

О МЕХАНИЗАЦИИ СОРТИРОВКИ СОЛЕНОЙ 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 приблизительно, 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 (tg угла уклона) для рыб различной длины при скольжении по стальной поверхности колеблется в определенных пределах (табл. 1).

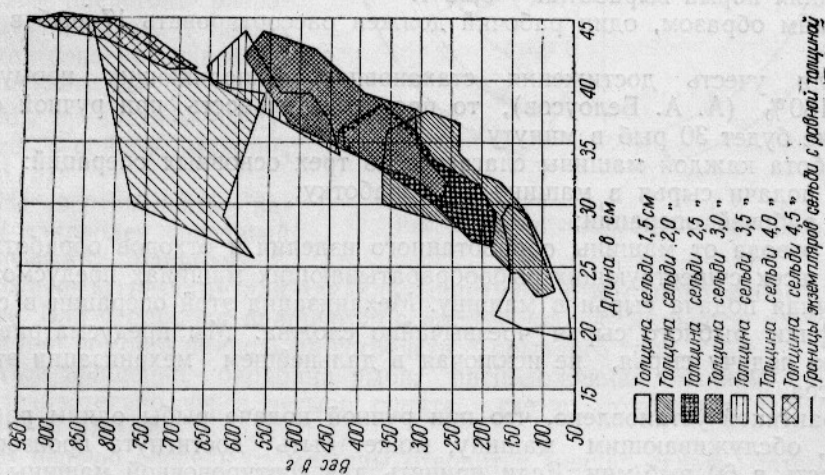


Рис. 1. Данные о линейных размерах соленой каспийской селди.

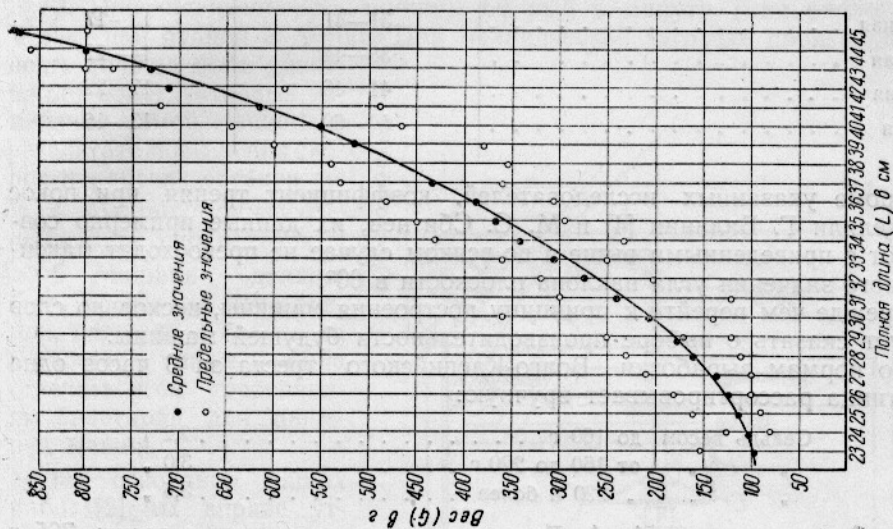


Рис. 2. Зависимость веса от длины соленой каспийской селди.

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

Группы	Покой °C	Движение °C
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 удвояна 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-

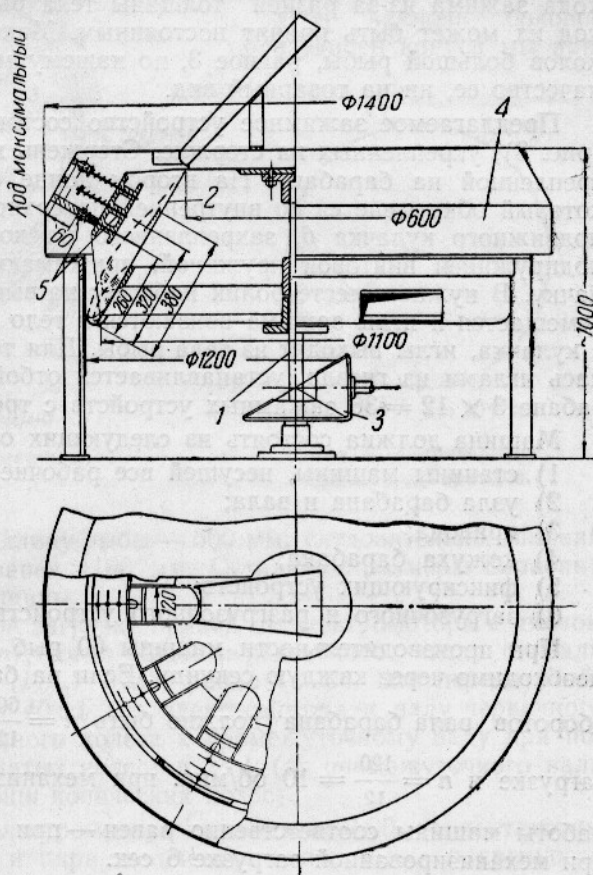


Рис. 3. Схема сортировочной машины.

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° , 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 выскальзывания наиболее длинного экземпляра сельди, равно 0,35 сек.; учитывая ширину рыбы и запас времени, можем считать, что время выскальзывания 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-

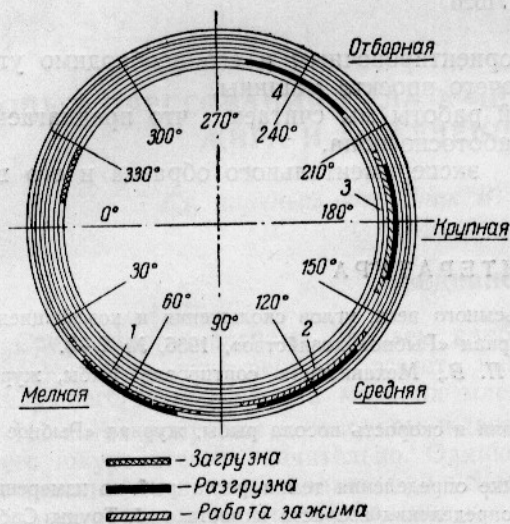


Рис. 4. Циклограмма машины.

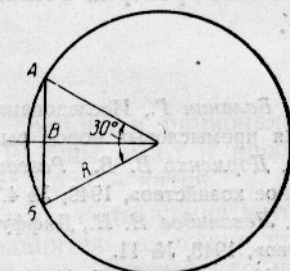


Рис. 5. Определение диаметра барабана.

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.