

УДК 626.862.7

10.17213/2075-2067-2019-1-72-79

ВЛИЯНИЕ КРИТЕРИЕВ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕНОПРОМЫВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

© 2019 г. Н. П. Долматов, С. С. Таран

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «ДГАУ»

Целью данной статьи является определение влияния критериев очистки трубопровода на технико-экономические показатели устройства. Для определения данных критериев были проведены экспериментальные исследования с опытным образцом. Задачей проведенных экспериментов являлось сопоставление критериев теоретических и полученных экспериментальных значений.

Ключевые слова: эксперимент; трубопровод; зависимость критериев; размывающая сила; наилкок; углы наклона; дренажпромывочное устройство; расход; напор; скорость подачи.

The purpose of this article is to determine the effect of pipeline cleaning criteria on the technical and economic indicators of the device. To determine these criteria, experimental studies were conducted with a prototype. The task of the experiments was to compare the criteria of theoretical and experimental values obtained.

Key words: experiment; pipeline; dependence of criteria; eroding force; filers; tilt angles; draining device; flow rate; pressure; feed rate.

При проведении экспериментов по промывке трубопроводов определяли степень очистки трубопровода, расход и объем воды, требуемый на очистку известной величины наносных отложений по заданной длине. Исследования работы экспериментального образца промывочной головки с оптимальным углом ориентации струеформирующих насадок ($\beta_{сфн} = 40^\circ$) для низконапорного промывщика в натуральных условиях проводились по методике испытаний опытных образцов, разработанной в СевНИИГиМ [1], и общепринятой методике полевого опыта [2]. При заилении трубопровода, обеспечивающего отвод грунтовых вод, свыше расчетного сечения производили дополнительную промывку обратным рабочим ходом. Статистическая обработка экспериментальных материалов в сравнении с расчетными осуществлялась на ПЭВМ с использова-

нием пакетов прикладных программ Mathcad и Excel.

В результате проведенных исследований было установлено, что угол наклона струеформирующего насадка β существенно влияет на гидравлические и экономические характеристики дренажпромывочного устройства, а также на эффективность очистки дренажной трубы от наносных отложений.

Основной целью экспериментальных исследований являлось достижение эффективной очистки дренажной трубы от наносных отложений путем оптимизации основных параметров дренажпромывочного устройства, в частности, угла наклона струеформирующих насадков относительно центральной оси дренажпромывочной головки.

Уменьшение угла β_{\min} приводит (рис. 1) к улучшению критерия η_n по проталкиванию пульпы и в то же время «налипанию» струи

к водонапорному шлангу. Увеличение β_{\max} приводит к улучшению критерия η_p на размыв наносных отложений и ухудшению параметра проталкивания. Из графика по оптимизации угла наклона β СФН (рис. 1), полученного аналитическим путем, отчетливо выделяется угол, равный 40° . Величина данного угла наклона СФН удовлетворяет требованиям критериев η_p на размыв наилка. А т.к. в данном случае (первые годы эксплуатации дренажа)

одним из важнейших факторов по очистке дренажа является вынос пульпы из полости трубопровода, поэтому необходимо увеличить характеристики критерия η_n на проталкивание.

В процессе проведения лабораторных исследований угол наклона β будет изменяться и обосновываться в зависимости от степени очистки дренажа.

Анализ динамики развития осесимметричной струи [3], формирующейся вблизи

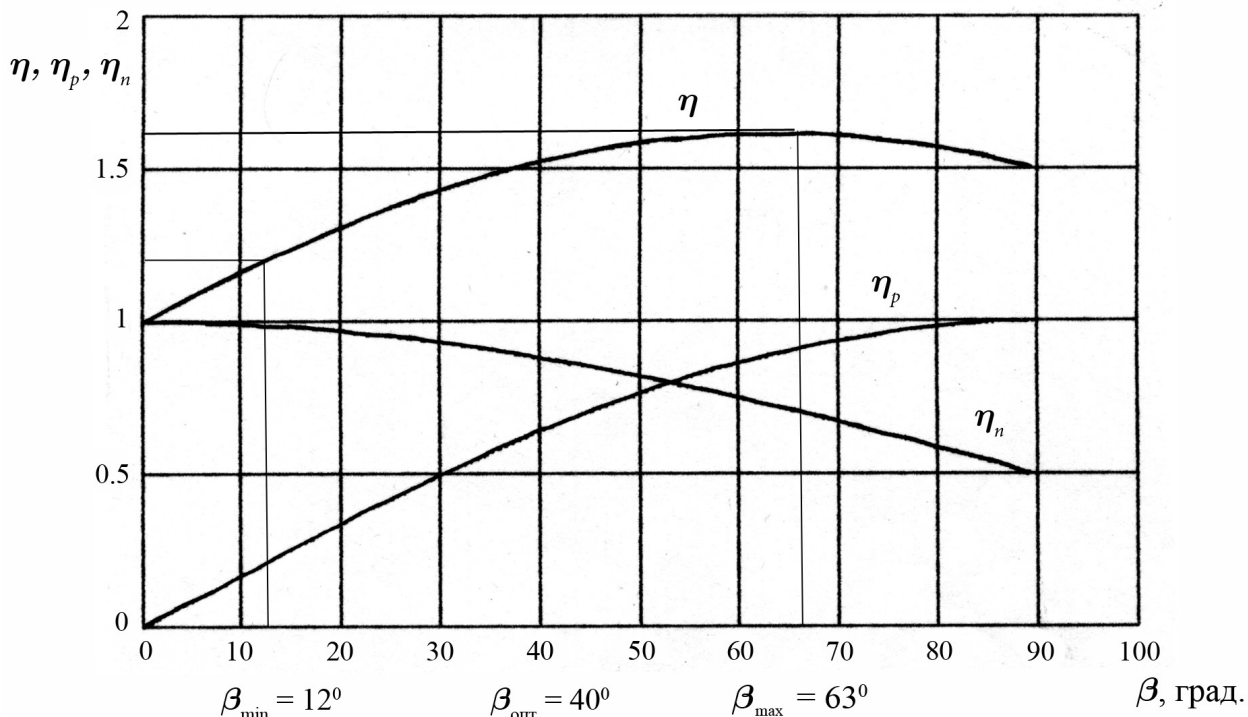


Рис. 1. К обоснованию оптимального угла наклона β СФН

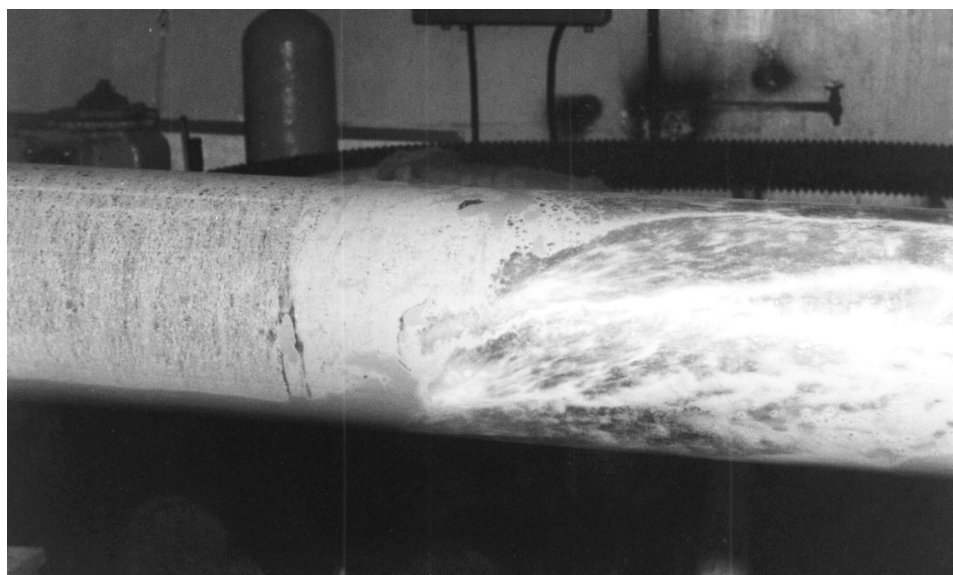


Рис. 2. Размыв наилка по внутреннему периметру дренажной трубы

стенки дренажной трубы, свидетельствует о наличии в пространстве между струей и стенкой сложных по структуре и динамике вторичных течений.

В процессе проведения эксперимента визуально наблюдался размыв по внутреннему периметру трубы наносных отложений осесимметричными турбулентными струями усовершенствованной дренажпромывочной головки (рис. 2).

Хотя минимальное и максимальное значения были определены в теоретическом расчете, тем не менее, максимальный угол β_{\max} в ходе эксперимента для уточнения гид-

равлических характеристик был увеличен до $\beta_{\max} = 70^\circ$. Изменяя угол наклона струеформирующих насадков $\beta = 70^\circ \div 12^\circ$, в то время как гидравлические и кинематические характеристики дренажпромывочного устройства ($Q_{\text{дн}}$, $Z_{\text{дн}}$, $W_{\text{лн}}$, U_n) оставались постоянными, изучался остаток наилка (степень очистки) после промывки трубы усовершенствованной дренажпромывочной головкой. В каждом опыте при проведении эксперимента толщина слоя наилка была также неизменной $\delta_n = 10$ мм (рис. 3).

В случаях, когда после промывки трубы при заданных гидравлических и кинемати-

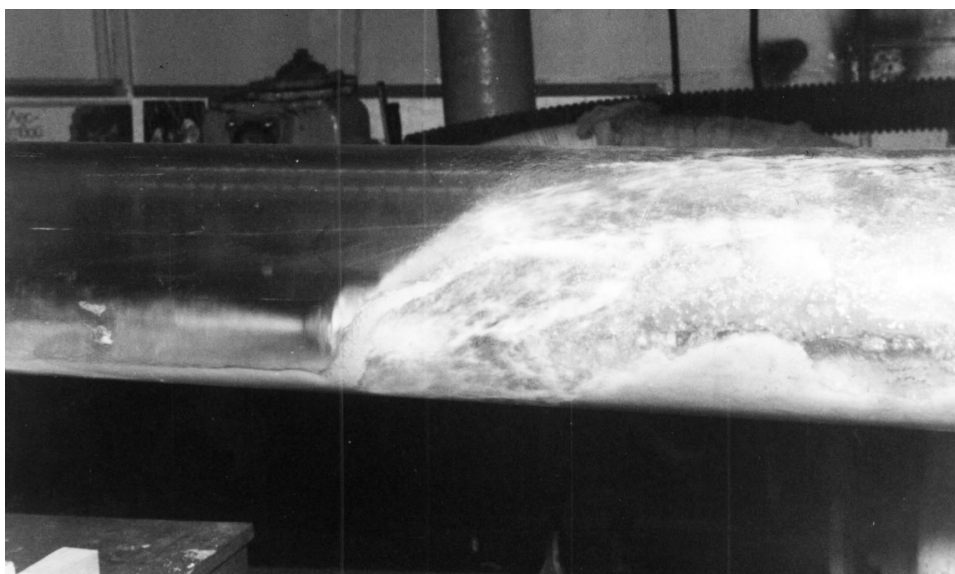


Рис. 3. Размыв заданной толщины слоя наносных отложений



Рис. 4. Остаток наилка после промывки

ческих параметрах в очередном эксперименте оставалась часть наилка (рис. 4), эксперимент проводился заново при тех же условиях, но давление в рабочей камере дренапромывочной головки повышалось до значения, при котором после промывки наилка в трубе не оставалось.

Определенный таким образом расход устанавливался и при проведении экспериментов с гофрированной полиэтиленовой дренажной трубой. По прохождении всей трубы степень ее очистки оценивалась путем просмотра ее через продольный разрез.

Подобные серии лабораторных экспериментов проводились для каждого экспериментального образца дренапромывочной головки, для различных углов ориентации струеформирующих насадок.

Результаты экспериментальных данных к обоснованию оптимальных гидравлических характеристик ДПУ от изменения угла β струеформирующих насадков в сравнении с расчетными представлены в таблицах 1, 2. В графическом виде сопоставление расчета с данными, полученными в результате эксперимента по оптимизации расхода ДПУ $Q_{\text{опт}}$ и необходимого объема $W_{\text{инм}}$ на размыв и вынос наилка из дренажного трубопровода, представлено на рисунке 7 в виде графиков и экспериментальных точек.

Изучив аналитические графики и точки, полученные в результате эксперимента, наблюдаем резкое возрастание показателей

расхода ДПУ $Q_{\text{опт}}$ и объема $W_{\text{инм}}$. Возрастание данных величин происходит с уменьшением угла β от 40° . Изучив и сопоставив графики к обоснованию оптимального угла наклона β СФН (рис. 1) с графиками связи расхода ДПУ $Q_{\text{опт}}$ и объема $W_{\text{инм}}$ (рис. 7), а также экспериментальные данные, приходим к выводу, что наиболее оптимальный угол наклона СФН $\beta = 40^\circ$.

В результате проведения лабораторных исследований по промывке дренажных труб произведена оптимизация величине угла β СФН. Оптимальный угол наклона СФН, удовлетворяющий по степени очистки от наносов при заданных гидравлических характеристиках, равен $\beta = 40^\circ$.

Следует отметить, что принятие ряда допущений в расчете преследовало целью повысить надежность промывки дрен и определялось, исходя из наихудших условий, поэтому экспериментальные точки на графиках (рис. 7) располагаются в целом ниже расчетных кривых. Это свидетельствует о наличии необходимого запаса мощности ДПУ с расчетными его характеристиками. В результате проведенных исследований было установлено, что угол ориентации струеформирующего насадка существенно влияет на гидравлические характеристики дренапромывочного устройства, а также на эффективность очистки дренажной трубы от наносных отложений. В качестве положительного факта следует отметить, что эффективность промывки

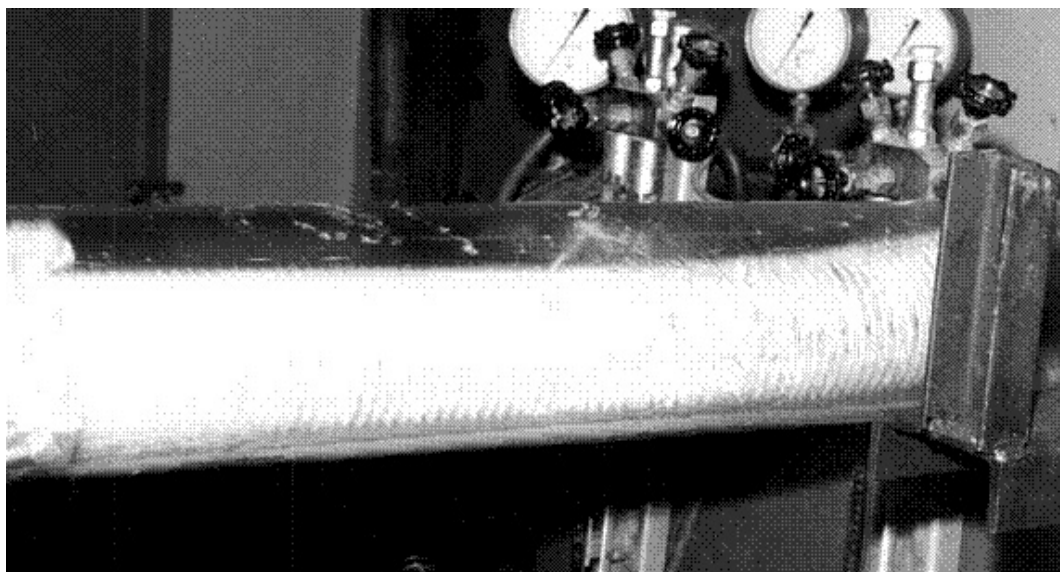


Рис. 5. Проникновение струи в перфорационные отверстия

Таблица 1

Влияние величины угла наклона β струеформирующих насадков на $W_{\text{н.м.}}$ (10^{-3} м^3)

№ опыта	Серия	Величина угла β						
		12	20	30	40	50	60	70
1	I	26	16	10,3	7,1	6,5	6,3	6,1
	II	25,8	15,5	10,1	7	6	6,2	6
	III	25,6	15	10	6,8	5,8	6,1	5,8
2	I	25,4	14,5	9,9	6,6	5,6	6	5,4
	II	25,2	14	9,7	6,4	5,2	5,8	5,2
	III	25	13,5	9,5	6,2	5	5,6	5
3	I	24,8	13	9,2	6	4,8	5,45	5,1
	II	24,4	13,1	9	5,8	4,2	5,2	5,11
	III	24	13,2	8,5	5,7	4	4,9	5,12
4	I	23,8	13,4	8,3	5,65	3,8	5	5,12
	II	23,4	13,5	8,4	5,6	3,6	5,1	5,12
	III	23,1	13,6	8,4	5,5	3,7	5,1	5,12
5	I	23,2	13,6	8,4	5,6	3,8	5,1	5,12
	II	23,2	13,6	8,4	5,6	3,8	5,1	5,12
	III	23,2	13,6	8,4	5,6	3,8	5,1	5,12
Оптимальный объем $W_{\text{лм}}$ для угла β		23,2	13,6	8,4	5,6	3,8	5,1	5,12

Таблица 2

Влияние величины угла β струеформирующих насадков на $Q_{\text{опт}}$ ($10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$)

№ опыта	Серия	Величина угла β						
		12	20	30	40	50	60	70
1	I	1,833	1,12	0,726	0,504	0,45	0,435	0,42
	II	1,8	1,1	0,724	0,5	0,445	0,43	0,41
	III	1,78	1,08	0,72	0,49	0,44	0,425	0,4
2	I	1,76	1,06	0,7	0,48	0,435	0,42	0,395
	II	1,74	1,04	0,68	0,48	0,425	0,415	0,39
	III	1,72	1,02	0,66	0,47	0,42	0,41	0,385
3	I	1,7	1	0,64	0,46	0,410	0,405	0,38
	II	1,68	1,02	0,645	0,45	0,4	0,406	0,382
	III	1,67	1,04	0,645	0,45	0,38	0,408	0,384
4	I	1,68	1,04	0,648	0,44	0,375	0,409	0,385
	II	1,68	1,04	0,65	0,43	0,377	0,409	0,386
	III	1,68	1,04	0,65	0,435	0,378	0,409	0,387
5	I	1,68	1,04	0,65	0,44	0,378	0,409	0,387
	II	1,68	1,04	0,65	0,44	0,378	0,409	0,387
	III	1,68	1,04	0,65	0,44	0,378	0,409	0,387
Оптимальный расход Q для угла β		1,68	1,04	0,65	0,44	0,378	0,409	0,387

гофрированной полиэтиленовой дренажной трубы и, в частности, ее перфорационных отверстий (рис. 5) становится выше при углах ориентации струеформирующих насадок $\beta_{сфн} \geq 40^\circ \div 45^\circ$.

Это в определенной степени подтверждает правильность теоретического обоснования оптимального угла ориентации СФН. Однако, с уменьшением угла $\beta_{сфн} \leq 40^\circ \div 45^\circ$ расход, а следовательно, и напор в ДПУ увеличиваются быстрее.

В результате статистической обработки полученные уравнения связи второго порядка с достоверностью:

- для расхода $Q_{дпу} = 0,9376$;
- для объема воды $W_{1м} = 0,9435$.

Учитывая неравномерность толщины слоя наносных отложений в естественных полевых условиях [4, 5, 6], для более высокой степени очистки дренажной трубы необходимо делать обратный ход дренажпромывочной головки рабочим (рис. 6). При этом скорость

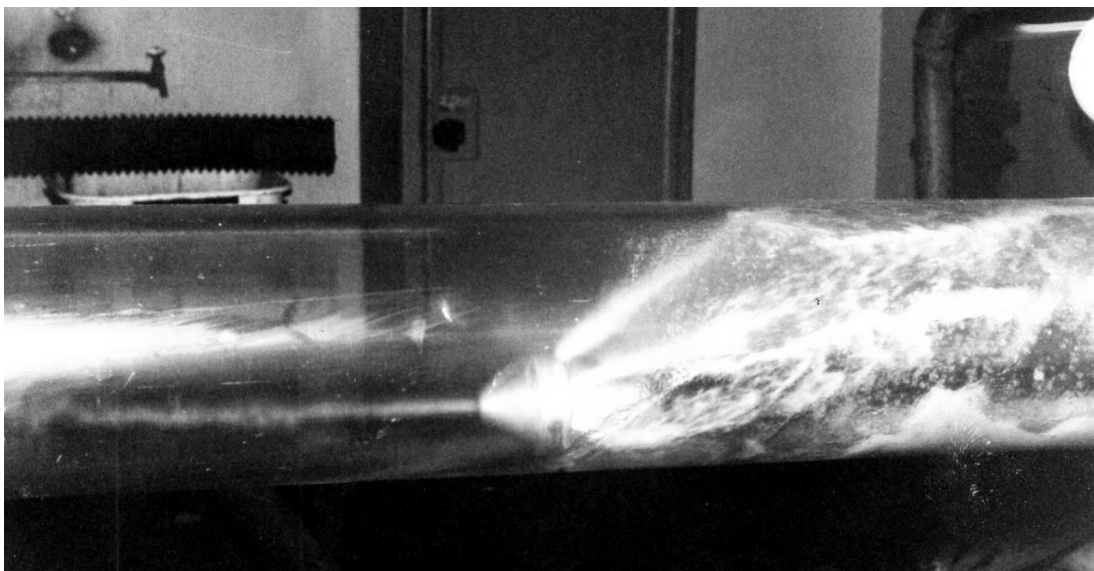


Рис. 6. Очистка трубы дренажпромывочной головкой при ее обратном ходе

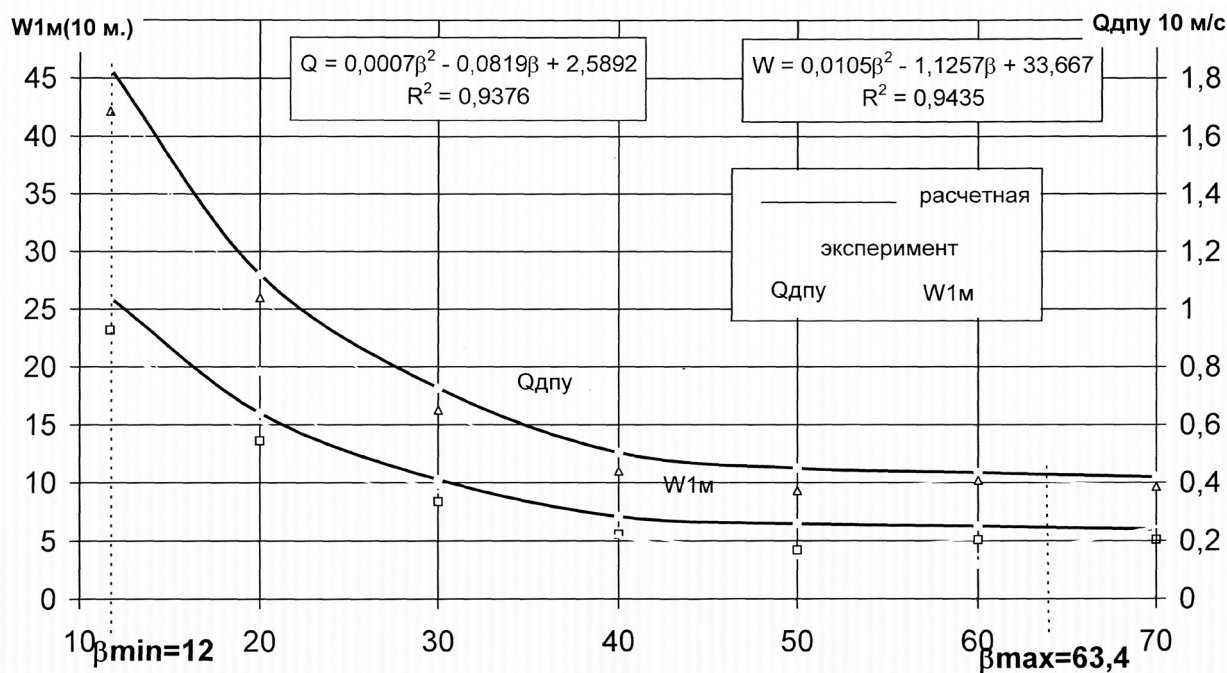


Рис. 7. Графики связи для расхода $Q_{дпу} = f(\beta)$ и объема $W_{1м} = f(\beta)$

продвижения обратным ходом остается равной скорости подачи U_n .

Анализ динамики развития осесимметричных струй вблизи стенки дренажной трубы свидетельствует о наличии в зоне взаимодействия системы веерных струй со стенкой трубы сложных по структуре и динамике течений. Структура течения, которая формируется после растекания смежных струй по поверхности трубы, для принятого количества струеформирующих насадок ДПУ обеспечивает равномерную промывку дренажной трубы по всему внутреннему сечению.

Литература

1. Программа и методика предварительных испытаний опытного образца насад-

ка фрезерного: НФП-00.00.000 ПМ: Утв. 29.05.84. / Разраб. Сев. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации, Опытн.-констр. бюро — Л.: СевНИИГиМ, 1984. — 14 л.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1979. — 415 с.

3. Альтшуль А. Д. и др. Гидравлика и аэродинамика: Учеб. для вузов. — М.: Стройиздат, 1987. — 414 с.

4. Хруцкая З. Я. Заиливание дренажа железистыми отложениями. — М.: Колос, 1970. — 96 с.

5. Бейлин Д. Х. Механизация дренажных работ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1975. — 205 с.

6. Мурашко А. И. Защита дренажа от заиливания. — Мн.: Урожай, 1978. — 242 с.

Поступила в редакцию

15 октября 2018 г.



Долматов Николай Петрович — кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины природообустройства» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «ДГАУ».

Dolmatov Nikolay Petrovich — candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department «Machine engineering» of Don State Agrarian University's Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering.

346410, г. Новочеркасск, ул. Фрунзе, 3
3 Phrunze st., 346410, Novocherkassk, Russia
Тел.: 8 (8635) 27-96-03, 8 (8635) 27-56-55, 8 (928) 602-27-00
E-mail: dolmanik@yandex.ru



Таран Сергей Сергеевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, исполняющий обязанности директора Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «ДГАУ».

Taran Sergey Sergeevich — candidate of agricultural Sciences, associate Professor, acting Director of Don State Agrarian University's Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering.

346400, г. Новочеркасск, пер. Сосновый, 8, кв. 10
8 Sosnovy st., app. 10, 346400, Novocherkassk, Russia
Тел.: 8 (903) 435-11-11; e-mail: star-good@ya.ru
