

Раздел III. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЛОВА

УДК 639.2.081.8

О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РЫБОЛОВНОГО ЭРЛИФТАА. Ф. Лексуткин, О. Д. Рогаткин
КаспНИРХ

При оптимальной производительности компрессорной станции величина улова рыболовного эрлифта во многом зависит от некоторых биологических и механических факторов. К биологическим факторам следует отнести поведение объекта лова под влиянием светового раздражителя и скорость формирования плотных скоплений у светильников. Механические факторы обуславливают работоспособность отдельных элементов насоса в зависимости от их конструктивного оформления.

При решении вопроса о возможном увеличении суточных уловов установки весьма важно знать коэффициент изымаемой ею рыбы и те пределы, в которых он может быть повышен с максимальной промысловой выгодой. При исследовании этих вопросов нами была предпринята попытка найти хотя бы приблизительно значение этого коэффициента применительно к насосам, используемым на Каспии для лова кильки на свет. Под коэффициентом изъятия (уловистости) подразумевали отношение количества пойманной эрлифтом рыбы в объеме перекачанной воды к количеству ее в том же объеме, которое находилось в освещенной зоне, т. е.

$$\psi = \frac{W q_1}{W q} = \frac{q_1}{q},$$

где W — объем воды, поднимаемой эрлифтом за время t ;
 q_1 — плотность пульпы;
 q — естественная концентрация рыбы в объеме W .

Допустим, что на разных концентрациях кильки работают две рыбонасосных установки с одинаковой производительностью по воде. Предположим, что по результатам замеров плотность пульпы у первой установки оказалась равной q_1 , а у второй q_2 .

Тогда

$$\frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{q_1' - q_2'}{q_1'} = \eta$$

и

$$\frac{q_1' - q_1}{q_1} = \frac{q_2' - q_2}{q_2} = k,$$

или

$$q_1' = q_1 (k + 1),$$

где q_1' и q_2' — концентрация рыбы в освещенной зоне, приходящаяся на единицу объема воды для первой и второй установок.

Так как

$$\psi = \frac{q_1}{q_1'} = \frac{q_2}{q_2'},$$

$$q_2' = \frac{q_1' q_2}{q_1}.$$

Поскольку $q_1' = (k + 1) q_1$,
вероятно,

$$q_2' = \frac{q_1 q_2 (k + 1)}{q_1} = q_2 (k + 1).$$

Тогда

$$\psi = \frac{q_2}{q_2 (k + 1)} = \frac{1}{k + 1}.$$

Величина k способна принимать бесконечное множество значений, в том числе она может быть равна η , будучи меньше единицы. В этом случае

$$\psi = \frac{1}{\frac{q_1 - q_2}{q_1} + 1} = \frac{q_1}{2q_1 - q_2}.$$

Например, $q_1' = 15$ усл. ед.; $q_2' = 5$ усл. ед.; $q_1 = 9$ усл. ед.; $q_2 = 3$ усл. ед.
Здесь

$$\eta = \frac{9 - 3}{9} = 0,66;$$

$$k = \frac{15 - 9}{9} = 0,66.$$

При этом

$$\psi = \frac{9}{18 - 3} = 0,60.$$

Чтобы найти истинные значения q_1' и q_2' применительно к приведенному примеру, надо поставить в условиях промысла сложные опыты¹. Гораздо проще, хотя и менее надежно, подсчитать величину Ψ рыболовного насоса исходя из следующих соображений.

Подводными наблюдениями установлено, что при средних уловах килька образует вокруг источника света плотные скопления в форме цилиндра диаметром и высотой до 3 м. В объеме такого цилиндра собирается около 200—300 кг рыбы. Тогда

$$\psi = \frac{q_1}{q_1'} = 2,5 : \frac{200}{\pi d^2 h} = 2,5 : \frac{200 \cdot 4}{3,14 \cdot 3^2 \cdot 3} = 0,21,$$

где q_1 — фактическая плотность пульпы во время средних уловов, кг/м³.

Как видим, коэффициент ψ современных рыболовных насосов, применяемых на Каспии, невелик и может быть значительно увеличен. С этой целью КаспНИРХом в 1969—1970 гг. были проведены специальные исследования в лабораторных условиях и на промысле. Для камеральных опытов была изготовлена модель эрлифта, в которой функции компрессорной станции выполнял пылесос марки «Ракета». Работы в море проводились на научно-исследовательском судне СРТ «Ломоносов», на котором была смонтирована эрлифтная установка для лова кильки с помощью подводного электрического света. В отличие от лабораторных опытов промысловые испытания выполнялись не только на воде, но и на рыбе.

Вопреки существующему мнению, выяснилось, что конструкция смесителя не оказывает заметного влияния на объем подаваемой эрлифтом воды в единицу времени, поэтому в рыболовных эрлифтах вместо сложных по устройству форсунок с горизонтальными щелями могут применяться обычные гильзы, используемые для соединения шлангов пульпопровода. Установлено также, что наиболее удачной по конструкции является форсунка, диаметр смесительной трубы которой равен диаметру водоподающего шланга.

В одной из серий испытаний изучали влияние изменения диаметров водоподающих шлангов на производительность эрлифта. Опыты показали, что с увеличением диаметра нагнетательного шланга производительность эрлифта возрастает. Это указывает на целесообразность применения в рыболовных эрлифтах комбинированных шлангов для повышения коэффициента полезного действия, особенно при лове на малых глубинах, где по условиям промысла приходится располагать форсунки на сравнительно неглубоких горизонтах, в результате чего производительность установок падает.

Увеличение диаметра нагнетательной линии повышает производительность в том случае, если длина ее не короче всасывающей линии, т. е. при соблюдении соотношения

$$\frac{L_n}{L_b} > 1,$$

где L_n — длина нагнетательной ветви;
 L_b — длина всасывающей ветви.

Как показали промысловые испытания, улов кильки эрлифтной рыболовной установкой (ЭРСУ) с всасывающей линией диаметром 150 мм

¹ При $k = \eta$ по указанной выше формуле коэффициент ψ может быть найден только в том случае, если он в действительности превышает 0,5.

и нагнетательной диаметром 200 мм был на 20—30% больше, чем улов обычной ЭРСУ-150 при одном и том же расходе воздуха.

Рыболовный эрлифт прост по устройству, но требует правильного режима эксплуатации. Большое влияние на его работу оказывает высота подачи пульпы. В лабораторных и промысловых условиях было найдено, что с увеличением высоты нагнетания производительность насоса уменьшается (глубина погружения форсунки 15 м):

Высота подачи пульпы, м	Производительность по воде, м ³ /мин
1,5	3,5
2,5	4,5
3,5	2,7
3,1	2,4

Как видим, объем подаваемой эрлифтом воды в среднем снижался на 10% с каждым метром увеличения высоты подачи ее над горизонтом моря. Отсюда следует, что во избежание падения к. п. д. установки высота нагнетания должна выбираться минимальной, причем наружная часть нагнетательной линии не должна иметь резких перегибов и петель, что неблагоприятно сказывается на производительности ЭРСУ:

Число перегибов пульпопровода под углом 90°	Производительность по воде, %
1	2
0	3
100	80
90	70

Для выяснения влияния длины нагнетательной линии, расположенной в горизонтальной плоскости, на производительность эрлифтной установки были поставлены опыты в лабораторных условиях и в море.

Результаты лабораторных испытаний приведены на рис. 1. Относительное падение производительности эрлифта

$$\gamma = \frac{a_0 - a_i}{a_0},$$

где a_0 — максимальная производительность;
 a_i — производительность, меньшая максимальной.

Из рис. 1 видно, что при отношении длины горизонтально расположенной напорной линии l к ее вертикальной длине, выступающей над водой, l_1 , равном 7, количество воды, подаваемой эрлифтом, уменьшилось почти на 20% по сравнению с тем количеством, когда модель работала при $l=0$.



Рис. 1. Зависимость производительности рыболовного эрлифта от протяженности пульпопровода.

Для подтверждения полученных результатов серия аналогичных опытов была поставлена в море. В опытах использовали обычные гофрированные шланги диаметром 150 мм. Высота их над водой была постоянной и равнялась 3 м, длина горизонтальной части l менялась и ее брали от 1 до 32 м. Форсунка эрлифта располагалась на глубине 9 м. Результаты опытов приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что длина горизонтально расположенной надводной части напорной линии до 10 м практически не оказывает влияния на производительность эрлифта и может быть признана как предельно допустимая при прокладке трубопровода на палубе судна.

Таблица 1

Длина, м		l/l	Производительность по воде		γ	Длина, м		Производительность по воде		γ	
l_1	l		м ³ /мин	%		l_1	l	м ³ /мин	%		
3	1	0,33	2*	100	0	3	20	6,66	1,58	79	0,21
3	4	1,33	2	100	0	3	24	8,00	1,50	75	0,25
3	8	2,66	2	100	0	3	28	9,33	1,36	68	0,32
3	12	4,00	1,93	97	0,04	3	32	10,66	1,25	62	0,38
3	16	5,33	1,76	88	0,12						

* Относительно низкая производительность объясняется небольшим заглублением форсунки (9 м).

Сопоставляя результаты лабораторных и промысловых наблюдений нетрудно убедиться в их близкой сходимости. Например, при $l/l=7$ производительность модели эрлифта падала на 20% от оптимальной в единицу времени, потери же производительности рыболовной эрлифтной установки достигали 23%, т. е. по сути дела были равновеликими.

Большое влияние на работу рыболовного эрлифта оказывает горизонт погружения форсунки. Характер такого влияния, по данным наших исследований, показан на рис. 2, на котором по вертикали нанесена производительность насоса (в %), а по горизонтали отложена глубина погружения смесителя (в м). Как видно из рис. 2, интенсивное нарастание количества воды, поднимаемой насосом, происходило на участке заглубления смесителя от 0 до 30 м.

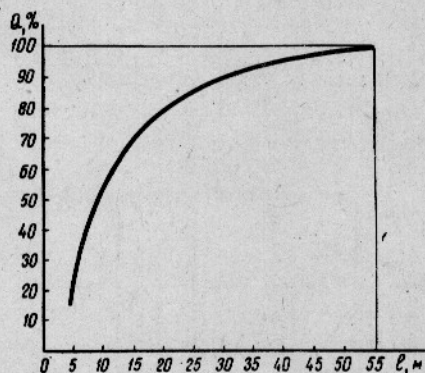


Рис. 2. Изменение производительности рыболовного эрлифта в зависимости от заглубления смесителя.

Выше уже отмечалось, что конструкция форсунки практически не влияет на производительность эрлифта, однако положение ее в линии пульпопровода играет важную роль. На рис. 3 показаны три возможных варианта положения форсунки в шлангах. При замене количества всды, подаваемой эрлифтом, оказалось, что во втором варианте по отношению к первому объем ее был равен 80%, а в третьем — всего 60%.

Современный рыболовный эрлифт с пульпопроводом диаметром 150 мм приводится в действие от компрессорной станции, дающей по условиям всасывания воздуха 3 м³/мин, что, судя по нашим исследованиям, можно считать завышенным. В связи с этим появилась необходимость выяснить, может ли такое завышение отрицательно сказаться на режиме эксплуатации эрлифтной установки. Такие опыты были поставлены в лабораторных условиях следующим образом. Четыре одинаковые по конструкции и размерам форсунки соединяли попарно в единый

блок, чтобы было удобнее расположить их на одном уровне и благодаря этому обеспечить равномерную и одинаковую подачу воздуха к штуцерам (рис. 4). Каждая форсунка имела самостоятельный воздухопровод, который соединялся с источником питания через особую пробку с четырьмя отверстиями. По ходу форсунки могли последовательно отключаться с помощью зажимов, что позволяло легко перераспределить воздух между ними.

Таблица 2

Улов за 20 мин лова		
в кг		в %
одинарная ЭРСУ	сдвоенная ЭРСУ	
Концентрация до 35 кг		
8	8	100
16	23	150
24	24	100
32	36	112
32	64	200
Σ/n 22	30	132
Концентрация 35—65 кг		
48	128	264
64	64	100
64	120	187
40	80	200
44	80	182
64	128	200
45	72	100
64	160	250
Σ/n 54	104	192
Концентрация свыше 65 кг		
88	96	109
96	160	166
112	200	178
80	160	200
96	192	200
104	200	192
Σ/n 96	166	175

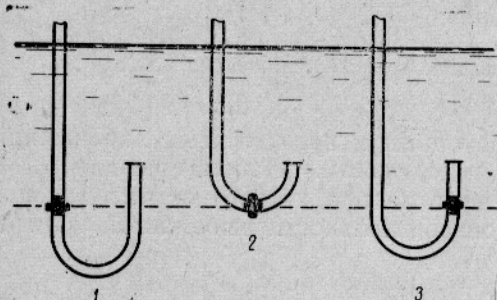


Рис. 3. Варианты расположения смесителя.

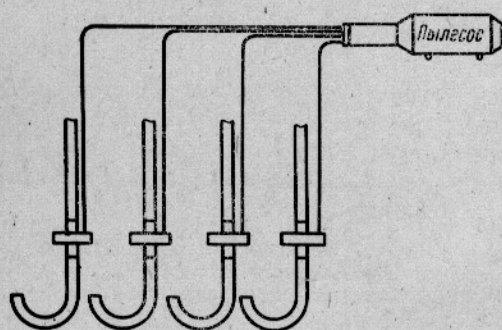


Рис. 4. Схема подачи воздуха от одного компрессора к четырем форсункам.

Выяснилось, что даже четырехкратное увеличение подаваемого воздуха в форсунку не оказывало неблагоприятного влияния на работу водоподъемника, так как практически производительность его не менялась. Таким образом, в рыболовных эрлифтах предполагаемый излишек воздуха безвреден, однако он может быть использован как резерв для привода в действие второй линии установки, что и было проверено в море на СРТ «Ломоносов» в 1969—1970 гг.

Для испытания сдвоенного эрлифта были смонтированы два пульповода с двумя самостоятельными форсунками таким образом, что

они могли работать вместе или по отдельности, отключение одного из них могло осуществляться без выборки всей системы на палубу. Лов рыбы сдвоенным эрлифтом строго чередовался с ловом одинарным эрлифтом, работающим по промысловой схеме. Чередование происходило через каждые 20 мин. Испытания проводили на малых, средних и больших концентрациях кильки. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, уловы сдвоенного эрлифта в 1,5—2 раза превышали уловы одинарной установки за счет удвоенной подачи воды и зоны активного всасывания.

Выводы

1. Вычисленный коэффициент уловистости рыболовных эрлифтов невелик. Это побудило искать способы повышения их производительности.

2. В результате лабораторных и промысловых испытаний установлено, что конструкция смесителя не оказывает заметного влияния на производительность ЭРСУ по воде, поэтому вместо применяемых на промысле форсунок сравнительно сложного устройства могут быть использованы обычные соединительные гильзы со штуцерами для крепления к ним воздухоподающих шлангов.

3. Производительность ЭРСУ зависит не только от величины заглубления смесителя, но и от расположения его в пульпопроводе, а также от высоты подачи пульпы, горизонтальной протяженности нагнетательного пульпопровода, наличия в нем углов поворота, что необходимо учитывать при проектировании и монтаже рыболовных эрлифтов.

4. Для повышения производительности ЭРСУ по рыбе целесообразно использовать двухступенчатые или сдвоенные установки.

SUMMARY

The catchability coefficient of the air lift was previously estimated to be rather low, so a more detailed investigation was required.

The recent investigations have shown that the design of the mixer does not affect noticeably the amount of water delivered with the air lift, but it decreases substantially with a rise in the height of feeding, availability of turns, elbows and bends in the above-water part of the fish pipe as well as with a horizontal extension of the latter on the deck. The efficiency of a two-stage air lift (as to the diameters of water-feeding hoses) may be increased by 20—30% when certain relations between the lengths of sucking and forcing fish pipes are observed. A coupled air lift will increase daily catches of kilka by 1.5—2 times.