

Инженер С. БАЛАКШИН

**ИССЛЕДОВАНИЕ
КРУПНОСТИ МУКИ
ФАРИНОГРАНОМЕТРОМ**

Томск—1929 год

Исследование крупности муки фариногранометром.

В в е д е н и е.

Намеченное автором в 1922 году исследование жерновов поставило перед ним вопрос об определении крупности муки. Выяснилось, что применявшиеся до сих пор способы определения крупности являются непригодными для намеченной цели и автору пришлось в первую очередь заняться исследованием мельничных сит¹⁾, применяемых в мукомольном деле и затем разработкой вопроса исследования крупности вообще. Автору пришлось разработать для этой цели собственную конструкцию специального аппарата—Гранометра²⁾. Только после этого автору удалось вплотную подойти к вопросу об исследовании крупности муки. И только в настоящее время после нескольких лет работы возможно опубликовать некоторые полученные автором данные по крупности муки.

Необходимо отметить, что в первую очередь автору пришлось заняться вопросом исследования наиболее ходовых сортов муки, выявления для них кривых и коэффициентов крупности; данные о чем приведены в настоящей работе.

I. Метод исследования крупности муки фариногранометром.

Как это ни странно, но понятие о крупности муки в обыденной жизни является довольно неопределенным, растяжимым и условным. Самый простой способ определения крупности муки и состоит в перетирании небольшого количества ее взятого в горсть между пальцами и определение крупности ощущением (органолептическое испытание).

В то время как одну и ту же муку в одном месте и в известные годы считают крупной, в другом месте эту же самую муку в то же время находят средней. Для более точного установления крупности муки в лабораториях до сих пор применяется метод просеивания ее на 2—3 ситах крупных и мелких, при чем или ставится условием, чтобы на каждом сите оставалось непросеянным известное процентное количество испытываемой муки, или ставится условием необходимость прохождения всей муки через определенное сито (предел крупности).

Так например иногда ставится условием, чтобы мука простого помола при просеивании через металлические сита

№ 12 или 12 ниток в 1 англ. дм.

№ 20 „ 20 „ в 1 „ „

на сите № 12 не должно быть никакого остатка, но желателен остаток на сите № 20 не менее 1½% (иначе излишнее перетирание).

Для отсевойной:

Сито № 12—без остатка;

„ № 20 остаток нормально 0,5% и до 1,5%.

¹⁾ См. С. Балакшин. „Исследование сит, применяемых в мукомольном деле“.

²⁾ См. С. Балакшин „Исследование крупности продуктов“.

Для сеянки:

На сите № 52—55 (или 55 ниток в 1") остатка быть не должно.

Этот весовой метод является и неточным, и не совсем определенным. Так здесь указано для сит число ниток в 1", но ввиду того, что проволочная ткань может иметь различную толщину проволоки, величина пролетов сит при одном и том же числе ниток в 1" может быть различна (от 2—6 раз) и этот метод может дать очень различные результаты в зависимости от толщины ткани. С другой стороны чисто интересным является и самая структура крупности, состав муки, т. е. из каких разнородных по величине частиц она состоит. Все это заставило автора заняться исследованием сит применяемых в мукомольном деле и более детально разработать вопрос о пролетах их, а также и вопросом крупности вообще. В результате многолетней работы автору удалось сконструировать специальный аппарат „Гранометр“ и названный им в применении для определения крупности муки „Фариногранометр“.

Не вдаваясь здесь в подробное описание устройства Фариногранометра, приведенное нами в нашей работе по исследованию крупности продуктов¹⁾, кратко укажем здесь, что в общем фариногранометр состоит из набора сит, начиная с более крупного и до мелкого (см. ниже), на которых просеивается определенное количество муки (10 гр.), крупность которой желают определить. Полученные на каждом сите остатки высыпаются каждый в особое отделение второй части прибора „курвиметра“. Количество каждого остатка дает ординату „кривой крупности“, которая при помощи особого приспособления механически фиксируется на бумаге.

Кроме того, при помощи следующей части аппарата „гранографа“ из полученной кривой крупности также механически получается суммарная или куммулятивная кривая крупности всегда постоянной определенной высоты, которая также механически фиксируется на бумаге и которая легко дает возможность не только сравнивать между собой различные по крупности образцы муки, но даже выражать крупность одним коэффициентом в виде дроби (коэффициент крупности).

Применение Фариногранометра, внеся полную определенность, ясность, и объективность в вопрос крупности, дало автору возможность провести сравнительное исследование муки.

II. Набор сит Фариногранометра для исследования крупности муки.

Выше было указано, что основной частью сконструированного автором аппарата для механического определения и фиксирования крупности (Фариногранометра) — является набор сит.

Понятно, что и получаемые с помощью его кривые крупности зависят от этого набора, ввиду чего автору пришлось посвятить этому вопросу особое внимание, чтобы наметить этот основной набор.

Сита в наборе для определения крупности подбирают обычно таким образом, что пролеты отверстий их изменяются с известной закономерностью. Отношение большого пролета к меньшему пролету соседнего сита набора называется модулем ситового набора¹⁾.

¹⁾ См. Балакшин „Исследование сит применяемых в мукомольн. деле“.

Модуль ситового набора может быть или постоянной или переменной величиной.

В зависимости от того, крупность каких продуктов или материалов предполагают исследовать (напр. мука, цемент, порошок, зерно и т. п.) может применяться и соответственный ситовый набор. Т. к. в нашу задачу входило исследование крупности муки, то ниже мы приводим данные для набора сит принятого нами для определения крупности этого продукта, т. е. для фариногранометра.

Но этот же набор сит может конечно с успехом применяться и для определения крупности других сыпучих материалов, как например цемент, порошок, формовоч. песок, зубной порошок, пудра и т. п.

Подбирая ситовый набор для фариногранометра мы руководствовались следующими соображениями:

1) Чтобы в нем предельными крупным было сито через которое бы просеивалось проходом самая крупная мука и предельным мелкими на котором не оставалось почти мелкой мучной пыли (самой мелкой муки);

2) Чтобы в наборе были все наиболее ходовые сита как для муки так и для отрубей;

3) Чтобы модуль сит изменялся с известной закономерностью. Надо наметить, что на крупчатных мельницах продукты характеризуются обычно следующим образом:

	Число ниток 627,4 мм.	Величина про- лета в тыс. мм.
Высокое дранье сходом с № 8 по 24		—840
Драная крупа " с № 14 по 40		1585—460
Передирная крупа " с № 20 по 40		1070—460
Крупка " с № 20 по 60		460—294
Дунст " с № 60 по 68		294—266
Крупчатная мука прохо- дом через мучные сита с № 5 по 13		257—107

При так называемых сеянках мука получается проходом через сита № 7 по 9 (пролеты 210—163 тыс. мм.).

Что касается отрубей, то в домашнем обиходе для отсеивания муки простого помола обычно применяются сита желтой меди при чем автору удалось выяснить, что в урожайные годы и урожайные районы покупают у торговцев более мелкие сита, а именно 100 ниток в 1 вершке (56 ниток в 1 англ. дюйме пролет 380 тыс. мм.) а не урожайные годы и районы покупают у торговцев более редкие сита, а именно 80 ниток в 1 верш. (44 нитки в 1 дюйм пролет 477 тыс. мм.). А иногда даже применяются волосянные сита 24—28 ниток ванг. дюйме (пролет 840—700 тыс. мм.).

На сеянках отруби получают сходом сит 21—28 ниток в 1 дюйм (пролет 934—700 тыс. мм.).

На крупчатных мельницах при вымоле на вальцах крупные отруби сходом № 26 (пролет 794 мм.) мелкие проходом с сита № 26 и при вымоле на жерновах сходом с № 40—48 (пролетом 760—397 тыс. мм.).

Принимая все вышесказанное во внимание и особенно широкое распространение простого помола автор считает в дальнейшем за отруби все то что получается отсеиванием муки сходом до сита в 56 ниток в 1" (100 ниток в вершке) с пролетами 380 тыс. мм. (т. е. все частицы более 380 тыс. мм.).

После довольно продолжительного подбора наборов сит и ряда опытов мы остановились для фариногранометра на следующем ситовом наборе, как наиболее удовлетворяющего главнейшим требованиям.

Ситовой набор состоит из 15 сит из которых самое крупное металлическое (12 ниток в 1") с пролетом 1620 тыс. мм. и самое мелкое мучное (шелковое) сито № 25 с пролетом 29 тыс. мм.

Принимая модуль $M = \text{const}$ — постоянным т. е. изменение величины пролетов по логарифмической кривой имеем:

$$\lg 1620 = 3,20952$$

$$\lg 29 = 1,46240$$

$$\text{Разность} \dots 1,74712$$

Имея же при наборе в 15 сит 14 промежутков получаем:

$$\lg M = 1,74712 : 14 = 0,124794, \text{ откуда}$$

$$\text{модуль } M = 1,3627.$$

Величину b_n каждого пролета ситового набора можно определить по $\lg$ из уравнения (где n — номер сита набора)

$$\lg b_n = \lg 29 + (15 - n) \lg M$$

так например пролет сита № 14 набора определяется

$$\lg b_{14} = \lg 29 + (15 - 14) \lg M \text{ или}$$

$$\lg b_{14} = 1,46240 + 1,0,124794 = 1,5879, \text{ откуда}$$

$$b_{14} = 39 \text{ тыс. мм.}$$

Таблица № 1.

Ситовой набор фариногранометра

С. Балакшина

При условии модуль

$$M = 1,3627$$

$$\lg M = 0,124724.$$

Принятые в наборе сита

№ сита	$\lg$ прол.	Прол. в тыс. мм.	Номера сит		Чиело ниток			Величина про- летов в тыс. мм.	Модуль	Разность про- тив пролетов $M = 1,32227 = \text{const}$	
			Кру- поч- ные	Муч- ные	В 1 см.	В ан- дюйм.	В вер- шке			Тыс. мм.	%
1	3,20952	1620	—	—	—	12	—	1620	1,385	—45	3,8
2	3,08470	1215	—	—	—	14	—	1170	1,255	+23	2,5
3	2,95991	911	—	—	9	—	—	934	1,628	—11	1,9
4	2,83512	684	32	—	—	—	—	573	1,152	—14	2,8
5	2,71033	513	—	—	—	44	80	497	1,310	—5	1,3
6	2,58554	385	—	—	—	56	—	380	1,360	—9	3,2
7	2,46075	289	—	4	25	—	—	280	1,335	—7	3,0
8	2,33595	217	—	7	33	—	—	210	1,290	—	—
9	2,21114	163	—	9	39	—	—	163	1,292	—6	0,5
10	2,08635	122	—	12	43	—	—	116	1,250	+1	1,0
11	1,96156	92	—	14	58	—	—	93	1,329	+1	1,4
12	1,83677	69	—	16	61	—	—	70	1,342	—	—
13	1,71198	52	—	19	80	—	—	52	1,300	+1	2,5
14	1,58719	39	—	22	88	—	—	40	1,379	—	—
15	1,46240	29	—	25	100	—	—	29			

В таблице № 1 проведены результаты подсчетов I_g пролетов b , величины пролетов и наиболее подходящим ближайшие номера сит взятые нами для ситового набора Фариногранометра.

III. Исследование крупности муки простого помола.

Простой помол до сих пор является у нас самым распространенным среди населения.

Сельское население обычно перемалывает свое зерно на местных мельницах на муку с отрубями, отсеивая их дома (перед заведением квашни) и употребляя их на корм скоту и т. п.

Принимая это во внимание в первую очередь интересно было исследовать муку с отрубями простого раструсного помола на жерновах.

Перед нами стояли задачи:

1) Выяснить какую муку население считает крупной, средней и мелкой (выявивши для нее куммулятивные кривые крупности и коэффициенты ее);

2) Выявить влияние затупленности жернова на крупность помола.

Образцы муки для исследования.

Для получения однородных результатов нами были взяты вначале с одной раструсной мельницы находящейся недалеко от г. Томска (70 верст) средние образцы раструсной муки помолов различной крайности и при разной затупленности жерновов.

Установив характер и постоянство кривых мы произвели испытание раструсной муки с других мельниц и из других районов.

Главное внимание было обращено нами на исследование пшеничной муки как самой распространенной в Сибири, но и проведено несколько исследований и муки ржаной и из других пород зерна.

Взятый с мельницы средний образец муки тщательно перемешивался, отделялось нужное количество (10 гр.) которые и исследовались на фариногранометре для получения нужных кривых крупности.

Нужно отметить, при этом, что повторные опыты для разных условий обычно давали совпадающие кривые, которые и приняты нами за основные.

А. Пшеничная мука простого помола.

Крупность муки при разной затупленности жерновов.

Произведя опыты с мукой простого помола разной крупности, как ее характеризуют на мельнице (крупный, средний и мелкий помол) при разной затупленности жерновов мы получили ряд характерных куммулятивных кривых и коэффициентов крупности для этой муки.

На рис. 1 изображены куммулятивные кривые крупности полученные при остром жернове, на рис. 2 при среднем и на рис. 3 при тупом.

Сравнивая между собой эти кривые наглядно видно, что разница между крупным и мелким помолом при остром жернове значительно больше чем при затупленном (большее расстояние между кривыми).

Это же видно и из коэффициентов крупности которым мы называем отношение площади ограниченной кривой av и осями ad и cd см. рис. 1 ко всей площади прямоугольника $aecd$ ¹⁾.

¹⁾ См. С. Балакшин—исследование крупности.

В таблице № 2 приведены значения этих коэффициентов крупности.

Таблица № 2.

Коэффициенты крупности муки простого помола при разной затупленности жерновов.

Крупность помола	Затупленность жерновов		
	Острые	Средн. затуп.	Тупые
1) Крупая мука	$\eta_1=0,473$	$\eta_1=0,473$	$\eta_1=0,477$
2) Средней крупности	$\eta_2=0,383$	$\eta_2=0,403$	$\eta_2=0,413$
3) Мелкая мука	$\eta_3=0,263$	$\eta_3=0,342$	$\eta_3=0,308$

Из таблицы № 2 видно, что коэффициенты крупности колеблются:

при крупном размоле от $\eta_1=0,473—0,477$

„ среднем „ от $\eta_2=0,383—0,413$

„ мелком „ от $\eta_3=0,263—0,342$

Коэффициент крупности муки простого помола для средней крупности помола колеблется при разной затупленности жерновов очень незначительно ($\eta=0,383—0,413$) т. е. крупность муки среднего помола изменяется очень мало.

На рис. 4 нами приведены обыкновенные кривые крупности для пшеничной муки простого размола.

Из этих кривых видно как продукт по мере приближения к мелкому перемещает ординаты кривой крупности вправо, т. к. ввиду пересечений сравнивать крупность продуктов по кривым.

Для большей наглядности нами изображены также рядом куммулятивные кривые крупности на рис. № 4 для крупной муки при разной затупленности жерновов, на фиг. № 5 для муки средней крупности и на фиг. № 6 для мелкой муки простого помола.

Из составления куммулятивных кривых средней крупности муки для разной затупленности жерновов рис. 6 видно, что они почти совпадают.

Таким образом кумм. кривую сред. крупности при средней затупленности жернова можно считать за стандартную куммулятивн. кривую среднего крестьянского пшеничного простого помола с коэффициентом крупности $\eta=0,403$.

Куммулятивные кривые для крупного и мелкого помола при разной затупленности жернова отличаются больше.

Установив при помощи Фариногранометра кумм. кривые крупности для характеристики крупной средней и мелкой муки легко определить куда должен быть отнесен образец какойнибудь муки если полученную с него на фариногранометре куммулятивную кривую вычертить на прозрачной бумаге и положить на установленные стандартные кривые так как характер кривых для однородных сортов муки при этом остается постоянным.

Куммулятивные кривые крупности дают нам также возможность определить количество отрубей при разной затупленности жерновов и разных помолах.

Выше мы условились считать отрубями все те частицы муки которые при просевании остаются на сите с пролетами 380 тыс. мм. Это будет соответствовать пятой ординате куммулятивных кривых. Нане-

сенная на фариногранометре сетка дает возможность легче определить остаток на этом сите для различных случаев помола и затупленных жерновов.

Таблица № 3.

Количество отрубей пшеничной муки простого помола при различной его крупности и различной затупленности жерновов.

Крупность помола	Затупленность жерновов		
	Острые	Средние	Тупые
1) Крупная мука.	35,0%	22,0%	22,0
2) Средняя крупность	12,5%	14,0	16,0
3) Мелкая.	3,0	12,0%	8,0%

Из таблицы № 3 видно, что количество отрубей при среднем помоле колеблется от 12,5 до 16% достигая при крупном до 35% и при самом мелком (на острых жерновах) спускаясь только до 3%.

В) Ржаная мука простого помола.

На рис. № 8 приведены куммулятивные кривые для ржаной муки простого помола.

Из сравнения этих кривых с соответственными с кривыми для пшеничного помола выяснилось, что ржаная мука в среднем несколько крупнее пшеничной.

Так например коэффициент крупности мелкой ржаной муки $\eta_3=0,358$, а для пшеничной $\eta_3=0,263—0,342$. Для ржаной муки средней крупности $\eta_2=0,404$. Количество отрубей для ржаной муки как видно из коммуляр. кривой (ордината 5) от 13% до 17,5%.

IV. Исследование крупности муки повторительного помола.

А. Мука сеянка.

Еще до войны (1914 г.) в Сибири начали широко распространяться мельницы типа заимствованного из Самарской губернии т. н. „сеянки“. На этих мельницах из зерна привозимого крестьянином с перемолом и отсеиванием в два три приема приготавливают муку без отрубей т. н. „сеянку“ (отруби крестьянин получает особо). Этот же сорт муки вырабатывают и некоторые товарные мельницы.

На рисунке № 9 изображены куммулятивные кривые полученные нами из различных районов Сибири, а именно:

- 1) Семипалатинска;
- 2) Юргинский район (Томский);
- 3) Из Владивостока.

Как видно из этих куммулятивных кривых крупность „сеянки“ так как здесь отсутствуют отруби (до сита № 7—пролет 380 тыс. мм. ордината пятая здесь нет остатка).

Коэффициент крупности муки колеблется от $\eta=0,153$ до $\eta=0,263$.

В) Крупчатная мука.

В то время как до войны крупчатные мельницы Сибири вырабатывали по 8—10 и до 15 сортов. За последние годы стандарт товарных мельниц сокращен до трех, а теперь даже до одного сорта.

На рис. 10—12 изображены куммулятивные кривые крупности I, II и III сорта крупчатой муки из разных районов.

Из куммулятивных кривых первого сорта рис. 10 видно, что крупность его довольно различна в зависимости от района изменялась от $\eta=0,109$ до $\eta=0,100$ только до $\eta=0,198$. Здесь разница в крупности муки отдельных районов меньше наконеч крупчатная мука III сорта имеет меньшее различие в крупности $\eta=0,114$ до $0,170$. Из кривых видно, что крупчатная мука мельницы из Владивостока значительно крупнее во всех сортах. Особенно мелкой как показали опыты является заграничная крупчатная мука (напр. английская).

V. Крупность муки и других пород зерна и различных продуктов.

На рис. 13 приведена куммулятивная кривая крупности полученная нами для среднего образца гречневой муки.

Из кривой крупности фиг. 13 виден коэффициент крупности для гречневой муки.

На рисунке 14 имеется кривая крупности картофельной муки (крахмала) из нее видно, что продукт этот очень мелкий имея $\eta=0,110$.

Куммулятивные кривые крупности различных продуктов.

Для того чтобы иметь сравнительное представление о крупности различных продуктов и характера изменения ее на рис. 14 мы приводим кумм. кривые крупности различных продуктов¹⁾ и ниже таблицу коэффициента крупности их.

З а к л ю ч е н и е.

Вышеприведенная проделанная автором работа по исследовании крупности муки с применением сконструированного им для этой цели аппарата „Фариногранометра“ и разработанными им методами, ставит несомненно исследование крупности на научную базу.

Проделав фариногранометром опыты с мукой любой крупности и получив кривые крупности, возможно не только вполне точно выявить крупность муки, но составить вполне определенное представление о структуре ее.

Установив же определенные стандартные кривые и коэффициенты крупности является возможным вполне объективно определенно и бесспорно отнести продукты к той или иной категории крупности и несомненно Фариногранометр найдет в самое ближайшее время самое широкое применение на мельницах как простого так и крупчатного помола, где он будет очень полезен для регулирования и контроля работы размольных, просевных и очищающих крупки и др. машин этой отрасли промышленности.

Исследование крупности фариногранометра несомненно будет полезно в производстве пудры, зубного порошка, пороха и других мел-

¹⁾ См. также С. Балакшин „Исследование крупности продуктов“.

ких продуктов, при других размерах и ином наборе сит гранометр может также быть применен для исследования и более крупных продуктов (зерна, дробь, картофель и т. п.).

Работа автора по исследованию крупности муки примененным им научным методом является несомненно только первым шагом в этом направлении. Автором сделаны только первые опыты определения крупности, но несомненно очень важным является в дальнейшем установить влияния крупности муки на хлебопекарные качества ее, способность сохраняться и т. п., что даст в свою очередь конкретные указания для рационального ведения размола ее и проч. исследования и изменения схем размола на лучшее качество муки и проч.

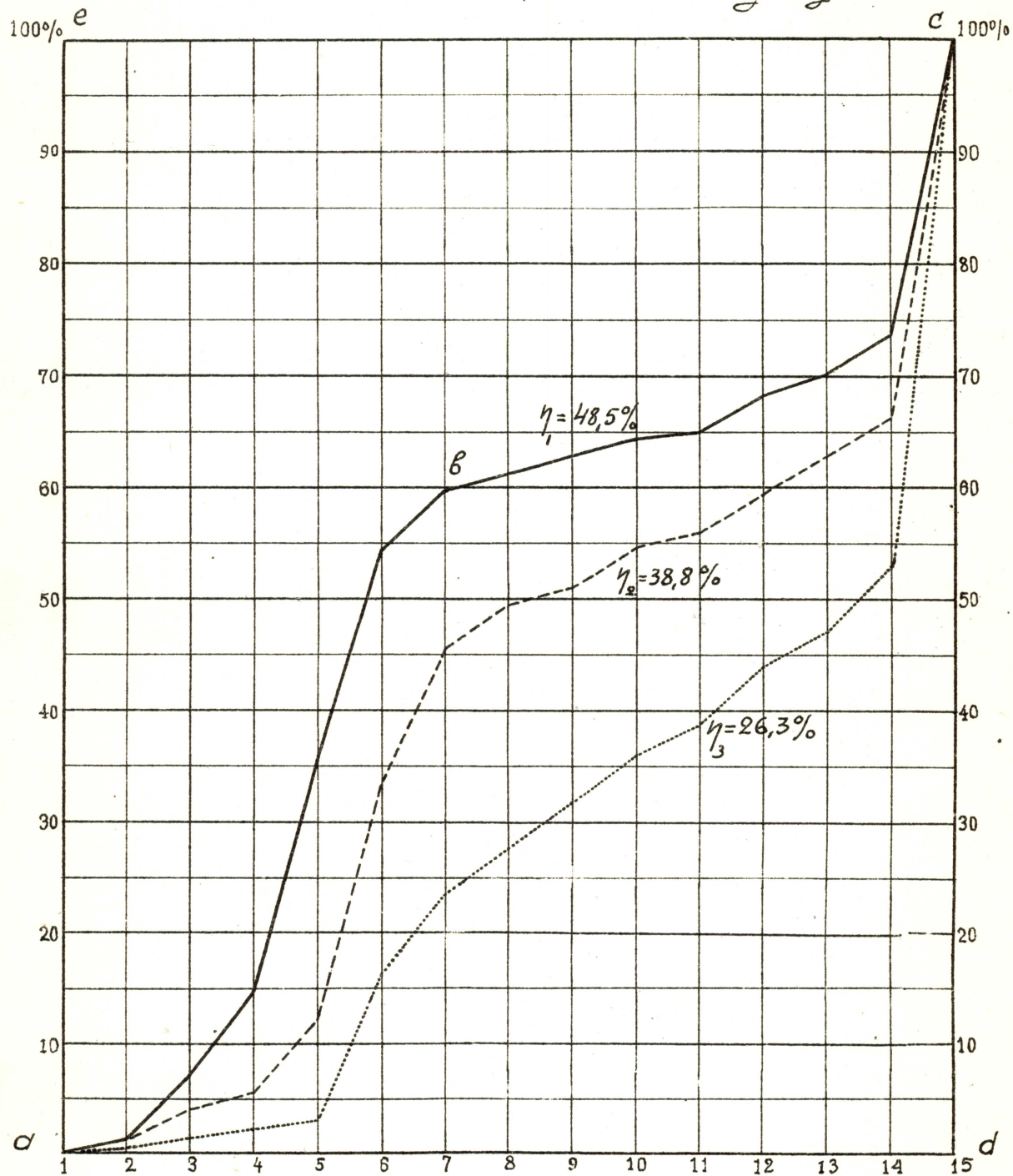
Все эти вопросы ближайшего будущего.

В заключении автор не может не пожелать, чтобы гранометр и фариногранометр вошли в такое же широкое применение крупности продуктов как пурка при определении их натуры. Чтобы были выработаны стандартные кривые и коэффициенты крупности для разных продуктов и определение ее в дальнейшем покоилась на всегда объективных измерениях прибором, а не на индивидуальном, часто обманчивом способе.

Рис. 1.

Поморы на острове Жернове.

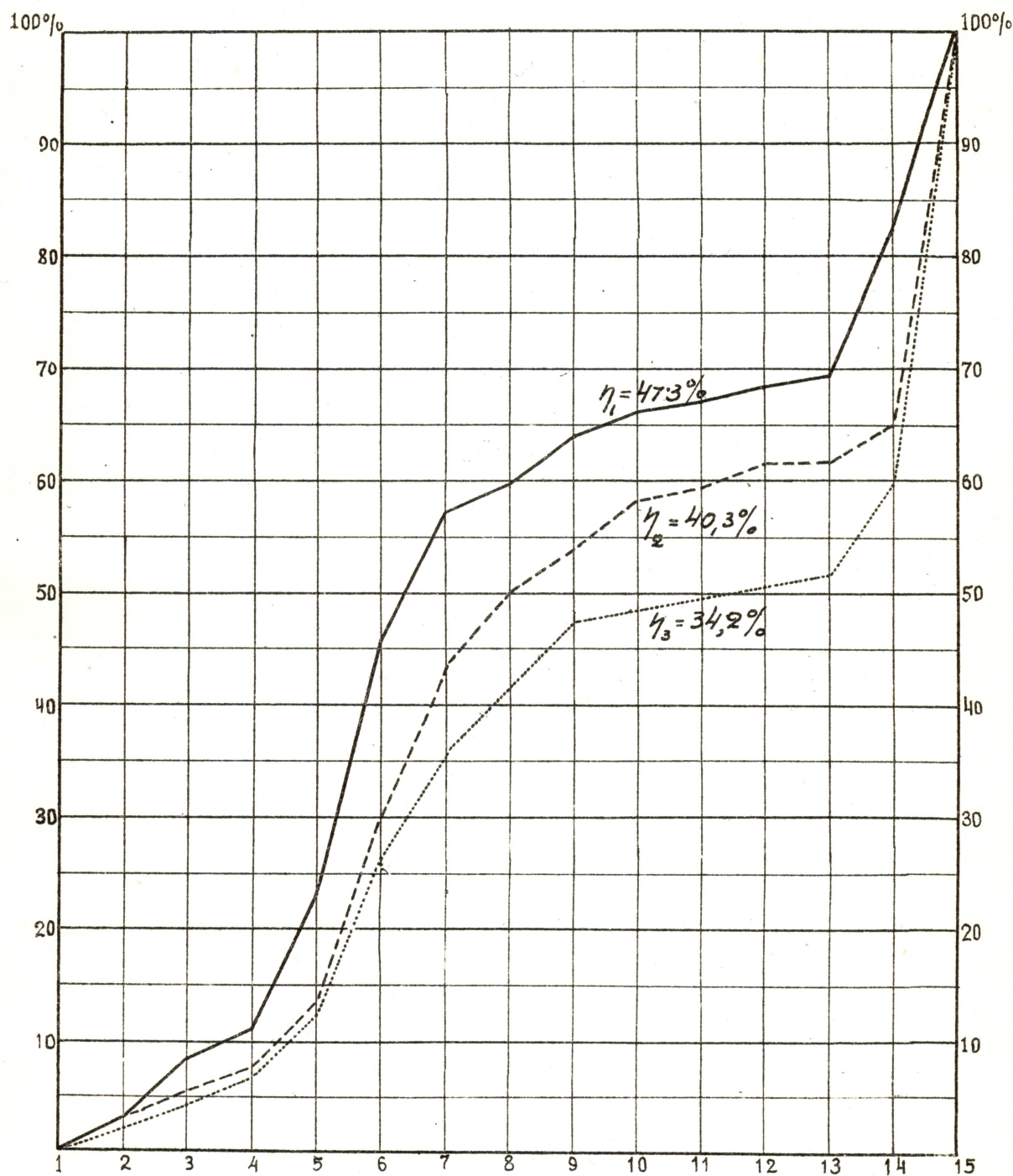
к статье инж. С. А. Баранкина.



— крупный размер
 - - - средний "
 мелкий

Помол при жернове средней затупленности.

и статье инж. С. Я. Баракинина.



— крупный размог
 ---- средний "
 мелкий "

Помолы на тупом жернове.

К статье инж. С. Я. Балакшина.

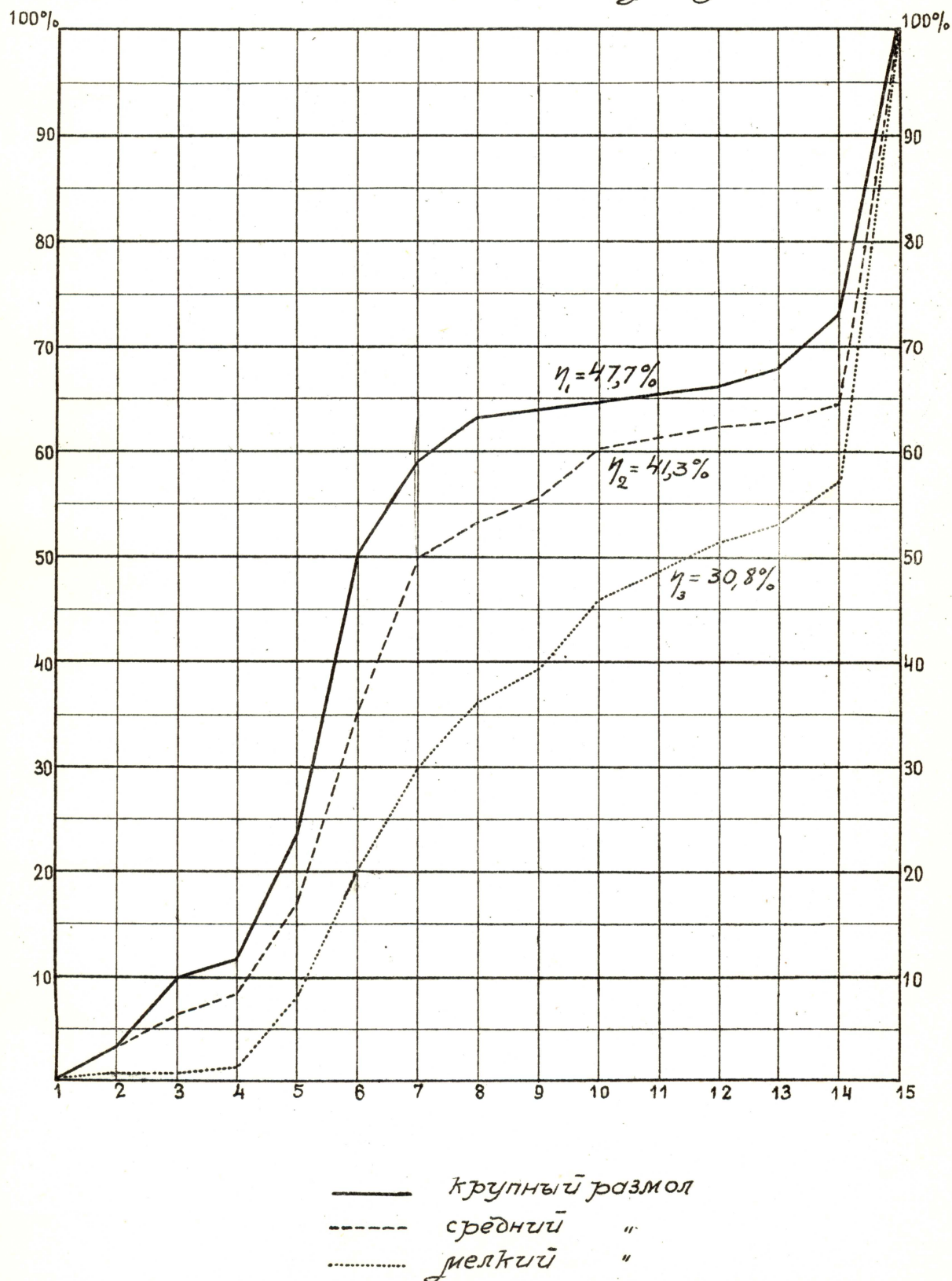


Рис. 4.

Кривые крупности для муки простого размола.

К статье инж. С. Я. Булакшина.

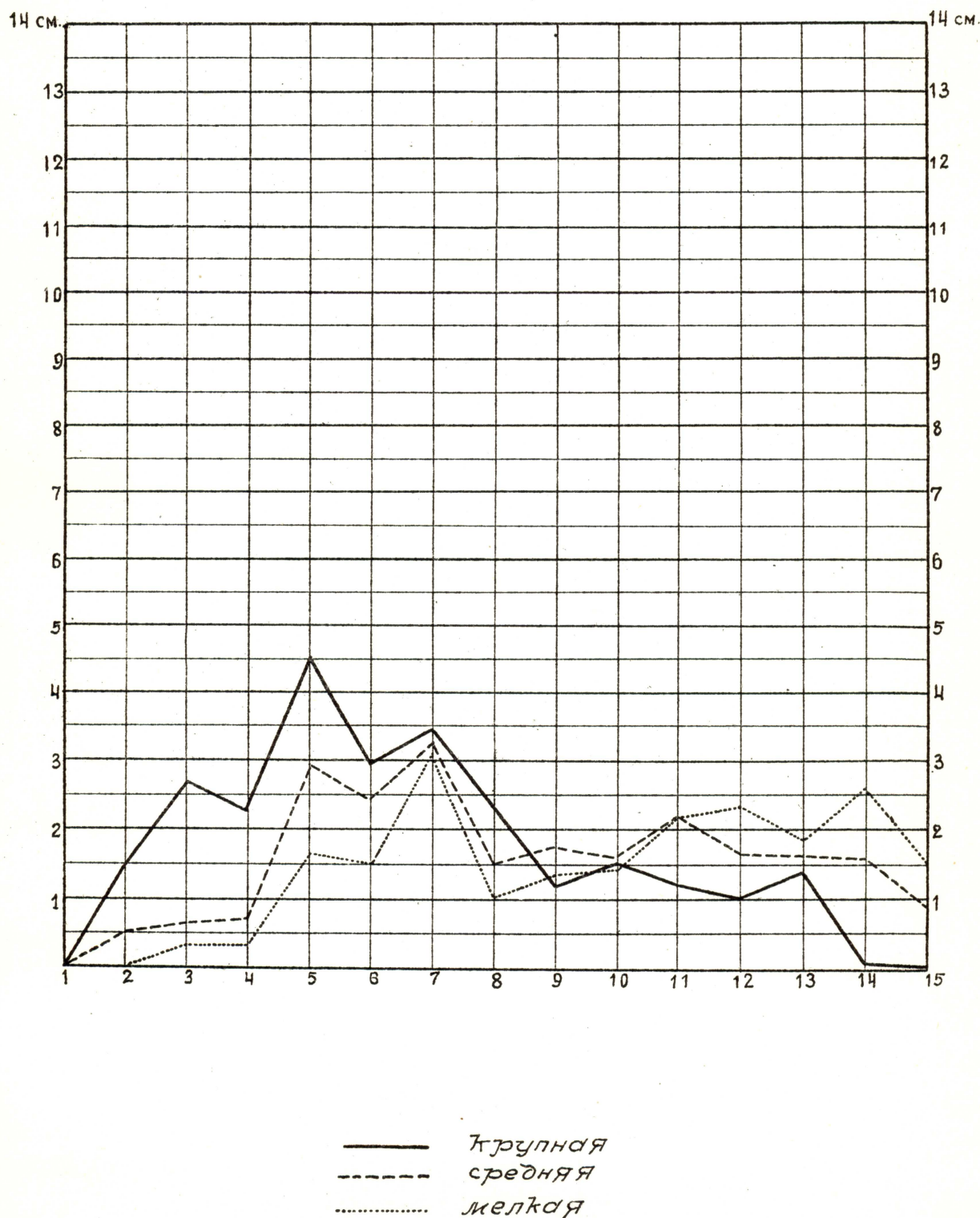
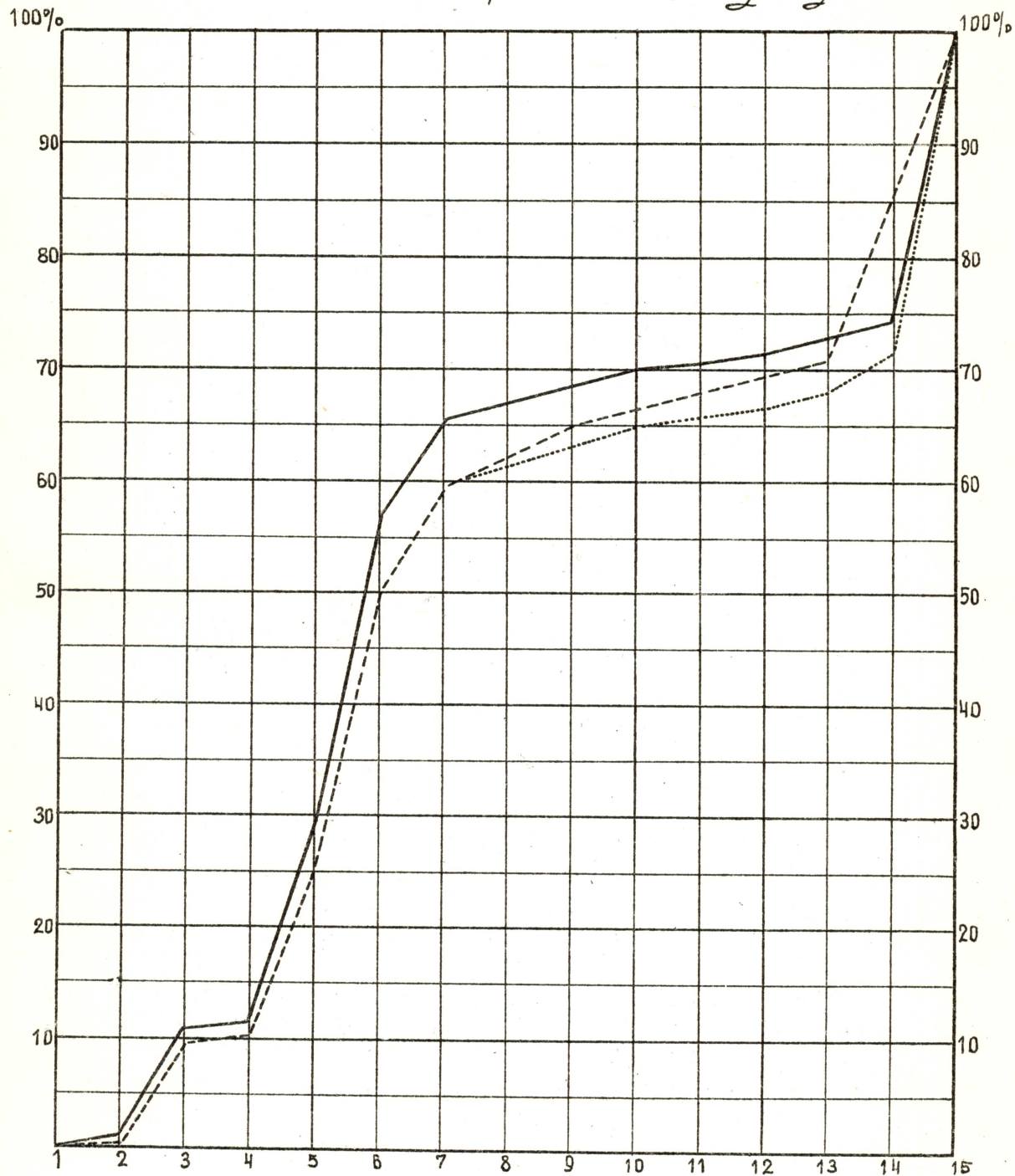


Рис. 5.

Крупный размол при разной
затупленности жерновов.

К статье инж. С. Я. Балакшина

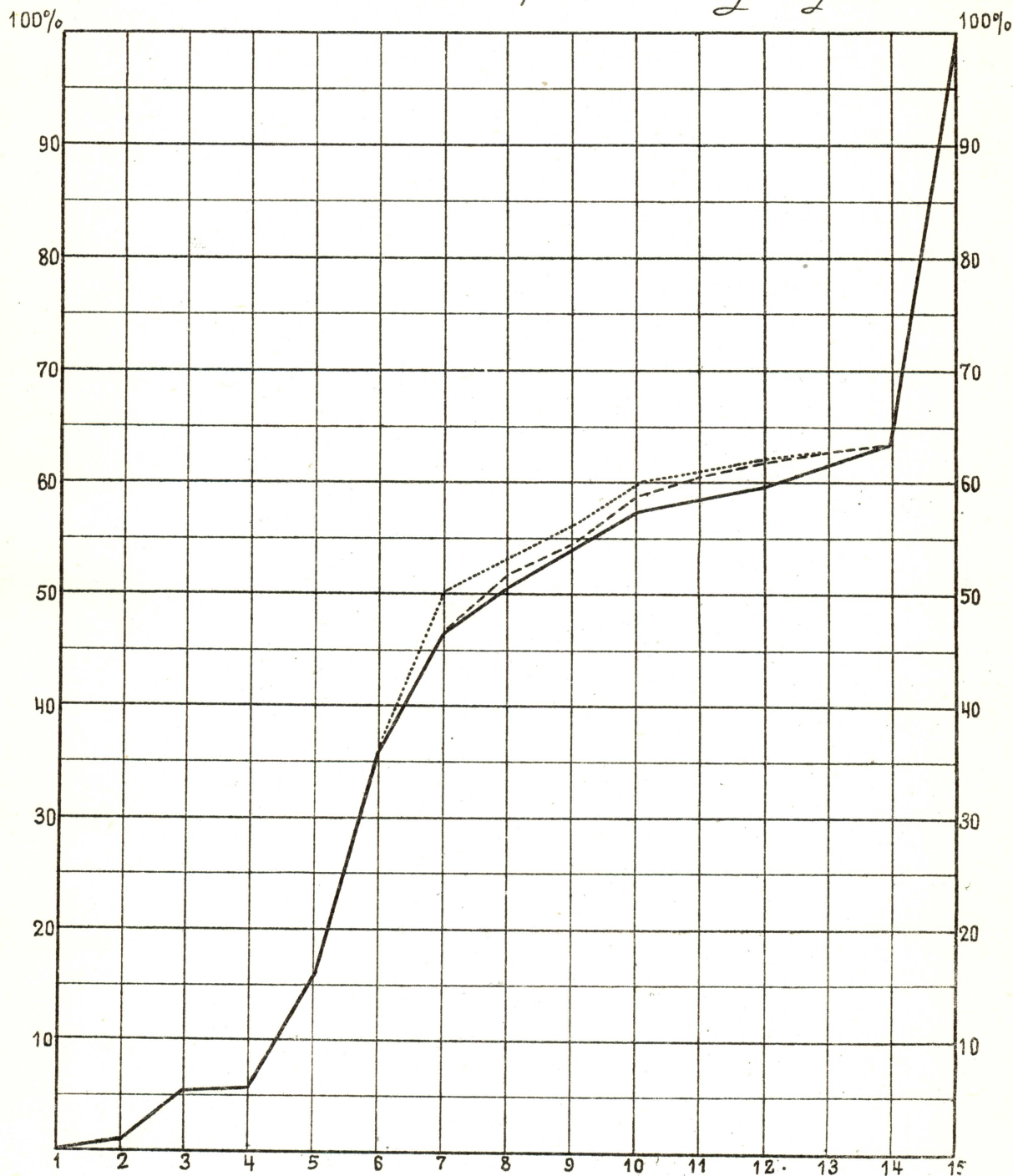


— острый жернов
- - - жернов средней затупленности
..... тупой жернов

Рис. 6.

Средний разжол при разной
затупленности жерновов.

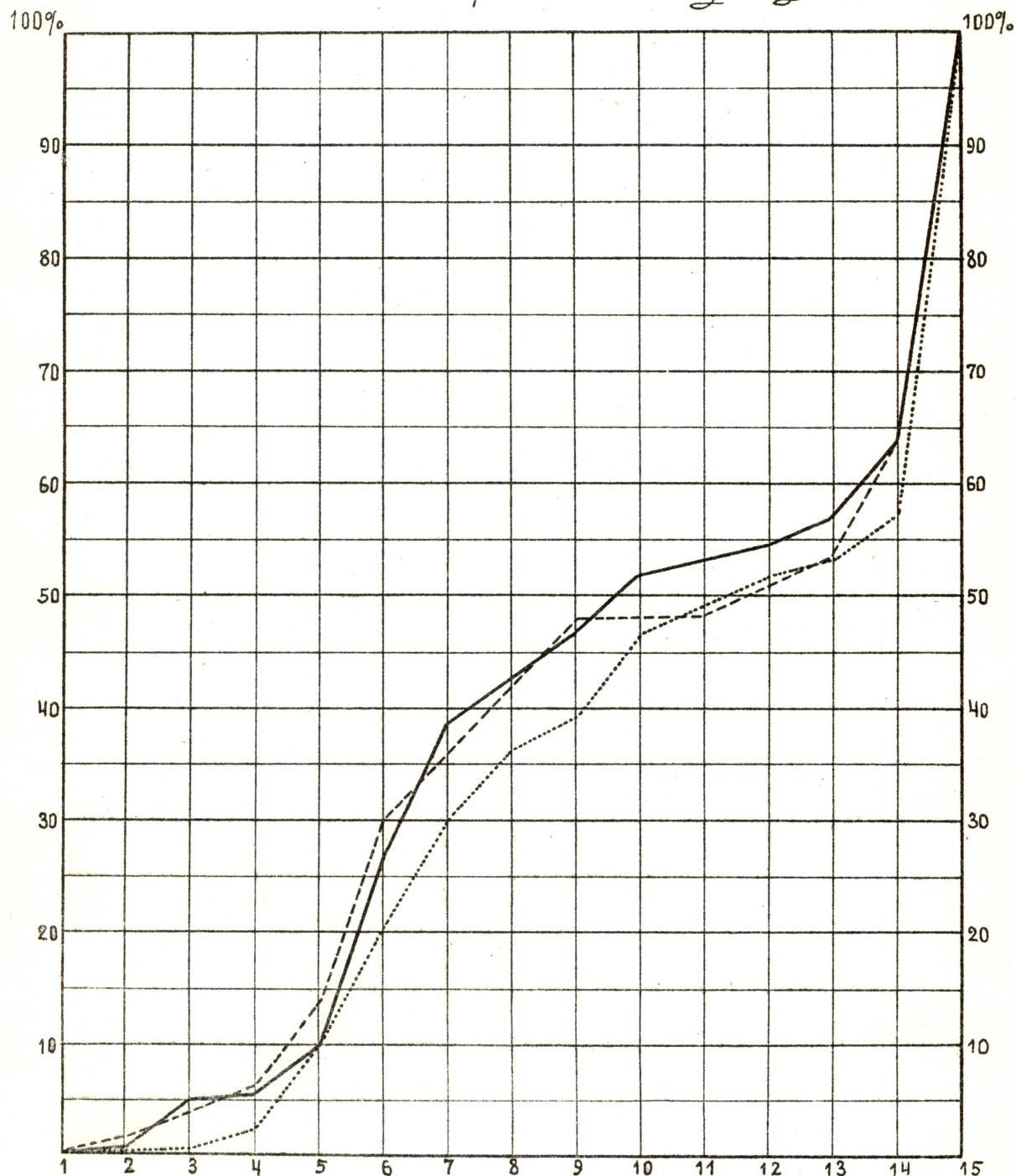
Из статьи инж. с.я. Баракшина.



— Острый жернов
- - - жернов средней затупленности.
..... тупой жернов.

Рис. 7.
Мелкий размол при разной
затупленности жерновов.

Из статьи инж. С. А. Баракшина.

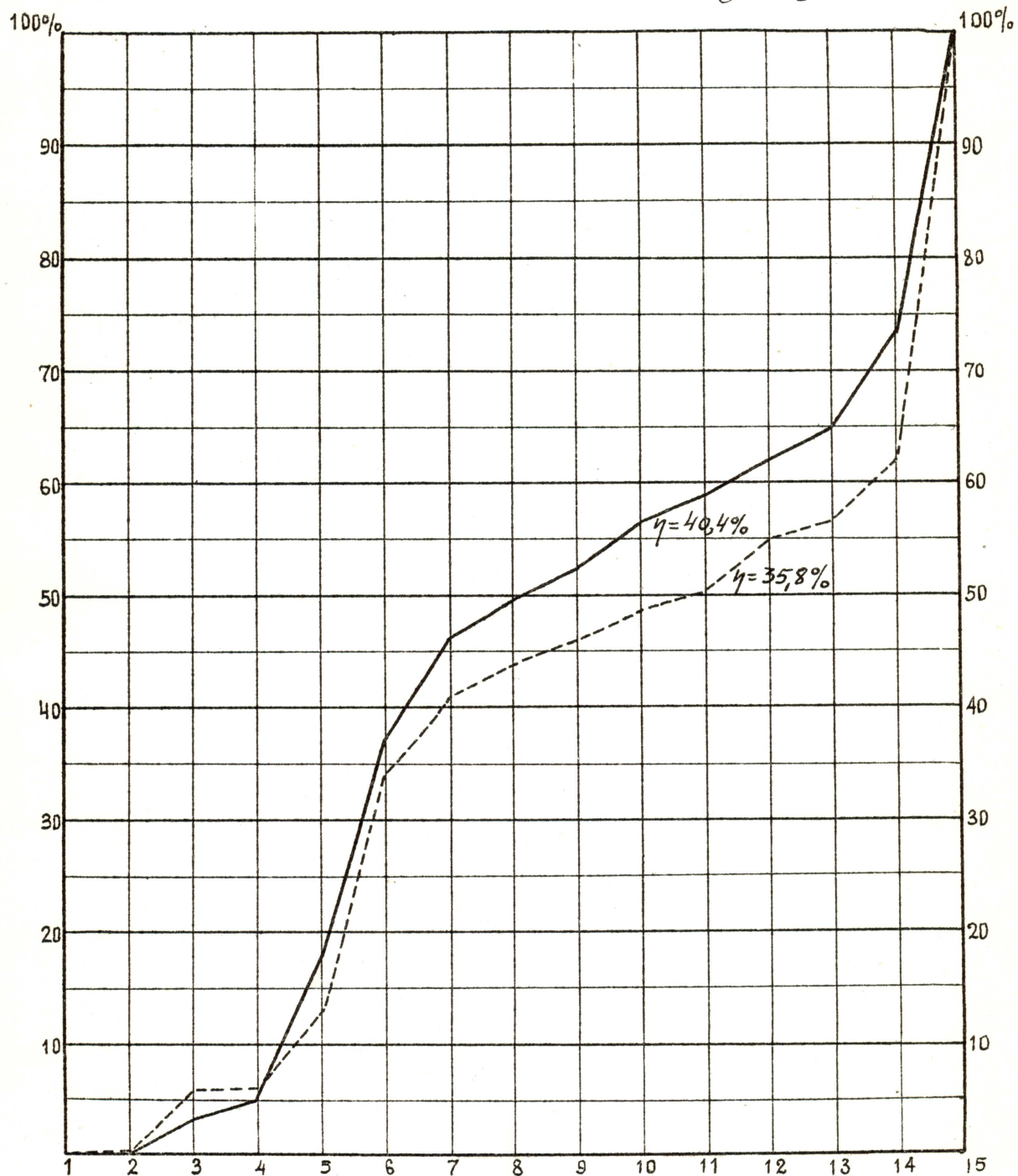


— острый жернов
 - - - - - жернов средней затупленности
 тупой жернов

Рис. 8.

Мука ржаная.

К статье инж. С. А. Барокина.

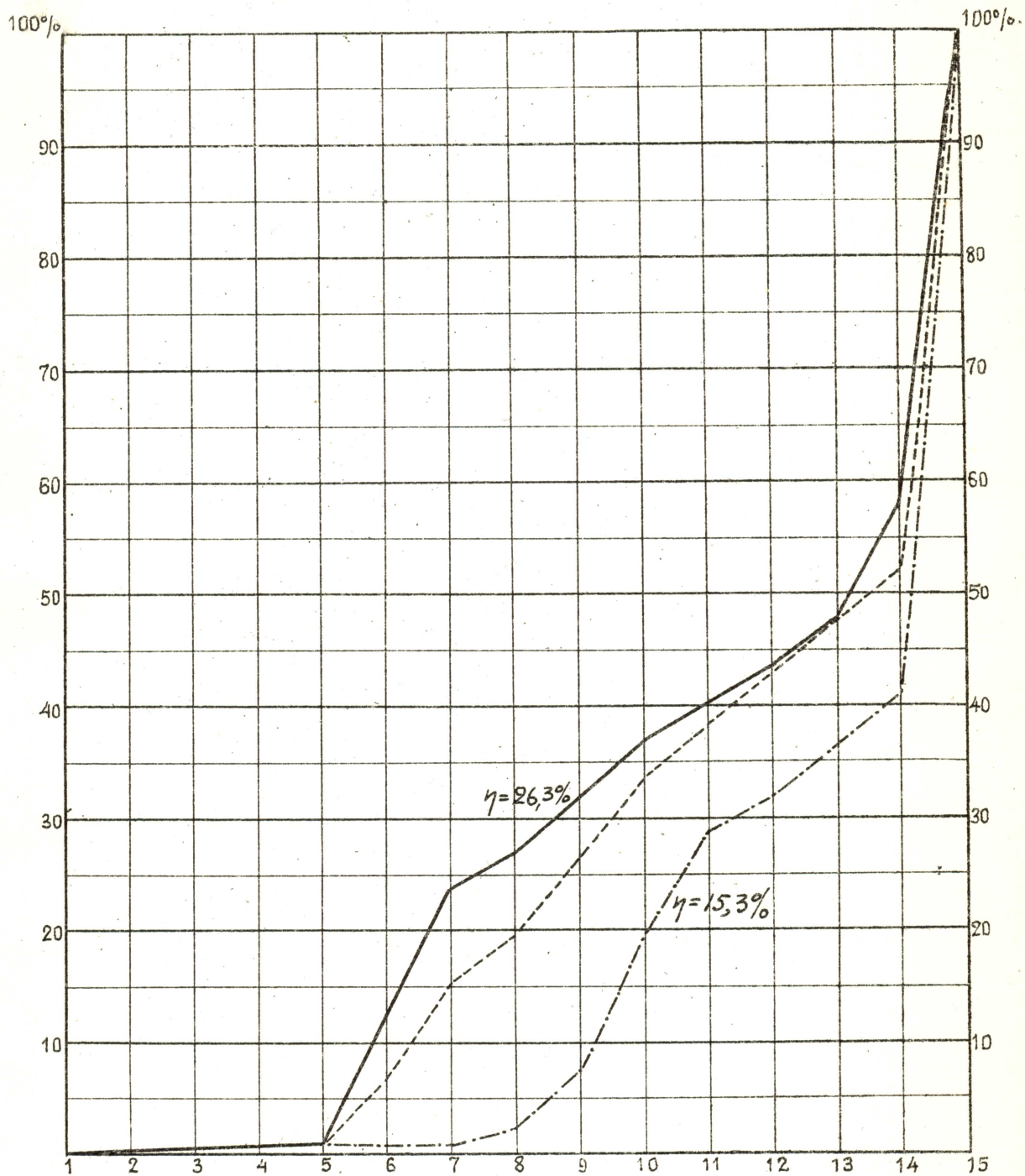


— средний размол
- - - мелкий размол

Мука "сеянка"

Рис. 9

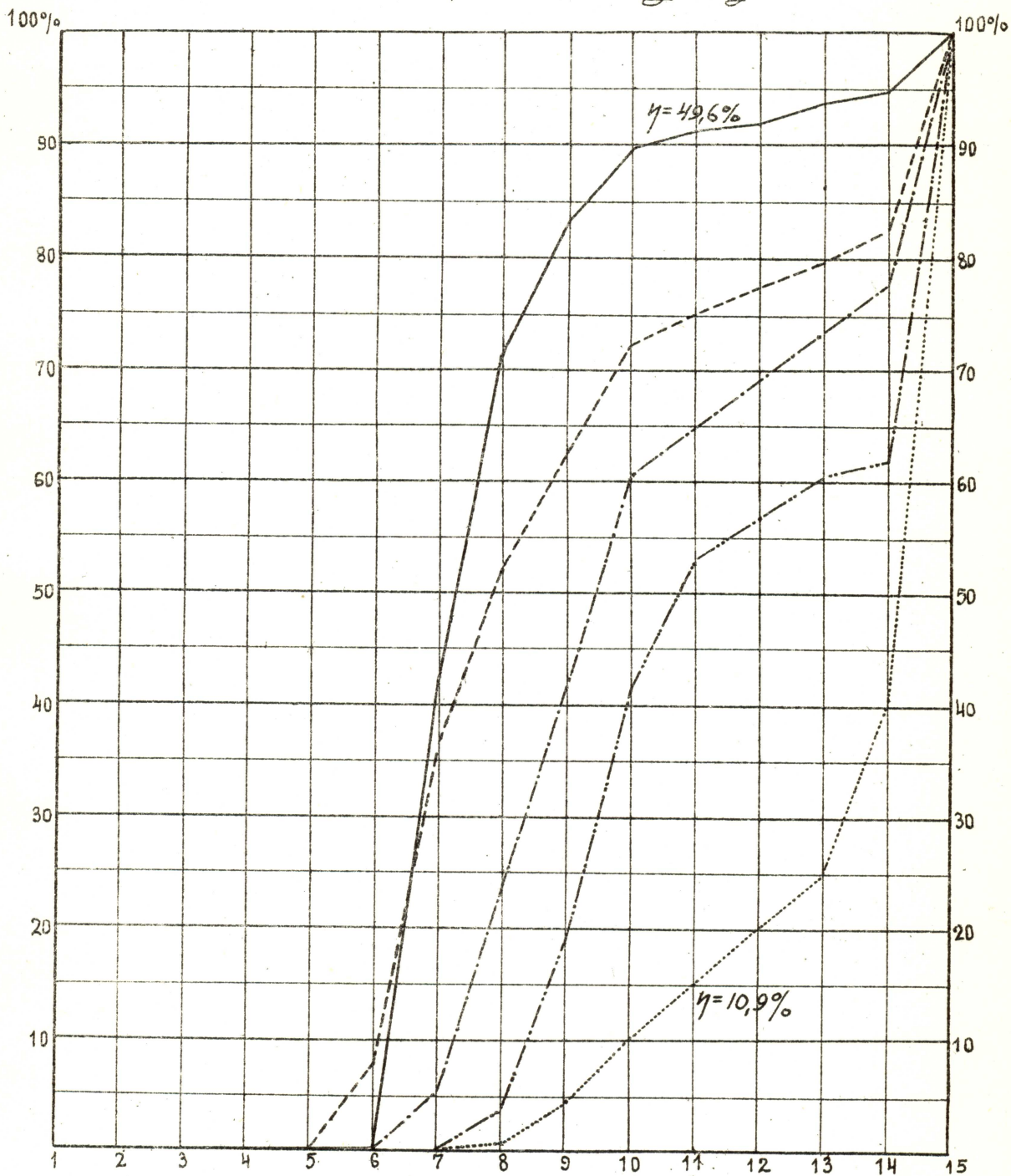
Из статьи инж. С. Я. Балакшина



- Образец из г. Семипалатинска
- - - Юргинского района Томского окр.
- · - г. Владивостока

Рис. 10. Крупчатная мука I²⁰ сорта.

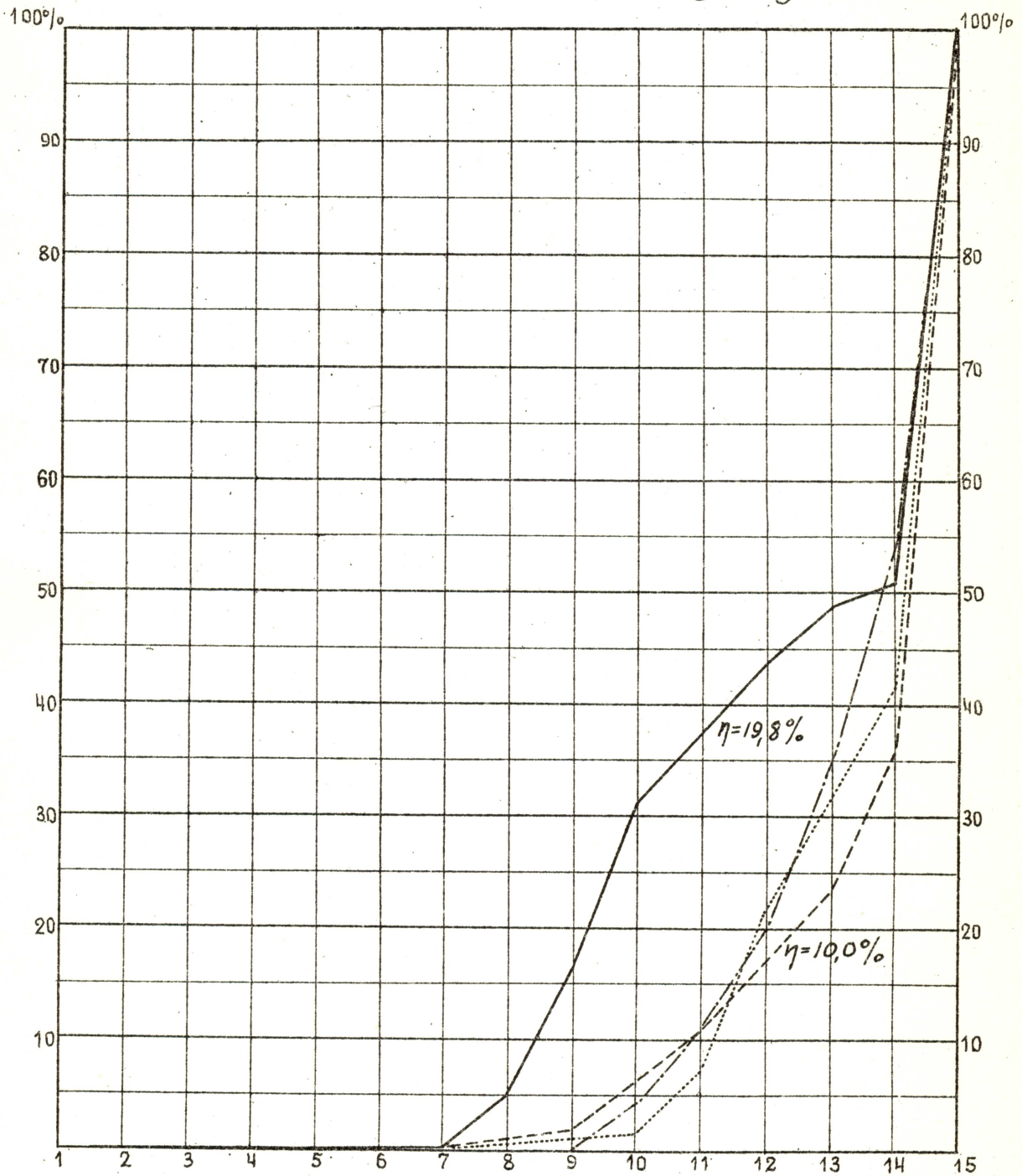
Из статьи инж. С. Я. Баракинина.



- из г. Владивостока
- - - - - " Томска м-цы N209, 1927г.
- . - . - " " " " 1925г.
- - - - - " " " N208, 1926г.
- " Омска м-цы N30

Крупчатная мука II²⁰ сорта. Рис. 11.

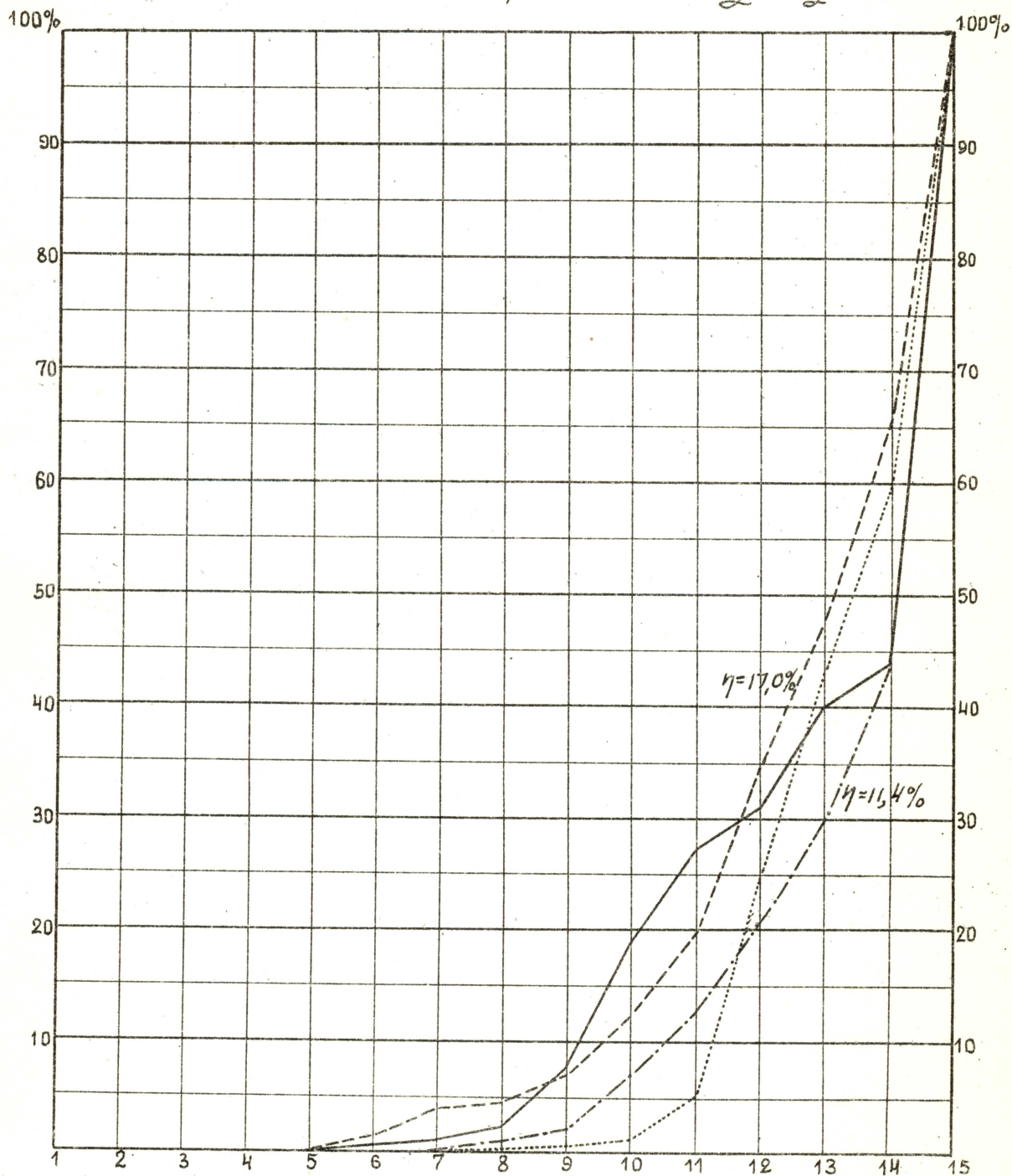
Из статьи инж. С. А. Богданкина.



- из г. Владивостока
- - - - - " М-ц 209, 1927 г.
- " " " " 1925 г.
- . - . - " " М-ц 208, 1926 г.

Рис. 12. Крупчатая мука III^{го} сорта

К статье инж. С. А. Баракишина.



- из г. Владивостока
- - - " Томск м-цы №209, 1925 г.
- ... " " " " 1926 г.
- . - " " " " " 1927 г.

Гречневая мука.

Рис. 13.

К статье инж. С. Я. Баракишина.

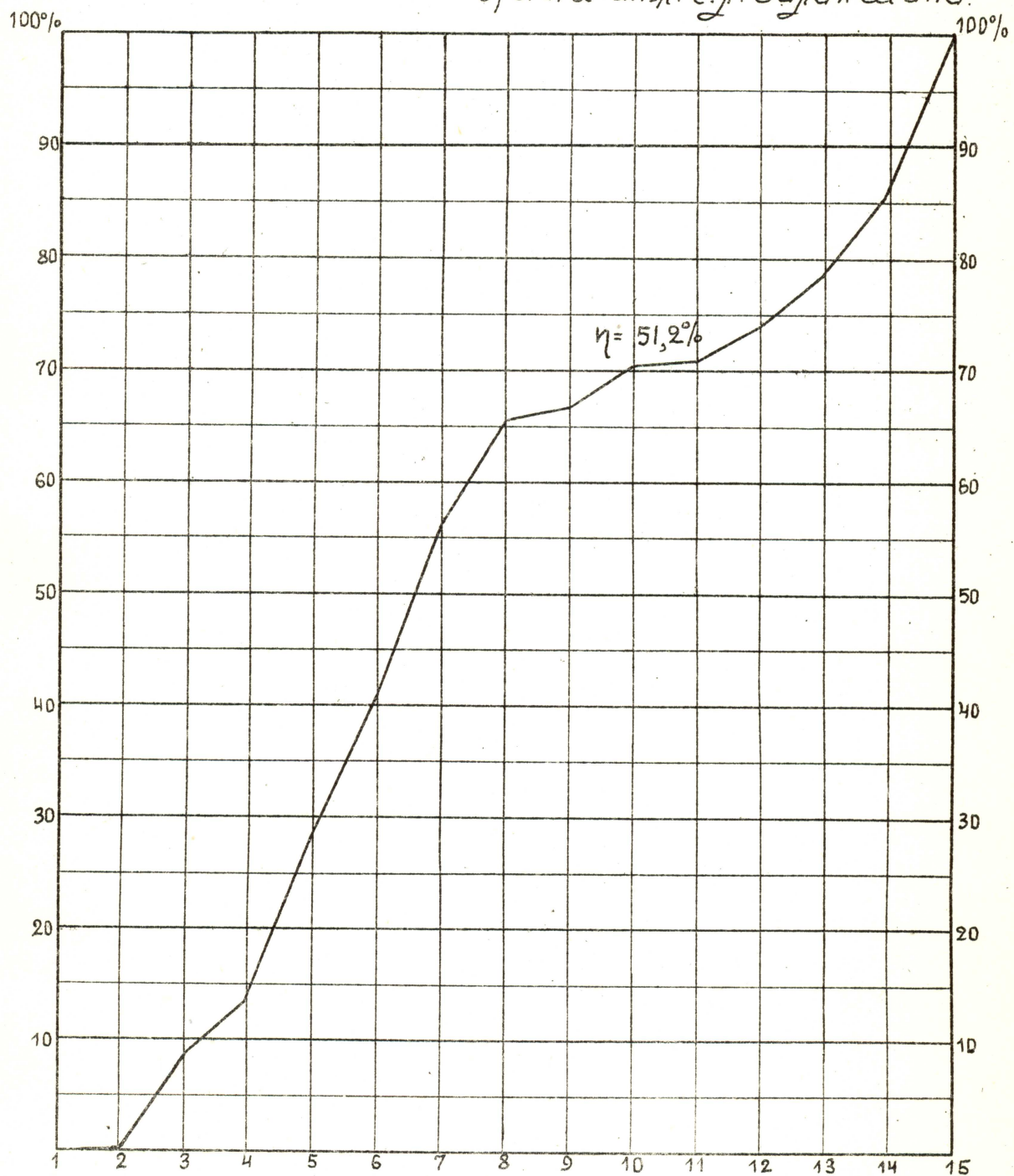


Рис. 14.

Кумулятивные кривые крупности
полученные гранометры для различных
продуктов.

К статье инж. С. А. Балакина.

