

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ ЕСИЛЬ В Г. НУР-СУЛТАН

Жанузаков Абдурасул Нурланович
Маратова Карашаш Маратқызы
Исмаилов Еріс Талғатұлы
abdurasul.Januzakov@mail.ru

Студенты факультета естественных наук, ЕНУ им. Л. Н. Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан
Научный руководитель – д.т.н., профессор - Тулегенов Ш.А.

Аннотация. Статья посвящена проблеме весенних паводковых ситуаций и связанных с ними рисков в русле реки Есиль. Рассматривался участок русла, расположенный западнее улицы Ш. Айтматова. Основная задача исследования – с помощью гидравлических расчётов и проведённого анализа предупредить и ликвидировать последствия паводков. Разработанная схема позволит не только в текущий сезон обеспечить беспрепятственный пропуск воды, регулировать уровень воды в реке и обезопасить город в период паводков, но и обеспечит беспрепятственный пропуск воды и в последующие годы. Предложенная модель позволит проводить работы по реконструкции и расширению русла реки Есиль, без рисков для близлежащих населённых пунктов и жителей города.

Ключевые слова: Водорегулирующая плотина, паводковые расходы, гидравлический расчёт, водопорные сооружения, уровень воды, безопасный пропуск расчётных расходов.

Общие сведения и результаты расчётов. Рассматриваемый участок русла расположен западнее улицы Ш. Айтматова и берет свое начало от участка водорегулирующей плотины 5-й очереди и простирается вниз по уклону рельефа до границы территории города.

Гидравлический расчёт 6-й очереди неразрывно связан с гидравлическим расчётом 5 очереди строительства русла. Следует отметить, что средний уклон поверхности земли по трассе проектируемого канала равен 0,0005. Средний уклон существующего русла равен из-за большой извилистости 0,0002.

Были рассмотрены 4 варианта поперечного профиля канала, которые различаются: -продольными уклонами $i = 0,00068$; $i = 0,00042$; $i = 0,0003$; $i = 0,0002$

- шириной канала по дну $V=25, 50, 75, 100$ м.

Диктующими (определяющими) отметками для выбора продольного уклона канала являются:

-отметка дна канала в начальном створе (конец 5, начало 6 очереди) равна 338,51 (неизменна, принята окончательно);

-для предотвращения подпора –отметка дна канала на границе города (в конечном створе) должна быть равна или близка к отметке дна естественного русла;

-для предотвращения заиления и размыва проектированного русла (канала) скорость потока должна быть больше незаиляющей и незарастающей растительностью (камыш и др.), но менее размывающей,

- следует обеспечить санитарную глубину при меженных расходах.

Затрудняет выбор уклона и поперечных размеров, удовлетворяющих вышеперечисленным условиям, широкий диапазон изменений расчетных расходов:

- в межень от 2 до 10...15 м³/сек;

- в паводок 500...1000 м³/сек.



Рисунок 1.Схема участка русла р. Есиль

С учетом вышеизложенных требований было рассмотрено 2 варианта поперечного профиля:

А) поперечный профиль - «русло в русле» или пойменный вариант пропуска паводка. В период «межени» (расхода без паводка, обеспеченностью 99%) поток течет по руслу с приемлемыми глубинами и скоростью. В период паводка поток выходит на искусственную пойму и заполняет канал большего поперечного сечения.

Б) поперечный профиль полностью трапециевидный и поток полностью заполняет русло (канал) как межень, так и в паводок. Указанное обеспечивается устройством на рассматриваемом участке русла 3 подпорных сооружений в виде водосливов. В период межени глубина перед подпорными сооружениями составит 2,1...2,2м, за подпорными сооружениями от 1,0...1,2м до 2,1...2,2м.

Скорость потока при этом равна 0,05...0,18м/сек. В период паводка водоподпорные сооружения создают подпор, увеличивая глубину потока не только перед водосливом, но и верх по длине участка. Главным недостатком является «искусственное» увеличение глубины, создающее потенциальную опасность в случае прорыва, усугубляемая каскадом.

Сравнительный анализ всех возможных вариантов показал, что наиболее целесообразным является профиль по варианту «А».

Согласно принятому варианту «А» устанавливаются следующие параметры канала и потока в нём:

- расчетный расход при паводке $(Q_p)_{5\%} = 573 \text{ м}^3/\text{с}$; поверочный расход при паводке $(Q_p)_{1\%} = 703 \text{ м}^3/\text{с}$; меженный расход, $Q_m = 8,75 \text{ м}^3/\text{с}$;
- на основе анализа морфологических данных русла и результатов вариантного сравнения гидравлических расчетов предложено:

- проектный уклон дна реки, $i = 0,00042$;
- ширина внешнего канала по дну, $b_1 = 100 \text{ м}$;
- ширина внутреннего канала по дну, $b_2 = 10 \text{ м}$;
- заложение откосов внешнего канала, $m_1 = 3,0$;
- заложение откосов внутреннего канала, $m = 2$;
- шероховатость внешнего канала, $n_1 = 0,03$;
- шероховатость внутреннего канала, $n_2 = 0,027$;
- приведенная шероховатость, $n_{пр} = 0,0295$;
- протяжённость участка равна 7140,5м (от ПК 0+00 до ПК 71+40,5).

Выбор класса сооружения.

Проектируемый объект, как по заданию, так и по назначению является водопроводящим сооружением, искусственным сооружением - каналом, предназначенным для безопасного пропуска расчётных расходов, в том числе паводковых.

Класс сооружения определяем согласно строительным нормам и строительным правилам /1,2/. Анализ таблиц приложения Д.1, Д.2, Д.3, Д.4 показывает, что назначение класса следует устанавливать по таблице Д4, в зависимости от последствий возможных гидродинамических аварий. С учетом того, что в рассматриваемом районе имеются незначительное количество садово-огородных участков, устанавливаем определяющие критерии назначения класса гидротехнического сооружения:

- число постоянно проживающих людей, которые могут пострадать от аварии – нет;
- число людей, условия жизнедеятельности которых могут быть нарушены при аварии – нет;
- размер возможного материального ущерба без учёта убытков владельца гидротехнических сооружений составляет менее 1 млн. МРОТ (28,29 млрд. тенге).
- характеристика территории распространения чрезвычайной ситуации, возникшей в результате аварии: в пределах территории одного района.

Важно отметить, что в соответствии с примечанием к таблице /2/, «возможные ущербы от аварий гидротехнических сооружений определяются на момент разработки проекта».

Исходя из вышеизложенного обоснования, по табл. Д.4, сооружение относится к IV классу.

i	b	m	h ₀	w	x	R	Y	n	C	V	Q
	м		м	м ²	м	м				м/с	м ³ /с
0,0004 2	10	2	1	12	14	0,83	0,246	0,027	35,4	0,66	7,92
0,0004 2	10	2	1,057	13	15	0,87	0,246	0,027	35,8	0,68	8,76
0,0004 2	10	2	1,2	15	15	0,97	0,246	0,027	36,7	0,74	11,03
0,0004 2	10	2	1,318	17	16	1,05	0,246	0,027	37,5	0,79	13,09
0,0004 2	10	2	1,4	18	16	1,10	0,214	0,027	37,8	0,81	14,58
0,0004 2	10	2	1,6	21	17	1,23	0,214	0,027	38,7	0,88	18,59
0,0004 2	10	2	1,8	24	18	1,36	0,214	0,027	39,5	0,94	23,09
0,0004 2	10	2	2	28	19	1,48	0,214	0,027	40,3	1,00	28,09

В таблице 1. приняты следующие обозначения: b – ширина канала по дну; m –заложение откосов; h₀ - нормальная глубина; w – площадь живого сечения; x – смоченный периметр; y – показатель степени при гидравлическом радиусе R; n = 0,027 –коэффициент шероховатости; C – коэффициент Шези; V- скорость потока; Q – расход.

Следует отметить, что на ПК 42+80 в русло может вливаться вода из оз.Талдыколь, поступающая по существующему напорному коллектору, а затем по староречью р. Есиль /8/. Расход из оз. Талдыколь равен 4,33 м³/с. Таким образом, суммарный расход равен:

$$Q_0 = 8.75 + 4.33 = 13.08 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

На пикете ПК24+00 в русло вливается расход очистных сооружений ОС-1, равный 80 л/с (1% от меженного расхода) /9/. Указанный расход не оказывает существенного влияния на параметры потока и находится в пределах точности расчётов.

В период «межени» поток течёт по «внутреннему руслу» с приемлемыми глубинами и скоростью:

- при расходе Q=8,75 м³/с глубина потока равна 1,06 м, скорость 0,68 м/с;
- при расходе Q=13,08 м³/с глубина потока равна 1,32 м, скорость 0,79 м/с;
- в период паводка (Q> 28,09 м³ /с) поток выходит на искусственную пойму и заполняет канал большего поперечного сечения.

Гидравлический расчёт канала при паводковых расходах (расчётном и поверочном) приведены в таблице 2.

Таблица 2. Пропускная способность грунтового канала.

i	b1	b2	m1	m2	h1	W1	W2	w1+w2	X1	X2
	м	м			м	м ²	м ²	м ²	м	м
0,00042	100	10	3	2	3,506	387,48	28,00	415,48	102,17	18,9
0,00042	100	10	3	2	3,090	337,64	28,00	366	99,54	18,9

Продолжение таблицы 2.

X1+X2	n1	n2	нпр	R	Y	C	V	Q
м			м	м			м/с	м ³ /с
121	0,03	0,027	0,0296	3,43	0,223	44,6	1,69	702,92
118	0,03	0,027	0,0295	3,09	0,223	43,5	1,57	573,19

В таблице 2. принято:

$b_1=100\text{м}$ – полная ширина внешнего канала по дну;

$b_2 = 10\text{м}$ – ширина внутреннего канала по дну;

m_1 и m_2 – заложения откосов внешнего и внутреннего каналов;

w_1 и w_2 – площади живого сечения внешнего и внутреннего каналов;

x_1 и x_2 – смоченные периметры каналов;

$n_1=0,03$ и $n_2=0,027$ – коэффициенты шероховатости соответственно для внешнего канала и внутреннего канала ;

h_1 – глубина потока от уровня поверхности поймы.

Поскольку коэффициенты шероховатости внешнего канала и внутреннего различные, то используем приведенный коэффициент шероховатости.

Приведённый коэффициент шероховатости $n_{пр}$ устанавливаем по формуле Н.Н. Павловского /4/:

$$n_{пр} = \sqrt{\frac{X_1 n_1^2 + X_2 n_2^2}{X_1 + X_2}}$$

X_1 - длина смоченного периметра, имеющего шероховатость n_1 ;

X_2 - длина смоченного периметра, имеющего шероховатость n_2 .

Обоснование неразмывающей скорости.

По результатам инженерно-геологических изысканий по трассе канала (русла) залегают суглинки на глубинах 0,3м, мощность их слоя составляет в среднем до 4,5м. По полевому описанию суглинки коричневые, с линзами песка средней крупности. Ниже залегают пески крупные, гравелистые и гравийные грунты мощностью до 9,6м.

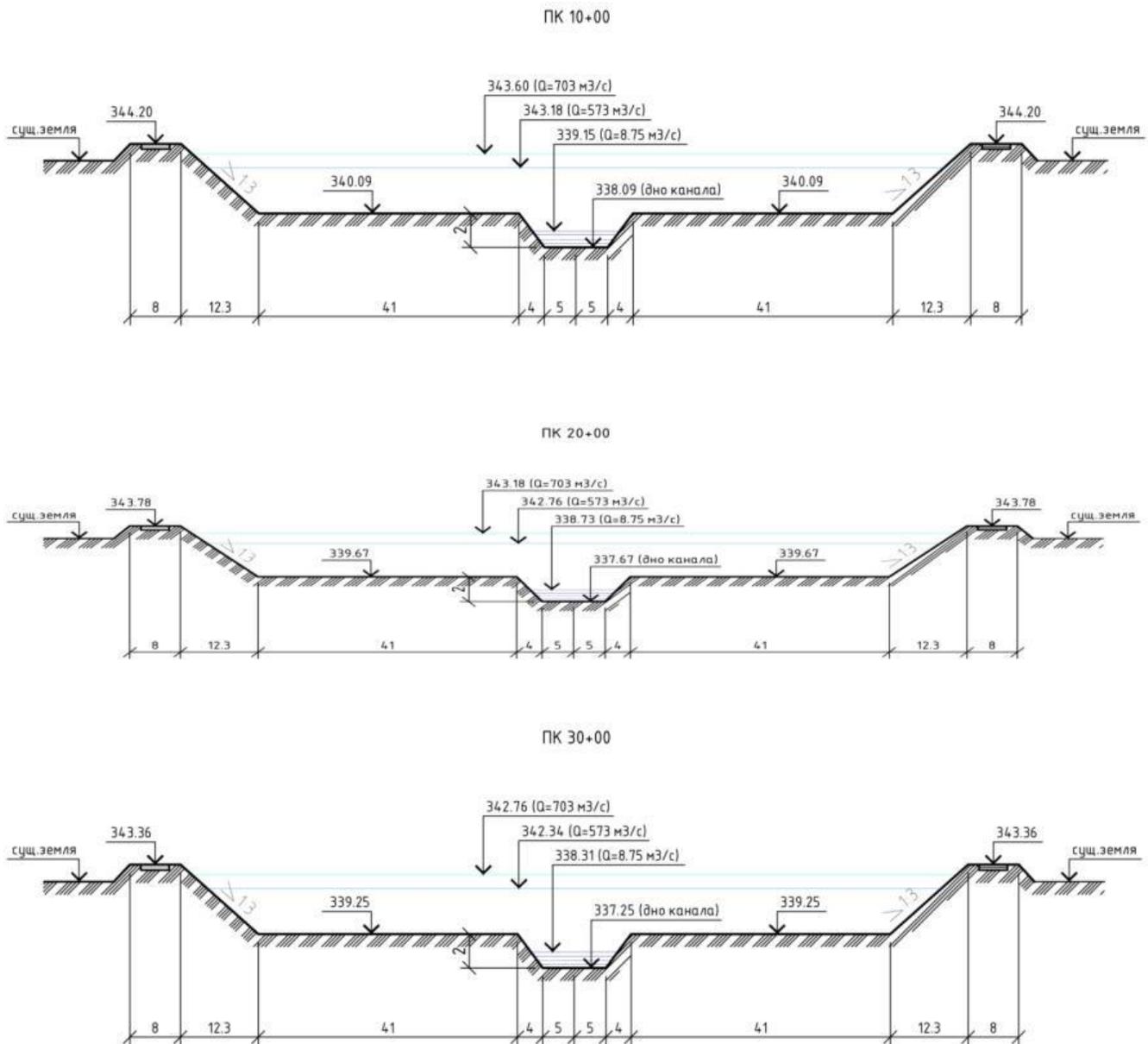
Расчётное удельное сцепление суглинков 16,85 кПа при доверительной вероятности равно 0,85. По суммарному содержанию водорастворимых солей, согласно требованиям ГОСТа 25100-2011, грунты, слагающие участок изысканий, относятся к незасоленным.

При глубине потока 5 м, допускаемая неразмывающая скорость потока при содержании легкорастворимых солей менее 0,2% равна 1,57 /3,4,5/. Согласно указанным источникам для связных грунтов, содержащих равномерно залегающие включения гальки и гравия в количестве более 20 % (по объему), допускаемая неразмывающая скорость должна определяться как для

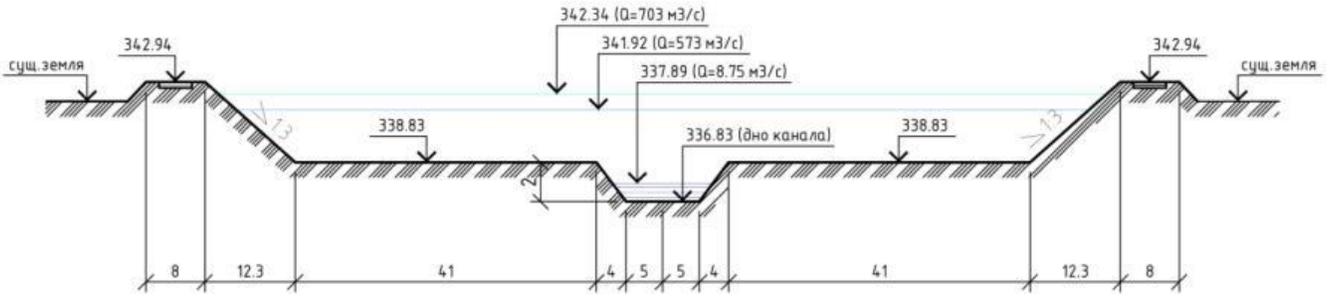
несвязных грунтов исходя из преобладающих размеров включений. При меньшем объеме включений и при слоистом их расположении допускаемую скорость следует определять, как для основного грунта. Для каналов водосборно-сбросной сети величина допускаемой скорости может быть увеличена на 10%, а для периодически действующих сбросных каналов увеличена на 20 % относительно допускаемой не размывающей скорости. Таким образом проектная скорость при пропуске паводковых расходов вполне приемлема.

Уровни воды при расчётных расходах.

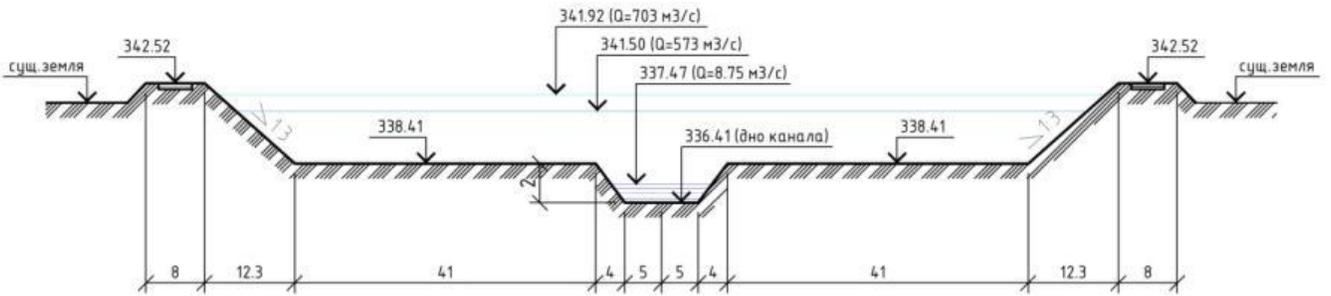
На рисунке 3. приведены по пикетажу отметки уровни воды при расчётных расходах $Q=703 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q=573 \text{ м}^3/\text{с}$ и межени $Q=8,75 \text{ м}^3/\text{с}$.



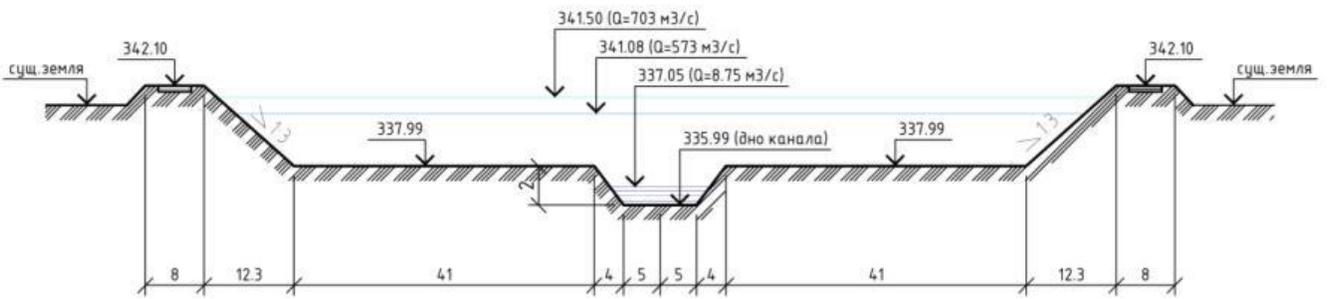
ПК 40+00



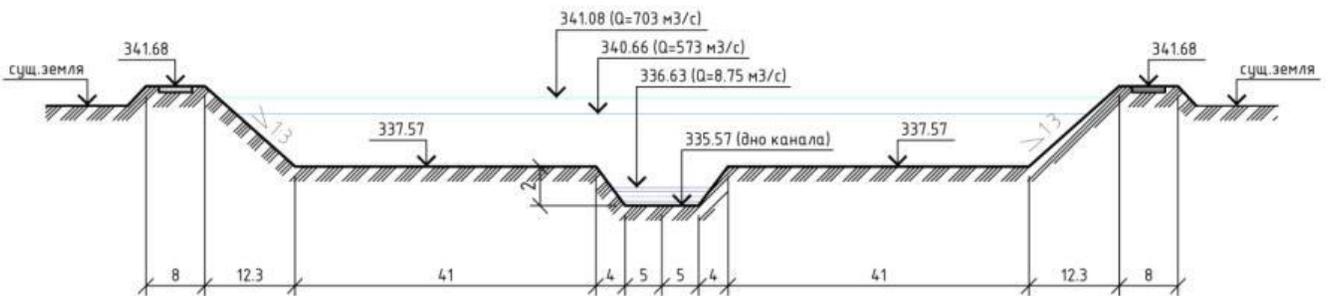
ПК 50+00



ПК 60+00



ПК 70+00



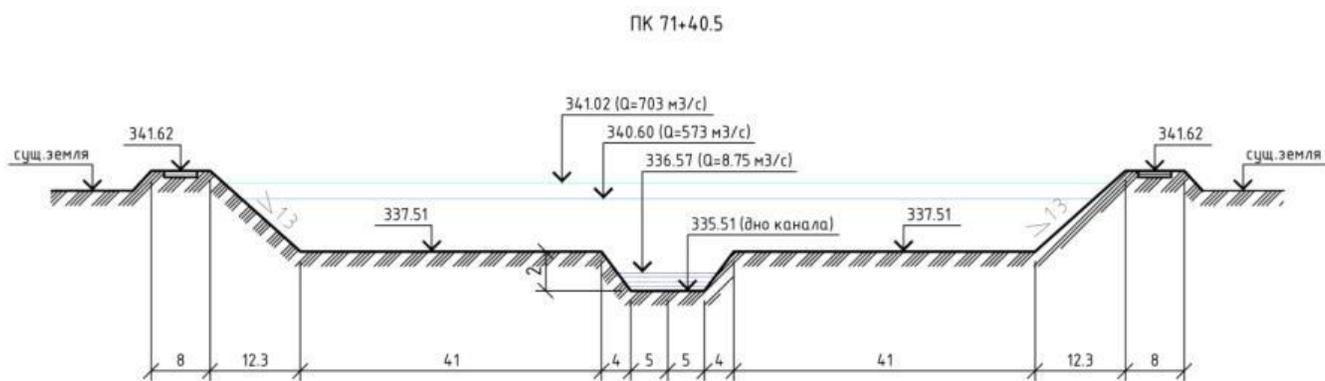


Рисунок 3. Поперечные профили и уровни воды в характерных сечениях.

ВЫВОДЫ.

При принятых конфигурации поперечного профиля, его размерах и продольном уклоне русла (канала) обеспечиваются:

1. безопасный пропуск паводкового (максимального поверочного) расхода по участку (запас над уровнями воды не менее 0,6 м);
2. скорость, не превышающая размывающую, при пропуске максимальных расходов (менее 1,7 м/с);
3. достаточно высокая скорость при меженном расходе, обеспечивающая санитарные условия.

Список использованных источников

1. СН РК 3.04-01-2013 «Гидротехнические сооружения».
2. СП РК 3.04-101- 2013 «Гидротехнические сооружения».
3. СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения».
4. СН РК 3.04-11-2013 Мелиоративные системы и сооружения.
5. СП РК 3.04-112--2013 Мелиоративные системы и сооружения.
6. Гидравлика. Штеренлихт Д.В.