

М-85 *бчагу*

Мусин, Ж. А.



Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
Акционерное общество «КазАгроИнновация»
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»

РЕКОМЕНДАЦИИ

**ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ
РЕКОНСТРУКЦИЙ И ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

УДК 626.82.001.18:626.81

Рекомендации по прогнозированию пропускной способности оросительных каналов после проведения реконструкций и дальнейшей эксплуатации, Тараз, 2008, 31 с., 2 табл., 4 рис.

Авторы: Мусин Ж.А., кандидат технических наук, доцент, Байзакова А.Е., кандидат технических наук, Калиева С.М., младший научный сотрудник
Адрес: 080003, г.Тараз, ул. К.Койгелды, 12, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»
Тел.: 8 (72622) 2-49-65, Musin_jasulan@mail.ru

Рекомендации предназначены для использования в практической деятельности водохозяйственных организаций в орошаемом земледелии.

Одобрены и рекомендованы к изданию Ученым советом ТОО «КазНИИВХ» (протокол № 10 от 28 октября 2008 г.).

ВВЕДЕНИЕ

В Казахстане, одной из крупных проблем, является низкая эффективность водопользования, в частности в секторе орошения. Низкая эффективность орошения влечет за собой значительные прямые затраты. В результате снижения урожайности культур, ежегодные потери составляют 27 миллиардов тенге (200 миллионов долларов США). В связи с этим, к 2010 году правительством планируется повысить эффективность водопользования на 20%.

При этом большое значение приобретают вопросы эксплуатации каналов, т.е. соблюдение режима эксплуатации каналов и правильное распределение оросительной воды, что составляет основу водосберегающей технологии орошения. Одним из важных условий эффективного использования каналов является сохранение проектной пропускной способности русел в разные периоды их эксплуатации. Особого внимания заслуживают участки канала, имеющие составную шероховатость по периметру, а также их гидравлический расчет.

Проведенные исследования по данной проблеме актуальны и значительны. При определении пропускной способности русел, принимая формулу Шези, как основную формулу прикладной гидравлики открытых русел, осредняют значение n , т.е. определяют так называемую «приведенную шероховатость» по длине смоченного периметра канала. Изучаются различные способы осреднения n , но при них часто не удовлетворяются условия $n_1 = n_2 = \dots = n_n = n$ или $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$ и исследование носит несколько неопределенный характер.

Вместе тем, существуют различные точки зрения, и предложения по вопросу о разделении всего живого сечения на части. Одни считают, что живое сечение необходимо делить пропорционально соответствующим частям смоченного периметра, другие - предполагают линию раздела, проходящую в плоскостях максимальных скоростей, различным образом выражая закон изменения скоростей по глубине.

Как известно, со временем, с зарастанием или креплением откосов и общей деформацией русла каналов изменяется гидравлическое сопротивление в потоке, которое оказывает определенное влияние на его кинематическую структуру. Скоростное поле деформируется, происходит перераспределение скоростей, при этом линия максимальных скоростей смещается в сторону меньшей шероховатости русла. Если построить распределение скоростей по живому сечению в изотах, а затем провести линию, соединяющую характерные точки их изгиба между собой и с точкой изменения шероховатости, то живое сечение потока можно разделить на части, каждая из которых находится под влиянием отдельных частей смоченного периметра, имеющих различные коэффициенты шероховатости. Теперь, определяя коэффициент шероховатости отдельных частей смоченного периметра и исходя из условий неразрывности потока применив к каждой части уравнение Шези, можно правильно прогнозировать действительную на данное время пропускную способность.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ С СОСТАВНОЙ ШЕРОХОВАТОСТЬЮ ПО ПЕРИМЕТРУ

Составную шероховатость по периметру могут иметь русла земляных каналов при креплении их откосов бетонной одеждой или каменной наброской. Коэффициент шероховатости русла канала зависит от формы поперечного сечения, наполнения и коэффициента шероховатости искусственных креплений откосов, который может быть меньше или больше коэффициента шероховатости ложа.

Одним из распространенных видов разнородной шероховатости по ширине потока является зарастание откосов канала водной растительностью (камышом, тростником и т.д.). При этом шероховатость растительности на разных этапах эксплуатации канала весьма изменчиво и зависит от большого числа факторов, поэтому не может приниматься постоянным и единственным для всех этапов эксплуатации каналов. Коэффициент шероховатости зависит от толщины стеблестоя, времени зарастания растительности и густоты зарастания и т.д. Так, например, воздействие растительности на разных этапах ее развития в земляных каналах может привести к увеличению коэффициента шероховатости от 0.02 до 0.025...0.03, а при очень высокой зарастаемости и до 0.07...0.12. В оросительных каналах с заросшими откосами с наполнением наблюдается увеличение коэффициента шероховатости. Это обусловлено характером и густотой зарастания.

С расчетом каналов с составной шероховатостью по периметру сталкиваемся и при круглогодичной эксплуатации каналов, т.е. при их зимнем режиме, когда наличие ледяного покрова, т.е. шероховатость нижней поверхности которого отличается от шероховатости русла, создает дополнительное сопротивление движению потока.

При проектировании большинства каналов величина коэффициента шероховатости n принята в основном по «Техническим указаниям по проектированию каналов оросительных систем» Главводхоза СССР, 1955 года, равная 0.02 – 0.0225. Очень редко коэффициенты шероховатости принимались по аналогии (по результатам исследований на существующих каналах). Причем, при принятом значении коэффициента шероховатости не всегда учитывается способ производства работ, крепление откосов, условия эксплуатации, возможность зарастания канала и изменение формы его поперечного сечения.

По странам Содружества независимых государств (СНГ), в зоне переменного горизонта воды земляных каналов при креплении камнем до 20% смоченного периметра коэффициент шероховатости n увеличивается на 15%, в каналах периодического действия из-за их зарастания – на 10%.

Необходимо учитывать ежегодные текущие и капитальные работы, проводимые службами эксплуатации каналов. Эти работы большинства Управлений эксплуатации включают в себя:

- очистку каналов от наносов;
- очистку каналов от растительности (окашиванием откосов канала или применением биологических средств);

- ремонт облицовок на некоторых участках канала; наращивание дамб на осевших участках полунасыпи и насыпи;
- выполаживание и укрепление откосов канала в основном гравийной отсыпкой в зоне переменных горизонтов и волновых воздействий.

Работы эти производятся в основном в межвегетационный период, а для ирригационных каналов комплексного назначения они ведутся параллельно с эксплуатацией канала. Значит, по мере эксплуатации каналов меняется коэффициент шероховатости русла, т.е. меняется пропускная способность.

При прогнозировании пропускной способности каналов с составной шероховатостью, приведенный коэффициент шероховатости, вычисленный на основе тех или иных допущений и коэффициент шероховатости, принятый по имеющимся таблицам классификации водотоков не всегда дают правильный результат. Поэтому в формулу гидравлического расчета каналов с составной шероховатостью по периметру, необходимо ввести измерения шероховатости, которые в натуре непосредственно будут реально характеризовать совместное влияние на поток крепления или заросших откосов и русла или нижней поверхности льда и ложа русла.

Кроме того, по нашему мнению, одним из важных моментов полного учета натурального состояния и правильного прогнозирования его пропускной способности является определение коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла в натуральных условиях (величины их по мере эксплуатации могут значительно изменяться), а затем по этим значениям определение действительного натурального значения приведенного коэффициента шероховатости русла.

Виды работ проведенные, при реконструкции или капитальном ремонте, а также работы проводимые по мере дальнейшей эксплуатации каналов влияют на коэффициент шероховатости русла, создается определенная кинематическая структура потока, формируется скоростное поле. Изменяется эпюра распределения средних скоростей по вертикали и в плане. Центр эпюры скоростей смещается в сторону меньшей шероховатости. Чем больше величина шероховатости и длина участка смоченного периметра, соответствующей данной шероховатости, тем на большую часть она влияет. Построением изотак можно определить линию раздела отдельных частей сечения. Поток, оставаясь единым целым, фиктивно делится на части, каждая из которых находится под влиянием отдельных шероховатостей. Отсюда появляется возможность определения фактической шероховатости отдельных частей смоченного периметра. На их основе можно определить шероховатости всего смоченного периметра русла и провести гидравлический расчет участков канала.

Из вышесказанного следует, изучение кинематической структуры потока и анализ изотак скоростей потока имеет большое значение для определения коэффициентов шероховатостей отдельных частей периметра, позволяющих прогнозировать эксплуатационную пропускную способность русел каналов.

В рекомендациях приняты следующие основные буквенные обозначения:

Q – расход воды в русле;

ω – площадь живого сечения;

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – площади отдельных частей живого сечения;

χ – смоченный периметр всего русла;

$\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ – смоченные периметры отдельных частей русла;

i – уклон дна;

$R, R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ – гидравлические радиусы всего потока и отдельных его частей;

$C, C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – коэффициенты Шези всего потока и отдельных его частей;

n – коэффициент шероховатости русла;

$n_1, n_2, \dots, n_n$ – коэффициенты шероховатости отдельных частей русла;

$n_{пр}$ – приведенный коэффициент шероховатости;

$\alpha_1 = \frac{n_1}{n_2}, \alpha_2 = \frac{n_2}{n_3}, \alpha_{n-1} = \frac{n_{n-1}}{n_n}$ – общепринятые в гидравлике соотношения.

2 НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛОВ С СОСТАВНОЙ ШЕРОХОВАТОСТЬЮ ПО ПЕРИМЕТРУ

В 2006-2007 годах на магистральных каналах Чиркейли (левая и правая ветка), Георгиевского (левой ветки) и Большого Алматинского канала были проведены натурные исследования пропускной способности. Обследованы и выбраны опытные участки каналов с составной шероховатостью по периметру русла. Экспериментальные участки выбирались на основе визуальных наблюдений, а также анализов материалов службы эксплуатации.

Опытный участок должен быть однородным по конструкции, т.е. проходить по всей длине в выемке, насыпи, полувыемке-полунасыпи, с односторонним или двухсторонним креплением. В пределах опытного участка устраивался короткий участок детальных исследований длиной порядка от 0,4 до 1,2 км. При этом, на выбранных участках исключалась возможность ответвлений каналов, пересечений, подпорных и других сооружений. Удаленность участка от ближайшего гидротехнического сооружения должна быть не менее 10В и от «головы» - 50В, где В – ширина канала по урезу при максимальном расходе [1]. Исходя из этих требований, выбирались опытные участки.

Основой методики исследований являлись «Методические указания по проведению натурных гидравлических исследований на действующих земляных каналах. Под ред. В.С.Алтунина., М., 1983, 28 с.

Изучение пропускной способности на всем протяжении по участкам канала проводилось путем проведения комплекса работ: измерение поперечных сечений и скоростей потока, определение продольного уклона водной поверхности в различные периоды эксплуатации канала. Устанавливался приведенный коэффициент шероховатости по участкам канала (таблица 1).

Особое внимание уделялось участкам с переменной сопротивляемостью по периметру. Измерялась скоростная структура потока, протекающего между поверхностью с различной степенью шероховатости, строилась изотакта скоростей для расчетного поперечного сечения, и определялись зоны влияния каждой шероховатости на скоростное поле потока (рисунки 1,2,3,4).

Таблица 1 - Определение приведенных коэффициентов шероховатостей по данным натурных исследований

№ п/п	Характеристика водотоков	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	i	ω , м^2	χ , м	R , м	$n_{\text{пр}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	
КАНАЛ ЧИРКЕЙЛИ								
«Правая ветка» канала								
1	Правый берег канала закреплен железобетонными ячеистыми плитами размером 3х2м, левый берег и дно не имеют крепления (ГК20)	1,53	0,000068	7,90	15,82	0,499	0,0240	
2		3,37	0,000068	13,66	25,12	0,544	0,0222	
3		6,74	0,000068	20,26	27,84	0,728	0,0210	
4		10,00	0,000068	27,24	30,56	0,892	0,0208	
5		14,19	0,000068	34,84	32,83	1,061	0,0211	
6		23,10	0,000068	48,89	35,10	1,393	0,0218	
Значение коэффициентов шероховатости по проекту								0,0250
«Левая ветка» канала								
7	Левый берег закреплен железобетонными плитами размером 2х2 м Правый берег не закреплен	3,06	0,000185	9,91	24,90	0,40	0,0259	
8		6,47	0,000185	16,69	26,50	0,63	0,0258	
9		10,88	0,000185	22,72	28,09	0,81	0,0247	
10		16,45	0,000185	29,78	29,69	1,00	0,0246	
11		23,09	0,000185	37,16	31,29	1,19	0,0246	
12		28,77	0,000185	44,63	32,89	1,36	0,0239	
Значение коэффициентов шероховатостей по проекту								0,0225

1	2	3	4	5	6	7	8
ЛЕВАЯ ВЕТКА ГЕОРГИЕВСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА							
1	Откосы канала, заросшие камышом густотой 400...500 штук на 1м ² , высотой 2,5...4,5 м, диаметром 0,3...1,8 см и шириной заросшей части по берегам от 2,5 до 6,0 м. Дно канала из песчано-гравелистого грунта (ПК91+50, ПК114, ПК125+50).	10,552	0,00025	16,12	13,10	1,23	0,0280
2		8,604	0,00025	14,37	12,85	1,15	0,0280
3		10,406	0,00017	18,30	14,12	1,32	0,0290
4		9,343	0,00017	17,99	13,80	1,31	0,0300
5		6,881	0,00015	13,45	11,85	1,14	0,0260
6		5,710	0,00015	12,09	11,60	1,03	0,0260
Значение коэффициентов шероховатости по проекту							
0,0225							
БОЛЬШОЙ АЛМАТИНСКИЙ КАНАЛ							
1	Канал в просадочном суглинке, часть откосов укреплены горной мелочью с наличием булыжников и валунов (ГК403)	31,85	0,00008	52,35	28,05	1,87	0,0223
2		32,85	0,00008	53,60	28,41	1,89	0,0223
3		19,59	0,00008	36,19	24,95	1,45	0,0221
4		19,98	0,00008	37,07	25,35	1,46	0,0213
5		8,77	0,00008	19,36	18,87	1,03	0,0201
6		16,54	0,00008	31,73	23,51	1,35	0,0210
7		29,10	0,00008	48,73	26,98	1,81	0,0222
8		31,72	0,00008	52,41	28,08	1,87	0,0224
Значение коэффициентов шероховатости по проекту							
0,0200							

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Ложке канала из песчано-гравелистого грунта с небольшой растительностью на откосах (ГК503)	32,30	0,00015	43,63	24,85	1,75	0,0242
10		32,26	0,00015	42,34	24,40	1,74	0,0232
11		30,80	0,00015	39,84	23,75	1,68	0,0223
12		19,33	0,00015	30,62	20,64	1,48	0,0252
13		9,34	0,00015	16,29	15,62	1,04	0,0220
14		18,29	0,00015	27,07	19,65	1,38	0,0224
15		26,87	0,00015	36,72	22,54	1,63	0,0231
16		32,21	0,00015	42,44	24,69	1,72	0,0232
Значение коэффициентов шероховатостей по проекту							
0,0220							
17	Откосы канала облицованы сборными железобетонными плитами, дно монолитным бетоном с наличием на поверхности слоя гравия и небольшого количество валунов (ГК 954)	21,86	0,00030	18,42	13,80	1,33	0,0177
18		22,58	0,00030	19,07	14,03	1,36	0,0179
19		19,65	0,00030	17,50	13,50	1,30	0,0183
20		14,72	0,00030	14,38	12,33	1,17	0,0188
21		9,92	0,00030	10,74	10,90	0,985	0,0184
22		5,15	0,00030	6,94	9,29	0,75	0,0193
23		6,73	0,00030	8,37	10,00	0,84	0,0191
24		10,92	0,00030	11,54	11,21	1,03	0,0185
25		9,88	0,00030	10,92	10,98	0,99	0,0190
26		18,08	0,00030	16,35	13,13	1,25	0,0182
Значение коэффициентов шероховатости по проекту							
0,0150							

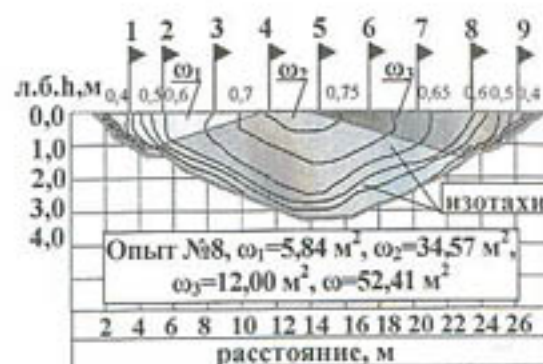
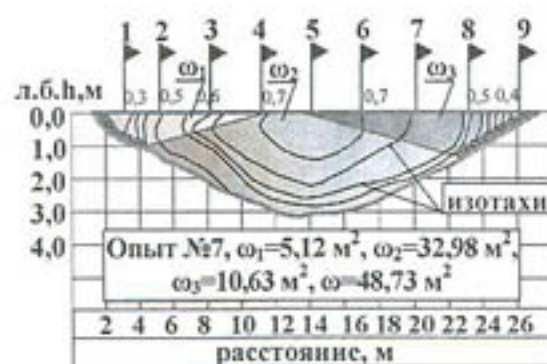
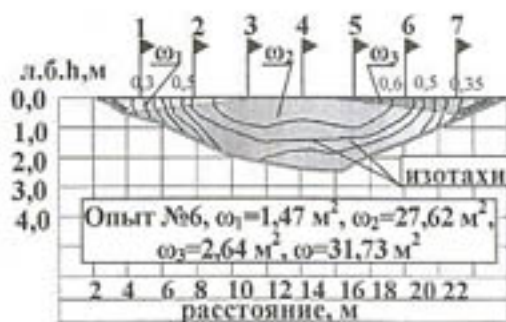
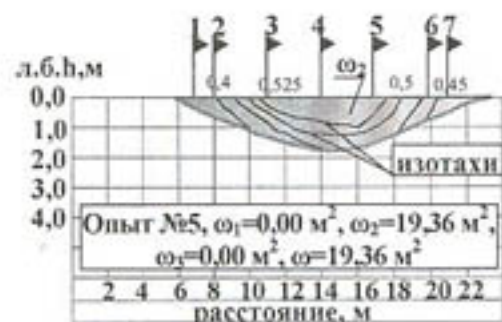
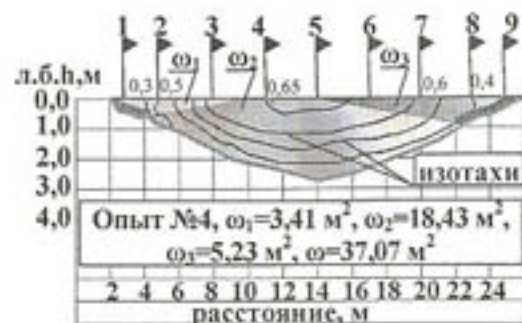
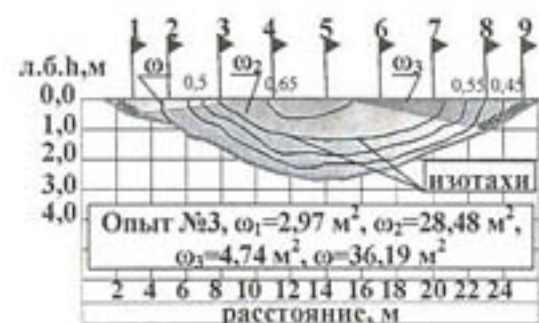
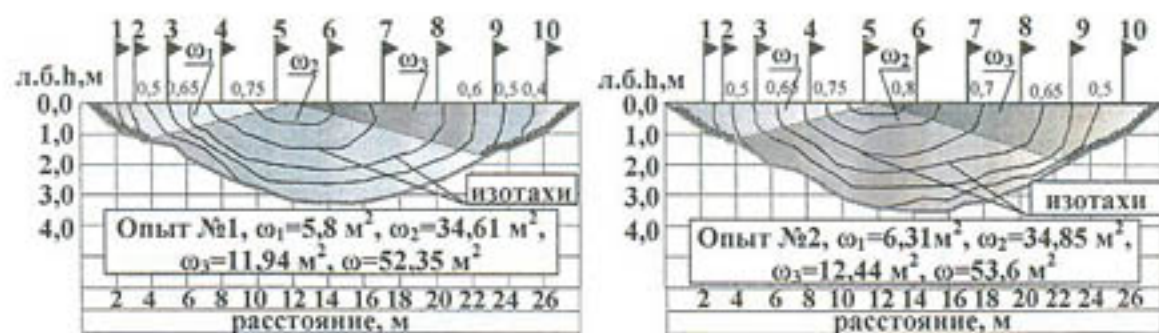


Рисунок 1 - Распределение продольных скоростей потока в изотахах
(Большой Алматинский канал ПК403).

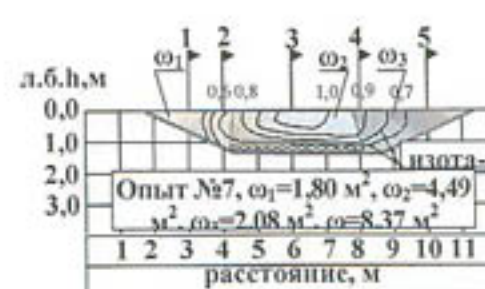
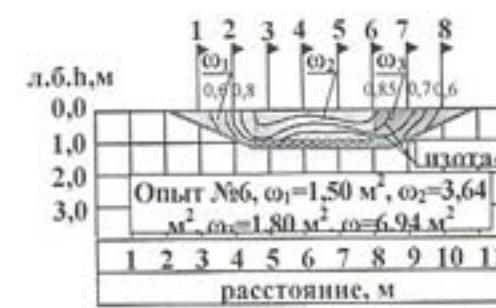
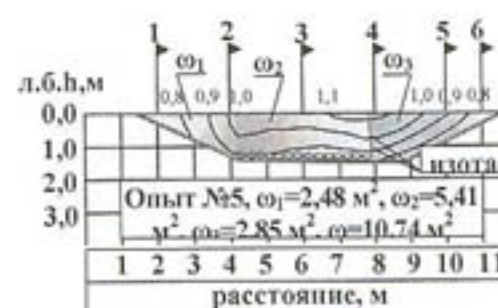
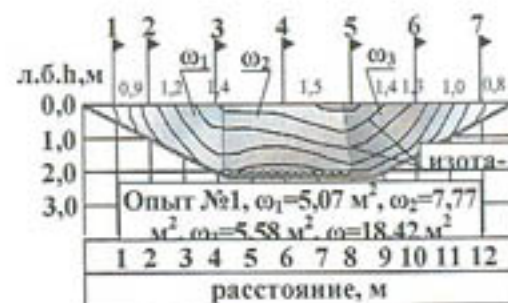


Рисунок 2 - Распределение продольных скоростей потока в изотахах
(Большой Алматинский канал ПК954).

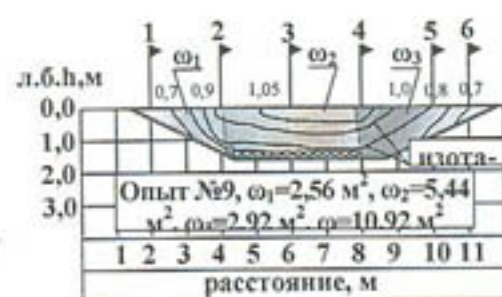


Рисунок 2 - Распределение продольных скоростей потока в изотахах (Большой Алматинский канал ПК954, продолжение рисунка).



Рисунок 3 - Распределение продольных скоростей потока в изотахах (левая ветка Георгиевского магистрального канала ПК91+50, ПК114).

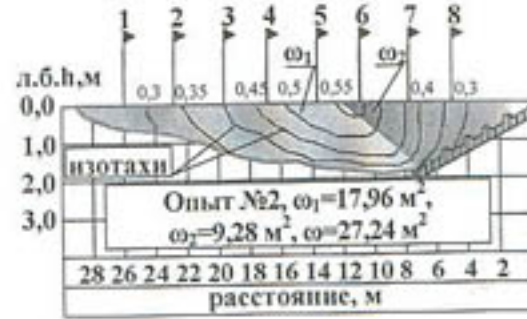
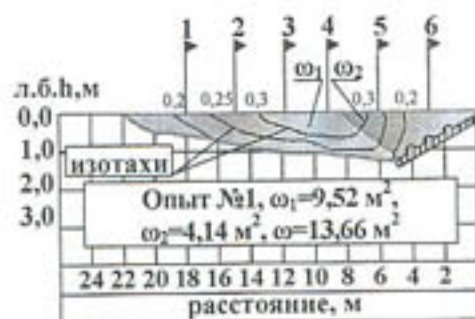


Рисунок 4 - Распределение продольных скоростей потока в изотахах (правая ветка канала Чиркейли).

По исследованным участкам каналов проведем анализ натурных измерений с сопоставлением с их проектными данными.

Магистральный канал Чиркейли, Кызылординская область

«Правая ветка» канала Чиркейли. Правый берег канала закреплен железобетонными ячеистыми плитами размером 3х2м, а левый берег и дно не имеют крепления. Проектный уклон участка канала, равный 0,00009, не соответствует фактическому значению, который равен 0,000068. Закрепленный берег размывает в глубину, а левый берег занесен наносами. Русло переформировано. Коэффициент шероховатости принят по проекту 0,0250, а в натуре изменяется от 0,0208 до 0,0240. Причиной этого является неправильно принятое значение проектной шероховатости. Приведенная шероховатость русла с ростом наполнения увеличивается за счет частичного крепления откоса железобетонными ячеистыми плитами. Ячеистые плиты создают дополнительные сопротивления.

«Левая ветка» канала Чиркейли. Левобережный откос «Левой ветки» канала закреплен железобетонными плитами размером 2х2м, а правобережный откос и дно не имеют крепления. Уклон участка канала принят по проекту 0,000065, а фактическое значение - 0,000185. Проектный коэффициент шероховатости равен 0,0225, натурное же значение с ростом наполнения постепенно снижается от 0,0259 до 0,0239. Это говорит о том, что с ростом наполнения увеличивается действие шероховатости железобетонных плит. Коэффициент шероховатости железобетонных плит равен 0,0150.

Левая ветка Георгиевского магистрального канала, Жамбылская область

I участок (ПК91+50), II участок (ПК104+50). Ложе канала сложено пылеватыми и средними суглинками. Ширина заросшей части по левому берегу канала достигает 5 м, на площади 20х20 см² растет 20-25 штук стеблей (зеленые), диаметр стеблей 0,5÷1,8 см. Ширина заросшей части по правому берегу до 6 м, на площади 20х20 см² приходится 18-22 штук стеблей (зеленые), высота стеблей достигает 3÷4,5м, диаметр стеблей 0,5÷1,7 см. Русло деформировано. Наибольшие деформации против проектного имеют место у откосов и наблюдается заиливание заросшей полосы. Уклон участков канала по проекту равен 0,00025, а фактический уклон меняется от 0,00025 до 0,0002. Коэффициент шероховатости участка канала с ростом наполнения возрастает от 0,0275 до 0,0339. Проектный коэффициент шероховатости изменяется от 0,0225 до 0,0250. Пропускная способность участков канала уменьшается в связи с естественным ростом камыша на откосах и, соответственно, с увеличением его сопротивления движению потока воды.

III участок (ПК114), IV участок (ПК125+50). Участки исследований канала проходят в гравийных грунтах с суглинистым и песчаным заполнителем. Русло канала с обоих берегов заросло камышом. Ширина зарастаний по левому берегу канала достигает 3,5 м, густота зарастания камыша на площади 20х20 см² приходится 17-23 штук стеблей (зеленые), максимальная высота стеблей 3 м, диаметр стеблей 0,3÷1,3 см. Ширина заросшей части по правому берегу 2,5-3,0 м, на площади 20х20 см² приходится 17-19 штук стеблей (зеленые), высота стеблей достигает до 2,5м, диаметр 0,3÷1,2 см. Сечение деформирован-

ное, в виде обрушения берегов сразу за растительностью и заиливание зоны за-растания.

Проектный уклон участков канала 0,00025, а фактический изменяется от 0,0002 до 0,00017. Проектный коэффициент шероховатости меняется от 0,0225 до 0,025. Фактический коэффициент шероховатости увеличивается от 0,0269 до 0,0317. С ростом наполнения возрастает влияние шероховатости растений. Пропускная способность уменьшается.

Большой Алматинский канал, Алматинская область

I участок (ПК403). Канал в земляном русле, откосы закреплены балластом из горной мелочи и проходит в выемке. Проектом крепление не предусмотрено. Уклон участка по проекту равен 0,00006, а фактическое его значение – 0,00008. Коэффициент шероховатости принят по проекту 0,0200, а в натуре изменяется с ростом наполнения от 0,0201 до 0,0224. Пропускная способность в целом с наполнением уменьшается. Причиной этого является увеличение общей сопротивляемости русла с ростом наполнения за счет шероховатости крепленной части откосов канала.

II участок (ПК503). Ложе канала из песчано-гравелистого грунта с небольшой растительностью на откосах. Проектный уклон участка канала, равный 0,00005, не соответствует фактическому значению, который равен 0,00015.

Проектный коэффициент шероховатости равен 0,0200, а натурное значение приведенного коэффициента шероховатости изменяется от 0,0220 до 0,0242, увеличиваясь с ростом наполнения. Дополнительные сопротивления возникают за счет торможения руслового потока массами заросшей части канала, имеющими в пограничном слое значительно меньшие скорости течения, в пределах 0,12 – 0,30 м/с. Необходимо отметить, что шероховатость русла, создаваемая растительностью, может изменяться со временем, в связи с естественным ростом растений и зависит от плотности, диаметра стеблестоя, глубины потока и режима эксплуатации канала. Пропускная способность участка канала уменьшается в связи с естественным ростом растительности на откосах и соответственно с увеличением сопротивляемости русла движению потока.

III участок (ПК523+60). Участок канала проходит в выемке, ложе его сложено из просадочных суглинистых грунтов. Канал деформирован. Наибольшую деформацию от проектных значений имеет место у откосов в виде их обрушения. Фактический уклон канала – 0,00013, который больше проектного значения – 0,00005. Коэффициент шероховатости русла соответствует проектному значению – 0,0200. Пропускная способность участка канала больше проектной, хотя измеренный коэффициент шероховатости русла соответствует проектному значению. Это связано с тем, что в результате отклонения от проекта фактический уклон участка канала назначен значительно больше, чем заданный в проекте.

IV участок (ПК727). Участок канала облицован монолитным бетоном с не вполне ровно затертой поверхностью. Фактический уклон участка канала равен 0,00016, проектное же значение – 0,00011. Среднее значение измеренного коэффициента русла равно 0,0150, т.е. меньше проектного, равного 0,0170. Пропускная способность участка канала больше проектной величины.

V участок (ПК954). Откосы участка канала облицованы сборными железобетонными плитами, дно монолитное с наличием на поверхности слоя гравия и небольшого количества валунов. Фактический уклон – 0,00030, проектный – 0,00035. Измеренные значения коэффициента шероховатости изменяются от 0,0193 до 0,0170, уменьшаясь с увеличением наполнения. Принятый в проекте коэффициент шероховатости равен 0,0170. Средние скорости к середине створа уменьшаются. Значительные изменения скоростей в зоне усиленной шероховатости происходят по вертикали, резко уменьшаясь ко дну. Это объясняется тем, что шероховатость дна усилена наличием гравия и валунов. Фактическая пропускная способность участка канала с наполнением увеличивается по сравнению с проектной пропускной способностью. Это связано с уменьшением приведенного коэффициента шероховатости русла с ростом наполнения.

VI участок (ПК1136). Участок канала облицован монолитным железобетоном с не вполне ровно затертой поверхностью. Фактический уклон равен 0,00020, проектный – 0,00026. Среднее измеренное значение коэффициента шероховатости – 0,0150. Принятое по проекту значение коэффициента шероховатости – 0,0170. Пропускная способность участка канала соответствует проектной.

3 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАНАЛОВ С СОСТАВНОЙ ШЕРОХОВАТОСТЬЮ ПО СМОЧЕННОМУ ПЕРИМЕТРУ

3.1 Пропускная способность каналов с составной шероховатостью по периметру

Гидравлический расчет пропускной способности каналов с составной шероховатостью по смоченному периметру ведется по формуле Шези, как и для однородного русла, но с введением в формулу расчета коэффициента Шези, так называемого, приведенного коэффициента шероховатости $n_{пр}$, который характеризует совместное влияние на поток крепления и ложа или заросших откосов и ложа. При составной шероховатости по периметру канала возможны два случая расчета:

1. Расчет пропускной способности канала при известных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей смоченного периметра;
2. Расчет пропускной способности канала при неизвестных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей смоченного периметра, т.е. когда шероховатость откосов и дна изменяются после проведения реконструкции и дальнейшей эксплуатации каналов.

В первом случае приведенный коэффициент $n_{пр}$ [2] для n различных шероховатостей по периметру канала будет равен:

$$n_{\text{пр}} = n_2 \left[\frac{\chi_2}{\chi} \left(1 + \frac{\chi_1}{\chi_2} \alpha_1^{1/2} + \frac{\chi_3}{\chi_2} \frac{1}{\alpha_2^{1/2}} + \dots + \frac{\chi_n}{\chi_2} \frac{1}{\alpha_{n-1}^{1/2} \dots \alpha_3^{1/2} \alpha_2^{1/2}} \right) \right]^{2/3}, \quad (1)$$

где $n_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент шероховатости;
 $n_1, n_2, \dots, n_n$ – коэффициенты шероховатости отдельных частей русла;
 $\alpha_1 = \frac{n_1}{n_2}, \alpha_2 = \frac{n_2}{n_3}, \dots, \alpha_{n-1} = \frac{n_{n-1}}{n_n}$ – общепринятые в гидравлике соотношения;
 χ – смоченный периметр всего русла;
 $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ – смоченные периметры отдельных частей русла.

Коэффициенты шероховатости отдельных частей русла $n_1, n_2, \dots, n_n$ принимаются по имеющимся таблицам классификации водотоков В.Т.Чоу [3].

Отсюда, как частный случай, определяется приведенный коэффициент шероховатости для каналов при наличии трех и двух различных шероховатостей по периметру:

$$n_{\text{пр}} = n_2 \left[\frac{\chi_2}{\chi} \left(1 + \frac{\chi_1}{\chi_2} \alpha_1^{1/2} + \frac{\chi_3}{\chi_2} \frac{1}{\alpha_2^{1/2}} \right) \right]^{2/3}, \quad (2)$$

$$n_{\text{пр}} = n_2 \left[\frac{\chi_2}{\chi} \left(1 + \frac{\chi_1}{\chi_2} \alpha_1^{1/2} \right) \right]^{2/3}, \quad (3)$$

Для установления пропускной способности канала по формуле Маннинга рассчитывают коэффициент Шези

$$C_{\text{пр}}^{\text{расч}} = \frac{1}{n_{\text{пр}}^{\text{расч}}} R^{1/6}, \quad (4)$$

где $C_{\text{пр}}^{\text{расч}}$ – расчетный коэффициент Шези;
 $n_{\text{пр}}^{\text{расч}}$ – расчетный приведенный коэффициент шероховатости;
 R – гидравлический радиус.

Затем определяют расчетный расход Q по формуле Шези:

$$Q_{\text{расч}} = \omega C_{\text{пр}}^{\text{расч}} \sqrt{Ri}, \quad (5)$$

Во втором случае расчета определяются значения $n_1, n_2, \dots, n_n$ в натуральных условиях по изотаксам (рисунки 1,2,3,4), а затем по известным их значениям по зависимости (1) устанавливается для любого наполнения и производится расчет пропускной способности оросительных каналов.

При применении предлагаемой методики определения коэффициентов шероховатостей $n_1, n_2, \dots, n_n$ используются построенные изотаксы в зависимостях [4]:

$$n_1 = \left(\frac{\chi}{\chi_1} \frac{\omega_1}{\omega} \right)^{2/3} n_{\text{пр}} \quad (6)$$

$$n_2 = \left(\frac{\chi}{\chi_2} \frac{\omega_2}{\omega} \right)^{2/3} n_{\text{пр}} \quad (7)$$

$$n_3 = \left(\frac{\chi}{\chi_3} \frac{\omega_3}{\omega} \right)^{2/3} n_{\text{пр}} \quad (8)$$

$$\dots$$

$$n_n = \left(\frac{\chi}{\chi_n} \frac{\omega_n}{\omega} \right)^{2/3} n_{\text{пр}}, \quad (9)$$

где $n_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент шероховатости;
 $n_1, n_2, \dots, n_n$ – коэффициенты шероховатости отдельных частей русла;
 χ – смоченный периметр всего русла;
 $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ – смоченные периметры отдельных частей русла.
 ω – площадь живого сечения;
 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – площади отдельных частей живого сечения.

Предлагаемая методика расчета позволяет оценить приведенный коэффициент шероховатости при n составных шероховатостях по ложу русла водотока.

При установленном значении приведенного коэффициента шероховатости определяется расчетный расход Q по формуле Шези:

$$Q_{\text{расч}} = \omega C_{\text{пр}}^{\text{расч}} \sqrt{Ri}, \quad (10)$$

т.е. прогнозируется пропускная способность каналов с составной шероховатостью по периметру.

3.2 Расчет пропускной способности канала при заданных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла

Расчет пропускной способности русла с составной шероховатостью по смоченному периметру при заданных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла рекомендуется провести в следующей последовательности:

- принимают исходные данные: коэффициенты шероховатостей отдельных частей русла, площадь живого сечения, смоченные периметры русла и отдельных его частей, соответствующих данному наполнению, и уклон участка канала;

- определяют соотношения $\alpha_1 = \frac{n_1}{n_2}, \alpha_2 = \frac{n_2}{n_3}, \dots, \alpha_{n-1} = \frac{n_{n-1}}{n_n}$;

- по зависимости (1) определяют приведенный коэффициент шероховатости русла для заданного наполнения;

- определяют гидравлический радиус R ;

- по формуле Маннинга определяют коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n_{пр}} R^{1/6};$$

- по формуле Шези определяет расчетный расход:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}.$$

Ниже приводятся два примера фактического осуществления разработанной методики.

Пример 1 В качестве использования предлагаемого метода выполнен расчет расхода Большого Алматинского канала. Определить расход воды на участке канала (ГП 403).

Заданными являются: $n_1=0,030, n_2=0,020, n_3=0,030, \omega=36,19 \text{ м}^2, \chi=24,95 \text{ м}, \chi_1=1,27 \text{ м}, \chi_2=21,75 \text{ м}, \chi_3=2,03 \text{ м}, i=0,00008$.

Порядок расчета:

1) определяются α_1, α_2 :

$$\alpha_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{0,030}{0,020} = 1,50, \alpha_2 = \frac{n_2}{n_3} = \frac{0,020}{0,030} = 0,667;$$

2) приведенный коэффициент шероховатости:

$$\begin{aligned} n_{пр} &= n_2 \left[\frac{\chi_1}{\chi} \left(1 + \frac{\chi_1}{\chi_2} \alpha_1^{3/2} + \frac{\chi_3}{\chi_2} \frac{1}{\alpha_2^{3/2}} \right) \right]^{2/3} = \\ &= 0,020 \left[\frac{21,75}{24,95} \left(1 + \frac{1,27}{21,75} 1,5^{3/2} + \frac{2,03}{21,75} \frac{1}{0,667^{3/2}} \right) \right]^{2/3} = 0,0215; \end{aligned}$$

3) гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{36,19}{24,95} = 1,45 \text{ м};$$

4) коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n_{пр}} R^{1/6} = \frac{1}{0,0215} \cdot 1,45^{1/6} = 49,48 \text{ м}^{0,5} / \text{с};$$

5) расчетный расход:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} = 36,19 \cdot 49,48 \sqrt{1,45 \cdot 0,00008} = 19,29 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Пример 2 Необходимо определить расход воды на участке правой ветки канала Чиркейли при данном наполнении.

Исходные данные к расчету:

$n_1=0,0200, n_2=0,0260, \omega=48,89 \text{ м}^2, \chi=35,10 \text{ м}, \chi_1=24,90 \text{ м}, \chi_2=10,20 \text{ м}, i=0,000068$.

Порядок расчета:

1) определяются α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{0,020}{0,026} = 0,769;$$

2) приведенный коэффициент шероховатости:

$$\begin{aligned} n_{пр} &= n_2 \left[\frac{\chi_2}{\chi} \left(1 + \frac{\chi_1}{\chi_2} \alpha_1^{3/2} \right) \right]^{2/3} = \\ &= 0,026 \left[\frac{10,20}{35,10} \left(1 + \frac{24,90}{10,20} 0,769^{3/2} \right) \right]^{2/3} = 0,0217; \end{aligned}$$

3) гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{48,89}{35,10} = 1,393 \text{ м};$$

4) коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n_{пр}} R^{1/6} = \frac{1}{0,0217} \cdot 1,393^{1/6} = 48,66 \text{ м}^{0,5} / \text{с};$$

5) расчетный расход:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} = 48,89 \cdot 48,66 \sqrt{1,393 \cdot 0,000068} = 23,15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Натурные данные: $Q_1 = 19,59 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_2 = 23,10 \text{ м}^3/\text{с}$. Отклонение расчетных значений расхода канала от фактических составляют -1,6% и 0,2%.

3.3 Расчет пропускной способности канала при неизвестных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла

По предлагаемой методике устанавливаются натурные значения коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла по измеренному приведенному коэффициенту шероховатости русла и изотакс при одном наполнении, а затем по известным значениям $n_1, n_2, n_3 \dots n_n$ проводится расчет расхода канала для любого наполнения и устанавливается связь $Q = f(H)$.

Рекомендуется следующий порядок расчета:

- принимают исходные данные: для данного наполнения измеренный расход, общую площадь живого сечения, общий смоченный периметр, смоченные периметры отдельных частей русла, изотакс, площади зоны влияния на поток отдельных шероховатостей, уклон участка канала; для произвольного наполнения общей площади живого сечения, общий смоченный периметр, смоченные периметры отдельных частей, соответствующих шероховатостям $n_1, n_2, n_3; \dots n_n$;
- определяют гидравлический радиус R для данного наполнения;
- определяют из формулы Шези-Маннинга приведенный коэффициент шероховатости (данное наполнение):

$$n_{пр} = \frac{\omega R^{2/3} \sqrt{i}}{Q_{изм}};$$

- по зависимостям (6), (7), (8), (9) определяют коэффициенты шероховатостей стенок и ложа;
- определяют соотношения $\alpha_1 = \frac{n_1}{n_2}, \alpha_2 = \frac{n_2}{n_3}, \dots, \alpha_{n-1} = \frac{n_{n-1}}{n_n}$;
- по формуле (1) определяют приведенный коэффициент шероховатости русла для расчетного наполнения;
- по формуле Маннинга определяют коэффициент Шези;
- определяют расчетный расход Q по формуле Шези.

Например: необходимо определить расход на участке левой ветки Георгиевского канала при расчетном наполнении (II).

Исходные данные: при I первом наполнении – $Q = 10,552 \text{ м}^3/\text{с}$, $\omega = 16,12 \text{ м}^2$, $\chi = 13,10 \text{ м}$, $\chi_1 = 0,80 \text{ м}$, $\chi_2 = 11,10 \text{ м}$, $\chi_3 = 1,20 \text{ м}$,

$\omega_1 = 2,71 \text{ м}^2$, $\omega_2 = 9,35 \text{ м}^2$, $\omega_3 = 4,06 \text{ м}^2$ из изотакс скоростей (опыт №1 ЛВГМК), $i = 0,00025$.

при II наполнении – $\omega = 14,37 \text{ м}^2$, $\chi = 12,85 \text{ м}$, $\chi_1 = 0,70 \text{ м}$, $\chi_2 = 11,10 \text{ м}$, $\chi_3 = 1,05 \text{ м}$.

Порядок расчета следующий:

а) I наполнение:

- гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{16,12}{13,10} = 1,23 \text{ м};$$

- приведенный коэффициент шероховатости:

$$n_{пр} = \frac{\omega R^{2/3} \sqrt{i}}{Q_{изм}} = \frac{16,12 \cdot 1,23^{2/3} \sqrt{0,00025}}{10,552} = 0,0280;$$

- коэффициент шероховатости стенок:

$$n_1 = \left(\frac{\chi}{\chi_1} \frac{\omega_1}{\omega} \right)^{2/3} n_{пр} = \left(\frac{13,10}{0,80} \frac{2,71}{16,12} \right)^{2/3} \cdot 0,0280 = 0,0550,$$

$$n_2 = \left(\frac{\chi}{\chi_2} \frac{\omega_2}{\omega} \right)^{2/3} n_{пр} = \left(\frac{13,10}{1,20} \frac{4,06}{16,12} \right)^{2/3} \cdot 0,0280 = 0,0550;$$

- коэффициент шероховатости ложа

$$n_3 = \left(\frac{\chi}{\chi_3} \frac{\omega_3}{\omega} \right)^{2/3} n_{пр} = \left(\frac{13,10}{11,10} \frac{9,35}{16,12} \right)^{2/3} \cdot 0,0280 = 0,0218;$$

б) II наполнение:

- приведенный коэффициент шероховатости:

$$n_{пр} = n_2 \left[\frac{\chi_2}{\chi} \left(1 + \frac{\chi_1}{\chi_2} \alpha_1^{3/2} + \frac{\chi_3}{\chi_2} \frac{1}{\alpha_2^{3/2}} \right) \right]^{2/3} =$$

$$= 0,0218 \left[\frac{11,10}{12,85} \left(1 + \frac{0,70}{11,10} 2,523^{3/2} + \frac{0,105}{11,10} \frac{1}{0,396^{3/2}} \right) \right]^{2/3} = 0,0280,$$

$$\text{где } \alpha_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{0,0550}{0,0218} = 2,523, \alpha_2 = \frac{n_2}{n_3} = \frac{0,0218}{0,0550} = 0,396;$$

- гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{14,37}{12,85} = 1,12 \text{ м};$$

- коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n_{\text{шр}}} R^{1/6} = \frac{1}{0,0280} \cdot 1,12^{1/6} = 36,40 \text{ м}^{0,5} / \text{с};$$

- расчетный расход:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} = 14,37 \cdot 36,40 \sqrt{1,12 \cdot 0,00025} = 8,75 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Натурное значение расхода при этом же наполнении равен $Q = 8,604 \text{ м}^3 / \text{с}$. Отклонение расчетных расходов от фактических незначительное и составляет 1,7%. Таким же образом можно определить для любого наполнения.

Теперь в этом же наполнении определяется расход канала при проектном коэффициенте шероховатости:

- гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{14,37}{12,85} = 1,12 \text{ м};$$

- коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n_{\text{шр}}} R^{1/6} = \frac{1}{0,0250} \cdot 1,12^{1/6} = 40,76 \text{ м}^{0,5} / \text{с};$$

- расчетный расход:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} = 14,37 \cdot 40,76 \sqrt{1,12 \cdot 0,00025} = 9,80 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

По проекту канал на данном поперечном сечении должен пропускать расход $Q = 9,80 \text{ м}^3 / \text{с}$, фактически же пропускает $Q = 8,75 \text{ м}^3 / \text{с}$, т.е. на 12% ниже проектного расхода. Причем, с увеличением наполнения, приведенный коэффициент шероховатости возрастает за счет увеличения длины смоченного периметра, с коэффициентом шероховатости 0,0550, то есть камыша. Пропускная способность уменьшается.

4 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИР

Рассмотрим проведенную научно-исследовательскую работу, как частный случай оценки внедрения прогрессивных методов расчета, обеспечивающих при их использовании повышение экономической результативности производства на орошаемых землях. В качестве базового варианта принимаем существующий режим работы левой ветки Георгиевского магистрального канала. Так как, приведенные затраты по сравниваемым вариантам идентичны, то расчетная формула (I) по [11] преобразуется к виду:

$$\mathcal{E}_i = \sum_{i=1}^n (Z_{\text{зам}i} - Z_{\text{ст}}) Y_i \Delta F_i \quad (11)$$

где $\mathcal{E}_i$ - ожидаемый экономический эффект при внедрении разработанной методики за счет роста площадей орошения, тенге;

$Z_{\text{зам}i}$ - замыкающие затраты (рыночная цена) на i вид производимой сельскохозяйственной продукции (по видам культур), тенге/ц;

$Z_{\text{ст}}$ - затраты по возделыванию (себестоимость) i -го вида сельскохозяйственной продукции, тенге/ц;

Y_i - урожайность i -го вида сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, ц/га;

ΔF_i - условный прирост площадей орошения при внедрении предлагаемой методики на участке с i -ым видом сельскохозяйственной продукции, га.

Условный прирост площадей будет за счет увеличения пропускной способности при данном наполнении на $Q = 1,05 \text{ м}^3 / \text{с}$. При гидромодуле $q = 1 \text{ л/с га}$ дополнительный прирост площади будет равен $\Delta F_i = 1050 \text{ га}$.

Расчет сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Расчет ожидаемого экономического эффекта

Культуры	$Z_{\text{зам}i}$, тенге/ц	$Z_{\text{ст}}$, тенге/ц	$Z_{\text{зам}i} - Z_{\text{ст}}$, тенге/ц	Y_i , ц/га	ΔF_i , га	$\mathcal{E}_i$, млн.тенге
Зерновые колосовые	3500	2275	1225	18,5	527	11,943
Кукуруза на зерно	4000	2800	1200	55,5	341	22,710
Масленичная культура	15000	10500	4500	9,6	24	1,037
Картофель	4000	2600	1400	186	44	11,458
Овощи	6500	4225	2275	178	104	42,115
Бахчевые	3000	1950	1050	174	10	1,827
Итого						91,090

Чистый экономический эффект от внедрения НИР составит:

$$\mathcal{E}_c^{нп} = D \times \mathcal{E}_r - E_n \times K_{нп}, \quad (12)$$

где D – коэффициент долевого участия НИР в полученном эффекте, принимается по [11] равным 0,3-0,4;

E_n – норматив сравнительной эффективности новой методики,

$E_n = 0,15$;

$K_{нп}$ – сводные затраты на НИР, определяемые по смете, за период разработки темы, тенге

$$K_{нп} = \sum_{i=1}^{T_{нп}} K_{нп,i} (1 + E_{н.л.})^{T_{нп}-i+1},$$

где $K_{нп,i}$ – затраты на НИР в i году плана, тенге;

T – число лет разработки темы;

$E_{н.л.}$ – норматив приведения. $E_{н.л.} = 0,1$.

$$K_{нп} = 1400 \times 1,331 + 2171,3 \times 1,21 + 2807,49 \times 1,1 = 1863,4 + 2627,273 + 3088,239 = 7578,912 \text{ тыс.тенге.}$$

Чистый экономический эффект от внедрения НИР:

$$\mathcal{E}_c^{нп} = 0,4 \times 91,090 - 0,15 \times 7,579 = 36,436 - 1,137 = 35,299 \text{ млн.тенге.}$$

Показатель абсолютной эффективности разработки методики позволяет оценить уровень эффективности затрат на данную НИР по сравнению со среднотраслевым народно-хозяйственным уровнем:

- коэффициент экономической эффективности НИР составит:

$$E_{нп} = \frac{D \mathcal{E}_r}{K_{нп}} = \frac{0,4 \cdot 91,090}{7,579} = 4,8 > E_n = 0,15$$

- срок окупаемости затрат на НИР:

$$T_{нп} = \frac{1}{E_{нп}} = \frac{1}{4,8} = 0,21 < T_n = 6,7 \text{ лет.}$$

Срок окупаемости составляет меньше года вместо 6,7 лет по норме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Эксплуатационная пропускная способность не на всех исследованных участках канала соответствует проектным значениям. Основными причинами указанных несоответствий являются: изменение гидравлического сопротивления по смоченному периметру в процессе эксплуатации канала; необоснованное назначение в проекте коэффициента шероховатости ложа канала по его участкам; несоответствие фактического типа крепления проекту; частичное закрепление откосов, не предусмотренных проектом, и заметное изменение первоначального уклона в результате происходивших русловых переформирований; несоблюдение проектных величин продольных уклонов при строительстве;

2 Усиление шероховатости русла за счет зарастания откосов водной растительностью, искусственного крепления или естественной отмостки дна приводит к значительному уменьшению скорости в пограничном слое, что ведет к возникновению дополнительного сопротивления, которое влечет за собой увеличение общего гидравлического сопротивления и уменьшение скорости потока, а следовательно, и пропускной способности канала по участкам;

3 Шероховатость русла канала, создаваемая растительностью, изменяется с естественным ростом растений в зависимости от плотности, диаметра стеблей, глубины потока и режима эксплуатации канала. Увеличение шероховатости русла за счет зарастания откосов растительностью приводит в конечном итоге к снижению пропускной способности канала. Это свидетельствует о необходимости уточнения пропускной способности канала в процессе его эксплуатации.

4 Гидравлический расчет пропускной способности каналов с составной шероховатостью по смоченному периметру ведется по формуле Шези, как и для однородного русла, с введением в формулу расчета коэффициента Шези, так называемого приведенного коэффициента шероховатости $n_{пр}$, который характеризует совместное влияние на поток крепления и ложа или заросших откосов и ложа.

5 При составной шероховатости по периметру возможны два случая расчета пропускной способности канала:

- расчет пропускной способности канала при известных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей смоченного периметра;

- расчет пропускной способности канала при неизвестных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей смоченного периметра, т.е. когда шероховатости откосов и дна изменяются после проведения реконструкций и дальнейшей эксплуатации каналов.

6 Сопоставление расчетов пропускной способности канала при заданных и неизвестных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла с фактическими их значениями дает хорошую сходимость. Отклонения расчетных расходов от фактического незначительное и составляют соответственно 1,6%, 0,2% и 1,7%.

7 Методика расчета приведенного коэффициента шероховатости может найти широкое применение при проектировании и реконструкции каналов с разнородной шероховатостью по периметру русла, также в эксплуатационной гидрометрии при установлении связи $Q = f(H)$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 «Методические указания по проведению натурных гидравлических исследований на действующих земляных каналах /Под ред. В.С.Алтунина. – М., 1983. – 28 с.
- 2 Мусин Ж.А. Расчет приведенного коэффициента шероховатости русел каналов //Новости науки Казахстана. – Алматы, 2006, №1(88). – С.72-76.
- 3 Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов /Пер. с англ. под ред. А.И. Богомолова. – М.: Госстройиздат, 1969. – 464 с.
- 4 Мусин Ж.А. Определение натурных коэффициентов шероховатостей составных частей периметра русла канала с использованием изотакс скоростей //Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод: Междунар. научно-практ. конф. – Алматы, 2007.
- 5 Биологическая защита откосов крупных каналов и их пропускная способность: Отчет о НИР (закл.) /ДГМСИ; Рук. С.А. Сарсекеев. – №ГР 018170126; Инв. №02860051419. – Джамбул, 1985. – 283 с.
- 6 Мусин Ж.А. Определение по изотаксам скоростей линию влияния отдельных шероховатостей на площадь живого сечения //Природопользование и проблемы антропосферы: Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати. – Тараз, 2002. – С. 75-81.
- 7 Сарсекеев С.А., Мусин Ж.А. Методика определения коэффициентов шероховатостей русла и крепления в мелиоративных каналах //Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1989. - № 2. – С.65-68.
- 8 Штернлихт Д.В. Гидравлика. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 590-591.
- 9 Пред. патент №17657 РК Способ сооружения земляного канала. – Оpub. 15.08.2006. бюл. №8.
- 10 Патент №2022091 РФ. Канал. – Оpubл.30.10.94.
- 11 Рекомендации по определению народнохозяйственного эффекта от использования достижений научно-технического прогресса в мелиорации и водном хозяйстве /Моск. гидромелиор. ин-т. Каф. экономики водного хозяйства; Сост.: В.Е. Веденяпин, А.М. Марголин, З.В. Гречко, В.Н. Краснощекоев – М., 1988. – 76 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Современное состояние вопроса об оросительных каналах с составной шероховатостью по периметру.....	4
2 Натурные исследования пропускной способности каналов с составной шероховатостью по периметру.....	6
3 Гидравлический расчет каналов с составной шероховатостью по смоченному периметру.....	15
3.1 Пропускная способность каналов с составной шероховатостью по периметру.....	15
3.2 Расчет пропускной способности канала при заданных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла.....	17
3.3 Расчет пропускной способности канала при неизвестных значениях коэффициентов шероховатостей отдельных частей русла.....	20
4 Расчет экономической эффективности НИР.....	23
Заключение.....	25
Список использованных источников.....	27

ТҮЙІН

Ұсыныста сулану периметрі құрама кедір-бұдырлықты каналдарды гидравликалық есептеу әдістемесі және мысалдары көрсетілген. Арнаның жеке бөліктерінің кедір-бұдырлық коэффициенттерінің шамасы берілген және белгісіз жағдайда каналдың өткізгіштік қабілетін анықтау есептері қарастырылған. Ғылыми-зертеу жұмыстарының экономикалық тиімділігін анықтау есептері келтірілген.

SUMMARY

In the recommendation the technique and examples of hydraulic calculation of channels with a compound roughness on the moistened perimeter is submitted. Calculations of throughput of the channel are examined at the set and unknown values of factors of roughnesses of separate parts of the bed. Calculations of economic efficiency of research works are resulted.

Для заметок

Мусин Ж.А., Байзакова А.Е., Калиева С.М.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИЙ И ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Предназначены для использования в практической деятельности водохозяйственных организаций в орошаемом земледелии.

Подготовлены сотрудниками отдела «Управление водными ресурсами»

Предлагаемые услуги – выдача рекомендаций и консультации по их использованию.

Срок исполнения - в течение одного-двух месяцев со дня заключения договора.

Стоимость: согласно договорным условиям.

Адрес для справок:

080003, г.Тараз, ул. К.Койгелды, 12, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства»

Тел.: 8 (72622) 2-49-65, Musin_jasulan@mail.ru

Компьютерный набор - С.М. Калиева

Корректор - И.Е.Старосвет

Подписано в печать 30 октября 2008 г.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Усл.печл. 0,95.

Тираж 500 экз.