

6

А 8 МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УЗ. ССР

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА—ТИИИМСХ.

На правах рукописи

инженер СЛАДКОВ Е. А.

САМОНАПОРНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ В ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНАХ КАЗАХСТАНА

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Научный руководитель —
зав. кафедрой мелиораций,
доцент В. И. АЛЕКСЕЕВ

г. ТАШКЕНТ 1962 г.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УЗ. ССР

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА—ТИИИМСХ.

На правах рукописи

инженер СЛАДКОВ Е. А.

САМОНАПОРНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ
В ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНАХ
КАЗАХСТАНА

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Научный руководитель —
зав. кафедрой мелиораций,
доцент В. И. АЛЕКСЕЕВ

г. ТАШКЕНТ 1962 г.

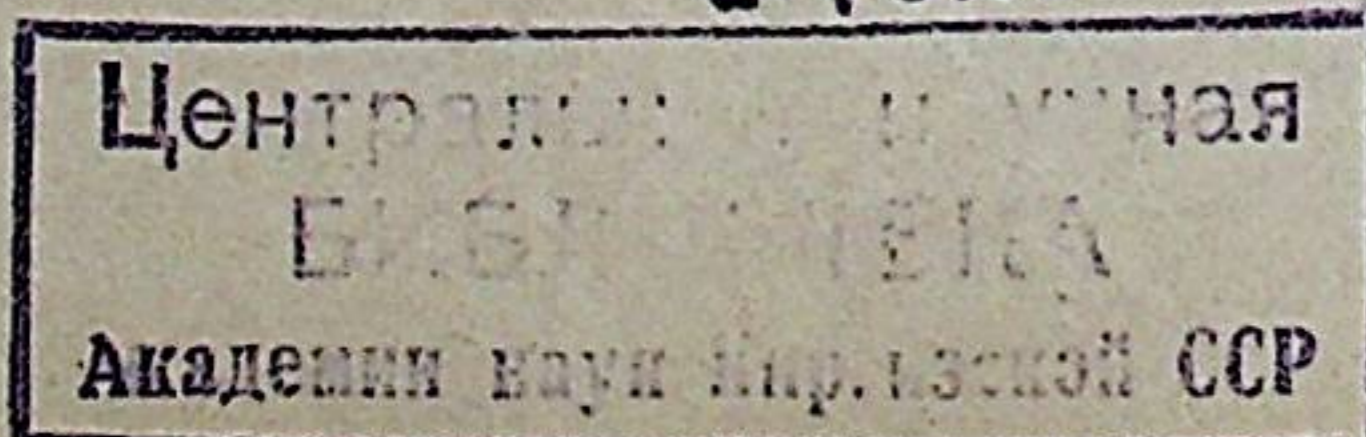
Представляемая к защите работа состоит из двух томов.

Первый том,—текст диссертации, изложен на 174 страницах, иллюстрирован 18 фотографиями и 34 схемами, графиками, чертежами. Том содержит: I. Введение. II Экспериментальные исследования. III Техничко-экономический анализ и методику проектирования самотечно-дождевальных оросительных систем. IV. Некоторые вопросы проектирования сооружений на системах самотечного дождевания, V Перспективы применения самотечного дождевания в Казахстане. VI. Выводы и список использованной литературы из 209 названий.

Второй том, — приложения на 181 странице, иллюстрирован 34 расчетными схемами. Том содержит: I. Ведомости опытных данных к исследованию работы дождевальной насадки КДУ-41 в условиях высоких отметок местности. II. Ведомости опытных данных к исследованию потерь напора в асбестоцементном трубопроводе. III. Расчеты по установлению экономически наивыгоднейших диаметров трубопроводов, удельных стоимостей и рациональных размеров систем самотечного дождевания. IV Расчеты по установлению технико-экономических показателей самотечно-дождевальных систем при кольцевании стационарных трубопроводов. V. Расчеты по установлению предельных (минимальных) расходов асбестоцементных напорных трубопроводов, из условия их незаиляемости.

Экспериментальная часть работы выполнена в 1949—1955 годах на территории Казахского сельскохозяйственного института (г. Алма-Ата) и в колхозе Луч Востока Алма-Атинской области.

217323.



В программе Коммунистической партии Советского Союза, утвержденной на XXII съезде КПСС говорится: «Создание, наряду с могучей промышленностью, процветающего, всесторонне развитого и высокопродуктивного сельского хозяйства—обязательное условие построения коммунизма».

Одним из решающих условий неуклонного роста сельскохозяйственного производства является всемерное расширение механизации и электрификации сельского хозяйства, оснащение колхозов и совхозов передовой техникой.

Эффективность сельского хозяйства на орошаемых землях во многом зависит от техники орошения, которая у нас отстает от общего уровня механизации сельскохозяйственного производства. Надо быстрее улучшать технику орошения и переходить от поверхностных способов к дождеванию там, где для этого имеются благоприятные условия.

Всего в СССР орошается дождеванием только 110—130 тыс. га вместе с тем, как показывает опыт совхоза «Пахта-Арал» дождевание позволяет в 4—5 раз повысить производительность труда и значительно экономить оросительную воду.

Около половины всех орошаемых земель Казахстана находится в предгорных районах. Сильно расчлененный рельеф, легкие маловлагодоемкие почвы и большие уклоны поверхности вызывают значительные трудности при орошении этих районов обычным поверхностным способом.

Существующая в этих условиях техника орошения приводит к смыву верхних, наиболее плодородных горизонтов почвы на поливных участках и размыву оросительных каналов. Здесь имеет место так называемая ирригационная эрозия являющаяся следствием неправильного ведения орошения.

Большая часть всей оросительной воды теряется на фильтрацию из многочисленных ирригационных каналов и на глубинное просачивание на полях при поливе.

Все эти трудности успешно преодолеваются применением новой техники орошения—искусственного дождевания, внедрение которого в предгорных районах республики является вполне созревшей необходимостью и крайне важной задачей.

Большие уклоны орошаемых предгорий Казахстана (0,05—0,1) дают полную возможность осуществить дождевание исключая необходимость затраты энергии, для создания рабочего напора в дождевальных установках. Такое дождевание может быть названо самотечным или самонапорным.

Самотечное дождевание в предгорных районах может быть осуществлено путем устройства закрытых оросительных систем. Сущность такой закрытой системы состоит в том, что уложенные вдоль наибольшего уклона местности трубопроводы, забирая воду из канала или естественного потока, на сравнительно небольшом (500—1000 м) расстоянии создают напор достаточный для работы дождевальных установок. Общая схема такой системы представлена на рис. 1.

Как видно на этой схеме, системы самотечного дождевания размещаются близко к верхней границе орошаемых земель, где благодаря значительному уклону поверхности укорачивается холостая (напорообразующая) часть магистрального трубопровода.

Забор воды в закрытую напорную сеть здесь осуществляется из открытых каналов проложенных по наименьшему уклону.

Самотечно-дождевальные системы могут быть оснащены различными, по величине необходимого рабочего напора дождевальными установками. На больших орошаемых массивах вытянутых по наибольшему уклону, при наличии необходимых напоров-создаются дождевальные системы с применением, как низконапорных, так и высоконапорных установок.

подавляющее большинство недостатков присущих открытым системам правильного орошения,—устраняются закрытыми самотечно-дождевальными оросительными системами:

1. Потери оросительной воды сводятся к минимуму, КПД системы может быть доведен до 0,85—0,90.

2. Значительно сокращаются потери полезной площади под оросительными каналами, КЗИ достигает 0,90—0,95;

3. Уменьшается протяженность открытых каналов и число гидротехнических сооружений на системе, что значительно облегчает эксплуатацию оросительной системы и сокращает ежегодные затраты на ремонт каналов и сооружений;

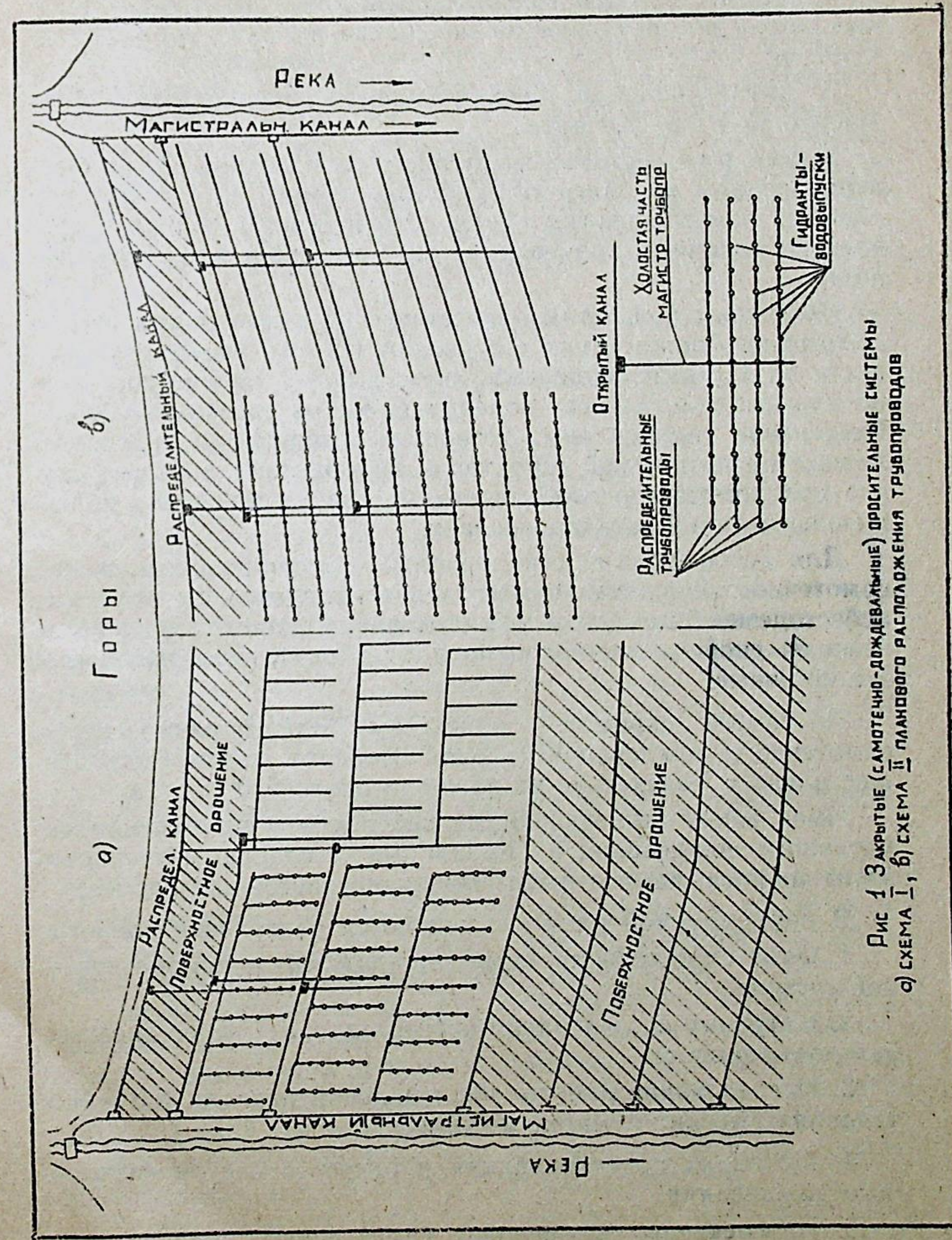


Рис. 1 ЗАкрытые (самотечно-дождевальные) оросительные системы
а) СХЕМА I, б) СХЕМА II ПЛАНОВОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

4. Осуществляется механизированный, высококачественный полив обеспечивающий получение высоких урожаев с.х культур;

5. За счет экономии воды орошаемая площадь может быть увеличена в 1,5—2,0 раза.

Кроме того системы самотечного дождевания могут быть использованы во вневегетационный период для получения дешевой электроэнергии путем строительства малых гидроэлектростанций в концевой части магистрального трубопровода.

По нашим подсчетам энергетические возможности систем самотечного дождевания составляют 0,2—0,5 киловатта мощности на 1 гектар орошаемой площади, что вполне достаточно для выполнения всех полевых работ от посева до уборки. Небольшие гидросиловые установки, равномерно распределенные по орошаемой территории приобретают в нашем случае положительную особенность, не требуя большой протяженности линий электропередачи.

Для строительства стационарных трубопроводов систем самотечного дождевания могут быть использованы напорные асбестоцементные трубы обладающие хорошими гидравлическими свойствами, водонепроницаемые, легкие, прочные и экономичные.

По самым скромным подсчетам, строительство систем самотечного дождевания (первой очереди) может быть осуществлено в Казахстане на площади около 510 тыс. га.

Имея ввиду вышеуказанные перспективы применения самотечного дождевания в Казахстане и слабую изученность этого вопроса, нами и была выполнена настоящая работа.

В реферируемой работе освещаются следующие вопросы:

1. Опыт строительства самотечно-дождевальной оросительной системы.

2. Натурные исследования потерь напора в асбестоцементном трубопроводе.

3. Исследование работы дождевальной насадки КДУ-41 в условиях высоких отметок местности.

4. Методика проектирования и расчетов систем самотечного дождевания.

5. Перспективы применения самотечного дождевания в Казахстане.

I. СОЗДАНИЕ ОПЫТНОЙ САМОТЕЧНО-ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

С целью внедрения самотечного дождевания в колхозное производство республики, кафедрой мелиораций Казахского сельскохозяйственного института совместно с научно-исследовательским институтом водного хозяйства, при непосредственном участии автора настоящей работы—был составлен проект самотечно-дождевальной оросительной системы в колхозе Луч-Востока Алма-Атинской области.

В период 1953-55 г.г. производилось строительство дождевальной системы.

Основные технико-экономические показатели построенной системы:

Орошаемая площадь (первой очереди) 100 га.

Головной расход 100 л/сек.

Общая протяженность всех трубопроводов выполненных из асбестоцементных напорных труб 6310 м.

Тип дождевальной установки КДУ-41, КДУ-55.

Статические напоры в распределительных (полевых) трубопроводах 20—45 м.

Рабочие напоры в гидрантах—водовыпусках 15—35 м.

Все сопряжения металлоконструкций с асбестоцементным трубопроводом выполнены в виде монолитных блоков из армированного бетона. Строительство системы обошлось в 23 тыс. рублей (в новом масштабе цен), что составляет 280 рублей на 1 гектар орошаемой площади.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА В АСБЕСТОЦЕМЕНТНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

В имеющейся литературе по исследованию потерь напора в асбестоцементных трубах, освещен, главным образом, вопрос о потерях напора на основании экспериментальных работ с новыми трубами в условиях лаборатории.

Вопрос установления потерь напора в трубопроводе, в условиях природы, нам представляется весьма актуальным, в связи с чем и было проведено определение фактических потерь напора в асбестоцементном трубопроводе самотечно-дождевальной системы построенной в колхозе Луч-Востока.

Исследованию был подвергнут прямолинейный участок трубопровода длиной 238,8 м, диаметром 141 мм.

Трубопровод выполнен из асбестоцементных труб марки ВНД-8 и 10 с длиной звеньев $l=3,0$ м. Стыки на муфтах «Сим-

плекс» с резиновыми кольцами. Трубопровод прошел испытания и эксплуатировался в продолжение одного вегетационного периода. Вода осветленная с небольшим содержанием илстых частиц, температура воды 20—25°.

Измерение напоров на исследуемом участке производилось манометрами:

а) манометром с трубкой Бурдона с точностью отсчета 0,25 м водяного столба.

б) ртутным манометром (по схеме рекомендуемой А. Гибсон) с точностью отсчета 0,15 м водяного столба.

Отбор давления производился через штуцер гидранта водовыпуска на высоте 0,64 м от оси трубопровода. Расход воды в трубопроводе изменявшийся от 5 до 25 лит/сек измерялся турбинным водомером $D=100$ мм.

За время каждого опыта через водомер проходило от 500 до 3000 литров воды. Всего было проведено 85 опытов.

С целью сопоставления полученных нами результатов определения потерь напора в асбестоцементном трубопроводе, с потерями исчисленными по формулам:

$$а) А. М. Кукушкина \ i = 0,000854 \frac{Q^{1,818}}{D^{4,873}}$$

$$б) Ф. А. Шевелева \ i = 0,000561 \frac{v^2}{d^{1,190}} \left(1 + \frac{3,51}{v} \right)^{0,190}$$

выведенным ими на основании экспериментальных работ с новыми асбестоцементными трубами—составлена сравнительная таблица (таблица 1).

По данным таблицы 1 построены ^{кривые} зависимости $h_w = f(Q)$ (рис. 2).

Анализируя полученные результаты убеждаемся в следующем:

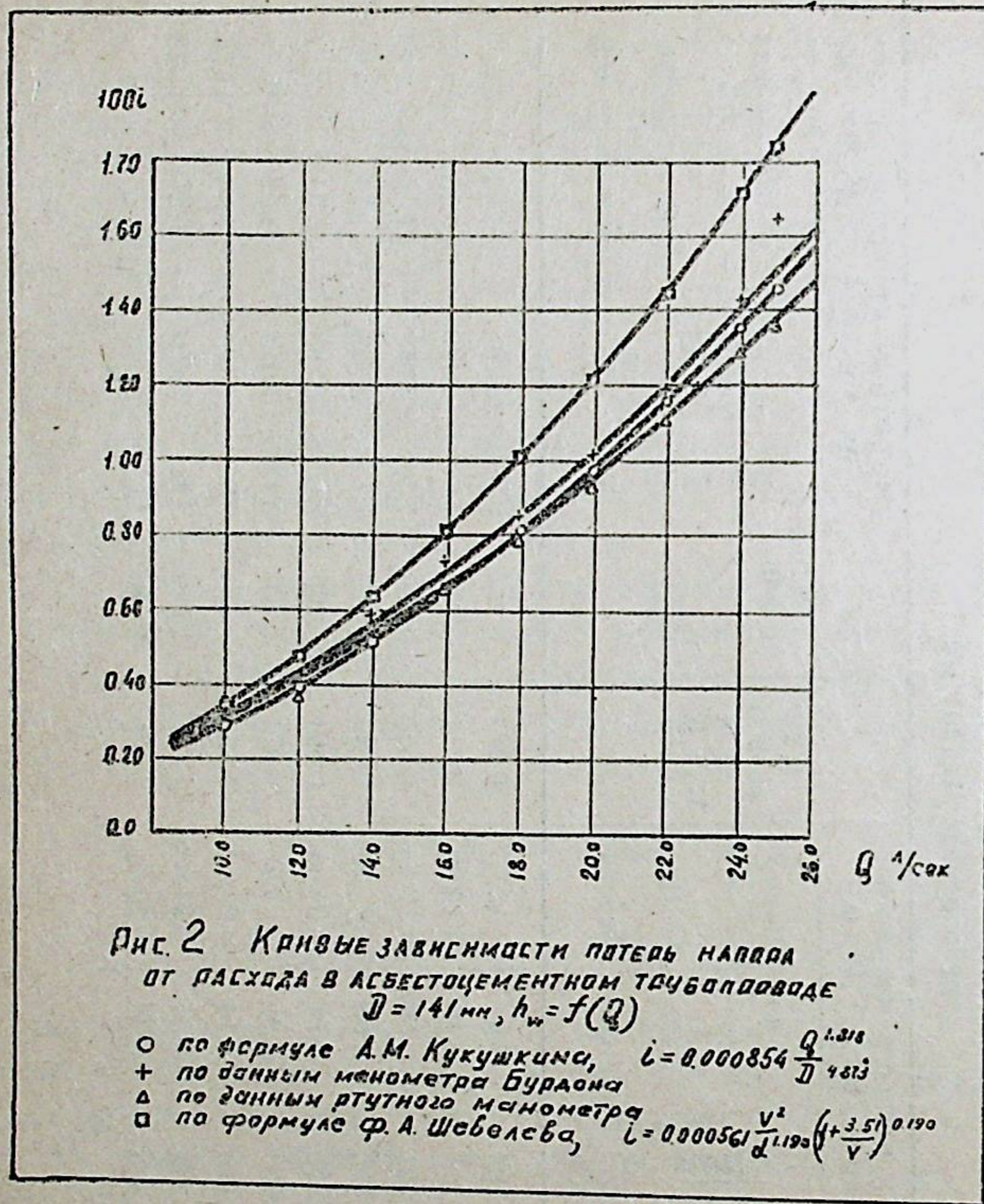
1. Зависимость потерь напора от расхода воды в асбестоцементном трубопроводе [$h_w = f(Q)$] полученная нами,—отвечает формуле А. М. Кукушкина.

2. Формула Ф. А. Шевелева, рекомендуемая им для гидравлического расчета асбестоцементных труб, как это видно из графика (рис. 2) дает несколько завышенные потери напора.

Таблица 1

Результаты определения потерь напора в асбестоцементном трубопроводе $D=141$ мм

№ п.п.	Q (л.сек.)	v (м.сек.)	По данным ртутного манометра на длине L=119 м.		100i по формуле Ф. А. Шевелева	100i по формуле А. М. Кукушкина	100i по формуле Ф. А. Шевелева	По данным манометра Бурдона на длине L=238,80 м.			
			h _w (метры)	$\frac{100'0}{h_w} = 100i$				% отклонения от Кукушкина	% отклонения от Шевелева		
1	10,0	0,64	0,35	0,294	-5,0	0,280	0,337	0,70	0,293	+4,65	-13,05
2	12,0	0,77	0,45	0,378	-1,56	0,384	0,472	1,01	0,423	+10,15	-10,40
3	14,0	0,90	0,62	0,521	+2,56	0,508	0,629	1,39	0,582	+14,57	-7,46
4	16,0	1,02	0,78	0,656	+1,08	0,649	0,805	1,73	0,725	+11,70	-9,95
5	18,0	1,15	0,94	0,790	-1,74	0,804	1,000	2,06	0,863	+7,34	-13,7
6	20,0	1,28	1,11	0,933	-4,21	0,974	1,220	2,43	1,015	+4,21	-16,8
7	22,0	1,41	1,32	1,110	-4,14	1,158	1,450	2,85	1,193	+3,03	-17,70
8	24,0	1,54	1,53	1,285	-5,30	1,357	1,710	3,42	1,420	+5,37	-16,40
9	25,0	1,60	1,62	1,360	-6,91	1,461	1,840	3,92	1,640	+12,25	-10,85



III. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКИ КДУ-41 В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННОГО АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ, НА ВЫСОКИХ ОТМЕТКАХ МЕСТНОСТИ

Исследованию работы дождевальных насадок посвящен ряд работ, однако большая часть их проведена в условиях нормального атмосферного давления, на низких отметках местности.

Исследование работы дождевальной насадки в нашем слу-

чае было вызвано применением орошения дождеванием в предгорных районах Казахстана. В этих условиях, в связи с повышенными отметками местности (около 1000 м) как показали наши исследования, пониженное атмосферное давление оказывает заметное влияние на работу дождевальной насадки.

Исследования проводились на изолированной насадке с диапазоном напоров от 5 до 20 м в пунктах с отметками 850 м и 1500 м над уровнем моря. Изучались следующие показатели работы дождевальной насадки: дальность действия, интенсивность дождя, равномерность дождя и расход.

Подвод воды к насадке в первом пункте осуществлялся от пожарного гидранта на водопроводе, по трубопроводу составленному из пятиметровых стальных труб диаметром 100 мм.

Во втором пункте водозабор в подводящий к насадке трубопровод осуществлялся из открытого потока и на длине 60 м был получен динамический напор равный 11 метрам. Всего было проведено 13 опытов с различными напорами у насадки. В каждом опыте дождевание производилось в течение 30—35 минут, при этом производились измерения: слоя дождя в дождемерах, расхода воды, радиуса действия насадки, напора перед насадкой и скорости ветра.

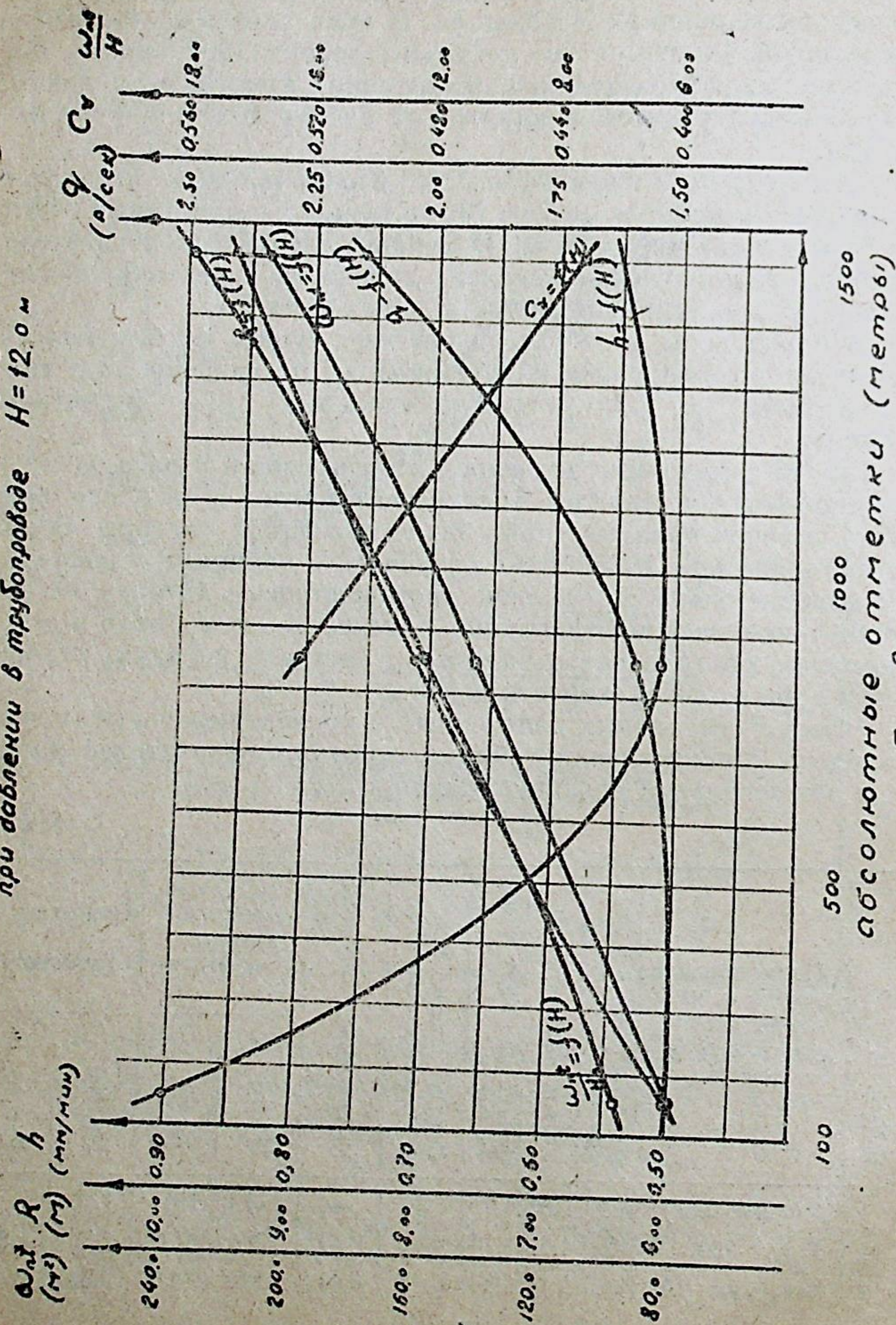
На основе данных полученных в проведенных опытах составлена сравнительная таблица основных показателей работы дождевальной насадки (таблица 2).

Таблица 2

№ п. п.	Наименование пункта испытаний и его абсолютная отметка	Давление перед насадкой (мет)	Расход насадки (л/с)	Радиус действия насадки (мет)	Средн. взвеш. интенсивн. дожд. (мм/мин.)	Коэффициент вариации	Площадь захвата (М²)		Отношение площадей	
							Brutto	Netto	Brutto	Netto
1	Москва 150*)	12.0	1.50	6.0	0.90	—	113	78.5	1.0	1.0
2	А-Ата 850	12.0	1.57	8.10	0.51	0.522	206	145.0	1.82	1.85
3	Батарейка 1500	11.0	2.14	9.60	0.55	0.431	289	214.0	2.55	2.73

*) Паспортные показатели КДУ-41

КРИВЫЕ
зависимости показателей работы дождевальной насадки от высоты местности при давлении в трубопроводе $H=12.0$ м



абсолютные отметки (метры)
Дис. 3

По данным таблицы 2 построены кривые зависимости показателей работы дождевальной насадки от высоты местности и (рис. 3).

Как видно из таблицы 2 и рисунка 3 с увеличением высоты местности:

- значительно возрастает радиус действия насадки;
- уменьшается интенсивность дождя;
- увеличивается расход насадки и
- значительно улучшается равномерность распределения дождя.

Исходя из приведенных показателей работы дождевальной насадки на повышенных отметках местности, можно сделать некоторые выводы в отношении работы дождевальной установки в целом в предгорных условиях:

Благодаря увеличению радиуса действия насадки повышается общая площадь захвата дождевальной установки с одной позиции и, следовательно, увеличивается также и ее производительность, вследствие меньшего числа перестановок дождевального крыла. В частности при нормальном принятом рабочем напоре 12 м водяного столба, уже на высоте 850 м над уровнем моря насадки, вместо расстояния в 10 м., могут устанавливаться через 12 м, что может быть достигнуто увеличением длины звеньев труб до 6 метров.

На высоте 1500 м насадки могут устанавливаться через три звена труб вместо двух.

2. Имеет место снижение интенсивности дождя за счет увеличения площади захвата, что следует считать положительным фактом для предгорных районов с большими уклонами местности, способствующими образованию поверхностного стока поливной воды.

3. Возрастание расхода насадки само по себе свидетельствует о повышении производительности установки и является бесспорно положительным фактором.

4. Улучшается равномерность дождя, т. е. качество работы дождевальной установки.

IV. РЕЛЬЕФНЫЕ УСЛОВИЯ И ТИПОВОЙ ПРОФИЛЬ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ

Решающим условием, определяющим возможность применения самотечного дождевания, являются рельефные условия орошаемой площади.

В этом отношении нами выделяются следующие типы рельефа.

1. «Идеальный» (рис. 4-а).

В верхней части участка максимальный уклон (в пределах отвесный обрыв), что сводит к минимуму длину холостого (напорообразующего) трубопровода; основная часть участка имеет более или менее постоянный уклон ($i_{геод.}$), создающий избыток напора в трубопроводе или только компенсирующий потери напора ($i_{гидр.}$), т. е. $i_{геод.} \geq i_{гидр.}$.

В этом случае длина участка возможного для орошения может быть довольно большой.

2. «Хороший» (рис. 4-в и с).

в/ в верхней части участка максимальный уклон, а основная часть его почти горизонтальна ($i_{геод.} \approx 0$). В этом случае протяженность возможного для орошения участка жестко ограничена величиной напора, накопленного на длине холостого трубопровода.

с) уклон участка, довольно значительный в верхней его части, по мере удаления от водозабора постепенно уменьшается.

3. «Удовлетворительный» (рис. 4-д и е):

д) уклон участка на всем протяжении почти не меняется.

е) уклон участка минимальный в верхней его части, по мере удаления от водозабора постепенно увеличивается.

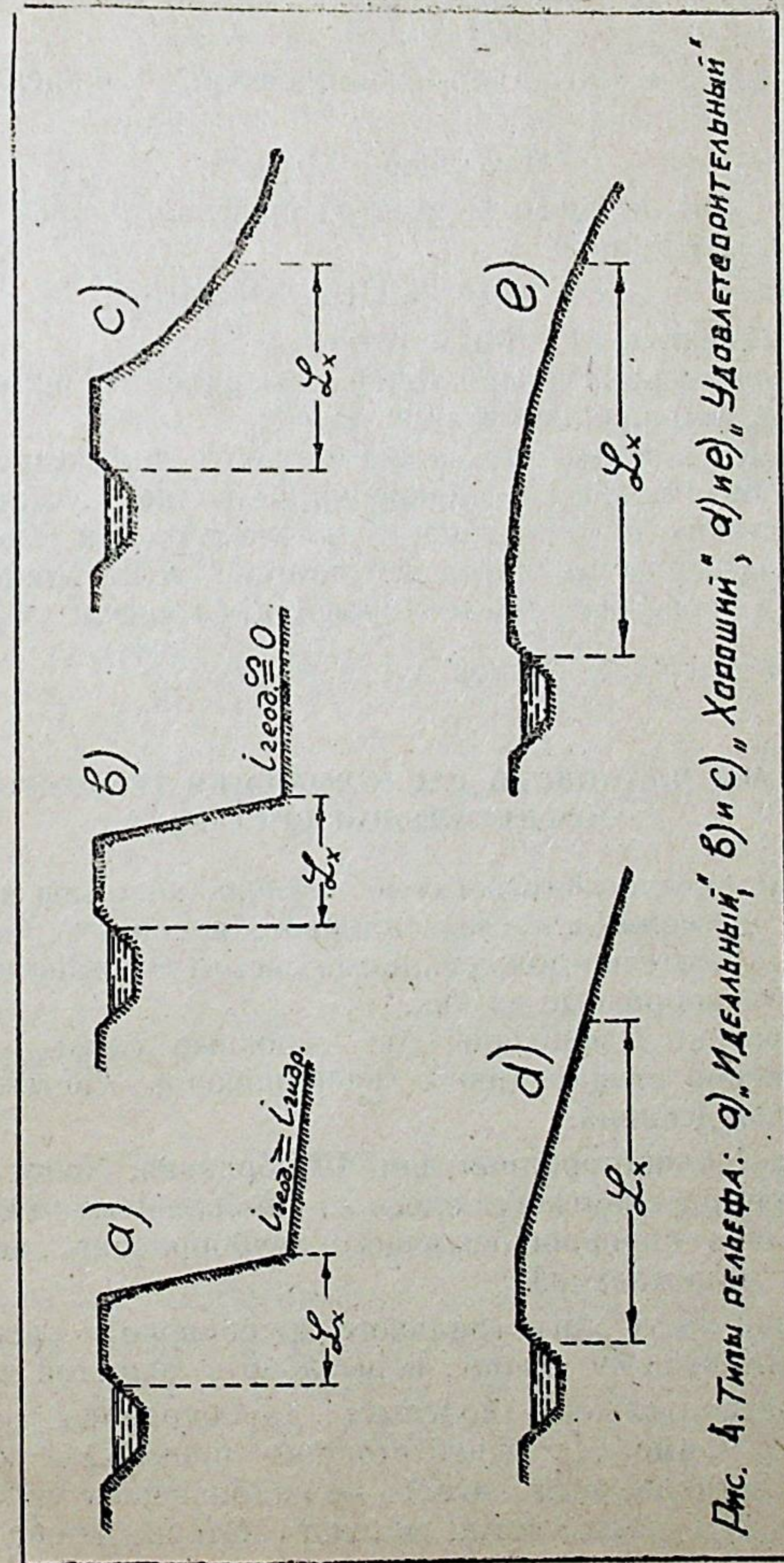
В предгорных районах, где имеется в виду применение самотечного дождевания, наиболее широкое распространение имеет второй тип рельефа (рис. 4-с), который поэтому и представляет для нас наибольший интерес.

Проработка вопроса о характере рельефа для предгорной зоны, на примере Алма-Атинской области, позволила установить типовой профиль для предгорной зоны Казахстана. Для этой цели были использованы районные ирригационные карты орошаемых предгорий масштаба 1 : 50.000. В качестве верхней границы для этого профиля принята граница современного орошения.

Для типового профиля выведены уравнения, устанавливающие зависимость между высотой местности над уровнем моря и расстоянием данной точки от верхней границы орошаемой зоны.

С целью получения максимальной сходимости (вписывания) кривой, выражаемой уравнением с линией профиля, последний был разбит нами на три зоны, для каждой из которых было подобрано соответствующее уравнение.

Кривой типового профиля удовлетворяют следующие уравнения:



а) от верхней границы орошаемой зоны до 4-го километра,—уравнение параболы второго порядка.

$$H = 0,971 - 0,061 L + 0,005 L^2 \quad (1)$$

б) от 4-го до 10-го километра профиля,—уравнение прямой линии.

$$H = 0,885 - 0,0195 L \quad (2)$$

в) от 10-го до 20-го километра профиля, уравнение логарифмической кривой.

$$H = 0,960 - 0,001 L - 0,260 \lg L \quad (3)$$

В уравнениях (1), (2) и (3):

L—расстояние данной точки от верхней границы орошаемой зоны, выраженное в километрах.

H—высота точки над уровнем моря в километрах.

Наличие подобных уравнений позволяет устанавливать аналитическим путем величину уклона в любой точке профиля предгорной зоны, который (тангенс угла наклона касательной в этой точке кривой профиля к горизонту) равен численному значению первой производной $\left(\frac{dH}{dL}\right)$

V. СХЕМЫ ПЛАНОВОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Автором были подвергнуты технико-экономическому анализу все возможные схемы планового расположения трубопроводов самотечно-дождевальных систем и установлены наиболее целесообразные из них.

На рисунке I показаны две основные схемы планового расположения стационарных трубопроводов системы самотечного дождевания.

Схема I односторонняя или Ш-образная. Холостая часть магистрали располагается здесь по наибольшему уклону местности, длина напоробразующего трубопровода получается при этом минимальной.

Рабочая часть магистрального трубопровода располагается по наименьшему уклону, нормально к холодной части.

Распределительные (полевые) трубопроводы, под углом близким к прямому, с одной стороны примыкают к рабочей части магистрали, располагаясь по наибольшему уклону местности они тем самым компенсируют потери напора в трубопроводе.

Исходя из условия кратности расстоянию между гидрантами-водовыпусками и обеспечения достаточной длины гонга для обработки, длина распределительного трубопровода может быть принята равной 600—720 метрам. Дальнейшее увеличение длины распределителя приводит к необходимости увеличения расхода воды в нем и, как следствие этого к возрастанию диаметра трубопровода, что в свою очередь приведет к повышению стоимости.

Расстояние между распределительными трубопроводами зависит от типа (марки, модели) принятой для работы дождевальной установки или машины и для большинства марок оно может быть взято равным 240 м. В случае же применения быстросборных вспомогательных трубопроводов, это расстояние может быть доведено до 400—500 метров.

Несомненным преимуществом схемы I являются более экономичные распределительные трубопроводы, так как избытки напора появляющиеся в трубопроводе проложенном по наибольшему уклону, позволяют уменьшать его диаметр.

Схема II двусторонняя или Т-образная. (рис. 1-в). В отличие от схемы I здесь весь магистральный трубопровод (холостой и рабочий) располагается по наибольшему уклону местности. Распределительные трубопроводы, располагаясь по наименьшему уклону, с обеих сторон, под углом близким к прямому, примыкают к магистрали.

Соображения по длине распределителей и расстоянию между ними, изложенные в отношении схемы I, справедливы и для схемы II.

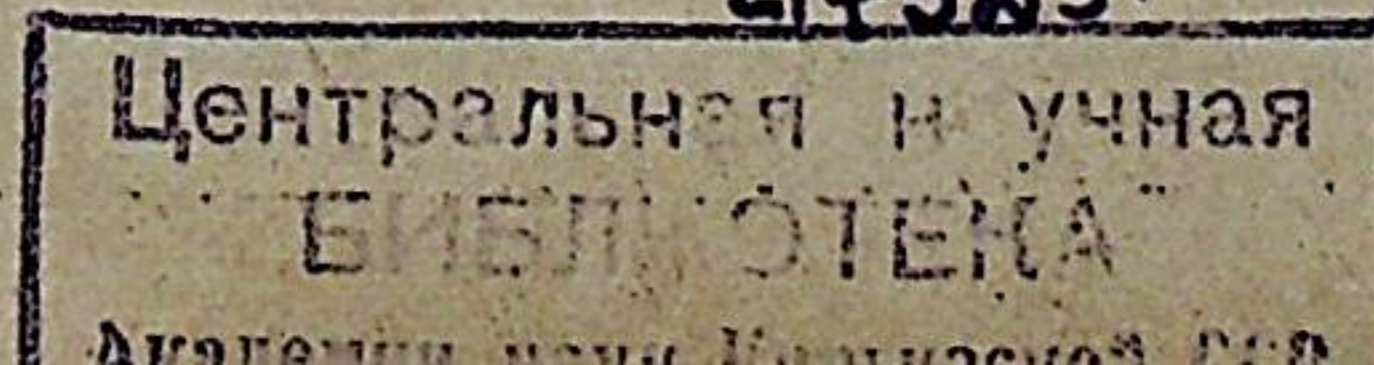
Схема II, вследствие значительной длины магистрального трубопровода, выгодна для комплексного использования, т. е. для ирригационных и энергетических целей.

Положительной особенностью этой схемы является также двусторонний отвод, распределительных трубопроводов.

Недостатком схемы II следует считать некоторые трудности вписывания ее в существующие орошаемые массивы, в этом отношении схема I является более гибкой.

Схема II может быть рекомендована для земель нового орошения.

217323.



VI. МЕТОДИКА РАСЧЕТА САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ СИСТЕМ САМОТЕЧНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

При строительстве систем самотечного дождевания большая часть стоимости приходится на трубопроводы, а стоимость всякого трубопровода находится в прямой, резко выраженной, зависимости от его диаметра, последний в конечном счете и является объектом проектирования.

При принятых нами схемах планового расположения трубопроводов системы, расчет их диаметров (на примере схемы II) мыслится в следующей последовательности.

Назначается диаметр распределительного трубопровода и, зная необходимый напор и расход в конце распределителя, определяются потери напора по длине и напор в голове распределителя или, что тоже, напор на магистральном трубопроводе в створе отвода первой пары распределителей.

Далее, задавшись диаметром магистрали находим длину холостой (напорообразующей) части магистрального трубопровода.

Однако, полученные таким образом, диаметры трубопроводов, лишь в частном случае могут удовлетворить требованию минимальной стоимости системы. Легко видеть, что большим диаметрам распределительного трубопровода будет соответствовать меньшая длина холостой части магистрали, которая в свою очередь зависит от своего диаметра.

Все сказанное свидетельствует о том, что задача нахождения наивыгоднейших диаметров самотечных трубопроводов может быть решена только методом постепенного приближения, а для установления минимальной стоимости системы самотечного дождевания необходимо провести технико-экономическое варьирование.

Следует сказать, что методика технико-экономических расчетов закрытых оросительных систем, тем более самотечных (самонапорных) разработана еще недостаточно. Общепризнанной методики вообще не существует и большинство авторов аналогичных работ решает эти вопросы по-разному.

В реферируемой работе приводится разработанная нами методика технико-экономического варьирования по расчету и установлению минимальной стоимости трубопроводов системы самотечного дождевания.

В соответствии с этой методикой, были произведены расчеты по установлению экономически-наивыгоднейших диа-

метров и длин трубопроводов, стоимости отдельных звеньев и удельных стоимостей систем самотечного дождевания в зависимости от размера, конфигурации и уклона орошаемой площади:

а) для больших орошаемых массивов применительно к типовому продольному профилю предгорной зоны Алма-Атинской области с плановым расположением трубопроводов по схеме II;

б) для малых орошаемых массивов располагаемых на различных уклонах местности с плановым расположением трубопроводов по схемам I и II.

Произведенные проработки показали, что для систем обслуживающих площадь 250 и более гектар, удельная стоимость труб оказывается очень высокой по сравнению с системами обслуживающими меньшую площадь.

Особенно резко это выражено на примерах: массива I-71 рб/га ($\Omega = 104$ га) и массива II-200 рб/га. ($\Omega = 545$ га).

Такая высокая удельная стоимость труб обусловлена следующими причинами:

1. Быстрым возрастанием стоимости магистрального трубопровода в связи с увеличением его диаметра, что в свою очередь вызывается необходимостью увеличения пропускной способности трубопровода в связи с увеличением орошаемой площади.

2. Значительными статическими напорами (более 100 м) образующимися в трубопроводах системы вследствие большой протяженности орошаемого массива по наибольшему уклону местности. Высокие статические напоры приводят к необходимости перехода на металлические трубы, что в результате сильно увеличивает стоимость трубопровода.

Как первая так и вторая причины вызывающие удорожание трубопроводов—устранимы, для этого необходимо:

а) чтобы диаметры трубопроводов системы не превышали 250—300 мм, что примерно будет соответствовать орошаемой площади 100—150 га и расходу системы 80—110 л/сек;

б) предельно-максимальную длину орошаемого массива устанавливать по статическому напору, не превышающему 100 м с тем, чтобы трубопроводы могли быть выполнены только из напорных асбестоцементных труб (марки ВНД-5 и ВНД-8 и 10).

С целью реализации этих условий нами предлагается расчленять орошаемые массивы, превышающие 200 га, на отдельные участки с площадью 150—200 га.

При этом необходимая площадь орошения может быть получена двояко:

а) последовательным расположением орошаемых участков одного за другим вдоль по уклону;

б) параллельным расположением этих же участков.

Проведенные технико-экономические расчеты позволили установить размер капитальных затрат при самотечном дождевании, которые оказались в пределах 300—350 руб. (в новом масштабе цен) на 1 га орошаемой площади.

Протяженность всех трубопроводов различных диаметров на 1 га орошаемой площади составляет:

а) в варианте сети с нормальным расстоянием (240 м) между распределительными трубопроводами—от 55 до 60 м;

б) в варианте сети с применением быстро-сборных вспомогательных трубопроводов, когда расстояние между распределителями возрастет до 400 м—от 30 до 35 м.

ВИИ. УРАВНЕНИЕ СТОИМОСТИ ТРУБОПРОВОДА И ФОРМУЛЫ ЭКОНОМИЧЕСКИ НАИВЫГОДНЕЙШИХ ДИАМЕТРОВ И ДЛИНЫ

Существующая методика технико-экономического варьирования по определению наиболее выгодных диаметров системы трубопроводов довольно громоздка.

С целью облегчения и улучшения методики проектирования систем самотечного дождевания, нами были предприняты поиски непосредственного решения задачи по установлению экономически наиболее выгодных диаметров трубопроводов.

Решение поставленной задачи для холостой (напорообразующей) части магистрали, которая составляет значительную долю стоимости (около 30%) в системе самотечного дождевания—может быть значительно облегчено при наличии уравнения стоимости трубопровода.

Для асбестоцементных труб, рассчитываемых по формуле А. М. Кукушкина нами получен следующий вид уравнения стоимости трубопровода.

$$C_{\text{тр.}} = \frac{248 \text{ HD}^{6,633}}{J D^{4,873} - 0,000854 Q^{1,818}} \quad (4)$$

Здесь: $C_{\text{тр.}}$ — стоимость трубопровода в рублях

H — необходимый напор в конце трубопровода в метрах.

J — геодезический уклон трубопровода

Q — расход воды в м³/сек.:

D — диаметр трубопровода в метрах.

Пользуясь этим уравнением, при заданных J , H и Q находим значение „ $D_{\text{эв}}$ “ (экономически наиболее выгодный диаметр), соответствующее минимальной стоимости трубопровода, для чего первую производную стоимости взятой по диаметру приравняем нулю $\left(\frac{d C_{\text{тр.}}}{d D} = 0\right)$.

Полученные таким образом формулы экономически наиболее выгодных диаметров имеют вид:

1. Для асбестоцементных напорных труб

$$D_{\text{эв}} = 0,310 \frac{Q^{0,371}}{J^{0,206}} \quad (5)$$

2. Для металлических водопроводных труб как нормального так и повышенного давления

$$D_{\text{эв}} = 0,395 \frac{Q^{0,375}}{J^{0,188}} \quad (6)$$

Для удобства пользования формулами (5) и (6) на рис. 5 даны кривые зависимости $D = f(Q, J)$.

Как указывалось выше, задача по определению экономически наиболее выгодной длины холостой части магистрали решается подбором.

При наличии же формулы выражающей экономически наиболее выгодный диаметр трубопровода возможно непосредственное решение этой задачи.

Длина напорообразующего трубопровода прямо пропорциональна необходимому конечному напору ($H_{\text{кон.}}$) и обратно пропорциональна разности между геодезическим (J) и гидравлическим (i) уклонами трубопровода:

$$L = \frac{H_{\text{кон.}}}{J - i} \quad (7)$$

На основе этой зависимости, формул (5) и (6) и формул выражающих гидравлический уклон трубопровода:

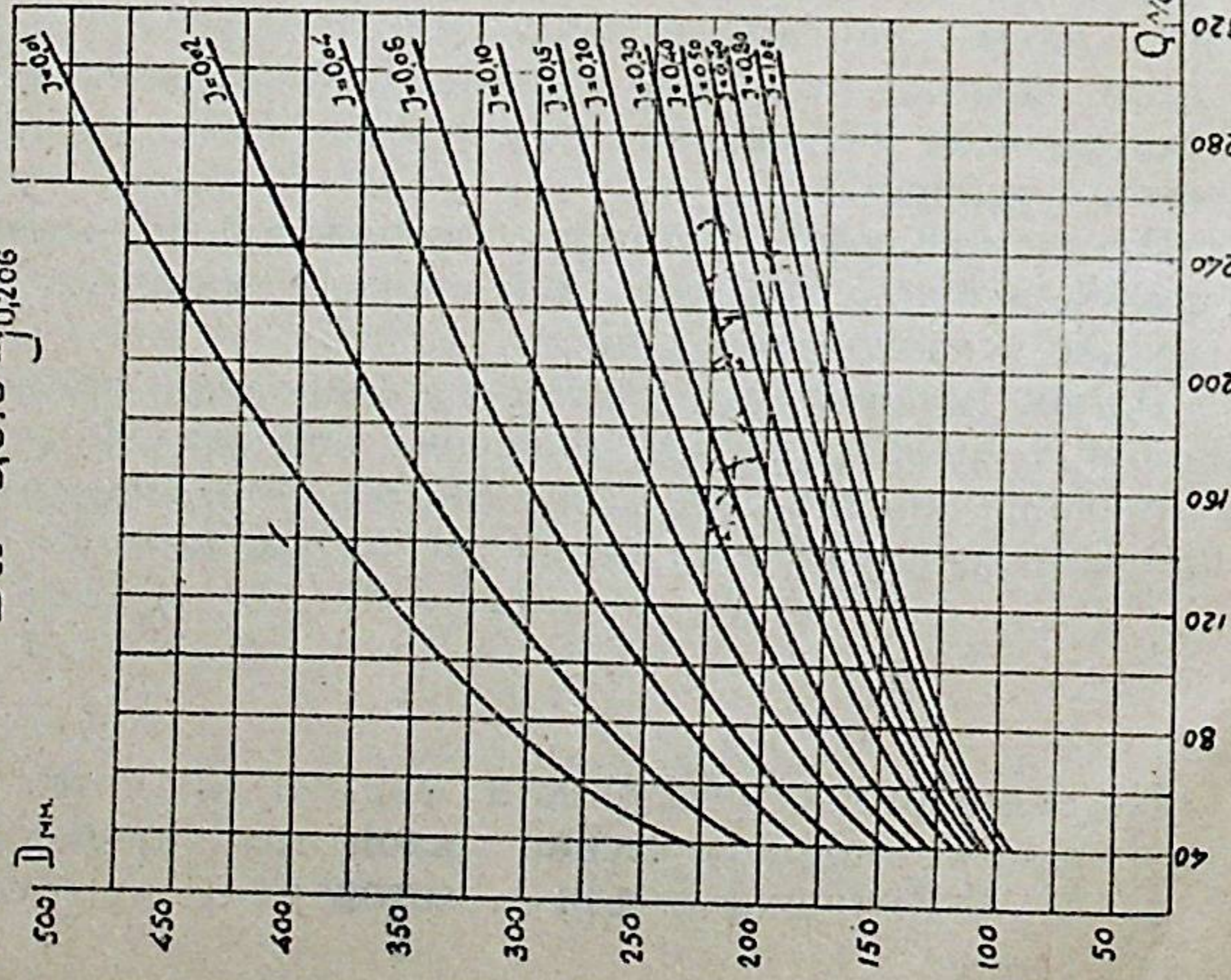
а) А. М. Кукушкина, для асбестоцементных труб

$$i = 0,000354 \frac{Q^{1,818}}{D^{4,873}}$$

КРИВЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИ НАИВЫГОДНЕЙШИХ ДИАМЕТРОВ САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ РАСХОДА И УКЛОНА $[D = f(Q, J)]$

ДЛЯ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ НАПОРНЫХ ТРУБ

$$D_{эв} = 0,310 \frac{Q^{0,374}}{J^{0,206}}$$



ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ

$$D_{эв} = 0,395 \frac{Q^{0,375}}{J^{0,188}}$$

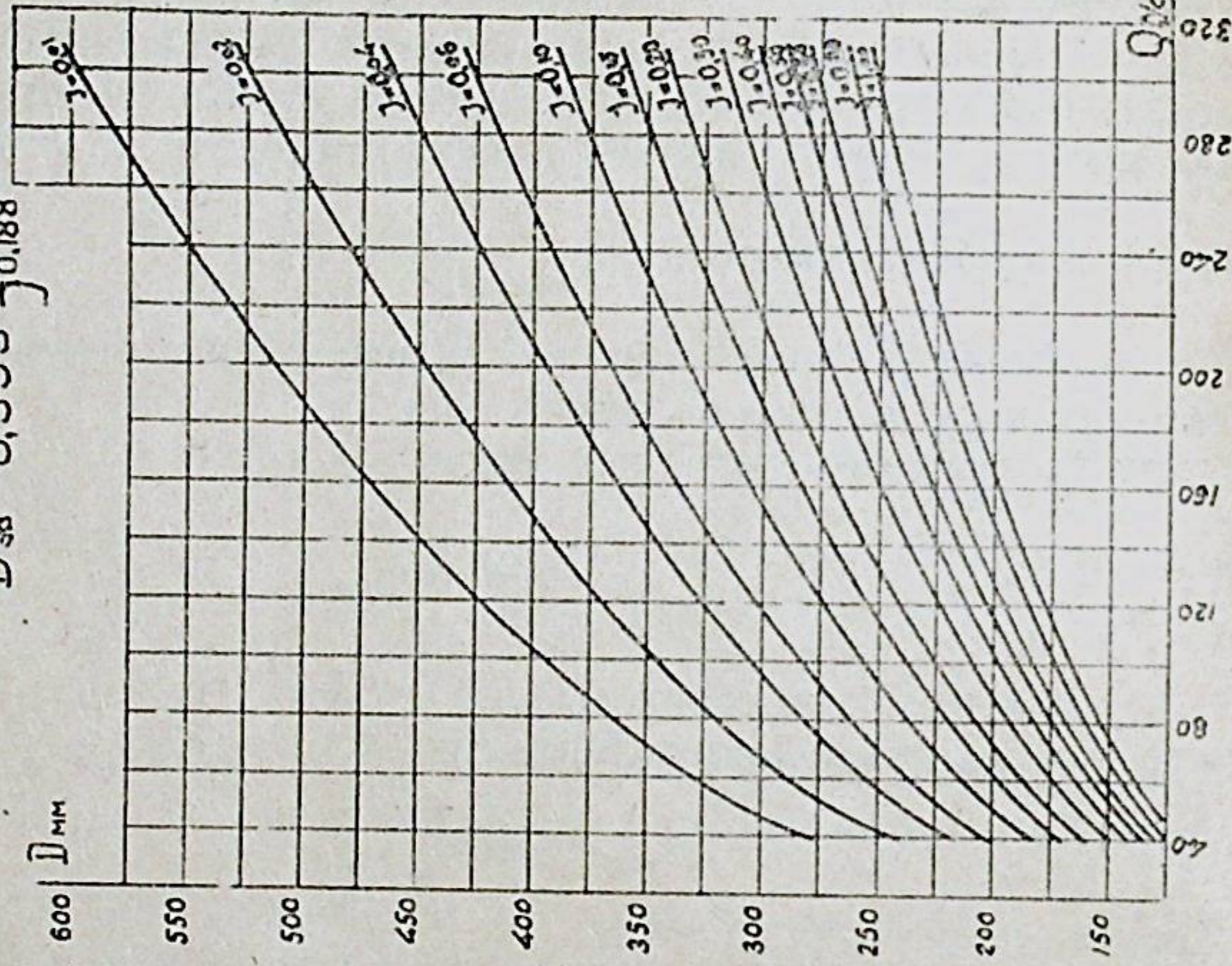


Рис. 5

Составил Е.А. Сидяков

КРИВЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИНЫ НАПОРООБРАЗУЮЩЕЙ ЧАСТИ САМОТЕЧНОГО ТРУБОПРОВОДА ОТ УКЛОНА И КОНЦЕВОГО НАПРА [L = f(J, H)]

ДЛЯ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ НАПОРНЫХ ТРУБ

$$L = 1,355 \frac{H_{кон}}{J}$$

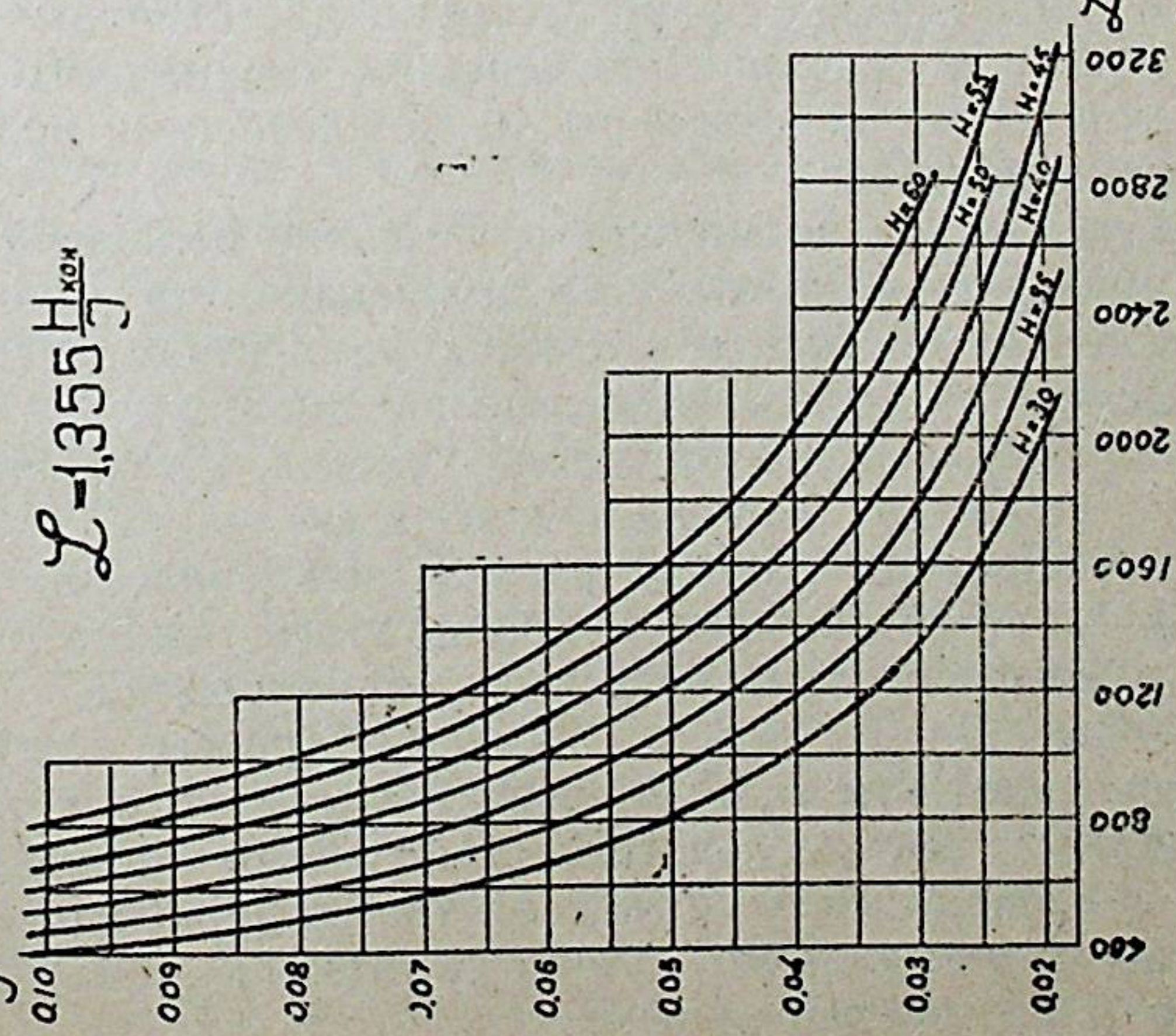
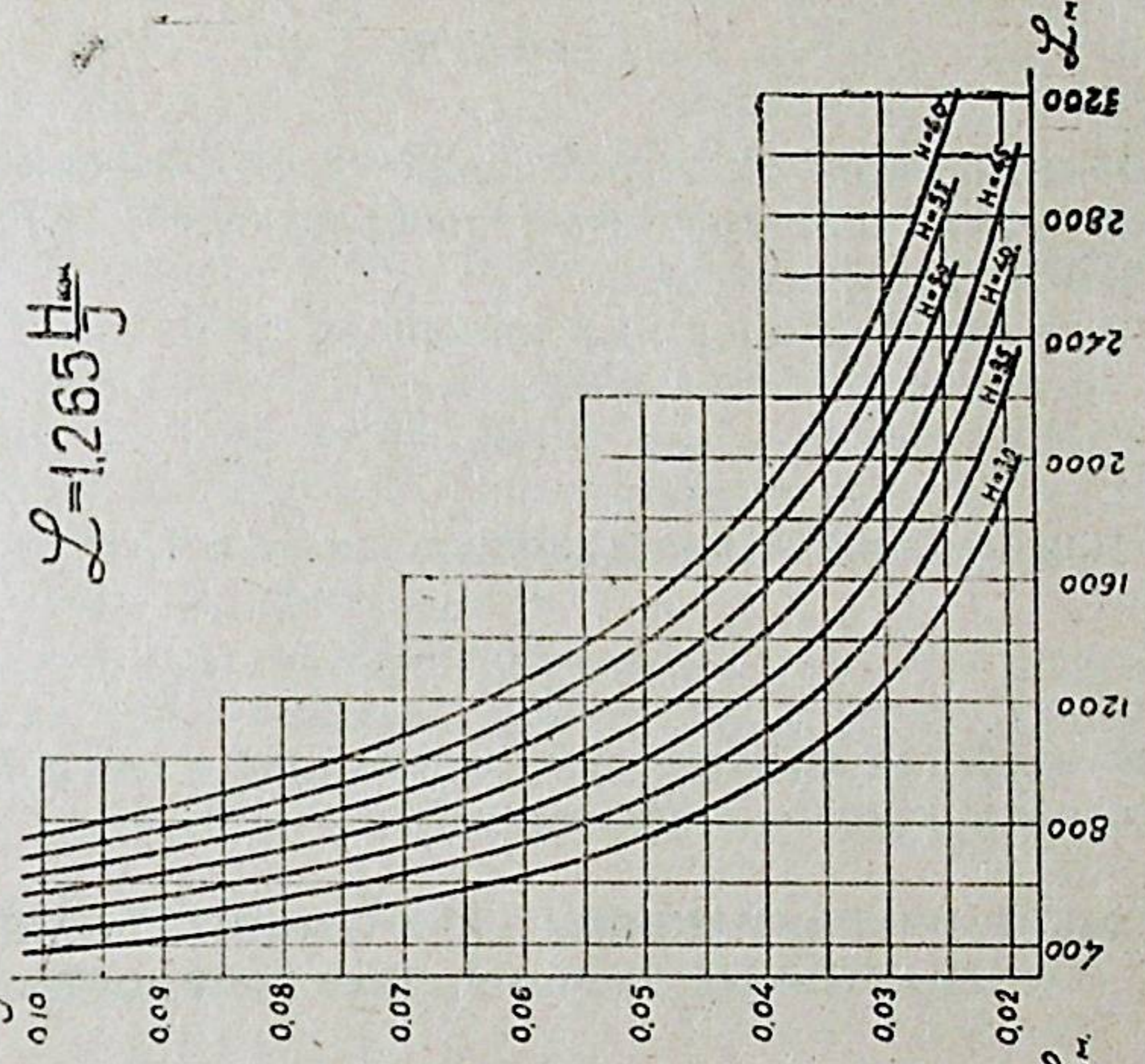


Рис. 6

ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ

$$L = 1,265 \frac{H_{кон}}{J}$$



б) Н. Н. Павловского, для металлических труб

$$i = 0,0014822 \frac{Q^2}{D^{5,33}}$$

получены формулы выражающие экономически-наивыгоднейшую длину холостой (напорообразующей) части магистрального трубопровода:

а) для асбестоцементных напорных труб

$$L_{эв} = 1,355 \frac{H_{\text{кон.}}}{J} \quad (8)$$

б) для металлических водопроводных труб

$$L_{эв} = 1,265 \frac{H_{\text{кон.}}}{J} \quad (9)$$

Для удобства пользования формулами (8) и (9) на рисунке 6 даны кривые зависимости $L_{эв} = f(H, J)$.

VIII. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ САМОТЕЧНОГО ДОЖДЕВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫЕ УКЛОНЫ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Нам представляются два аспекта, две стороны вопроса о возможности и условиях применения самотечного дождевания: техническая возможность и экономическая возможность или эффективность.

1. **Техническая возможность.** Решение вопроса о возможности применения самотечного дождевания на данной территории следует поставить в прямую зависимость от уклонов поверхности подлежащей орошению площади и, что более важно, от максимального уклона участка, на котором расположится холостая (напорообразующая) часть магистрального трубопровода проектируемой дождевальной системы, так как главным образом величина этого уклона определяет длину и, следовательно, стоимость трубопровода.

Условие ($J > i$), когда уклон трассы трубопровода превосходит его гидравлический уклон—следует считать необходимым для устройства самотечного дождевания, но вопрос в степени этого превосходства, вопрос в том с какого предельно-минимального уклона самотечное дождевание становится более рентабельным?

Стоимость холостой части магистрального трубопровода составляет не менее 30% от полной стоимости системы самотечного дождевания.

Полученные нами зависимости: длины напорообразующей части самотечного трубопровода от уклона и конечного напора [$L = f(J, H)$] и наивыгоднейших диаметров от расхода и уклона [$D = f(Q, J)$], — дают возможность в первом приближении решить вопрос не только о возможных размерах напорообразующего трубопровода, но и установить ориентировочную стоимость всей системы в данных рельефных условиях.

Если учесть, что при минимальном конечном напоре $H = 30$ м и уклоне $J = 0,02$ необходимая длина холостой части трубопровода равна 2000 м, а с увеличением H до 60 м, она при этом же уклоне возрастет до 4000 м (рис. 7), то уклон $J = 0,02$ следует считать не приемлемым.

Для целей самотечного дождевания нам представляются практически приемлемыми уклоны, при которых длина напорообразующего трубопровода не превосходит 1200—1400 м, как это видно на рис. 7, такими уклонами являются:

$J = 0,03$ при $H = 30$ м	Низко-напорные и средне-напорные системы
$J = 0,04$ при $H = 40$ м	
$J = 0,05$ при $H = 50$ м	Высоко-напорные системы
$J = 0,06$ при $H = 60$ м	

2. **Экономическая возможность или эффективность устройства систем самотечного дождевания.**

Здесь необходимо сравнение вариантов. Полагая вопрос о применении дождевания вообще на данном объекте орошения, решенным положительно, нам остается выяснить какое дождевание (самотечное или механическое) здесь будет более экономично.

Очевидно критерием определяющим выбор того или иного вида дождевания должно явиться сопоставление стоимостей (полной или удельной) рассматриваемых вариантов!

С целью установления единого критерия оценки экономичности различных видов дождевальных систем (механическая с открытой сетью каналов, механическая с закрытой напорной сетью и самотечно-дождевальная)—нами исчислена стоимость орошения 1 га для каждого вида системы. Для этой цели использованы данные технико-экономических показателей работы дождевальных систем в различных условиях, имеющиеся в литературе последних лет, и данные проектных проработок.

Исходные материалы и их обработка приведены в реферруемой работе.

В результате обработки и анализа имеющихся материалов получена следующая стоимость орошения приведенная к оросительной норме $M=2000 \text{ м}^3/\text{га}$:

а) при самотечном дождевании 25—38 рб/га;

б) при механическом дождевании с открытой сетью каналов—33—47 рб/га;

в) при механическом дождевании с закрытой напорной сетью 43—99 рб/га.

Основная часть стоимости орошения во всех рассмотренных случаях приходится на стоимость полива или, что тоже на эксплуатационные расходы при поливе, причем стоимость полива при механическом дождевании значительно выше (в 2—3 раза) чем для самотечно-дождевальных систем, что вполне закономерно, так как большие эксплуатационные затраты связанные с созданием необходимого напора в первом случае, почти отсутствуют во втором.

Таким образом, резюмируя все изложенное об эффективности различных систем дождевания, можно засвидетельствовать большую рентабельность самотечного дождевания по сравнению с механическим.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В результате проведенных натурных исследований по изучению работы дождевальной насадки КДУ-41 в условиях повышенных отметок местности, получены показатели характеризующие ее действие, при довольно широком диапазоне напоров для отметок: 850 и 1500 метров над уровнем моря, а именно:

а) значительно увеличивается радиус действия насадки и, как следствие этого, возрастает общая площадь захвата рабочего крыла установки с одной позиции и, следовательно, увеличивается также и ее производительность, вследствие меньшего числа перестановок дождевального крыла; для отметки 1500 м, над уровнем моря площадь захвата установки (сравнительно с условиями г. Москвы) возрастает более чем в 2,5 раза, на этой высоте насадки могут устанавливаться через три звена труб, т. е. через 15 м;

б) имеет место снижение интенсивности дождя за счет увеличения площади захвата, что следует считать положительным фактом для предгорных условий с большими укло-

нами местности, способствующими образованию поверхностного стока поливной воды;

в) возрастает расход насадки, что само по себе свидетельствует о повышении производительности установки и является бесспорно положительным явлением;

г) улучшается равномерность распределения дождя, т. е. качество работы дождевальной установки.

2. Полученная в результате наших исследований зависимость потерь напора от расхода воды в асбестоцементном трубопроводе: а) в основном отвечает формуле А. М. Кукушкина рекомендуемой им для расчета асбестоцементных труб:

$$i = 0,0008 \frac{Q^{1,818}}{D^{4,873}}$$

следовательно пользуясь этой формулой можно рассчитывать асбестоцементные трубопроводы не учитывая потерь напора на местные сопротивления;

б) утверждение Ф. А. Шевелева о том, что формула А. М. Кукушкина дает заниженные величины потерь напора в асбестоцементных трубах—нами не разделяется;

в) потери напора вычисленные по формуле:

$$i = 0,000561 \frac{v^2}{d^{1,19}} \left(1 + \frac{3,51}{v} \right)^{0,190}$$

рекомендуемой Ф. А. Шевелевым, для гидравлического расчета асбестоцементных труб, как это видно из графика (рис. 2) построенного для труб $D = 141 \text{ мм}$.—нам представляются несколько завышенными.

3. Решающим условием определяющим возможность применения самотечного дождевания, являются рельефные условия орошаемой площади. В работе дана классификация типов рельефа; на примере Алма-Атинской области установленной типовой (продольный) профиль предгорной зоны и выведены уравнения устанавливающие зависимость между высотой местности над уровнем моря и расстоянием данной точки от верхней границы орошаемой зоны. Наличие подобных уравнений дает возможность аналитически решать некоторые вопросы проектирования систем самотечного дождевания, в частности устанавливать величину уклона в любой точке (продольного) профиля предгорной зоны.

4. Установлены основные схемы планового расположения стационарных трубопроводов систем самотечного дождевания и выявлены условия их применения.

5. Произведенные нами технико-экономические проработки свидетельствуют о том, что наиболее дешевыми системы самотечного дождевания оказываются при выполнении сети трубопроводов из асбестоцементных напорных труб.

6. Оптимальной (по минимуму удельной стоимости труб) является площадь системы в пределах 150—200 га.

7. Предельно-максимальную длину участка орошаемого одной системой следует устанавливать по статическому напору не превышающему 100 м (напор допустимый для асбестоцементных труб марки ВНД-10) с тем, чтобы трубопроводы дождевальной системы могли быть выполнены только из напорных асбестоцементных труб (марки ВНД-5 и ВНД-8-10).

8. Орошаемые массивы превышающие 200 га, для целей самотечного дождевания, следует расчленять на отдельные участки с площадью 150—200 га, при этом необходимая площадь орошения может быть получена двояко:

а) последовательным расположением орошаемых участков одного за другим вдоль по уклону;

б) параллельным расположением этих же участков.

9. Проведенные технико-экономические расчеты позволили установить размер капитальных затрат при самотечном дождевании, который оказался в пределах 350—400 рублей на 1 га орошаемой площади, что соответствует затратам на правильное орошение, при наличии целого ряда преимуществ дождевания.

Обобщение, сделанное нами на основе имеющихся в литературе фактических данных и материалов проектных проработок позволило установить стоимость орошения самотечным дождеванием, для сравнения приводим этот показатель и при механическом дождевании:

а) при самотечном дождевании 25—38 рб./га;

б) при механическом дождевании с открытой сетью каналов 33—47 рб./га;

в) при механическом дождевании с закрытой напорной сетью 43—99 рб./га.

10. В системе самотечного дождевания, протяженность всех трубопроводов на 1 га орошаемой площади составляет:

а) в варианте сети с нормальным расстоянием (240 м) между распределительными (полевыми) трубопроводами от 55 до 60 метров;

б) в варианте сети с применением быстро-сборных вспомогательных трубопроводов, когда расстояние между распределителями возрастет до 400 м.—от 30 до 35 метров.

11. Анализ проведенного технико-экономического варьирования позволил выявить зависимость стоимости трубопровода от его диаметра, длины, уклона и расхода, на основании которой выведено уравнение стоимости трубопровода и получены формулы для экономически наиболее выгодного диаметра и длины холостой (напорообразующей) части самотечного трубопровода:

а) для асбестоцементных напорных труб;

$$D_{эв} = 0,310 \frac{Q^{0,374}}{J^{0,206}} \text{ (м); } L = 1,355 \frac{H_{\text{кон}}}{J} \text{ (м)}$$

б) для металлических водопроводных труб.

$$D_{эв} = 0,395 \frac{Q^{0,375}}{J^{0,188}} \text{ (м); } L = 1,265 \frac{H_{\text{кон}}}{J} \text{ (м)}$$

12. По нашим подсчетам самотечное дождевание в предгорьях Казахстана может быть осуществлено на площади около 510 тыс. га в том числе:

а) в Семипалатинской области	60 тыс га
б) в Восточно-Казахстанской области	60 тыс га
в) в Алма-Атинской области	270 тыс га
г) в Джамбулской области	40 тыс га
д) в Южно-Казахстанской области	80 тыс га

13. В целях практического осуществления самотечного дождевания в предгорных районах республики решающего задачи:

а) высококачественного полива с. х. культур;

б) экономии воды;

в) предупреждения пирригационной эрозии;

г) получения дополнительной энергии, необходимо наладить в республике производство асбестоцементных труб и выпуск дождевальных машин приспособленных для работы в условиях пересеченного рельефа и больших уклонов.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ АВТОРА.

1. Исследование работы дождевальной насадки КДУ-41, в условиях высоких отметок местности. Труды института водного и лесного хозяйства Каз. филиала ВАСХНИЛ. Том I, 1956. (написана в соавторстве с В. И. Алексеевым).

2. К вопросу проектирования самотечно-дождевальных оросительных систем в предгорных районах Казахстана. Труды Казахского сельскохозяйственного института. Том VI, 1959 г.

3. Расчет экономически наивыгоднейших диаметров самотечных трубопроводов. Вопросы водного хозяйства Казахстана (тезисы докладов на научной конференции) А-Ата 1960 г.

4. Проектирование экономически наивыгоднейших диаметров самотечных трубопроводов. Доклады Казахской академии с.х. наук, выпуск 3. Алма-Ата, 1960 г.

5. Самотечное дождевание в предгорных районах Казахстана. Научные доклады министерства сельского хозяйства Казахской ССР. Выпуск 3, Алма-Ата—1961 г.