

6
А-2

Министерство Сельского Хозяйства СССР

**Ташкентский Институт Инженеров Иригации
и Механизации Сельского Хозяйства „ТИИМСХ“**

аспир. ГОРОШКОВ И. И.

**К ВОПРОСУ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ АМУДАРЬИНСКИХ
ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Историческими решениями XIX съезда коммунистической партии Советского Союза по пятому пятилетнему плану развития СССР предусматривается расширение ирригационного строительства в нашей стране.

Дальнейшее развитие сельского хозяйства на основании решения сентябрьского пленума ЦК КПСС требует увеличения посевных площадей, для орошения которых необходимо иметь хорошо оборудованные крупные ирригационные системы с отстойниками и устойчивыми каналами.

Назначение процента осветления воды в отстойниках и гидравлических элементов проектируемых устойчивых каналов требует знания связи наносных характеристик с гидравлическими элементами каналов, т. е. их транспортирующей способности.

Вследствие неправильного определения гидравлических элементов каналов, в процессе эксплуатации может происходить заиление или размыв их русла, что затрудняет эксплуатацию каналов и приводит к огромным затратам народных средств на очистку каналов от заиления.

Советскими учеными, акад. Е. А. Замариным, членом корреспондентом А. Н. СССР М. А. Великановым, проф. А. Н. Гостунским, проф. М. В. Потаповым, проф. И. И. Леви, канд. техн. наук П. В. Михеевым и др. разрабатываются вопросы турбулентной структуры наносонесущего водного потока, на основе которых выведены теоретические зависимости транспортирующей способности от гидравлических элементов в основном для плоского потока.

Полученные теоретические зависимости имеют ряд параметров, которые при существующем уровне изученности структуры турбулентного наносонесущего потока точно определены быть не могут, вследствие чего необходимо установить дополнительные условия, которые дадут возможность получить формулу для расчета ирригационных каналов.

В реферируемой работе, на основе теоретических проработок и обобщения опытных материалов, устанавливается расчетная формула для определения транспортирующей способности при проектировании оросительных каналов амударьинских ирригационных систем.

1. При расчетах транспортирующей способности проектиру-

71435.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

емой ирригационной сети одним из основных параметров расчетных формул является средняя гидравлическая крупность состава смеси твердых частиц наносов, попадающих в каналы.

В практических расчетах при проектировании каналов для определения средней гидравлической крупности состава применяются следующие методы:

1. Определение средней крупности методом суммирования.

$$\bar{w} = \frac{\sum w_i P_i}{100}$$

где \bar{w} средняя гидравлическая крупность состава,

\bar{w}_i средняя гидравлическая крупность по интервалу,

P_i — процентное содержание фракций в данном интервале.

Профессор Е. А. Замарин (ГОСТ 3908-47) величину средней гидравлической крупности состава по интервалу рекомендует определять по формуле:

$$\bar{w}_i = \frac{w_n + w_{n-1} + \sqrt{w_n \cdot w_{n-1}}}{3}$$

Профессор А. Н. Гостунский предлагает определять среднюю по интервалу гидравлическую крупность \bar{w}_i для состава взвешенных наносов по формуле:

$$\bar{w}_i = \frac{w_n + 3w_{n-1}}{4},$$

где w_n — величина гидравлической крупности, соответствующая верхнему пределу интервала,

w_{n-1} — величина гидравлической крупности, соответствующая нижнему пределу интервала.

2. Графический метод определения средней крупности (метод канд. технич. наук П. В. Михеева).

$$\bar{w} = w_1 + \int_{w_1}^{w_m} \Phi \cdot dw. \quad (2)$$

где: w_1 w_m — гидравлическая крупность наименьшего и наибольшего размера имеющих в данной смеси твердых частиц,

Φ — функция интегральной кривой,

$\int_{w_1}^{w_m} \Phi dw$ — площадь, расположенная над интегральной кривой, причем по оси абсцисс наносится гидравлическая крупность, а на оси ординат относительное содержание фракций, определяется планиметрированием. Данная площадь при неискаженном масштабе графика численно равна величине средней гидравлической крупности, считая, что крупность твердых частиц, входящих в состав смеси, изменяется от w_1 до w_{\max} .

3. Определение средней по уравнению кривой распределения. (используется и развивается автором).

$$\bar{w} = \frac{\int_{x_1}^{x_m} yx dx}{\int_{x_1}^{x_m} y dx}, \quad (3)$$

где $\int_{x_1}^{x_m} y dx$ — площадь, заключенная между кривой распределения и осью абсцисс, на которой отложены величины гидравлической крупности (момент нулевого порядка),

$\int_{x_1}^{x_m} yx dx$ — момент площади, ограниченной кривой распределения и осью абсцисс, относительно начала координат (момент первого порядка)

В данном методе основным является установление вида уравнения кривой распределения.

На основании анализа физических явлений отстаивания взвешивания твердых частиц и материалов по составам взвешенных наносов получено, что из имеющихся уравнений, характеризующих естественные смеси твердых частиц, переносимых водными потоками, наиболее полно характеризует состав уравнение вида:

$$\zeta = C \varphi^\beta \cdot e^{-\alpha \varphi}, \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{w}{w_1}$$

где C — постоянный числовой коэффициент,

β — параметр, зависящий от геологических и гидрологических условий формирования смеси, характеризующий перераспределение крупностей в неизменном объеме совокупности,
 α — параметр, зависящий от степени отмучивания исходного материала,

$e = 2,718$ — Неперово число,

w_1 — наименьшая гидравлическая крупность частиц, имеющих в данном составе,

w — гидравлическая крупность любой частицы, входящей в данный состав смеси.

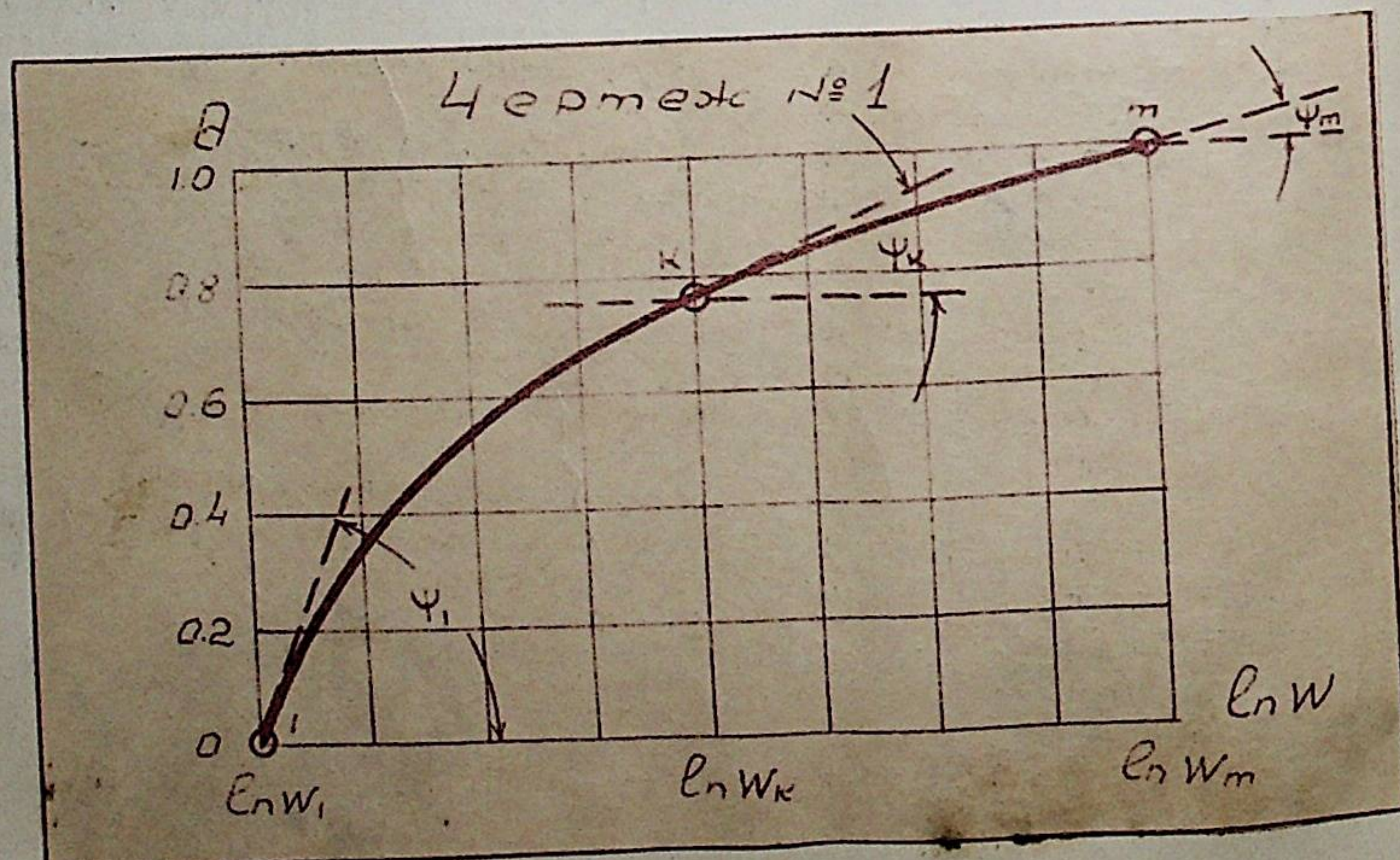
Для принятой кривой распределения (4) параметры C , β и α на основании наших разработок определяются по следующим уравнениям:

$$\alpha = \frac{1}{(V\varphi_m - 1)^2} \ln \frac{\zeta_k^2}{C \cdot \zeta_m}; \quad \beta = \frac{2}{\ln \varphi_m} \left(\ln \frac{\zeta_k}{C} + \frac{1}{V\varphi_m - 1} \ln \frac{\zeta_k^2}{C \cdot \zeta_m} \right)$$

$$C = \operatorname{tg} \psi_1; \quad \varphi_m = \frac{w_m}{w_1}; \quad \zeta_k = w_1 \cdot y_k; \quad \varphi_k = \varphi_m^{1/2}; \quad y_k = \frac{\operatorname{tg} \psi_k}{w_k};$$

$$\zeta_m = w_1 \cdot y_m; \quad y_m = \frac{\operatorname{tg} \psi_m}{w_m},$$

где $\psi_1; \psi_k; \psi_m$ — углы между осью абсцисс и касательными, проведенными через точки 1, k, m логарифмической анаморфозы интегральной кривой (см. чертеж № 1).



Средняя гидравлическая крупность смеси твердых частиц при найденных значениях параметров C , β и α определяется по формуле:

$$\bar{w} = \frac{C e^{-\alpha} + \beta + 1}{\alpha} \cdot w_1 \quad (5)$$

Данные определения средней гидравлической крупности различными методами для фракционных составов взвешенных наносов и донных отложений по материалам, полученным экспедицией САНИИРИ в результате исследований к. Кыз-Кеткен и его отводов в 1952 г., приведены в таблицах №№ 1, 2.

Анализ данных вычислений средней гидравлической крупности заданного состава различными способами показывает, что идентичные величины средней получаются в результате определения \bar{w} по кривой распределения и графическим методом, причем уравнение кривой распределения не только дает возможность правильно определить величину средней гидравлической крупности заданного состава, но и позволяет получать среднюю крупность состава, непрерывно изменяющегося в процессе осаждения части частиц, что важно при расчетах отстойников.

Метод суммирования, как наиболее простой, может быть принят для определения средней гидравлической крупности при разделении состава на 5-6 фракций, с определением средней крупности по интервалу по формуле проф. А. Н. Гостунского для состава взвешенных наносов и по формуле проф. Е. А. Замарина для состава донных отложений.

II. Для правильного назначения процента осветления воды в отстойниках и гидравлических элементов проектируемых каналов, необходимо иметь достаточно точную связь гидравлических элементов каналов с наносными характеристиками.

Эмпирические расчетные формулы транспортирующей способности каналов, выведенные на основе отдельных наблюдений за режимом работы каналов определенных категорий (по размеру), в данных географических условиях, не отражают всех физических явлений переноса твердых частиц водным потоком.

Формулы, выведенные на основе теоретических рассуждений, как правило, имеют ряд параметров, которые зависят от структуры турбулентного потока.

При существующем уровне теоретической изученности структуры турбулентного потока указанные параметры не могут быть точно определены, что приводит к необходимости определения их опытным путем.

В результате в формулы вводятся чаще всего коэффициенты из лабораторных опытов и реже по эпизодическим натурным наблюдениям, точность которых зависит от методики их проведения.

В вегетационные периоды 1952—1953 гг., с целью получения натуральных данных для проверки расчетных формул транспортирующей способности, автором проводились полевые исследования ряда каналов в ККАССР с расходами от 0,05—140 м³/сек.

Для сравнения расчетных данных с наблюдаемыми, кроме материалов полевых исследований каналов ККАССР, были использованы материалы следующих полевых и лабораторных исследований, выполненных САНИИРИ:

а. Полевые исследования каналов Южного Хорезма в 1930 г. (ответ. исполнитель инженер Туркин Г. И.)

б. Полевые исследования Вахшской ирригационной системы в 1935 г. (ответ. исполнитель инженер Чекулаев Г. С.),

в. Полевые исследования Бассага-Керкинской оросительной системы в 1950-1951 гг. (ответ. исполнитель инженер Ефремов А. В.),

г. Лабораторные и полевые исследования опытных каналов (ответ. исполнитель канд. техн. наук Абальянц С. Х.),

Анализ расчетных формул транспортирующей способности и проверка их на опытных материалах, полученных в результате полевых и лабораторных исследований оросительных каналов, показали, что ни одна из имеющихся в литературе формул не отражает всех факторов, влияющих на транспортирующую способность каналов, а наблюдаемые данные не совпадают с расчетными, и поэтому они не могут непосредственно применяться при проектировании каналов, имеющих различные гидравлические элементы (пропускную способность, скорость течения, уклон, поперечные размеры) и различные характеристики переносимых ими твердых частиц.

На основании теории структурности потока проф. А. Н. Гостунским выведена формула транспортирующей способности для плоского потока, которая имеет следующей вид:

$$\rho = \frac{T\psi}{\delta\bar{w}} \frac{1-v}{C} \quad (6)$$

Такой-же вид формулы получил проф. М. А. Великанов, исходя из гравитационной теории.

С целью возможности применения формулы вида (6) к расчетам транспортирующей способности каналов, в формулу (6) автором введены параметры, учитывающие форму и размер потока, а также предел возможности переноса наносов заданной крупнос-

ти при определенных минимальных скоростях, в результате чего получена расчетная формула транспортирующей способности каналов, имеющая следующий общий вид:

$$\rho = 6420 \frac{l^{3/2} R^{1/2}}{\bar{w}} \left(1 - \frac{v_0}{v}\right) M, \quad (7)$$

где $\left(1 - \frac{v_0}{v}\right)$ — множитель, определяющий предел возможности переноса наносов данной крупности при определенных минимальных скоростях,

M — параметр, учитывающий размер потока.

Минимальная скорость v_0 определяется по формуле профессора В. Н. Гончарова:

$$v_0 = v_1 h_{cp}^{0.2},$$

где h_{cp} — средняя глубина потока в м,

v_1 — скорость, при которой происходит осаждение частиц данной крупности при глубине потока 1 м в м/сек.

Связь $v_1 = f(\bar{w})$ установлена по опытам профессора В. Н. Гончарова и может быть представлена в виде уравнения:

$$v_1 = 1.2 \bar{w}^{2/7}$$

Полученное уравнение, ввиду отсутствия более полных данных, может быть принято для определения скорости, при которой происходит осаждение частиц данной крупности при глубине потока в 1 м.

Параметр, учитывающий размер и форму поперечного сечения потока и величину пропускаемого расхода, представляется в виде:

$$M = A \left(\frac{R}{h_{cp}}\right)^P,$$

причем $\left(\frac{R}{h_{cp}}\right)$ характеризует форму русла, а A есть функция расхода.

Значение P и A определены по опытным данным полевых и лабораторных работ, на основании которых параметр M принят в следующем виде:

а. Для каналов с расходом более 4 м³/сек.

$$M = \left(\frac{R}{h_{cp}}\right)^4$$

б. Для каналов с расходом менее $4 \text{ м}^3/\text{сек}$.

$$M = 0,63 Q^{1/3} \left(\frac{R}{h_{\text{ср}}} \right)^4$$

Вводя значение параметра M в уравнение (7), получим расчетную формулу транспортирующей способности каналов амударьинских водных систем:

$$\rho = 6420 \frac{i^{3/2} R^{1/2}}{w} \left(1 - \frac{v_0}{v} \right) \left(\frac{R}{h_{\text{ср}}} \right)^4 \cdot A \quad (8)$$

где $A = 1$ для каналов с расходом $\geq 4 \text{ м}^3/\text{сек}$,
 $A = 0,63 Q^{1/3}$ для каналов с расходом $\leq 4 \text{ м}^3/\text{сек}$,
 ρ — концентрация (мутность), $\text{кг}/\text{м}^3$,
 i — уклон на расчетном участке,
 w — средняя гидравлическая крупность в $\text{м}/\text{сек}$,
 v — средняя скорость в $\text{м}/\text{сек}$,

$$v_0 = v_1 \cdot h^{0.2}; v_1 = 1.2 \bar{w}^{2/7},$$

v_1 — скорость, при которой происходит осаждение наносов данной крупности, при глубине потока $h = 1 \text{ м}$, в $\text{м}/\text{сек}$
 $h_{\text{ср}}$ — средняя глубина в м ,
 R — гидравлический радиус в м ,
 Q — расход в $\text{м}^3/\text{сек}$.

Результаты сравнения расчетных данных по различным формулам с данными полевых и лабораторных исследований приведены в таблице № 3.

Таблица № 3 показывает, что наиболее удовлетворительные результаты получены по формуле (8), за исключением больших каналов Южного Хорезма, где расчетные данные превышают наблюдаемые в несколько раз. Такое расхождение формулы (8) с данными полевых исследований каналов Южного Хорезма (1930 г.) может быть объяснено методикой проведения фракционных анализов состава взвешенных наносов.

Фракционные анализы при выполнении указанных исследований проводились методом Сабанина, который, как показали методические исследования в САНИИРИ инж. Ефремова А. В. занижает гидравлическую крупность состава от 1,85 до 6-ти раз, зависимости от наличия крупных частиц в смеси, причем величина занижения тем больше, чем меньше средняя гидравлическая крупность состава.

Вышеизложенное позволяет рекомендовать формулу (8) для расчета транспортирующей способности при проектировании каналов амударьинских ирригационных систем.

Таким образом, анализ расчетных формул транспортирующей способности и обработки исходных расчетных данных, а также сравнение расчетных данных, с результатами полевых и лабораторных исследований транспортирующей способности каналов, (подробно освещенные в диссертации) позволили решить следующие вопросы, имеющие важное значение при проектировании отстойников и оросительных каналов на амударьинских ирригационных системах:

1. Определение средневзвешенной гидравлической крупности состава смеси твердых частиц.
2. Установление расчетной зависимости между гидравлическими элементами каналов и характеристиками транспортируемых ими твердых частиц (наносов).

Таблица № 1

Средняя гидравлическая крупность состава взвешенных наносов по каналу Кыз-Кеткен и его отводам, вычисленная различными методами.

№ п.п.	Наименование канала	\bar{W} по кривой распределен. мм/сек	Способы различных авторов												
			\bar{W} по методу Михеева мм/сек.	\bar{W} по методу суммирования мм/сек.											
				6 фракций				5 фракций				4 фракции			
				по Гос-тунско-му.	% от средней (3)	по Замарину	% от средней (3)	по Гос-тунско-му.	% от средней (3)	по Замарину	% от средней (3)	по Гос-тунско-му.	% от средней (3)	по Замарину	% от средней (3)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Кыз-Кеткен	1.74	1.76	1.59	91.5	2.09	120	1.61	92.5	2.16	124.0	2.12	122.0	3.12	179.5
2.	Кыз-Кеткен	1.41	1.41	1.41	100.0	1.88	133.5	1.44	102.0	1.94	138.0	1.81	128.5	2.64	187.5
3.	Кегейли	1.32	1.25	1.31	99.3	1.73	131	1.32	100.0	1.76	133.5	1.56	118.2	2.28	178.0
4.	Кегейли	1.27	1.25	1.28	100.9	1.72	135.5	1.26	99.2	1.68	132.2	1.36	107.0	1.97	155.0
5.	Ленин-Абад	1.39	1.42	1.36	98.0	1.80	129.8	1.34	96.5	1.79	129.0	1.44	103.8	2.09	150.0
6.	Октябрь-Арна	1.16	1.21	1.16	100.0	1.55	133.8	1.17	101.0	1.58	136.0	1.39	120.0	2.03	175.0
7.	Октябрь-Абад	1.20	1.25	1.36	113.4	1.78	148.2	1.33	111.0	1.77	147.5	1.43	119.0	2.08	173.4
8.	Киров-Ача	1.16	1.33	1.25	108.0	1.64	141.4	1.22	105.2	1.68	140.5	1.32	114.0	1.91	165.0
9.	Джилван-Яб	0.97	0.97	1.00	103.0	1.33	137	1.00	103.0	1.33	137.0	1.05	108.4	1.52	157.0
10.	Киров-Ача	0.44	0.46	-	-	-	-	0.41	93.3	0.56	127.4	0.37	84.0	0.54	123.0

Таблица № 2

Средняя гидравлическая крупность состава донных отложений канала Кыз-Кеткен и его отводов, вычисленная различными методами.

№ № п. п	Наименование каналов	\bar{W} по кри- вой рас- преде- ния мм/сек.	Способы различных авторов								
			Метод Михеева \bar{W} мм/сек	Метод суммирования							
				7 фракций		6 фракций		5 фракций		4 фракции	
				\bar{W} мм/сек	% от средней по (3)	\bar{W} мм/сек	% от средней по (3)	\bar{W} мм/сек	% от сред- ней по (3)	\bar{W} мм/сек	% от средней по (3)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Кыз-Кеткен	14.37	14.41	15.64	108.8	15.18	105.6	15.83	110.0	16.89	117.5
2.	Кыз-Кеткен	12.31	12.30	12.38	100.5	12.09	98.0	12.72	103.3	15.80	128.3
3.	Октябрь-Арна	7.61	7.48	8.32	109.3	8.23	108.3	8.65	113.6	12.36	162.7
4.	Кегейли	8.26	8.15	-	-	9.18	111.3	9.31	112.6	10.86	131.8
5.	Октябрь-Абад	7.88	7.88	-	-	7.39	94.0	7.43	94.0	8.96	113.6
6.	Джилван-Яб	6.06	6.05	-	-	6.10	100.6	6.08	100.4	7.85	129.7
7.	Отв. канала Октябрь-Абад	4.57	4.57	-	-	-	-	4.73	103.6	4.90	107.1

Примечание:

Средняя по интервалу гидравлическая крупность при вычислении \bar{W} по методу суммирования, находилась по формуле Замарина Е.А.

$$\bar{W}_i = \frac{W_n + W_{n-1} + \sqrt{W_n \cdot W_{n-1}}}{3}$$

Абсолютные и среднеквадратичные отклонения от наблюдаемого в процессе

№№ п.п.	Наименование каналов	P г/м ³	ф-ла (8)			ф-ла Гостунского А.Н.			ф-ла Хорста Г.О.			P _к г/м ³
			P _к /м ³	Δ%	б%	P _к /м ³	Δ%	б%	P _к /м ³	Δ%	б%	
1	Менколхозный канал 1-й уч.	2.35	2.78	+18.3	62.6	8.4	+256.0	362.0	2.39	+1.7	50.5	2.0
2	"	2.40	2.66	+11.1	21.9	11.6	+385.0	442.0	2.93	+22.0	32.9	2.1
3	Менколхозный канал 1-й уч.	1.64	2.00	+22.0	51.5	10.2	+522.0	692	2.14	+50.5	54.5	1.5
4	Колхозный канал 1-й уч.	1.50	2.11	+40.6	47.0	17.8	+1085.0	1230	1.98	+32.0	37.0	1.2
5	к Кыз-Кеткен	4.51	4.40	-2.4	20.1	3.07	-32.0	366	5.18	+4.9	16.9	4.4
6	к Кыз-Кеткен	4.73	4.70	-0.6	44.0	3.29	-30.4	43.0	5.89	+4.5	50.6	4.5
7	к Кегейли	4.66	3.81	-18.2	36.1	3.13	-32.4	40.5	4.28	+8.15	29.0	3.54
8	к Кегейли	5.41	5.12	-5.3	17.2	4.45	-17.7	27.1	2.96	-15.3	45.5	2.95
9	к Ленин-Абад	4.76	4.98	+3.6	14.1	4.76	0	14.2	2.66	-4.1	46.7	2.75
10	к Октябрь-Арча	4.02	3.36	-16.4	22.5	3.92	-2.5	15.0	1.89	-3.0	55.5	2.15
11	к Октябрь-Арча	4.27	3.56	-16.6	22.4	4.45	+4.2	19.9	2.12	-3.4	53.1	2.42
12	к Октябрь-Абад	5.97	6.30	+5.5	25.6	6.41	+7.2	37.1	2.47	-3.7	61.1	2.73
13	к Киров-Ача	6.47	6.60	+2.0	19.6	8.58	+32.6	51.8	2.08	-6.8	71.7	2.91
14	к Джилван-Яб	3.87	4.28	+10.6	30.2	6.59	+70.3	86.6	1.72	-3.6	59.3	2.05
15	Опытный канал в р-не Ташауза	3.29	3.90	+18.5	38.2	14.2	+33.1	36.0	1.24	-2.3	69.3	2.51
16	Опытный канал в лаб. САНУИРИ	3.43	2.49	+27.4	34.9	9.92	+19.5	227.5	1.01	-10.6	82.8	2.46
Отводы к Кегейли												
17	к Ленин-Абад	5.57	5.77	+3.6	12.4	-	-	-	3.14	-4.4	50.0	3.12
18	к Октябрь-Абад	6.11	5.51	-9.8	36.0	-	-	-	2.51	-5.0	62.5	2.91
19	к Киров-Ача	5.07	5.30	+4.5	22.5	-	-	-	1.95	-6.5	68.0	2.57
20	Отвод к Ленин-Абад	5.01	5.38	+7.4	22.3	-	-	-	2.40	-3.0	58.5	2.25
21	Отвод к Ленин-Абад	3.86	4.69	+2.2	40.6	-	-	-	1.00	-7.1	85.7	1.09
22	Отвод к Октябрь-Абад	5.90	5.23	-11.4	39.6	-	-	-	1.96	-6.0	73.0	2.14
23	Отвод от бригад. оросителя	4.07	3.73	-7.4	44.0	-	-	-	1.89	-5.6	59.2	1.34
24	Отвод к Ленин-Абад	4.66	4.37	-6.2	46.0	-	-	-	1.31	-7.0	83.4	1.96
25	Отвод к Октябрь-Абад	5.33	2.46	-53.8	66.0	-	-	-	0.84	-8.0	97.0	2.11
26	Опытный канал в р-не Ташауза	3.64	2.80	+23.1	27.2	-	-	-	1.48	-5.0	65.8	2.70