6], обрабатывая свои данные о различных породах рыб и материалы других исследователей, приходит к выводу, что вес рыбы находится в тесной функциональной зависимости от ее длины, причем зависимость эта довольно точна и для практических целей достаточно надежно выражается кривой 2-й степени. И. П. Леванидов [3] указывает, что толщина рыбы пропорциональна ее длине.

Н. А. Семенов [5], исследуя подобную зависимость для салаки, указывает, что в одной породе каждый экземпляр может рассматриваться как геометрически подобный любому другому экземпляру, при этом в общем виде вес рыбы  $G$  может быть выражен через любой линейный размер (длину, толщину, высоту):

$$G = AX^n,$$

где:  $A$  — некоторый опытный постоянный коэффициент;  
 $X$  — принятый линейный параметр;  
 $n$  — показатель степени, близкий по своему значению к 3,0.  
 Для салаки Н. А. Семенов дает следующие формулы:

$$\frac{L}{G^{1/3}} = 5,33 \pm 2,3\%,$$

где  $L$  — длина рыбы в см.

$$\frac{S}{G^{1/3}} = 0,436 \pm 3,2\%,$$

где  $S$  — толщина тела рыбы в см.

Однако Н. А. Семенов говорит о приблизительном значении полученных формул, Г. Н. Монастырский [4] дает следующую формулу, связывающую указанные параметры:

$$G = CLSH,$$

где:  $G$  — вес рыбы;  
 $L$  — длина тела рыбы без хвостового плавника;  
 $S$  — толщина тела рыбы } измеренных на расстоянии  $l = 0,44L$  от  
 $H$  — высота тела рыбы } конца головы;  
 $C$  — константа, не зависящая от формы, возраста, пола и т. д.

Из приведенного выше материала можно было бы утверждать, что все перечисленные параметры с той или иной степенью точности зависят друг от друга.

Правда, в указанных выводах наблюдается и некоторое противоречие, что заставляет критически подойти к ним. В самом деле, П. В. Тюрин указывает на зависимость между весом и длиной по кривой 2-й степени; Н. А. Семенов и Г. Н. Монастырский ту же зависимость дают по кривой 3-й степени.

Ниже мы подробно остановимся на этом вопросе, но предварительно рассмотрим целесообразность того или иного параметра сортировки.

Из перечисленных выше четырех параметров наименее пригодным для сортировки рыбы, по нашему мнению, является высота тела рыбы, которая значительно изменяется при относительной легкости деформации тела рыбы. Остальные три параметра более или менее равноценны.

Перед обработкой (особенно перед посолом, сушкой, замораживанием и пр.) целесообразно сортировать рыбу по толщине.

Перед тем как готовую продукцию убрать в тару определенного размера (особенно мелкую рыбу, которую убирают в жестяную и стеклянную тару), ее целесообразно сортировать по длине.

При выборе принципа сортировки соленой сельди (т. е. готовой продукции) целесообразно остановиться на сортировке по длине или по весу. Действующий в настоящее время ГОСТ 1368—42 предусматривает сортировку по длине. В нашем случае нет оснований отступать от него.

Настоящей работе предшествовали предварительные исследования основных показателей процесса сортировки сельди, проведенные по разработанной нами методике гг. А. А. Белоусовым и А. А. Полонским.

Мы обработали данные опытов обычным методом, чтобы выяснить зависимость между весом, длиной и толщиной измеренных экземпляров сельди.

На рис. 1 показана зависимость веса от длины, на оси абсцисс отложена полная длина в см, а на оси ординат — вес рыбы в г. Разными штриховками указана толщина тела соленой сельди, а ломаными линиями — границы распространения экземпляров рыб данной толщины.

Из этого рисунка видно, что зависимость между весом и длиной для соленой сельди весьма приближительна, а зависимость между толщиной и длиной еще меньшая, чем между весом и длиной.

Если на основании опытных данных найти среднеарифметическое значение веса рыбы при определенной длине и по этим точкам построить кривую  $G = f(L)$  (рис. 2), то последняя дает какую-то среднюю зависимость между этими величинами, которая, очевидно, приближается к зависимости  $G = aL^n$ .

Возможно, что для биологических исследований такая средняя зависимость удовлетворяет исследователей, но при сортировке каждого экземпляра рыбы она ничего не дает.

Действительно, при длине сельди в 25 см средний вес ее 110 г; фактически этот вес будут иметь только 10 экземпляров из 42 измеренных (25%), 9 экземпляров весят 100 г, 4—120 г; предельные величины веса для данных опытов при этой длине будут колебаться от 90 до 160 г. Если допустить ошибку в весе на 5%, то точность закономерности приблизительно равна 50%. Аналогичные данные получаются и при других значениях длины  $L$ .

При длине 830 см толщина сельди может быть от 1,5 до 4,0 см, т. е. практически при данной длине толщина ее может изменяться почти в 3 раза.

График на рис. 1 построен на основании более чем 500 замеров и мы вправе утверждать об обоснованности наших выводов, об отсутствии закономерности между длиной, толщиной и весом соленой сельди, благодаря чему безразлично, какой параметр выбрать для сортировки соленой сельди.

Обработанные нами данные более 400 замеров весенней свежей салаки Финского залива дают также неопределенную зависимость между весом, длиной и толщиной.

Таким образом, при сортировке как свежей, так и соленой рыбы (во всяком случае рыб сельдевых пород):

1) следует исходить из одной какой-либо величины (веса, длины, толщины);

2) эту величину следует выбирать в зависимости от дальнейшего технологического процесса.

Параметром для сортировки соленой сельди мы принимаем полную длину рыбы.

На основании данных рис. 1 всю измеренную и взвешенную сельдь можно разбить согласно ГОСТ 1368—42 на следующие 4 группы:

1. Сельдь отборная:

длина	от 460 до 380 мм
толщина	„ 55 „ 30 мм
высота	„ 110 „ 80 мм
вес	„ 1000 „ 350 г

3. Сельдь средняя:

длина	от 320 до 260 мм
толщина	„ 40 „ 15 мм
высота	„ 85 „ 40 мм
вес	„ 770 „ 100 г

2. Сельдь крупная:

длина	от 380 до 320 мм
толщина	„ 40 „ 20 мм
высота	„ 90 „ 65 мм
вес	„ 1000 „ 160 г

4. Сельдь мелкая:

длина	от 250 до 190 мм
толщина	„ 20 „ 15 мм
высота	„ 65 „ 40 мм
вес	„ 180 „ 55 г

По данным А. А. Белоусова и А. А. Полонского коэффициент трения ( $\text{tg}$  угла уклона) для рыб различной длины при скольжении по стальной поверхности колеблется в определенных пределах (табл. 1).

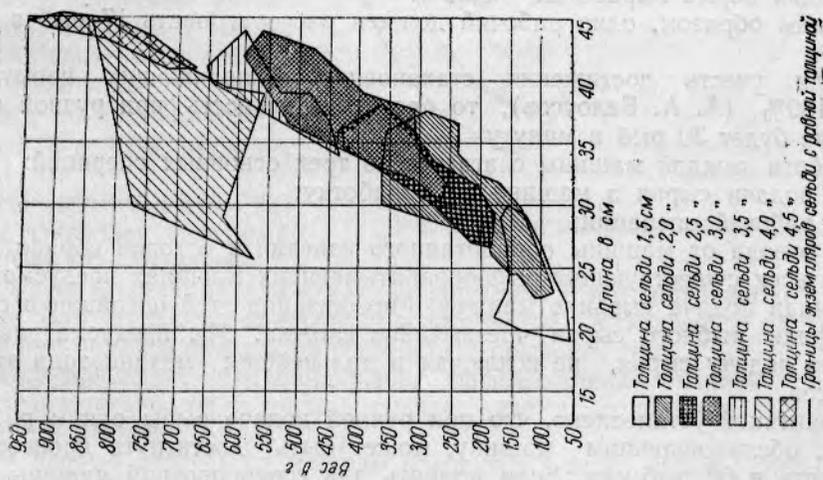


Рис. 1. Данные о линейных размерах соленой каспийской селди.

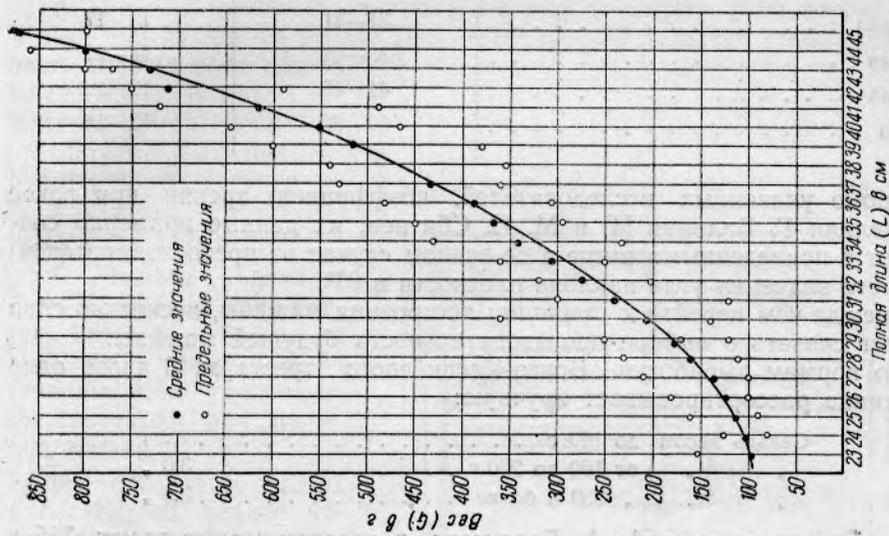


Рис. 2. Зависимость веса от длины соленой каспийской селди.

Углы наклона смоченной стальной плоскости, при которых происходит скольжение соленой сельди

Группы	Покой °С	Движение °С
Отборная . . . . .	31—41	13—17
Крупная . . . . .	38—44	14—22
Средняя . . . . .	41—46	17—22
Мелкая . . . . .	50—60	13—16

Кроме указанных исследователей, коэффициент трения при покое определяли Г. Баланин [4] и М. С. Сбитнев; их данные примерно совпадают с приведенными выше и во всяком случае не превосходят максимального значения угла наклона плоскости в 60°.

Прежде чем перейти к принципу построения машины, несколько слов следует сказать о выборе производительности будущей машины.

По нормам выработки Волго-Каспийского треста за 8 часов одна работница рассортировывает вручную:

Сельдь весом до 160 г . . . . .	2,2 т
„ „ от 160 до 220 г . . . . .	3,0 „
„ „ „ 220 и более . . . . .	3,5 „

Сельдь, по данным А. А. Белоусова, в среднем может весить 765 г (отборная), 365 г (крупная), 175 г (средняя), 105 г (мелкая); тогда норма выработки будет соответственно: по отборной и крупной 3,5 т, по средней — 3,0 т и по мелкой — 2,2 т.

По данным А. А. Полонского, средний состав улова может быть принят: отборной сельди 23%, крупной — 52%, средней — 11% и мелкой — 14%.

Из этих данных средняя величина веса одной сельди будет 400 г, а средняя норма выработки — 3,26 т.

Таким образом, один рабочий должен рассортировать 17 рыб в минуту.

Если учесть достижения стахановцев, выполняющих норму на 160—180% (А. А. Белоусов), то производительность при ручной сортировке будет 30 рыб в минуту.

Работа каждой машины складывается из трех основных операций:

- 1) подачи сырья в машину на обработку;
- 2) рабочей операции;
- 3) отвода от машины обработанного изделия и отходов обработки.

На всех существующих рыбообрабатывающих машинах предусмотрена ручная подача сырья в машину. Механизация этой операции в силу специфики рыбного сырья чрезвычайно сложна. Мы предусматриваем ручную подачу сырья, не исключая в дальнейшем механизации этого процесса.

Практикой установлено, что при ручной подаче рыбы одним работником, обслуживающим машину, может быть достигнута производительность в 60 рыб/мин. Если принять для сортировочной машины эти данные, то и при ручной подаче эта машина увеличит производительность труда в 2—4 раза, поэтому создание такой машины, даже с ручной загрузкой сырья, вполне целесообразно.

Отвод от машины обработанного изделия обычно осуществляется весьма просто и в нашем случае можно либо собирать отсортированную сельдь в бункеры, периодически разгружая их, либо подавать ее на специальные сборные устройства непрерывного транспорта.

Требования, которым должна удовлетворять конструкция машины, следующие.

1. Машина предназначена для сортировки соленой сельди по длине на четыре группы.

2. При сортировке рыбы в каждой группе рыб других размеров не должно быть больше 5%.

3. Производительность машины 60 рыб в минуту (или около 1,5 т в час) при ручной загрузке. При механической загрузке производительность должна быть удвоена без конструктивных изменений самой машины в результате повышения скорости рабочих органов ее.

4. Машину должен обслуживать один человек.

5. Машина должна быть проста по конструкции, надежна и безопасна в работе, а также должна отвечать всем требованиям санитарии для пищевых машин.

На основании наших работ [2] мы вправе утверждать, что до сего времени не существует такого предложения, которое удовлетворяло бы полностью или частично требованиям, предъявляемым к машинам для сортировки рыбы по длине.

Нам предстоит разработать хотя бы в общих чертах конструктивное решение машины.

Мы предлагаем следующее устройство машины (рис. 3).

На вертикальном валу 1 закреплен фигурный конический барабан 2, снабженный гнездами для закладки поштучно рыбы, подлежащей сортировке. Вал и барабан вращаются с постоянной скоростью от электромотора при помощи приводных устройств 3 обычного типа.

При вращении барабана рыба, расположенная на нем, проходит последовательно через четыре пункта, где и отбираются экземпляры нужного размера.

В первую очередь от машины отводится мелкая сельдь, затем средняя, крупная и, наконец, отборная.

Если рыба на барабане расположена наклонно, то при достаточно большом угле наклона она может беспрепятственно скользить по его поверхности.

При размещении рыбы на барабане в определенном положении (головой вниз), она упирается головой в кожу барабана 4. При наличии в кожухе разгрузочных окон рыба будет соскальзывать с барабана и отводиться от машины. Для отвода рыбы определенной длины необхо-

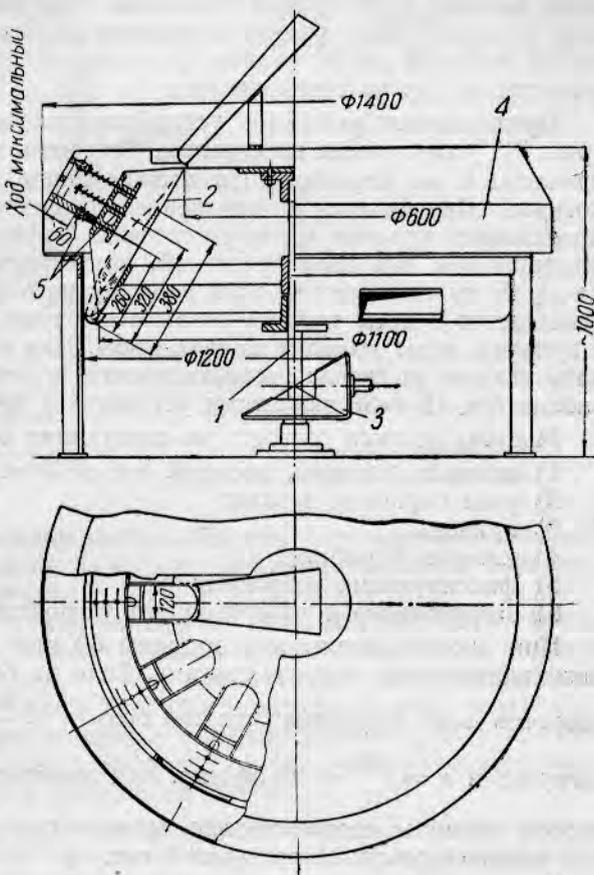


Рис. 3. Схема сортировочной машины.

димо там, где расположены разгрузочные окна, фиксировать положение ее дополнительными устройствами, чтобы рыба больше допустимого размера не могла сойти с барабана. Таких фиксаторов при сортировке на четыре размера должно быть три. У последнего разгрузочного окна фиксации не требуется.

На машине должно быть зажимное приспособление, которое можно выполнить в двух вариантах: либо в виде тонких игл диаметром 2,0—2,5 мм, либо в виде планки с зубчатой насечкой. Последний вариант менее целесообразен, так как в этом случае необходима компенсация хода зажима из-за разной толщины тела рыбы. При применении игл ход их может быть принят постоянным. Максимальное количество проколов большой рыбы, равное 3, по нашему мнению, не повлияет ни на качество ее, ни на товарный вид.

Предлагаемое зажимное устройство состоит из двух или трех игл 5 (рис. 3), укрепленных на стержне. Стержень ходит в направляющей, закрепленной на барабане. На втором конце стержня закреплен ролик, который обкатывается по внутренней поверхности профилированного неподвижного кулачка 6, закрепленного на кожухе барабана. Стержень подпружинен винтовой пружиной, прижимающей ролик стержня к кулачку. В нужном месте ролик набегаёт на выступ кулачка, стержень перемещается и иглы зажима вонзаются в тело рыбы. Когда ролик сходит с кулачка, иглы выходят из тела рыбы. Для того чтобы рыба не увлеклась иглами из гнезда, устанавливается отбойная планка. Всего на барабане  $3 \times 12 = 36$  зажимных устройств с тремя кулачками.

Машина должна состоять из следующих основных узлов:

- 1) станины машины, несущей все рабочие органы;
- 2) узла барабана и вала;
- 3) привода;
- 4) кожуха барабана;
- 5) фиксирующих устройств;
- 6) загрузочного и разгрузочного устройства.

При производительности машины 60 рыб в минуту загружать рыбу необходимо через каждую секунду. Если на барабане 12 гнезд, то число оборотов вала барабана должно быть  $n = \frac{60}{12} = 5$  об/мин. при ручной загрузке и  $n = \frac{120}{12} = 10$  об/мин. при механизированной загрузке; цикл работы машины соответственно равен — при ручной загрузке 12 сек. и при механизированной загрузке 6 сек.

Все дальнейшие расчеты мы ведем для режима с механической подачей рыбы.

Принимаем наклон образующей поверхности конуса в  $60^\circ$ , который безусловно обеспечит свободное скольжение рыбы по поверхности барабана. Скорость скольжения рыбы на основании данных А. А. Белоусова может быть 1,5 м/сек. При длине рыбы 0,5 м время, необходимое для выскользывания наиболее длинного экземпляра сельди, равно 0,35 сек.; учитывая ширину рыбы и запас времени, можем считать, что время выскользывания составит 0,6 сек.

Четыре разгрузки и одна загрузка составят один цикл работы машины. Время на эти операции равно  $5 \cdot 0,6 = 3$  сек., или 50% от времени одного цикла.

На рис. 4 представлена циклограмма машины при работе ее с механической загрузкой. При ручной загрузке продолжительность всех операций удваивается.

Как видно из циклограммы, работа машины не является напряженной.

Исходя из наибольшей ширины рыбы в 110 мм и принимая промежуток между соседними гнездами в 60 мм, определим верхний диаметр барабана по оси гнезд.

Предположим, что диаметр барабана равен диаметру окружности, описанной вокруг правильного многоугольника с 12 сторонами; сторона равна 170 мм. Указанный диаметр на основании построения (рис. 5) будет равен 660 мм.

Угол наклона боковой образующей конуса мы при-

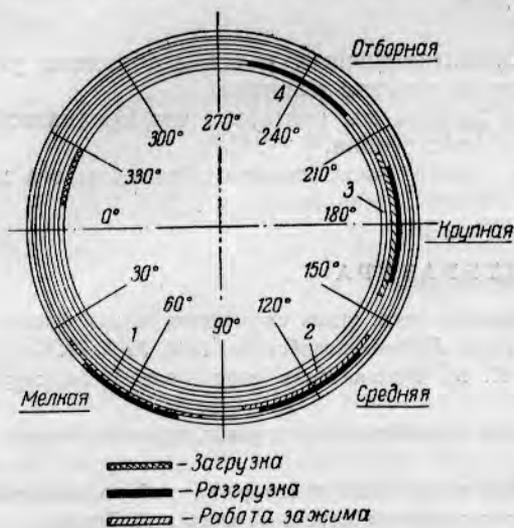


Рис. 4. Циклограмма машины.

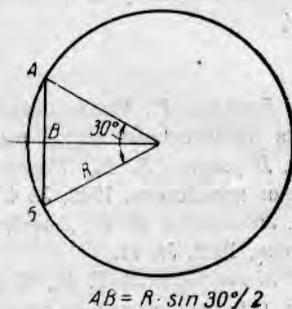


Рис. 5. Определение диаметра барабана.

няли 60°, а максимальную длину рыбы — 500 мм; следовательно, нижний диаметр барабана будет равен 1160 мм. Остальные размеры барабана зависят от конструкции машины.

Полагая, что при ручной загрузке привод от электромотора с числом оборотов 1500 в минуту ( $n$ ), тогда общее передаточное число от вала барабана к электромотору ( $i_{\text{общ}}$ ) будет равно 1:300. Это передаточное число можно разделить на 40:1 (от электромотора к валу червячного колеса); 3,75:1 (от червячного колеса к промежуточному валу при помощи цилиндрических зубчатых колес) и 2:1 (от промежуточного вала к валу барабана при помощи конических колес).

Если число оборотов электромотора ( $n$ ) равно 1000, то достаточно один червячный редуктор и пара конических колес. Для синхронности операций машины применять гибкую передачу нецелесообразно.

При работе машины, не считая пускового момента, мощность будет расходоваться:

- 1) на преодоление трения рыбы о желоб кожуха барабана;
- 2) на преодоление трения в подшипниках вращающихся деталей машины;
- 3) на преодоление трения роликов о кулачки;
- 4) на преодоление трения в приводе.

Если вес 12 рыб в барабане 10 кг и коэффициент трения равен 1,0, то сила трения будет 10 кг. Момент силы трения  $M_1 = 10 \cdot 60 = 600$  кг/см.

Примем, что вес вращающихся частей 100 кг, коэффициент трения 0,1; в этом случае сила трения в подшипниках равна 10 кг, момент силы трения  $M_2 = 10 \cdot 2 = 20$  кг/см.

Усилие пружины ролика принимаем в 3 кг. Полная сила  $3 \cdot 36 = 108$  кг, коэффициент трения 0,1, момент силы трения  $M_3 = 10,8 \cdot 60 = 648$  кг. Суммарный момент будет:

$$\Sigma M = 1270 \text{ кг/см.}$$

или

$$M = 71\,620 \frac{N}{n},$$

или

$$N = \frac{1270 \cdot 5}{71620} \cong 0,1 \text{ л. с.}$$

Данный расчет является ориентировочным и его необходимо уточнить при разработке технорабочего проекта машины.

На основании проделанной работы мы считаем, что предлагаемая конструкция машины вполне работоспособна.

Целесообразность создания экспериментального образца и его всесторонняя проверка очевидны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баланин Г., Исследование объемного веса, углов скольжения и коэффициентов трения промысловых пород рыб, журнал «Рыбное хозяйство», 1936, № 2—3.
2. Дорменко В. В., Разговоров П. В., Механизация сортировки рыбы, журнал «Рыбное хозяйство», 1949, № 4.
3. Леванидов И. П., Диффузия соли и скорость посола рыбы, журнал «Рыбное хозяйство», 1948, № 11.
4. Монастырский Г. Н., К методике определения темпа роста рыб по измерениям чешуи. Сборник статей по методике определения возраста и роста рыб. Труды Сибирской ихтиологической лаборатории, Красноярск, 1926.
5. Семенов Н. А., Степень просаливания рыбы в зависимости от ее размеров, Труды ВНИРО, т. XX, 1952.
6. Тюрин П. В., О зависимости между длиной рыбы и ее весом. Труды Сибирской ихтиологической лаборатории, т. II, вып. 3, Красноярск, 1927.

## ОПЫТ ПРЕССОВАНИЯ САЛА КАШАЛОТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИРА И КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ

Ст. научный сотрудник В. В. ДОРМЕНКО

### Введение

Среди многочисленных проблем наиболее полного и рационального использования естественных богатств нашей Родины стоит и проблема наилучшего использования морских млекопитающих — китов.

Из китов получают в основном животный жир, содержание которого в его шкуре весьма значительно. Однако соединительная ткань шкуры совершенно не использовалась или использовалась недостаточно полно, главным образом, для приготовления кормовой муки.

Советские изобретатели М. Г. Русаков и И. И. Харьков предложили использовать шкуры китов для получения, кроме жира, и кожевненного сырья.

Осуществление этого предложения должно коренным образом изменить существующую технологическую схему обработки шкур китов как отдельных операций технологического процесса, так и аппаратурное оформление его.

Авторы предлагают механически удалять жир из шкуры без тепловой обработки путем прессования при таких условиях, которые сохраняли бы целостность волокнистой структуры соединительной ткани.

Изобретатели доказали, что можно получать кожу из соединительной ткани шкуры кита в полупроизводственном масштабе. Однако эта работа охватывает только одну сторону вопроса. Другой стороной его является разработка способа извлечения жира из шкуры китов и получение выходов жира в таком же количестве, как и при существующих принятых способах переработки шкур. Этот вопрос до сего времени еще никем не решен.

Прежде всего необходимо установить оптимальные режимы прессования. Без ясного представления сущности процесса прессования, без знания закономерностей, лежащих в основе его, решение этой проблемы весьма затруднительно.

Настоящая работа частично освещает этот вопрос, и так как в литературе нет материалов о прессовании китовых шкур или близких им продуктов, дает некоторые исходные данные для разработки промышленных установок и правильной эксплуатации их.

Мы поставили перед собой задачу — исследовать процесс извлечения жира прессованием, не касаясь вопросов химических методов извлечения его (например, экстракцией), в основном при применении гидравлических прессов. Мы ограничились исследованием одного вида сырья — шкуры кашалота, при этом основное внимание было обращено на верхний слой шкуры как наиболее ценную ее часть для получения кожевненных товаров.

Цель нашей работы следующая:

- 1) установить связь между выходом жира из верхнего слоя шкуры кашалота и величинами, определяющими режим прессования (давлением и временем);
- 2) представить эту связь в виде определенной закономерности;
- 3) изыскать оптимальный режим прессования;
- 4) дать некоторые рекомендации по аппаратурному оформлению процесса.

При решении этих вопросов должное внимание было уделено сохранению выхода жира из шкуры по новому методу обработки на уровне существующих в настоящее время выходов.

### **Теоретические предпосылки к процессу прессования сала китов**

В технике под наименованием «прессование» зачастую понимается ряд процессов, весьма различных по своему существу. Общим во всех случаях является воздействие на обрабатываемый материал внешней силы. Однако эти процессы различны по цели, которую преследуют при прессовании.

Основными задачами при прессовании могут являться:

- 1) изменение формы материала при постоянном его весе и объеме (ковка, штамповка, протяжка металла, формовка резиновых изделий, пластичных масс и пр.). Процесс происходит преимущественно в зоне пластических деформаций;
- 2) изменение формы и объема материала при постоянном его весе (брикетирование различных кусковых и сыпучих материалов). Процесс происходит в зоне пластических и упругих деформаций;
- 3) изменение формы, объема и веса материала (выделение жира и растительного масла из сырья и пр.). Процесс происходит преимущественно в зоне упругих деформаций для твердой части вещества.

Приведенные приемы показывают, что различие между этими процессами весьма существенно и отождествлять их нельзя. Под процессом прессования в данной работе понимается третий случай из указанных выше, т. е. процесс выделения жидкости из системы твердых и жидких составляющих.

По своему существу данный процесс подобен фильтрации. Однако при фильтрации с образованием сжимающегося осадка (случай, наиболее близкий к процессу прессования) толщина слоя осадка непрерывно возрастает, а при прессовании толщина слоя непрерывно уменьшается. При фильтрации жидкость движется через всю толщу материала (осадка), при прессовании жидкость движется от центра слоя к его поверхности. Это различие не может не сказаться на количественных и качественных показателях процессов, хотя сущность их все-таки остается одной и той же.

Если процесс фильтрации в настоящее время изучен достаточно полно, то процесс прессования изучен весьма мало даже в таких производствах, как производство растительных масел и животных жиров. Литература по данному вопросу весьма ограничена [1, 4, 5, 8] и, главным образом, освещает вопросы производительности установок по сырью, определению потребных усилий для работы прессующих машин и конструктивного описания их. Вопросам же выхода жира и масел мало уделяют или совершенно не уделяют внимания [9, 12].

Для нашего случая прессования китовых шкур указанная литература не дает каких-либо материалов, которые можно было бы использовать, так как при производстве растительных масел и животных жиров прессованию предшествует измельчение сырья и тепловая обработка его

при высоких температурах, что совершенно исключается при прессовании шкуры китов с сохранением структуры соединительной ткани.

Поэтому мы использовали теоретические положения процесса фильтрации применительно к специфике нашего случая с учетом всех особенностей его.

Процесс фильтрации исследуется на протяжении более столетия, если принять за начало исследования дату появления уравнения Паузейля (1842 г.), которое положено в основу большинства работ по теории фильтрации.

Исследованием теории фильтрации занимались и занимаются советские ученые, которым в этой области принадлежит ведущая роль. Особенно много сделано нашими учеными в области исследования фильтрации жидких тел в пористой среде применительно к движению грунтовых вод и нефти. Акад. Л. С. Лейбензон [6] и другие ученые разработали теорию фильтрации через грунт. Б. А. Бурдаков впервые вывел формулы для расчета фильтров непрерывного действия. Перечисление важных работ советских ученых по теории фильтрации потребовало бы специальной монографии. Поэтому мы ограничиваемся ссылкой на статью П. Я. Полубариновой-Кочиной и С. В. Фалькович [10], в которой имеется весьма полный обзор по этому вопросу, а также на книгу Н. В. Шпалова [13].

Многочисленные исследования процесса фильтрации показывают, что характер движения жидкостей через поры осадка ламинарный, следовательно, оно подчиняется закону движения жидкости в капиллярных каналах и может быть выражено уравнением:

$$v = \frac{\pi \cdot n \cdot R^4 \cdot F_0 p t}{8 \mu \alpha h}, \quad (1)$$

где:  $v$  — объемная производительность фильтра за время  $t$ , выраженная в  $м^3$ ;

$F_0$  — площадь фильтра в  $м^2$ ;

$n$  — количество капиллярных каналов в  $1 м^2$  поверхности фильтра;

$R$  — радиус одного капиллярного канала в  $м$ ;

$p$  — разность давления на концах капиллярного канала в  $кг/м^2$ ;

$t$  — время фильтрации в сек.;

$\mu$  — абсолютная вязкость жидкости в  $\frac{кг/сек}{м^2}$ ;

$\alpha$  — коэффициент удлинения канала за счет его искривленности;

$h$  — толщина слоя осадка в  $м$ .

В данной формуле величина  $nF_0$  выражает количество капиллярных каналов во всей площади фильтрации и подстановка размерностей в формулу (1) подтверждает размерность  $v$  в  $м^3$ .

Следует отметить, что экспериментальные работы в области фильтрации, проведенные в последнее время, привели различных исследователей по существу к одинаковым уравнениям процесса фильтрации, принципиально мало отличающимся от ранее предложенных уравнений.

А. Г. Касаткин [3] предлагает следующее обобщенное уравнение фильтрации:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\pi n \cdot R^4 F_0 p}{8 \mu \alpha \cdot h}, \quad (2)$$

где  $\frac{dv}{dt}$  — удельная объемная производительность фильтра в рассматриваемый момент времени, остальные обозначения см. формулу (1).

Обозначив через  $\rho$  величину  $\frac{8\alpha}{\pi n \cdot R^4}$  и подставив ее значение в формулу (2), получим:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{PF_0}{\mu \rho h}$$

Решая это уравнение относительно  $\rho$ , будем иметь:

$$\rho = \frac{P}{\mu \cdot h \frac{1}{F_0} \cdot \frac{dv}{dt}} \quad (3)$$

Величина  $\rho$  — это удельное сопротивление осадка прохождению через него жидкости в процессе фильтрации.

Из уравнения (3) определим размерность величины:

$$\rho = \left( \frac{\frac{\text{кг/м}^2}{\text{м}^2} \cdot \frac{1}{\text{м}} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}}{\frac{\text{кг/сек}}{\text{м}} \cdot \frac{1}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}} \right) = \left( \frac{1}{\text{м}^2} \right)$$

при  $\mu = 1$ ,  $h = 1$  и  $\frac{1}{F_0} \frac{dv}{dt} = 1$ , численно  $\rho$  будет равно  $P$ .

Следовательно, величина  $\rho$  представляет собой потерю давления в кг/см<sup>2</sup> при прохождении жидкости вязкостью  $1 \frac{\text{кг/сек}}{\text{м}^2}$  через слой осадка толщиной 1 м при мгновенной скорости фильтрации в  $1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$ .

При сжимающихся осадках удельное сопротивление их является функцией давления и выражается в виде:

$$\rho = \rho' \cdot P^S, \quad (4)$$

где  $\rho'$  удельное сопротивление осадка во время фильтрации при  $P = 1 \text{ кг/м}^2$ .

С учетом формулы (4) формула (2) для сжимающихся осадков может быть представлена в виде:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F_0 \cdot P^{1-S}}{\mu \cdot \rho' \cdot h}, \quad (5)$$

где  $S$  — показатель сжимаемости осадка.

Величина  $S$  может быть найдена только опытным путем, поэтому формула (5) в общем виде не может быть проинтегрирована.

Рассматривая формулу (5), мы считаем, что:

1) выражение  $\frac{1}{\mu}$ , на основании уточнений Г. М. Знаменского [2], не зависит от величины давления фильтрации и учитывает только температурный режим прессования, так как величина вязкости изменяется в зависимости от изменения температуры;

2) выражение  $F_0/h$  учитывает линейные размеры фильтра и осадка, образующегося в нем;

3) выражение  $\frac{1}{\rho' P^S}$  учитывает структуру осадка, которая изменяется в процессе фильтрации и не поддается точному теоретическому определению.

Во время прессования прямоугольных кусков шкуры равной толщины со свободной боковой поверхностью можно считать, что жидкость в процессе прессования выходит из прессуемого материала по всей поверхности образца.

Считая минимальный путь жидкости в толще материала равным половине толщины образца, величина  $h$  в формуле (5) должна быть заменена на  $h/2$ .

Под величиной  $F_0$  формулы (5) следует понимать полную поверхность образца

$$F_n = 2(ls + sh + lh),$$

где:  $l$  — длина;  
 $s$  — ширина;  
 $h$  — толщина образца.

Если при фильтрации нас обычно интересует абсолютное количество выделяющейся жидкости, то при прессовании мы обычно интересуемся относительным выходом жидкости, выраженным в процентах по отношению к содержанию жидкости в исходном сырье.

$$\Delta G = \frac{G_n - G_k}{G_n} \cdot 100, \quad (6)$$

где:  $\Delta G$  — относительный выход жидкости;  
 $G_n$  — начальное содержание жидкости;  
 $G_k$  — конечное содержание жидкости.

Очевидно,  $G_n - G_k$  будет обозначать весовое количество жидкости, удаленной в процессе прессования за время  $t$

$$G_n - G_k = \frac{\Delta G \cdot G_n}{100}. \quad (7)$$

Переходя от весовых единиц к объемным, будем иметь:

$$v = \frac{G_n - G_k}{\gamma_{ж}}$$

или

$$v = \frac{\Delta G \cdot G_n}{100 \gamma_{ж}}, \quad (8)$$

где  $\gamma_{ж}$  — удельный вес жидкости.

Начальное содержание жидкости может быть выражено через вес образца

$$G_n = qG,$$

где:  $q$  — весовая доля жидкости в образце;

$G$  — вес прессуемого образца.

Тогда:

$$v = \frac{\Delta G \cdot q \cdot G}{100 \gamma_{ж}}. \quad (9)$$

Следовательно, на основании формулы (5) можно написать:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d \left( \frac{\Delta G \cdot q \cdot G}{100 \gamma_{ж}} \right)}{dt} = \frac{4(ls + sh + lh) p^{1-s}}{\mu \rho' h} \quad (10)$$

или

$$\frac{d(\Delta G)}{dt} = \frac{400 \gamma_{ж} \left( \frac{ls}{h} + s + l \right) p^{1-s}}{q G \mu \rho'}. \quad (11)$$

Кроме указанного выше, следует отметить весьма существенное различие между процессом фильтрации и прессованием сала кашалота. При фильтрации, как правило, через осадок обычно проходит однородная жидкость. При данном процессе прессования выделяются разнородные жидкости — влага и жир.

Для движения неоднородных жидкостей в пористой среде В. Н. Щелкачев и Б. Б. Лапук [12] вводят понятие фазовой проницаемости пористой среды, которое может быть применимо и в нашем случае.

Если в формуле (11) вместо удельного веса жидкости, весового ее содержания в исходном материале и сопротивления материала прохождению жидкости подставим соответствующие величины для жира, то мы получим формулу:

$$\frac{d(\Delta g)}{dt} = \frac{400\gamma_{ж}\left(\frac{ls}{h} + s + l\right)p^{1-n}}{q_{ж} \cdot G\mu\rho''}, \quad (12)$$

где:  $\frac{d(\Delta g)}{dt}$  — удельный выход жира в процентах к исходному содержанию жира в сырье;

$\gamma_{ж}$  — удельный вес жира;

$q_{ж}$  — весовое содержание жира в сырье;

$G$  — начальный вес прессуемого образца;

$\mu$  — абсолютная вязкость жира;

$l, s, h$  — линейные размеры прессуемого образца;

$\rho''$  — сопротивление материала выходу только жира;

$n$  — показатель сжимаемости материала с учетом фазовой проницаемости.

В формуле (12) можно считать, что величина  $\frac{400 \cdot \gamma_{ж}}{q_{ж} G \mu \rho''}$  практически не изменяется во время прессования. Величина  $\frac{1}{\mu}$  характеризует только температурный режим прессования.

Выражение  $\frac{ls}{h} + s + l$  по смыслу соответствует выражению  $\frac{F_0}{h}$  формулы (5) и учитывает влияние линейных размеров прессуемого образца на количество удаляемого жира. Очевидно, что при давлении прессования, равным нулю, этот член должен равняться величине:

$$\frac{l_0 S_0}{h_0} + S_0 + l_0,$$

где  $l_0, S_0, h_0$  — начальные линейные размеры образца.

Обозначив через  $K_0$  величину  $\frac{l_0 S_0}{h_0} + S_0 + l_0$ , мы можем предполагать, что выход жира в процессе прессования будет зависеть от скорости изменения величины  $K_0$ , а конечный выход жира — от  $K_0$ , хотя указать характер функциональной зависимости не представляется возможным, так как в формулу (12) входит величина  $G = \gamma_0 l_0 S_0 h_0$ ; очевидно, зависимость выхода жира от линейных размеров определяется выражением:

$$K'_0 = \frac{K_0}{l_0 h_0 S_0} = \frac{1}{h_0^2} + \frac{1}{l_0 h_0} + \frac{1}{S_0 h_0}.$$

Мы не можем теоретически определить и величину  $n$ . По указанным причинам формула (12) не может быть проинтегрирована, а расчетная формула для определения выхода жира должна быть получена опытным путем.

На основании проведенного анализа, мы можем предположить, что расчетная формула процесса прессования должна иметь следующий вид:

$$\Delta g = a_1 p^a t^c. \quad (13)$$

Выход жира будет зависеть от некоторой постоянной величины  $K_0$  и  $K$  ( $K = \frac{400 \cdot \gamma_{ж}}{q_{ж} \cdot G \cdot \mu \rho''}$ ) и независимых переменных  $p$  и  $t$  в некоторой степени, характеризующей функциональную зависимость переменных величин формулы (12) от давления и времени прессования.

Если в формуле (13)  $p$  — давление прессования в  $\text{кг/см}^2$ ,  $t$  — время прессования в мин., то, учитывая переводной коэффициент, окончательно будем иметь:

$$\Delta g = ap^a t^c, \quad (14)$$

где:  $\Delta g$  — выход жира в процентах к содержанию жира в сырье;  
 $p$  — давление прессования в  $\text{кг/см}^2$ ;  
 $t$  — время прессования в мин.;

$a, b, c$  — коэффициенты, учитывающие характеристику сырья и зависимость исходных величин от режима прессования.

Из формул (12—14) можно установить, что выход жира при прессовании зависит от начальных линейных размеров прессуемого образца: от вязкости жира ( $\frac{1}{\mu}$ ), характера исходного сырья ( $a, b$  и  $c$ ), давления прессования ( $p$ ) и времени прессования ( $t$ ).

Величины  $a, b$  и  $c$ , очевидно, не зависят от нас и мы можем изменять их только в известных пределах; величины же  $p$  и  $t$  могут устанавливаться нами в любых пределах.

Поэтому первоочередная задача экспериментальной части нашей работы определить коэффициенты  $a, b$  и  $c$  и подтвердить формулу (14), устанавливающую закономерность процесса прессования.

Выход жира зависит при остальных равных условиях от изменения двух независимых переменных  $p$  и  $t$ , поэтому мы считаем целесообразным проводить исследование при двух режимах:

1. При  $\Delta t = 1 = \text{const}$ , в этом случае формула (14) принимает вид:

$$\Delta g = ap^a. \quad (15)$$

2. При  $p = \text{const}$ , в этом случае величина  $ap^a$  может быть обозначена коэффициентом  $\delta$  и формула (14) будет иметь следующий вид:

$$\Delta g = \delta t^c. \quad (16)$$

## Методика и результаты экспериментальной работы

Для определения выхода жира в зависимости от режимов прессования нам необходимо получить численные значения коэффициентов  $a, b, \delta$  и  $c$  формул (11 и 12).

Как было указано выше, наши исследования проводились при двух режимах: при  $P = \text{const}$  и  $\Delta t = \text{const}$ . Ограниченное количество сырья и малые возможности лабораторного пресса заставили нас работать с образцами относительно небольших линейных размеров.

Исследованиям предшествовала предварительная проверка прессования образцов шкуры кашалота на испытательной машине ИМ-4, проведенная нами совместно с работниками ЦНИИКП; она показала, что давление в  $400 \text{ кг/см}^2$  близко к пределу, при котором волокна соединительной ткани шкуры начинают разрываться. Эти испытания легли в основу выбора максимального давления прессования в наших исследованиях.

Кроме того, предварительная проверка показала, что даже при максимально допустимых давлениях шкура после прессования сохраняет частично упругость и после того, как нагрузка снята с образца, высота его несколько увеличивается. Было также отмечено, что если образец во время прессования частично погружен в жидкость, то после того, как нагрузка снята, происходило обратное всасывание некоторого количества жидкости в образец.

Возможности нашего пресса (максимальное усилие в  $3,5 \text{ т}$ ) невелики, а необходимо получить давление прессования около  $300\text{—}400 \text{ кг/см}^2$ , поэтому мы были вынуждены принять размеры образцов в плане

30 × 30 мм при сохранении высоты их, равной высоте предполагаемых промышленных пластов шкуры.

На основании формулы (12) при прессовании образцов такого размера мы можем ожидать большего выхода жира, чем при прессовании промышленных пластов с размерами в плане 1 × 1,5 м.

Сравнивая величины  $K\%$  для наших образцов и для промышленных пластов в наших опытах, можно ожидать увеличения выхода жира примерно в 2 раза.

Учитывая влияние вязкости на выход жира и проверив изменение ее в зависимости от температуры, мы приняли температурный режим прессования наиболее жестким, т. е. температуру прессования в 20°. Повышая температуру до 35—40°, можно увеличить выход жира при прессовании в промышленных условиях примерно в 2 раза и тем самым компенсировать возможное уменьшение выхода жира в результате различных линейных размеров принятых нами опытных и промышленных образцов.

Для опытного прессования образцы шкуры подготавливали следующим образом: мороженный кусок шкуры разрезали на кусочки принятых размеров (30 × 30 × 20 мм); эти образцы имели небольшие отклонения от прямых линейных размеров, так как шкуры резали вручную. Образцы вырезали из трех слоев — сверху, внизу и из середины куска. Образцы верхнего слоя отрезали вместе с броней (верхний слой эпидермиса), которую потом удаляли. Образцы нижнего слоя отрезали непосредственно от нижней кромки шкуры после того, как с нее удалили поверхностный слой толщиной 3—5 мм. Из соленой шкуры образцы брали только от двух слоев сверху и снизу, так как общая толщина шкуры небольшая. Одновременно вырезали небольшие куски шкуры для химического анализа.

Заготовленные кусочки шкуры выдерживали при температуре 20° в течение 25 мин. Затем образцы измеряли штангенциркулем с ценой делений в 0,1 мм и взвешивали на технических весах с точностью до 0,01 г. Жир и влагу, выделяющиеся из образцов при выдержке, не учитывали.

Взвешенные и измеренные образцы закладывали между двумя латунными плитками прямоугольной формы, размерами 70 × 50 мм и толщиной 8 мм. Обе плитки имели по всей площади отверстия диаметром 1 мм, расположенные по квадратной сетке (сторона квадрата сетки 5 мм). С одной стороны каждой плитки прорезаны канавки глубиной 3 мм в продольном и поперечном направлении по центрам отверстий.

Вместе с образцом шкуры между плитками помещали контрольный цилиндр из пластелина диаметром 8—10 мм для учета толщины спрессованного образца под нагрузкой и степени упругой деформации его.

Плитки с образцом шкуры устанавливали в ванну из белой жести размерами 90 × 180 мм и глубиной 10 мм, в которой собирали жидкость. Один из углов ванны отогнут, чтобы удобнее было сливать отпрессованную жидкость.

На верхнюю плитку укладывали пластинку из белой жести, размер ее равен размеру плитки. Пластинка предохраняет верхнюю траверсу пресса от загрязнения жиром и предотвращает потерю жира, так как это может отрицательно отразиться на балансе при подсчетах веса образца и жидкости после прессования.

Собранную таким образом прессформу устанавливали на столе пресса, после этого начинали прессование. Для прессования мы использовали гидравлический (масляный) лабораторный пресс с ручной подачей масла.

Пресс снабжен предохранительным клапаном и манометром. Манометр градуирован на давление от 15 до 250 кг/см<sup>2</sup> с ценой делений в 5 кг/см<sup>2</sup>.

Диаметр плунжера пресса 58 мм, максимальный ход плунжера 70 мм.

Трение плунжера о манжет и вес подставки, которую установили, чтобы сократить холостой ход прессы, не учитывали, так как влияние их незначительно.

Все опыты по прессованию были разбиты на две группы. Первая группа объединяла опыты при режиме  $\Delta t = \text{const}$ , вторая — при режиме  $p = \text{const}$ . Отдельные опыты, кроме того, были объединены в серии, во время которых использовали один из видов сырья. В каждой серии использовали от двух до четырех кусочков однородной шкуры.

Прессование производилось «ступенчатым» методом, сущность которого заключается в том, что каждый кусочек шкуры прессуется 3—4 раза с промежуточной регистрацией результатов прессования и с изменением давления или времени прессования.

Прессование при постоянном времени производилось при следующем режиме:

1. Подъем давления до заданной величины — 25—30 сек.
2. Выдержка образца под нагрузкой — 60 сек.
3. Сброс нагрузки — 5 сек.

Время указанных операций контролировали по секундомеру.

Давление последующего прессования каждый раз было больше, чем предыдущего. В свою очередь, величина начального давления для каждого последующего кусочка одной и той же серии была меньше конечного давления предыдущего кусочка.

После каждого прессования определяли вес образцов брутто, сливали отпрессованную жидкость и остаток взвешивали, затем снова образец удаляли и взвешивали тару и, наконец, взвешивали сам образец на заранее тарированной стеклянной чашке.

Подобный метод взвешивания позволял тщательно контролировать вес составных частей путем суммирования отдельных данных и избегать случайных ошибок при взвешивании. После взвешивания измеряли линейные размеры отпрессованного образца; вследствие искривления прямолинейных контуров образца измеряли наибольший и наименьший размер и среднее значение его брали за основу. После конечного прессования от образца отбирали среднюю пробу для химического анализа.

Методика прессования при постоянном давлении такая же, как и в процессе прессования при постоянном времени. Режим прессования был принят следующий:

1. Подъем давления до заданной величины — 25—30 сек.
2. Выдержка — определенное время под нагрузкой.
3. Сброс нагрузки — 5 сек.

Время прессования при режиме  $p = \text{const}$  выбирали по тому же принципу, по которому выбирали величину давления при режиме  $\Delta t = \text{const}$ .

Режим прессования при постоянном давлении был рассчитан на обработку всех образцов при одном и том же давлении, но практически давление не было постоянным, так как выдерживать точно линейные размеры образцов при резке сала вручную невозможно.

Всего было проведено 23 серии опытов прессования на 84 образцах (включающих 252 прессования); в том числе: при режиме  $\Delta t = \text{const}$  — 46 образцов, при режиме  $p = \text{const}$  — 38. Наибольшее количество опытов было проведено с образцами верхнего слоя шкуры кашалота. Последующие слои подвергались прессованию, главным образом, для того, чтобы подтвердить наше предположение, что равновеликий выход жира из них можно получить при менее жестком режиме прессования.

Во время наших исследований было проведено 106 химических анализов (не считая параллельных), из них: по сырью — 22 и по отпрессованным образцам — 84.

Все химические анализы проводились по единой методике с параллельными определениями каждого показателя. В сырье и в отпрессован-

ных образцах во всех случаях определяли влагу и жир по методу «Дина и Старка», применяя в качестве растворителя толуол, а плотный остаток — путем высушивания до постоянного веса. В некоторых образцах из соленой шкуры, кроме того, определяли содержание соли стандартным методом (по ОСТ 55).

Сохранность структуры соединительной ткани контролировали косвенно по наличию упругой деформации отпрессованного образца и, кроме того, проводили выборочные гистологические исследования препаратов из отпрессованных образцов.

Перечень проделанных работ представлен в табл. 1, где указаны также номера графиков, построенных на основании полученных результатов.

Таблица 1

Сводка опытных работ

№ серий	№ образцов	Наименование сырья	Пределы регулирования независимой переменной	№ графиков
1	202—205	Верхний слой мороженой шкуры из условного места, К-2	$P = 36,5 - 280 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	1, 2, 5
2	206—209	Средний слой мороженой шкуры из условного места, К-2	$P = 40 - 352,5 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	2
3	210—213	Нижний слой мороженой шкуры из условного места, К-2	$P = 41,5 - 55 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	2
4	214—217	Верхний слой мороженой шкуры из условного места, К-3	$P = 44,0 - 350 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	1, 5
5	218—224	Верхний слой мороженой шкуры из условного места, К-1	$P = 44,5 - 368 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	5
6	225—227	Верхний слой мороженой шкуры из условного места, К-3	$P = 73,5 - 131 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	1, 5
7	231—232	Верхний слой мороженой шкуры из условного места, К-2	$P = 72,5 - 103 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	1, 5
8	301—304	Верхний слой соленой шкуры из условного места, К-1с	$P = 36,7 - 375 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	1, 3, 5
9	305—307	Средний слой соленой шкуры из условного места, К-1с	$P = 44 - 243 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	
10	309—311	Нижний слой соленой шкуры из условного места, К-1с	$P = 42,7 - 221 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	
11	312—315	Верхний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$P = 45,5 - 419 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	1, 4, 5
12	316—319	Нижний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$P = 32,2 - 364 \text{ кг/см}^2$ $t = 1 \text{ мин.}$	4
13	228—230	Верхний слой мороженой шкуры из условного места, К-1	$P = 50 \text{ кг/см}^2$	6, 7, 10
14	233—235	Средний слой мороженой шкуры из условного места, К-1	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 33 - 42 \text{ кг/см}^2$	7
15	236—238	Нижний слой мороженой шкуры из условного места, К-1	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 32 - 34 \text{ кг/см}^2$	7
16	320—323	Верхний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 55 \text{ кг/см}^2$	6, 10
17	324—327	Нижний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 55 - 61 \text{ кг/см}^2$	9
18	328—331	Верхний слой соленой шкуры из условного места, К-1с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 59 - 63,5 \text{ кг/см}^2$	6, 8, 10
19	332—335	Средний слой соленой шкуры из условного места, К-1с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 61,5 - 71,5 \text{ кг/см}^2$	8
20	336—339	Нижний слой соленой шкуры из условного места, К-1с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 50 - 52,5 \text{ кг/см}^2$	
21	340—342	Нижний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 112 - 114 \text{ кг/см}^2$	9
22	343—345	Верхний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 119 - 123 \text{ кг/см}^2$	6, 10
23	346—348	Верхний слой соленой шкуры из условного места, К-2с	$t = \text{от } 1 \text{ до } 30 \text{ мин.}$ $P = 66 - 75 \text{ кг/см}^2$	6, 10

Изменение веса и высоты образцов при прессовании подсчитано на основании данных опытов по формулам:

$$\Delta G = \frac{G_n - G_k}{G_n} \cdot 100 \quad \text{и} \quad \Delta h = \frac{h_n - h_k}{h_n} \cdot 100,$$

где:  $\Delta G$  — изменение веса образца в процентах к начальному весу;  
 $G_n$  — начальный вес образца;  
 $G_k$  — конечный вес образца;  
 $\Delta h$  — изменение высоты образца в процентах к начальной высоте;  
 $h_n$  — начальная высота образца;  
 $h_k$  — конечная высота образца.

За конечную высоту образца принята его высота после того, как сняли нагрузку. Выход жира подсчитан на основании данных химических анализов.

Графики на рис. 1—10 построены в системе прямоугольных координат, на абсциссах которых отложены значения одной из независимых переменных ( $P$  или  $\Delta t$ ), а на ординатах — соответствующие величины  $\Delta g$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta t$ . Кривые на рис. 5 и 10 построены по данным предыдущих графиков только для верхних слоев шкуры.

Кроме того, мы определили относительную вязкость жира, полученного при прессовании наших образцов, стандартным методом при помощи прибора Оствальда.

Жир отделялся от влаги и белковых примесей на центрифуге. Вязкость жира определена в интервале температуры от 20 до 40° с промежутком в 5°.

При каждой температуре вязкость определяли 3—4 раза. За величину вязкости принято среднеарифметическое значение, полученное при отдельных определениях.

Результаты определения вязкости жира приведены в табл. 2.

Таблица 2

Относительная вязкость жира кашалота

Температура (в °С)	О п р е д е л е н и я				Средние результаты	Относи- тельная вязкость
	1	2	3	4		
Водное число прибора						
20	15	16	17	15	15,25	1
Время истечения жира в сек.						
20	746	740	754	745	746,25	49,0
25	673	673	675	—	673,66	44,1
30	540	540	540	540	542,50	35,6
35	387	386	387	—	386,66	25,7
40	350	350	350	—	350,00	22,9

На основании данных табл. 2 построен график зависимости вязкости жира от температуры (рис. 11).

На рис. 11 видно, что при изменении температуры с 20 до 40° относительная вязкость жира уменьшается примерно в 2 раза.

Можно считать, что при изменении температуры прессования с 20 до 40° значение абсолютной вязкости также уменьшится примерно в 2 раза, а выход жира увеличится в 2 раза при равенстве всех остальных условий прессования.

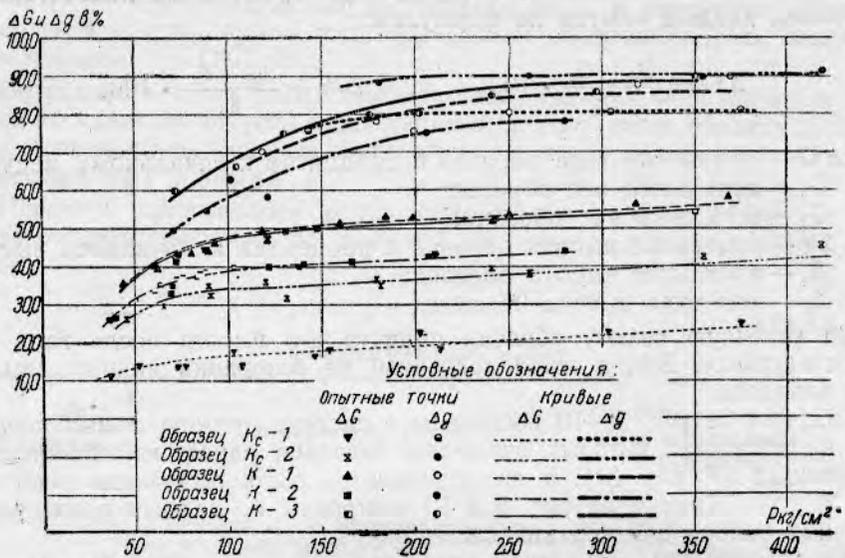


Рис. 1. Кривые изменения выхода жира и веса при прессовании образцов верхнего слоя шкуры кашалота (давление от 30 до 420 кг/см<sup>2</sup>, время—1 мин.).

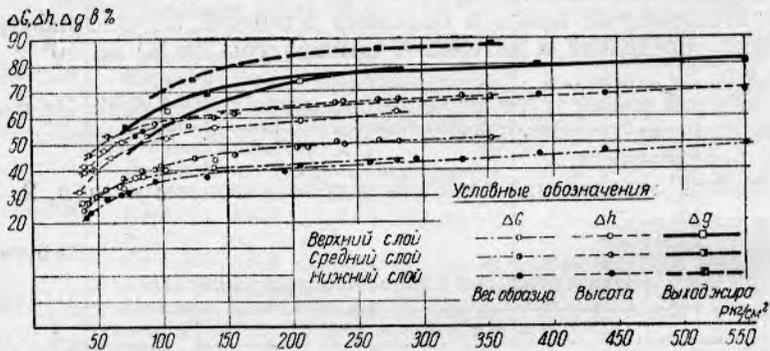


Рис. 2. Кривые изменения выхода жира, веса и толщины при прессовании образцов  $K-2$  по слоям (давление от 30 до 550 кг/см<sup>2</sup>, время—1 мин.).

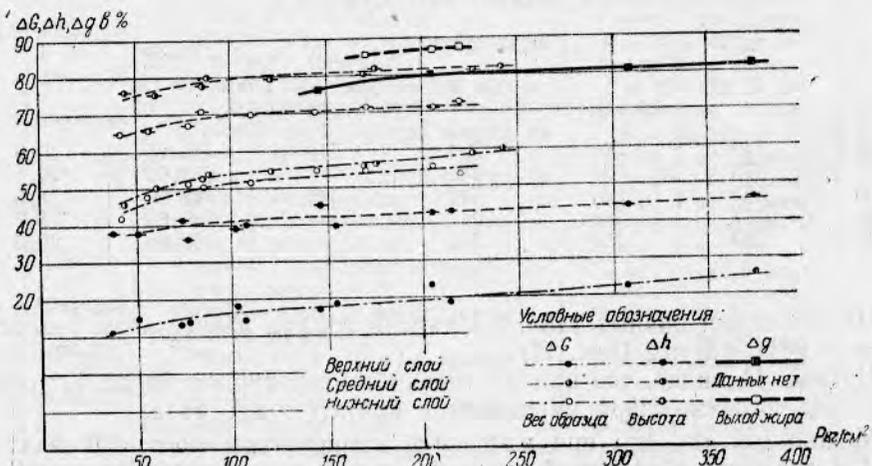


Рис. 3. Кривые изменения выхода жира, веса и толщины при прессовании образцов  $K_c-1$  по слоям (давление от 35 до 380 кг/см<sup>2</sup>, время 1 мин.).

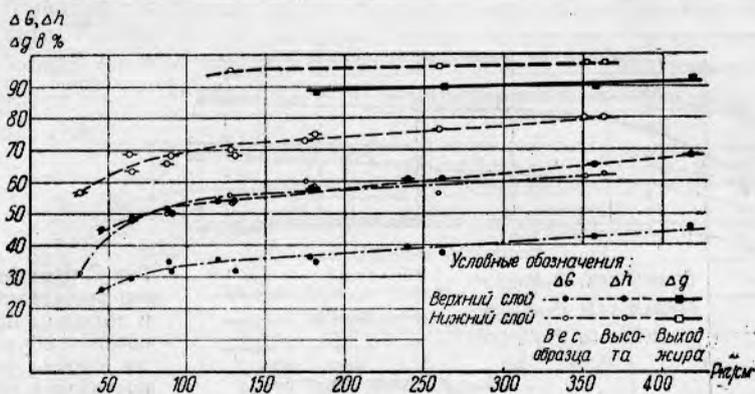


Рис. 4. Кривые изменения выхода жира, веса и толщины при прессовании образцов  $K_c-2$  по слоям (давление от 30 до 480 кг/см<sup>2</sup>, время—1 мин.).

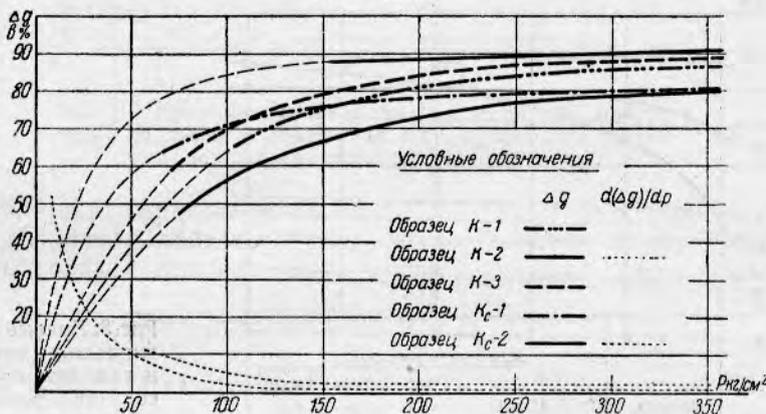


Рис. 5. Кривые изменения выхода жира при прессовании образцов верхнего слоя шкуры кашалота (давление от 50 до 350 кг/см<sup>2</sup>, время—1 мин.).

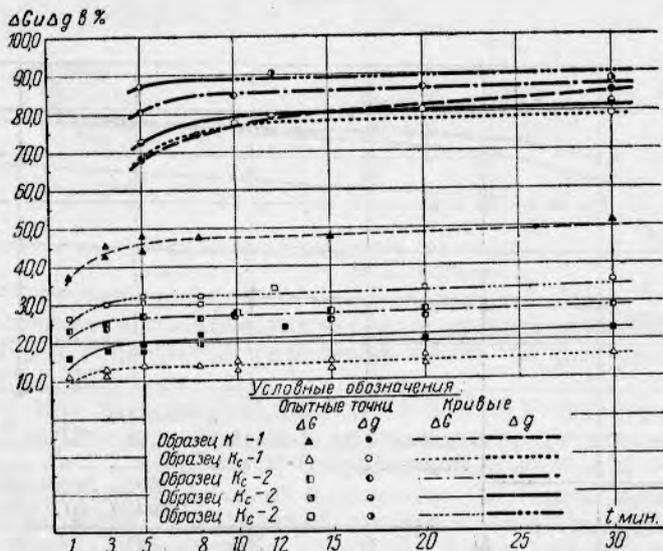


Рис. 6. Кривые изменения выхода жира и веса при прессовании образца верхнего слоя шкуры кашалота (давление постоянное, время от 1 до 30 мин.).

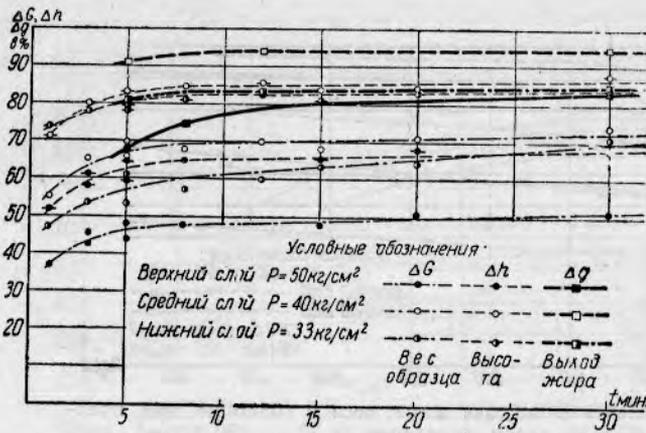


Рис. 7. Кривые изменения выхода жира, веса и толщины при прессовании образцов К-1 по слоям (давление постоянное, время — от 1 до 30 мин.).

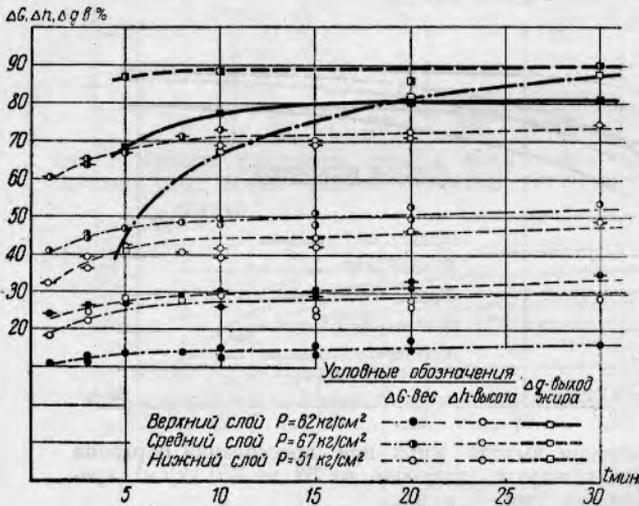


Рис. 8. Кривые изменения выхода жира, веса и толщины при прессовании образцов Кс-1 по слоям (давление постоянное, время — от 1 до 30 мин.).

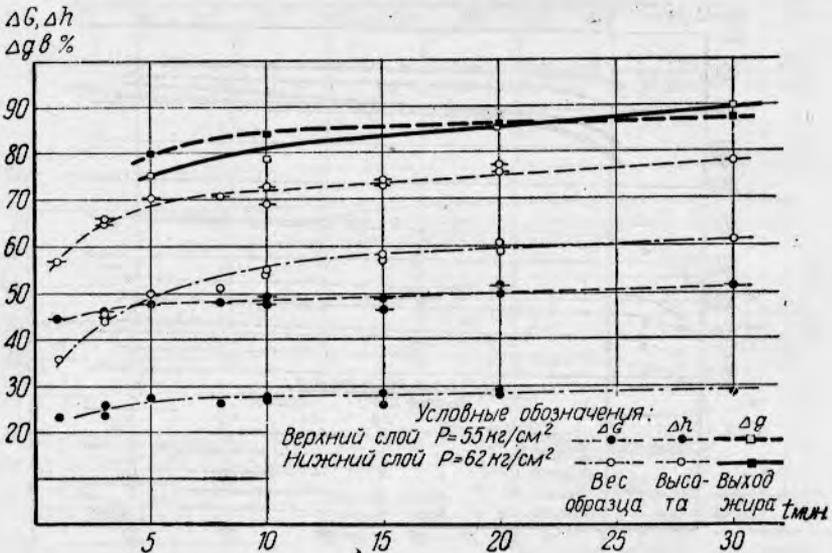


Рис. 9. Кривые изменения выхода жира, веса и толщины при прессовании образцов Кс-2 по слоям (давление постоянное, время — от 1 до 30 мин.).

Отпрессованные образцы шкуры по внешнему виду несколько похожи на текстолит. Конфигурация отпрессованных образцов по сравнению с первоначальной изменялась. У некоторых образцов, особенно из среднего и нижнего слоев, верхняя плоскость немного сдвигалась по отношению

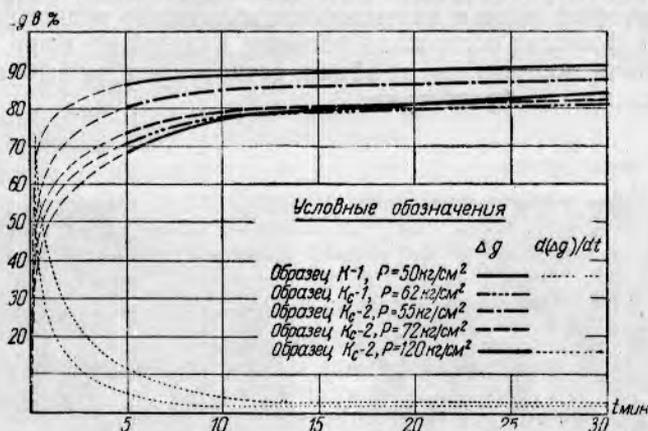


Рис. 10. Кривые изменения выхода жира при прессовании образцов верхнего слоя шкуры кашалота (давление постоянное, время—от 1 до 30 мин.).

к нижней. Часть образцов расширялась больше в одну сторону, чем в другую. Некоторые образцы теряли прямоугольную форму. Наиболее устойчивы образцы верхнего слоя, которые сохраняли свою форму.

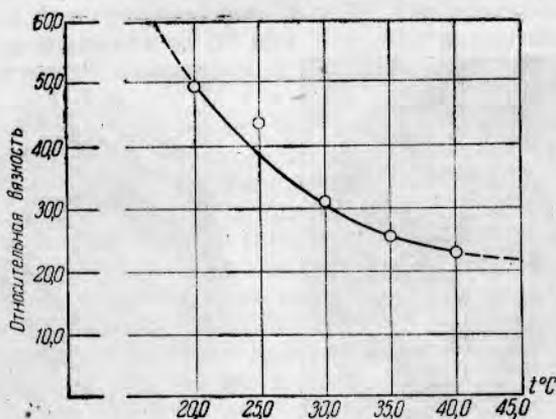


Рис. 11. Изменение вязкости жира кашалота в зависимости от температуры.

При выборочном гистологическом исследовании образцов отпрессованной шкуры было обнаружено уплотнение ткани, но разрывов волокон не найдено (рис. 12).

У всех образцов при прессовании под давлением свыше 60—70 кг/см<sup>2</sup> наблюдалось частичное вдавливание ткани в отверстия плиток; глубина вдавливания — от 1,0 до 2,5 м. В отпрессованной жидкости ни разу не наблюдали оторвавшихся кусочков выдавливаемой ткани. Жидкость, отпрессованная из образцов мороженой шкуры, налитая в пробирку, расслаивалась за непродолжительное время (2—3 мин.) на три слоя: верхний — прозрачный жир, средний — белый молочный слой белково-жировой эмульсии, нижний — жидкость клеточного сока бледновишневого цвета.

Такую же картину наблюдали и при отстаивании отпрессованной жидкости из образцов соленой шкуры, только нижний слой не был окрашен. Первые фракции жидкости, отпрессованной при относительно низких давлениях или при малой длительности прессования, содержали небольшое количество жира и значительное количество водного слоя.

Последние фракции содержали большее количество жира, чем влаги.

Рассматривая построенные графики, остановимся на выбранном нами «ступенчатом» методе прессования.

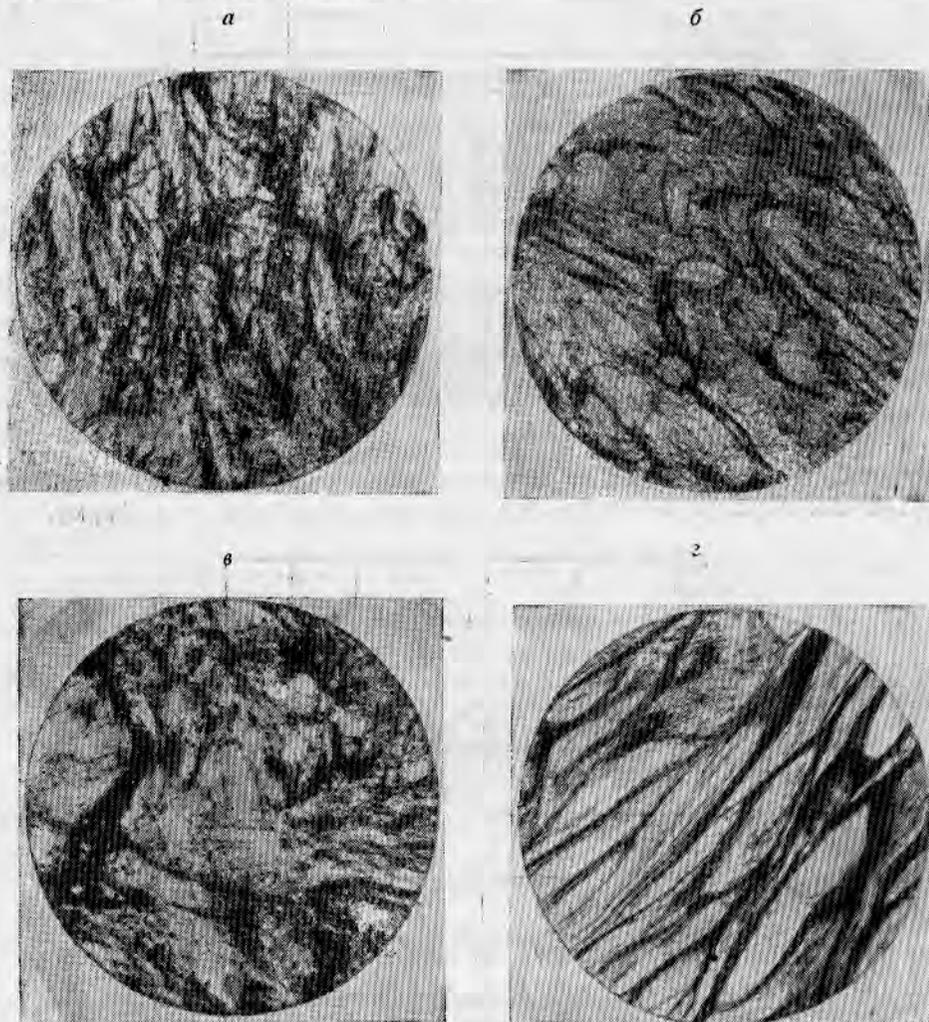


Рис. 12. Микроструктура отпрессованных образцов шкуры кашалота (увеличено в 80 раз):

*а*—образец *К-3*—верхний слой; *б*—образец *К-1*—верхний слой; *в*—образец *К-2*—средний слой; *г*—образец *К-2*—нижний слой.

Для проверки нашего предположения о том, что «ступенчатый» метод прессования не искажает закономерности изменения выхода жидкости, мы провели контрольные однократные прессования образцов верхнего слоя мороженой шкуры из трех условных мест (образцы № 222—224, 225—227 и 231—232). Контрольные точки по этим отпрессованным образцам хорошо совместились с остальными точками кривой (рис. 1), построенной на основании данных по «ступенчатому» прессованию; это фактически подтвердило наше предположение.

Но в результате такого метода наша возможность увеличивать количество данных о выходе жира уменьшилась, потому что химический анализ отпрессованных образцов мы могли производить, только закончив полностью прессование каждого образца. Так как закономерность выхода жира и жидкости в целом однообразна, а закономерность выхода жидкости подтверждается достаточным количеством опытных точек, мы считаем возможным утверждать о закономерности выхода жира на основании относительно небольшого количества опытных точек для построения кривых.

Необходимо отметить, что в случае прессования при режиме  $P = \text{const}$  опытные точки разбросаны несколько больше, чем при режиме  $\Delta t = \text{const}$ ; причем опытные точки для каждого образца находятся как бы на отдельном участке кривой. Наши попытки проанализировать данное явление не увенчались успехом. Мы пытались построить обобщающую кривую по точкам первоначальных прессований, чтобы исключить влияние «ступенчатого» метода прессования; однако эти точки не дали явно выраженной закономерности процесса. Попытки учесть время предыдущего прессования также не дали результатов. Очевидно, это происходит, главным образом, в результате некоторой разницы в расчетном давлении при прессовании различных образцов одной и той же серии за счет неточности их исходных линейных размеров.

Разброс точек во всех случаях не превышал величины  $\pm 2-3\%$  от построенной нами обобщающей кривой, поэтому мы приняли закономерность изменения выхода жидкости в соответствии с указанной кривой.

Кривые изменения выхода жира в случае прессования образцов при режимах  $P = \text{const}$  и  $\Delta t = \text{const}$  показывают, что выход жира из верхних слоев шкуры меньше, чем из последующих слоев шкуры. Исключением являются только два графика (рис. 8 и 9), где в одном случае верхний слой дает при прессовании за 30 мин. больший выход жира, чем нижний слой; в другом случае нижний слой дает меньший выход при прессовании до 20 мин.

Кривые изменения веса на тех же графиках подтверждают для всех случаев указанную выше закономерность. По этой причине мы склонны считать указанное явление результатом неточности химических анализов.

При сопоставлении выхода жира из всех отпрессованных образцов верхнего слоя шкуры кашалота (рис. 1 и 6) можно заметить, что выход жира из соленой шкуры больше, чем из мороженой. Кажущееся увеличение выхода жира из некоторых образцов мороженой шкуры (рис. 6, образец *K-1*) объясняется большим содержанием жира в данном образце по сравнению с образцом соленой шкуры.

Этим же объясняется и тот факт, что на рис. 6 в некоторых образцах, отпрессованных при более высоком давлении, выход жира меньше, чем в образцах, отпрессованных при более низком давлении. На рис. 5 кривизна линии выхода жира для мороженых образцов отличается от кривизны линии выхода жира для соленых образцов, в то время как на рис. 10 кривизна линии для всех образцов более или менее постоянна. Это явление объясняется различной зависимостью коэффициентов формул (11 и 12).

Наряду с опытными кривыми выхода жира на рис. 6 и 11 мы построили дифференциальные кривые  $\frac{d(\Delta g)}{dp}$  и  $\frac{d(\Delta g)}{dt}$ , которые характеризуют скорость изменения выхода жира в зависимости от изменения величины давления и времени.

Эти кривые при значении  $P = 150 \text{ кг/см}^2$  и выше переходят в прямые, как и при значении  $t = 15 \text{ мин.}$  и выше. Подобный характер кривых позволяет сделать вывод, что прессование при значениях  $P$  выше  $150 \text{ кг/см}^2$  и  $t$  выше 15 мин. не целесообразно, так как дальнейшее увеличение значений  $P$  и  $t$  не оказывает существенного влияния на результат прессования.

## Обработка результатов опытов

Обработка результатов опытов проводилась только для верхнего слоя шкуры кашалота в пределах режима прессования при значении  $P$  от 35 до 150 кг/см<sup>2</sup> и  $t$  от 1 до 15 мин.

Верхние пределы приняты на основании соображений рационального осуществления процесса по дифференциальным кривым  $\frac{d(\Delta g)}{dp}$  и  $\frac{d(\Delta g)}{dt}$  (рис. 5 и 10).

Кривые  $\Delta g = f(P)$ , построенные по опытным точкам при режиме прессования  $\Delta t = \text{const}$ , дают возможность получить необходимое количество значений функции для определенных значений аргумента.

После логарифмирования формула (14) будет иметь следующий вид:

$$\lg \Delta g = \lg a + b \lg p + c \lg t;$$

если  $t$  равно единице, то  $\lg t = 0$  и

$$\lg \Delta g = \lg a + b \lg p. \quad (17)$$

Формула (17) представляет уравнение прямой линии в системе прямоугольных координат. Можно ожидать, что данные наших опытов в соответствии с формулой (17) должны графически располагаться на прямой линии. В табл. 3 приведены соответствующие значения  $P$ ,  $\Delta g$ ,  $\lg p$  и  $\lg \Delta g$  для пяти различных образцов верхнего слоя шкуры кашалота, подвергнутых прессованию.

На графике (рис. 13) нанесены указанные точки, которые действительно могут считаться расположенными на соответствующих прямых. Эти прямые при продолжении пересекаются в некоторой точке  $A$  с координатами:  $\lg P = 2,67$ ;  $\lg \Delta g = 2,045$ .

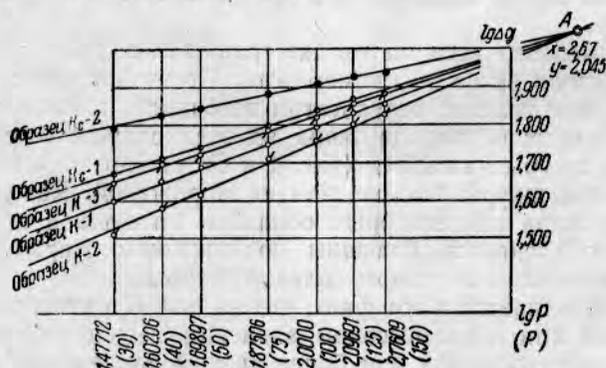


Рис. 13. Кривые изменения выхода жира (рис. 6) в логарифмической сетке прямоугольных координат.

По существующим методам математической обработки опытных данных для указанных образцов верхнего слоя шкуры мы определили значения коэффициентов  $a$  и  $b$ , входящих в формулу (17). Кроме того, пересечение прямых (рис. 15) позволяет установить зависимость между указанными коэффициентами:

$$\lg a = 2,045 - 2,67b. \quad (18)$$

Обработка опытных данных прессования образцов при режиме  $P = \text{const}$ , выполненная по той же методике, приводит к аналогичным результатам. Формула (16) после логарифмирования будет следующая.

$$\lg \Delta g = \lg \delta + c \lg t. \quad (19)$$

В табл. 4 приведены значения  $t$ ,  $\Delta g$ ,  $\lg t$ ,  $\lg \Delta g$  на основании кривых, построенных по опытным точкам. На графике (рис. 14) построены прямые по значениям  $\lg t$  и  $\lg \Delta g$ , которые также пересекаются в некоторой точке  $B$  с координатами  $\lg t = 1,78$  и  $\lg \Delta g = 2,00$ .

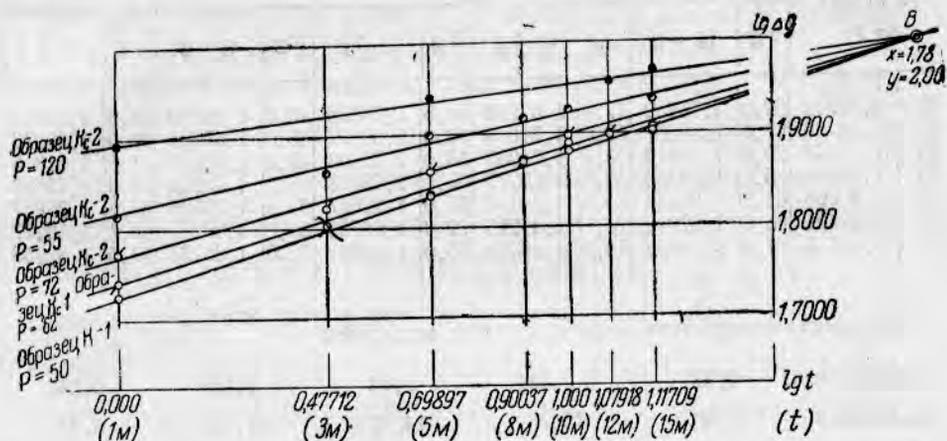


Рис. 14. Кривые изменения выхода жира (рис. 11) в логарифмической сетке прямоугольных координат.

В табл. 4 указаны расчетные значения коэффициентов  $\delta$  и  $c$ ; на основании графика 14 установлена зависимость между ними в виде:

$$\lg \delta = 2,00 - 1,78 c. \quad (20)$$

Таким образом, на основании теоретических предпосылок к процессу прессования мы вправе ожидать определенной закономерности между величиной коэффициентов формул (18 и 20) и некоторой величиной, характеризующей исходное сырье. За такую величину мы приняли отношение содержания жира к плотным веществам в сырье.

В табл. 3 и 4 наряду со значением величины коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $\delta$ ,  $c$  представлены значения отношения содержания жира к плотным веществам в сырье (ж/п).

Сопоставление этих величин указывает на известную закономерность между ними, которая для соленой и мороженой шкуры различна, что, повидимому, является следствием воздействия соли на химические составляющие шкуры; это может объясняться и тем, что в состав плотных веществ соленой шкуры входит соль (данное положение весьма условно, так как физически соль будет находиться в растворе).

Так как значения  $a$  и  $b$  математически связаны между собой, мы устанавливаем только зависимость между величиной, характеризующей исходное сырье, и одним из двух указанных коэффициентов.

Зависимость между величиной отношения жира к плотным веществам в различных образцах сырья и коэффициентом  $b$  показана в табл. 5.

Так как количество образцов с различным соотношением жира и плотных веществ в сырье, отпрессованных при режиме  $\Delta t = \text{const}$ , весьма ограничено (3 образца мороженой и 2 образца соленой шкуры), мы воспользовались данными прессования при режиме  $P = \text{const}$  и значении  $t = 1$  мин. (табл. 4). Это дало нам возможность получить дополнительные данные по четырем образцам соленой шкуры.

Определение коэффициентов  $a$  и  $b$  расчетной формулы (17)  
при режиме  $\Delta t_{\text{const}}$

$P_2$ (в кг/см)	$\lg P$	Образец $K_{c-2}$		Образец $K_{c-1}$		Образец $K_{c-3}$		Образец $K-1$		Образец $K-2$	
		$\Delta g$	$\lg \Delta g$	$\Delta g$	$\lg \Delta g$	$\Delta g$	$\lg \Delta g$	$\Delta g$	$\lg \Delta g$	$\Delta g$	$\lg \Delta g$
30	1,47712	62,0	1,79239	47,0	1,67210	44,5	1,64836	40,0	1,60206	32,5	1,51188
40	1,60206	67,0	1,82607	52,0	1,71600	50,0	1,69897	45,0	1,65321	38,0	1,57978
50	1,69897	70,0	1,84510	55,0	1,74036	53,0	1,72428	49,0	1,69020	41,5	1,61805
75	1,87516	76,5	1,88366	63,5	1,80277	61,5	1,78888	6,5	1,75205	52,0	1,71600
100	2,00000	81,5	1,91116	69,5	1,84198	67,0	1,82607	62,5	1,79588	57,5	1,7967
125	2,09691	85,0	1,92942	74,5	1,87216	72,0	1,85733	68,0	1,83211	63,5	1,80277
150	2,17619	87,0	1,93952	76,5	1,88366	76,0	1,88081	72,0	1,85733	67,5	1,82930

Отношение содержания жира к плотным веществам

В сырье (ж/п)	0,82	0,334	1,83	0,93	0,543
Значение $a$	31,48	16,23	14,67	11,4	6,97
Значение $b$	0,205	0,314	0,329	0,361	0,456

По данным геометрического построения  $\lg a = 2,045 - 2,67 b$

Расчеты к таблице

Образец $K_{c-2}$	$5,47356 + 3 \lg a + 4,77815 b$	$b = \frac{0,3064}{1,49485} = 0,205$
	$5,78010 = 3 \lg a + 6,27300 b$	
	$\frac{0,30645 = 1,49485 b}{0,30645 = 1,49485 b}$	$\lg a = \frac{5,47356 - 0,97952}{3} = 1,49801$
Образец $K_{c-1}$	$5,12846 = 3 \lg a + 4,77815 b$	$a = 31,48$
	$5,59780 = 3 \lg a + 6,27300 b$	$b = \frac{0,46934}{1,49485} = 0,314$
	$0,46934 = 1,49485 b$	$\lg a = \frac{5,12848 - 1,50034}{3} = 1,20937$
		$a = 16,23$
Образец $K-3$	$5,07161 = 3 \lg a + 4,77815 b$	$b = \frac{0,49260}{1,49485} = 0,329$
	$5,56421 = 3 \lg a + 6,27300 b$	
	$0,49260 = 1,49485 b$	$\lg a = \frac{5,07161 - 1,57211}{3} = 1,16653$
		$a = 14,67$
Образец $K-1$	$4,94547 = 3 \lg a + 4,77815 b$	$b = \frac{0,51025}{1,49485} = 0,361$
	$5,48572 = 3 \lg a + 6,27300 b$	
	$0,54025 = 1,49485 b$	
Образец $K-2$	$4,70971 = 3 \lg a + 4,777815 b$	прод. 33 $\lg a = \frac{4,94547 - 1,72491}{3} = 1,07352$
	$5,39174 = 3 \lg a + 6,27300 b$	$a = 11,84$
	$0,68203 = 1,49485 b$	$b = \frac{0,68203}{1,49485} = 0,456$
		$\lg a = \frac{4,70971 - 2,18017}{3} = 0,84318$
		$a = 6,97$

Определение коэффициентов  $\delta$  и  $c$  расчетной формулы (19) при режиме  $P = \text{const}$

$t$ (в мин.)	$\lg t$	Образец $K-I$		Образец $K_c-I$		Образец $K_c-2$		Образец $K_c-2$		Образец $K_c-2$	
		$P=50$ кг/см <sup>2</sup>	$\Delta g$	$P=62$ кг/см <sup>2</sup>	$\Delta g$	$P=55$ кг/см <sup>2</sup>	$\Delta g$	$P=72$ кг/см <sup>2</sup>	$\Delta g$	$P=120$ кг/см <sup>2</sup>	$\Delta g$
1	0,0000	53,5	1,72835	55,25	1,74239	66,5	1,81624	59,5	1,77452	78,5	1,89487
3	0,47712	—	—	64,5	1,80956	72,5	1,86034	66,5	1,82282	—	—
5	0,69897	68,6	1,83632	68,2	1,83378	80,4	1,90526	72,8	1,86213	87,2	1,94052
8	0,90037	74,6	1,87274	74,5	1,87216	83,0	1,91908	—	—	—	—
10	1,0000	77,0	1,88649	77,5	1,88930	84,8	1,92840	78,5	1,89487	—	—
12	1,07918	79,0	1,89763	—	—	—	—	79,1	1,89818	90,2	1,95521
15	1,17609	80,5	1,90680	79,5	1,90037	86,0	1,93450	80,5	1,90309	93,5	1,97081

Отношение содержания жира к плотным веществам

В сырье (ж/п)	0,93	0,246	0,55	0,303	0,545
Значение $\delta$	54,28	54,73	66,08	59,59	78,99
Значение $c$	0,152	0,145	0,106	0,114	0,0575

По данным геометрического построения  $\lg \delta = 2,00 - 1,78 c$

Расчеты к таблице

$$\begin{aligned} \text{Образец } K-I \quad 5,43743 &= 3 \lg \delta + 1,59934 c \\ 5,68992 &= 3 \lg \delta + 3,25527 c \\ \hline 0,25249 &= 1,65593 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{0,25249}{1,65593} = 0,152 \\ \lg \delta &= \frac{5,43743 - 0,23305}{3} = 1,73464 \\ \delta &= 54,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Образец } K_c-I \quad 5,38567 &= 3 \lg \delta + 1,17609 c \\ 5,66183 &= 3 \lg \delta + 3,07646 c \\ \hline 0,27616 &= 1,90037 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{0,27616}{1,90037} = 0,145 \\ \lg \delta &= \frac{5,38567 - 0,17100}{3} = 1,73822 \\ \delta &= 54,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Образец } K_c-2 \quad 5,58184 &= 3 \lg \delta + 1,17609 c \\ 5,78198 &= 3 \lg \delta + 3,07646 c \\ \hline 0,20014 &= 1,90037 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{0,20114}{1,90037} = 0,106 \\ \lg \delta &= \frac{5,58184 - 0,12466}{3} = 1,81906 \\ \delta &= 66,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Образец } K_c-2 \quad 5,45947 &= 3 \lg \delta + 1,17609 c \\ 5,69614 &= 3 \lg \delta + 3,25527 c \\ \hline 0,23667 &= 2,07918 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{0,23667}{2,07918} = 0,114 \\ \lg \delta &= \frac{5,45847 - 0,13406}{3} = 1,77514 \\ \delta &= 59,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Образец } K_c-2 \quad 3,83539 &= 2 \lg \delta + 0,69897 c \\ 3,92602 &= 2 \lg \delta + 2,25527 c \\ \hline 0,09063 &= 1,55630 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{0,09063}{1,55630} = 0,0575 \\ \lg \delta &= \frac{3,83533 - 0,0402}{2} = 1,89756 \\ \delta &= 78,99 \end{aligned}$$

Определение зависимости коэффициента  $b$  от содержания жира и плотных веществ в исходном сырье

Наименование образца	№ образцов	ж/п в сырье	lg (ж/п)	Коэф-фициент $b$	lg $b$	Расчеты к таблице	
						Расчетные формулы: $b = q$ (ж/п) $lg a = 2,045 - 2,67 b$	Дополнительное определение значений $b$ Расчетная формула $b = \frac{2,045 - \Delta g}{2,67 - lg P}$
K <sub>c-2</sub>	312—315	0,82	1,91381	0,205	1,31175	$-1,93707 = 3 lg g - 0,60943 x$	K <sub>c-1</sub> № 328—331 $b = \frac{2,045 - 1,74233}{2,67 - 1,7} = 0,345$
	301—304	0,334	1,52375	0,314	1,49693	$-1,44411 = 3 lg g - 1,60387 x$ $0,49296 = -0,99444 x$	K <sub>c-2</sub> № 346—348 $b = \frac{2,045 - 1,77452}{2,67 - 1,85733} = 0,332$
	328—331	0,246	1,39094	0,345	1,53782	$X = \frac{0,49296}{0,99444} = -0,495$	K <sub>c-2</sub> № 320—323 $b = \frac{2,045 - 1,81624}{2,67 - 1,63347} = 0,262$
K <sub>c-2</sub>	346—348	0,303	1,48144	0,332	1,52114	$lg g = -\frac{1,93707 - 0,30145}{3} = -0,74617$	K <sub>c-2</sub> № 343—345 $b = \frac{2,045 - 1,89487}{2,67 - 2,07918} = 0,254$
	320—323 343—345	0,55 0,545	1,74036 1,73640	0,262 0,254	1,41830 1,40483	$g = 0,1794$ $b = 0,1794$ (ж/п) $-0,495$ $lg a = 2,045 - 0,479$ (ж/п) $-0,495$	

I. Соленая шкура

II. Мороженая шкура

K-3	214—217	1,83	0,26445	0,329	1,51720	$-0,92525 = 2 + 0,23093 x$	
K-1	218—224	0,93	1,96848	0,361	1,55751	$-0,78350 = 2 + 0,29672 x$ $0,14172 = -0,52765 x$	
	22—205 231—232	0,543	1,73480	0,456	1,65896	$X = \frac{-0,14172}{0,52765} = -0,27$ $lg g = \frac{-0,92525 + 0,06851}{2} = -0,43087$	
K-2	22—205 231—232	0,543	1,73480	0,456	1,65896	$g = 0,371; b = 0,371$ (ж/п) $-0,27$ $lg a = 2,015 - 0,99$ (ж/п) $-0,27$	

При помощи указанных выше методов математической обработки шести образцов была установлена следующая зависимость между (ж/п) и  $b$ .

Для соленой шкуры эта зависимость равна

$$b = 0,1794 \text{ ж/п}^{-0,495} \quad (21)$$

и соответственно:

$$\lg a = 2,045 - 0,479 \text{ (ж/п)}^{-0,495}. \quad (22)$$

Для мороженой шкуры подобная зависимость установлена на основании только трех образцов, поэтому нет достаточной уверенности, что зависимость эта точна. Косвенным подтверждением ее может служить характер зависимости тех же величин для соленой шкуры. Зависимость для мороженой шкуры:

$$b = 0,371 \text{ (ж/п)}^{-0,27}, \quad (23)$$

и соответственно

$$\lg a = 2,045 - 0,99 \text{ (ж/п)}^{-0,27} \quad (24)$$

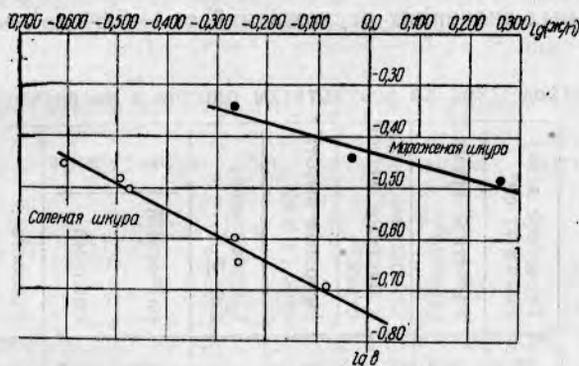


Рис. 15. Зависимость  $b=f$  (ж/п) для образцов верхнего слоя соленой и мороженой шкуры кашалота.

Следует отметить, что опытные точки на рис. 15 несколько более разбросаны, чем опытные точки на рис. 13 и 14; это, очевидно, является результатом известных неточностей во время опытов при режиме прессования  $P = \text{const}$  и при обработке материалов в табл. 4. Формулы (23) и (24) позволяют определить величину коэффициентов  $a$  и  $b$ . Коэффициенты  $\delta$  и  $c$  мы определяли путем следующих рассуждений. Предположим, что в формуле (19) значение  $t = 1$ , тогда

$$\lg \Delta g = \lg \delta.$$

В случае прессования при режиме  $\Delta t = \text{const}$  и при значении  $t = 1$

$$\lg \Delta g = \lg a + b \lg P.$$

Очевидно, при прессовании в наших опытах при равных величинах  $P$  и  $t$  полученные значения  $\Delta g$  должны быть одинаковы и, следовательно,

$$\lg \delta = \lg a + b \lg P. \quad (25)$$

Тогда формула (14) может быть представлена в виде:

$$\Delta g = aP^{bt^c}. \quad (26)$$

Эта формула является общей для расчета выхода жира при одновременном изменении независимых переменных  $P$  и  $t$ . Из предыдущих формул можно определить значение  $c$ .

$$c = \frac{20,00 - (lg a + b lg P)}{1,76}$$

или

$$c = \frac{b(2,67 - lg P) - 0,045}{1,78} \quad (27)$$

и окончательно:

$$\Delta g = \frac{111 P b t}{467,8^b} \quad (28)$$

при значении  $b$  для мороженой шкуры по формуле (23) и для соленой шкуры по формуле (21). Для подтверждения наших рассуждений в табл. 6 сопоставлены расчетные значения выхода жира, подсчитанные по формуле (28), и опытные данные выхода жира в пределах режимов  $P$  от 30 до 150 кг/см<sup>2</sup> и  $t$  от 1 до 15 мин.

Расхождения между опытными и расчетными значениями  $\Delta g$  в среднем составляют от +2,3 до -2,22% от начального содержания жира, при максимальных значениях расхождений от +5,64 до -3,81%.

Таблица 6  
Выход жира по результатам опытов и по расчету

Сырье	№ серий / № образцов	Расчетное давление (в кг/см <sup>2</sup> )	Расчетное время (в мин.)	Отношение жира к плотным веществам	Исходная высота слоя (в мм)	Среднее значение $K_0$	Выход жира		Разность $\Delta g_0 - \Delta g_p$	Примечание
							расчетный	опытный		
Мороженое	1/202	88,6	1,0		22,0		53,54	54,5	+0,96	Среднее значение $K=4600$ Среднее значение $\Delta g_0 - \Delta g_p = \pm 2,3$ Максимальное значение $\Delta g_0 - \Delta g_p = 5,64$ -3,81
	1/203	122,0	1,0	0,543	21,6	5000	61,77	58,8	-2,97	
	1/204	207,0	1,0		21,5		77,84	74,8	-3,06	
	1/214	176,0	1,0	1,83	30,0	3400	81,72	79,8	-1,92	
	5/218	178,0	1,0		26,5		77,61	78,0	+0,39	
	5/222	117,0	1,0	0,93	28,0	3900	66,42	70,5	+4,08	
	6/225	73,5	1,0		30,0		63,51	59,7	-3,81	
	6/226	109,0	1,0	1,83	30,0	3140	70,26	67,8	-2,46	
	6/227	131,0	1,0		26,5		74,46	74,9	+0,44	
	7/231	72,5	1,0		24,0		49,19	48,8	-0,39	
	7/232	103,0	1,0	0,543	23,0	5850	57,34	63,0	+5,66	
13/228	50	5,0		26,0		64,32	68,6	+4,28		
18/230	50	8,0	0,93	26,0	4400	69,89	74,6	+4,71		
Соленое	8/301	146,8	1,0	0,334	23,4	4280	77,65	76,0	-1,65	
	11/312	182,0	1,0	0,82	20,0	5740	92,08	88,6	-3,48	
	16/320	55,0	5,0		19,0		77,84	80,4	+2,56	
	16/321	55,0	10,0	0,55	20,0	5800	83,41	84,8	+1,39	
	18/328	63,0	5,0		22,0		69,86	68,2	-1,66	
	18/329	59,0	10,0	0,262	21,5	5650	76,47	77,5	+1,03	
	22/343	119	5,0		27,0		87,05	87,2	+0,15	
	22/344	123,0	12,0	0,545	26,0	3820	91,70	90,2	-1,5	
	23/346	75,0	5,0		21,5		74,04	72,8	-1,24	
	23/347	72,0	12,0	0,303	22,0	4450	81,82	79,1	-2,72	

Величина указанных расхождений в общем незначительна, поэтому формулу (28) можно считать достоверной.

Для практических расчетов формула (28) громоздка. В то же время геометрическая интерпретация формулы (28) в логарифмической форме достаточно проста и на основании ее можно построить номограмму, по которой легко можно рассчитать выход жира.

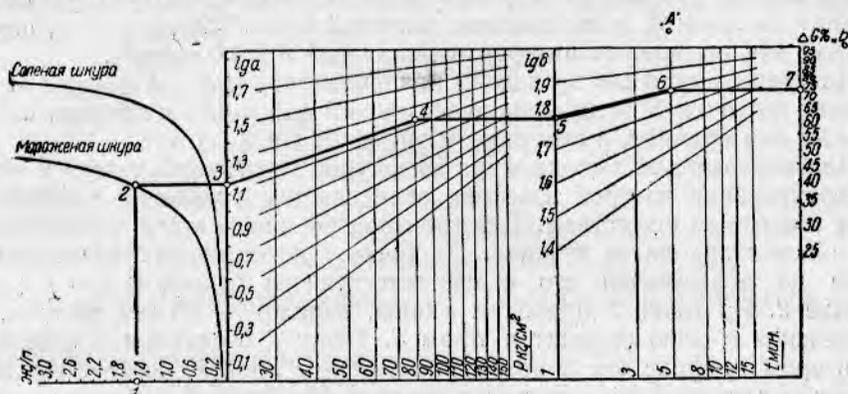


Рис. 16. Номограмма для определения выхода жира в случае прессования верхнего слоя шкуры кашалота толщиной 20—30 мм при давлении от 35 до 150 кг/см<sup>2</sup> и времени от 1 до 15 мин.

На рис. 16 дается номограмма для определения выхода жира по формуле (28). В основу построения номограммы положено логарифмическое выражение формулы (28), которое может быть представлено в виде:

$$\lg \Delta g = \lg a + b \lg P + c \lg t, \quad (29)$$

где

$$\lg a + b \lg P = \lg \delta \text{ (см. выше).}$$

Номограмма состоит из трех совмещенных графиков, при помощи которых можно определить значение каждого из членов формулы (29). Геометрическая сумма этих членов дает значение логарифма  $\Delta g$ .

Для построения графиков номограммы взята логарифмическая сетка, что дает возможность отсчитывать непосредственное значение искомых величин по их логарифмам.

Зависимость  $\lg a$  от ж/п для мороженой и соленой шкур представлена на первом графике номограммы, где на оси абсцисс отложены значения ж/п, на оси ординат — значение  $\lg a$ . Данные для построения первого графика приведены в табл. 7.

Таблица 7

Таблица значений  $\lg a = f(\text{ж/п})$  для верхнего слоя мороженой и соленой шкуры кашалота

1	ж/п	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
2	$\lg a$ для мороженой шкуры	0,51640	0,778	0,907	0,994	1,055	1,104	1,141	1,173
3	$\lg a$ для соленой шкуры	0,982	1,293	1,427	1,509	1,566	1,608	1,639	1,655
1	ж/п	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	
2	$\lg a$	1,202	1,224	1,255	1,281	1,302	1,322	1,339	
3	$\lg a$	1,687	1,705	1,732	1,747	1,762	1,775	1,787	

На втором графике используется шкала значений  $\lg a$  первого графика, на оси абсцисс отложены значения  $\lg P$ , а на оси ординат — значения  $\lg \delta$ .

На третьем графике используется шкала значений  $\lg \delta$  второго графика, на оси абсцисс отложены значения  $\lg t$ , а на оси ординат — значения  $\lg \Delta g$ .

На втором графике проведены наклонные прямые  $\lg a + b \lg P$  от оси ординат до точки  $A$  (с интервалом значений  $\lg a$  в 0,2) и прямые, параллельные оси ординат (с интервалом значений  $P$  в 10 кг/см<sup>2</sup>).

На третьем графике проведены наклонные прямые  $\lg \delta + c \lg t$  от оси ординат до точки  $B$  (с интервалом значений  $\lg \delta$  в 0,1) и прямые, параллельные оси ординат, с интервалом значений  $t$  в 2—3 мин.

Для определения выхода жира из шкуры, химический состав и метод консервирования которой известен, определяется отношение содержания жира к плотным веществам. Для значения величины этого отношения на оси абсцисс находится точка 1. Из точки 1 восстанавливаем перпендикуляр до пересечения его с соответствующей кривой  $\lg a = f$  (ж/п) в точке 2. Из точки 2 проводим линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с осью ординат в точке 3. Точку 3 соединяем с точкой  $A$ . На втором графике эта линия пересекается с линией, соответствующей значению давления прессования в точке 4. Из точки 4 проводим линию до пересечения с осью ординат в точке 5. Соединяем прямой линией точку 5 с точкой  $B$ . На третьем графике эта линия пересекается с линией, соответствующей значению времени прессования, дает точку 6. Из точки 6 проводим прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения ее с осью ординат в точке 7, которая и соответствует искомому значению  $\Delta g$ .

Высказанное нами предположение об увеличении выхода жира с увеличением значения коэффициента  $K'$ , нашими опытами не подтверждается.

При колебании величины  $K'$  (табл. 6) от 5850 до 3140 заметного влияния ее на выход жира не обнаружено. Это может быть объяснено небольшой разницей толщины образцов  $h$ , которая, очевидно, и является определяющей величиной, влияющей на выход жира.

Из этого можно сделать предположение, что зависимость выхода жира от линейных размеров образцов в плане очень незначительна (если она вообще есть), поэтому практически ее можно не учитывать.

Данное предположение требует подтверждения путем прессования пластов больших размеров (1,0 × 1,5 м), которое в наших условиях произвести не представляется возможным.

### Выводы и предложения

На основании проделанной работы мы пришли к следующим выводам.

При прессовании верхнего слоя шкуры кашалота можно получить выход жира не ниже, а несколько выше, чем при существующих методах обработки шкуры (выход жира во время наших опытов — 85%, а величина существующих выходов — 70%).

Установлено, что выход жира зависит от:

- 1) давления прессования;
- 2) времени прессования;
- 3) температурного режима прессования;
- 4) состава исходного сырья и способа предварительной консервации его.

Зависимость между выходом жира, показателями режима и составом сырья в случае прессования при  $P$  от 30 до 150 кг/см<sup>2</sup> и  $t$  от 1 до 15 мин. выражается формулой:

$$\Delta g = a \cdot p^{bt^c},$$

где:  $\Delta g$  — выход жира в процентах к исходному содержанию жира в сырье;

$P$  — давление прессования в  $\text{кг/см}^2$ ;

$t$  — время выдержки давления в мин.;

$a, b, c$  — опытные величины.

Установлена зависимость коэффициента  $a$  и показателей степени  $b$  и  $c$  при переменных  $P$  и  $t$  от исходного сырья и способа его консервирования.

Значения  $a$  и  $b$ :

для мороженой шкуры:

$$\lg a = 2,045 - 0,99 \text{ ж/п}^{-0,27}$$

$$b = 0,371 \text{ ж/п}^{-0,27};$$

для соленой шкуры:

$$\lg a = 2,045 - 0,479 \text{ ж/п}^{-0,495}$$

$$b = 0,1794 \text{ ж/п}^{-0,495},$$

где ж/п — отношение содержания жира к содержанию плотных веществ в сырье.

Значение  $c$  для мороженой и соленой шкуры:

$$c = \frac{b(2,67 - \lg P) - 0,045}{1,78}.$$

Таким образом, мы установили все необходимые данные для определения выхода жира и построили номограмму для графического выражения его.

Мы не претендуем на абсолютную точность нашей формулы, потому что расчетные и опытные величины точно не совпадают. Однако эти отклонения невелики и формула практически достоверна.

На основании результатов наших исследований можно утверждать, что применять давление выше  $150 \text{ кг/см}^2$  и время выше 15 мин. практически нецелесообразно. Учитывая большие размеры пластов шкуры, подлежащих прессованию, следует стремиться к минимальному давлению прессования.

Поэтому, прежде всего, желательно производить предварительную консервацию сырья посолом, а также направлять на прессование возможно менее толстые пласты шкуры.

Нам кажется, что вполне возможно резать шкуры на пласты толщиной 15 мм. Этот размер не перегрузит двоильные машины и не вызовет излишних потерь жира при двоении.

Для получения высококачественных кожевенных товаров из шкуры кашалота необходимо, чтобы сырье поступало в производство с жирностью не выше 10%. Некоторые части шкуры, особенно самые верхние слои ее, могут содержать жир в указанных пределах, поэтому целесообразно эти слои не прессовать, а направлять непосредственно на кожевенные заводы. Кстати сказать, консервация их для извлечения жира (рис. 16) при значении ж/п  $\leq 0,2$  не дает положительных результатов.

Тепловая обработка шкуры как в процессе прессования, так и перед ним вполне целесообразна, так как она снижает давление. Однако затраты на топливо и сооружение устройств, в которых подогревают жир, в этом случае весьма велики, поэтому тепловая обработка шкур экономически нецелесообразна.

При всех остальных одинаковых условиях для сырья с небольшим значением ж/п целесообразно увеличивать выход жира за счет увеличения давления, а при больших значениях ж/п — путем увеличения времени прессования. В зависимости от химического состава сырья, направляемого на прессование, величины  $P$  и  $t$  следует выбирать из следующих соображений: целесообразно производить увеличение той независимой

переменной ( $P$  или  $t$ ), у которой показатель степени больше. Это положение понятно из номограммы (рис. 16), где  $b$  есть тангенс угла наклона прямых графика 2, а  $c$  — тангенс угла наклона прямых графика 3.

Увеличение времени прессования, вообще говоря, снижает производительность пресса. Цикл работы гидравлического пресса типа «ГОП», применяющегося в кожевенной промышленности [7], можно расчленить на отдельные операции:

1. Закатка подготовленной тележки в прессе . . . . .	5 мин.
2. Подъем давления (по каталожным данным) . . . . .	20 мин.
3. Выдержка под давлением . . . . .	от 1 до 15 мин.
4. Спуск давления (по каталожным данным) . . . . .	5 мин.
5. Разгрузка тележки из пресса . . . . .	5 мин.

Итого . . . . . 36—50 мин.

Если принять производительность при выдержке в одну минуту за 100%, то при увеличении времени выдержки в 15 раз она снизится только на 28%. Такое снижение производительности говорит о том, что фактор времени на изменение ее особого влияния не оказывает.

Следовательно, мы установили оптимальный режим прессования, т. е. при соленом сырье с отношением  $ж/п > 0,3$  время прессования должно быть 15 мин. Величина максимального давления около 25 кг/см<sup>2</sup>. Выход жира в этом случае составит 75% от исходного содержания его в сырье. Для рекомендации по аппаратурному оформлению процесса рассмотрим два конкурирующих устройства: гидравлический и вальцовый прессы.

Так как использование вальцовых прессов недостаточно полно исследовано, а проделанные опыты пока не дали положительных результатов, мы вынуждены подойти к этому вопросу с теоретических позиций.

Преимуществом гидравлических прессов является то обстоятельство, что на них можно регулировать режим прессования за счет изменения времени прессования и за счет давления прессования; недостаток их — периодичность действия. Преимуществом вальцовых прессов является непрерывность их действия, а недостатком — практическая возможность регулирования только величины давления.

В табл. 8 приведена сравнительная характеристика гидравлического пресса типа «ГОП» и вальцового пресса, запроектированного по заданию Министерства легкой промышленности СССР проектной конторой «Проектмашдеталь».

Таблица 8

Сравнительная характеристика гидравлического и вальцового прессов для прессования шкуры кашалота

Показатели	Гидропресс типа «ГОП»	4-вальцовый пресс
Габаритные замеры в мм	3000×2650×4600 с фундаментом и приямком	5000×2500×2000
Вес установки в т	16,5 без гидросистемы	20,0—25,0
Расходуемая мощность в квт	5,5	30—40
Максимальное давление в кг/см <sup>2</sup>	32	150 кг пог. см
Скорость валков в м/мин.	—	От 0,5 до 4,0
Производительность пластов в час <sup>1</sup>	40,0	13,3—46,0
Ориентировочная стоимость <sup>2</sup> в тыс. руб.	60	75 тыс.

<sup>1</sup> Производительность гидропресса подсчитана на основании времени одного цикла в 60 мин. при одновременной загрузке 40 пластов размером 1000×1500×15.

<sup>2</sup> Стоимость подсчитана по средней стоимости 1 т веса машины (для гидропресса — без веса гидросистемы, для вальцового пресса — на основании минимального веса применительно к нормам Сметного справочника 1948 г.).

Мы приняли одновременную загрузку прессы типа «ГОП» в количестве сорока спилков, считая, что все они будут прессоваться в одинаковых условиях.

Из табл. 8 видно, что гидравлический пресс обладает преимуществом. Во время работы на вальцовых прессах при давлении прессования в 150 кг на пог. см и 4 парах валков, на основании опытов ЦНИИКП, можно ожидать недостаточных выходов жира из шкуры.

Всякое повторное пропускание шкуры через вальцовый пресс (без которого, очевидно, нельзя будет обойтись) лишает этот пресс его основного достоинства — непрерывности действия.

Весьма важным обстоятельством является тот факт, что расходуемая мощность вальцового прессы в 6 раз больше, чем гидравлического.

Общая потребность в прессах на возможный объем производства может быть ориентировочно определена в количестве 10 прессов.

Из табл. 8 видно, что и вальцовых прессов потребуется, вероятно, такое же количество. При выпуске новых вальцовых прессов в таком мелкосерийном масштабе стоимость их, конечно, будет значительно выше стоимости, подсчитанной нами (табл. 8); в то же время прессы типа «ГОП» являются серийной продукцией.

Таким образом, мы считаем целесообразнее использовать гидравлические прессы для прессования шкуры кашалота. Однако следует все-сторонне испытать и вальцовые прессы для окончательного решения этого вопроса.

Резюмируя наши выводы, мы считаем нужным подчеркнуть, что:

1) при прессовании шкуры кашалота возникает определенная зависимость выхода жира от режима прессования, структуры и химического состава сырья;

2) эта зависимость может быть выражена определенной формулой, структура которой аналогична структуре формулы для процесса фильтрации;

3) предварительная консервация шкур посолом способствует лучшему выходу жира и применение ее целесообразно для облегчения режима прессования и для равномерности работы перерабатывающих установок;

4) верхний слой предварительно посоленной шкуры кашалота целесообразно прессовать на гидравлических прессах при давлении не выше 30 кг/см<sup>2</sup> и при выдержке под давлением максимально 15 мин.;

5) пласты верхнего слоя шкуры кашалота с содержанием жира в них меньше 10% прессованию подвергать не целесообразно. Их надо направлять непосредственно на выделку кожевенных товаров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Н. Д., Оборудование жиродобывающих производств, Пищепромиздат, 1943.
2. Знаменский Г. М., Некоторые уточнения теории промышленной фильтрации, Труды технологического института пищевой промышленности, вып. 6, 1947.
3. Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии, Госхимиздат, 1950.
4. Колчев В. В., Технология рыбных продуктов под ред. Ф. С. Касаткина, Пищепромиздат, 1940.
5. Куликов П. И., Производство кормовых и технических продуктов в рыбной промышленности, Пищепромиздат, 1949.
6. Лейбензон Л. С., Движение природных жидкостей и газов в пористой среде, Гостехиздат, 1947.
7. Майзель М. М., Квяткевич И. К. и Пин Л. Г., Машины и аппараты кожевенного и мехового производства, Гизлегпром, 1950.

8. Нагурский А. В., Жоховский В. К., *Аппаратура маслопрессового производства*, Снабтехиздат, 1932.
9. Пелеев А. Н., *Технологическое оборудование мяскокомбината*, Пищепромиздат, 1950.
10. Полубаринова-Кочина П. Я. и Фалькович С. В., *Теория фильтрации жидкостей в пористых средах*, Прикладная математика и механика, т. XI, № 6, Москва, 1947.
11. Семендяев К. Е., *Эмпирические формулы*, Гостехтеоретиздат, 1933.
12. Шелкачев В. Н. и Лапук Б. Б., *Подземная гидравлика*, Гостоптехиздат, 1949.
13. Шпанов Н. В., *Фильтры непрерывного действия*, Машгиз, 1949.
14. Яковлев К. П., *Математическая обработка результатов измерений*, Гостехтеоретиздат, 1950.

Замеченные опечатки в книге „Труды ВНИРО, том XXII  
„Механизация процессов добычи и обработки рыбы“

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
36	14 снизу	Рыбонасосная	Тузлукомониторная
39	15 снизу	$H = \frac{7(432)^2}{852} = 1,9 \text{ м.}$	$H = 7 \left( \frac{432}{852} \right)^2 = 1,9 \text{ м.}$
40	11 сверху	$H = 7 \frac{(730)^2}{852} = 5,15 \text{ м.}$	$H = 7 \left( \frac{730}{852} \right)^2 = 5,15 \text{ м.}$
43	16 снизу	испортиться.	повредиться.
55	20 снизу	11.	11d.
63	4 снизу	для члена <i>a</i> (рис. 16):	для члена <i>a</i> :
63	2 снизу	для члена <i>b</i> (рис. 17):	для члена <i>b</i> :
64	15 снизу	$(c_1 \frac{dp'}{dp})$	$(c, \frac{dp'}{dp})$
68	13 снизу	$\gamma_b \gamma_p$	$\gamma_b$ и $\gamma_p$
68	12 снизу	$a_b a_p$	$a_b$ и $a_p$
69	9 сверху	рис. 22	рис. 20
69	26 сверху	(рис. 7)	(рис. 17)
69	27 сверху	(рис. 20)	(рис. 18)
69	29 сверху	(рис. 19 и 20)	(рис. 19 и 21)
69	14 снизу	$(Q_p \text{ бх мм}^3/\text{час})$	$(Q_p \text{ м}^3/\text{час})$
69	13 снизу	Как видно из этих графиков (рис. 18),	Как видно из этих графиков,
70	8 сверху	на рис. 25	на рис. 23
85	8 снизу	600 кг/см.	600 кг. см.
85	5 снизу	20 кг/см.	20 кг. см.
85	1 снизу	1270 кг/см.	1270 кг. см.