

УДК 626.862.7

**РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА
ДРЕНОПРОМЫВОЧНОЙ МАШИНЫ**

© 2016 г. *Н. П. Долматов, А. В. Михеев*

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

Целью данной статьи является расчет технико-экономических характеристик комбинированного рабочего органа дренажно-промывочной машины. Установлено, что применяемые схемы рабочих органов дренажно-промывочных машин не всегда и не везде эффективно размывают илистые отложения. Доказано, что илистые отложения в дренажных трубах, зоны осушения и зоны орошения, имеют разный физикомеханический и химический состав. Поэтому расчет параметров рабочего органа дренажно-промывочной машины для зоны орошения даст необходимую экономию энергоресурсов и воды.

Ключевые слова: рабочая камера; затопление; струеформирующий насадок; технико-экономические показатели; диффузор; углы наклона; дренажно-промывочное устройство, расход, напор, геометрические размеры.

The purpose of this article is the calculation of technical and economic characteristics of the combined working organ drenopromyvochnoy machine. It is established that the scheme applied by the working bodies drenopromyvochnyh machines are not always and not everywhere effectively erode the silt. It is proved that the silt in the drainage pipes, drainage and irrigation zone areas are of different chemical composition and physical and mechanical. Therefore, the calculation of the working body of the machine parameters drenopromyvochnoy irrigation zones give the necessary savings in energy and water.

Key words: the working chamber; flooding; jet forming nozzles; technical and economic parameters; diffuser angles; drenopromyvochnoe device; flow; pressure; the geometric dimensions.

Проведенный анализ имеющихся в настоящее время способов очистки дренажных трубопроводов и конструкций дренажно-промывочных устройств, а также проведенные лабораторные исследования [1] показывают, что в большей степени эффективность очистки дрен дренажно-промывочным устройством (ДПУ) зависит от оптимальных конструктивных параметров рабочего органа устройства — распределительной камеры (РК).

В качестве расчетной принимается рабочая схема распределительной камеры РК дренажно-промывочного устройства ДПУ, представленная на рис. 1.

Основными элементами корпуса распределительной камеры ДПУ являются:

- диффузор;
- цилиндрическая часть корпуса;
- струеформирующие насадки;
- лобовая (конусная) часть корпуса.

Для расчета принимается однорядная кольцевая схема размещения струеформирующих насадков (СФН) на корпусе РК ДПУ.

Проектирование ДПУ связано с необходимостью обоснования следующих параметров:

- диаметра отверстия струеформирующего насадка (d_0);

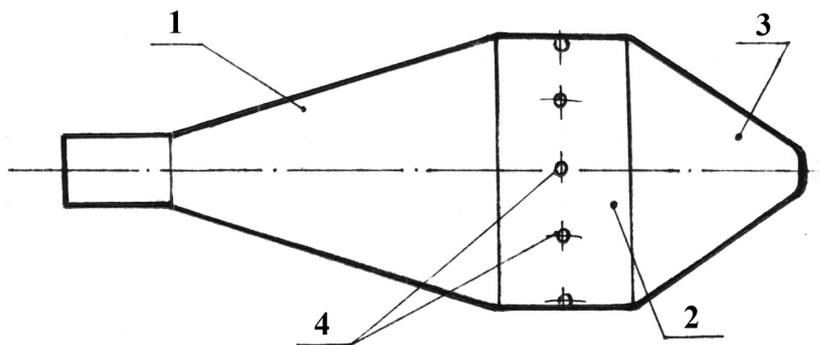


Рис. 1. Основные конструктивные элементы РК ДПУ:

1 — диффузор рабочей камеры; 2 — цилиндрическая часть распределительной камеры; 3 — лобовая часть рабочей камеры; 4 — струеформирующие насадки

— количества струеформирующих насадков (n_n);

— угла ориентации струеформирующего насадка относительно осевой линии РК (β);

— угла расширения диффузора РК ($\alpha_{\text{диф}}$);

— диаметра распределительной камеры (d_k);

— расхода ДПУ ($Q_{\text{ДПУ}}$);

— напора ДПУ ($Z_{\text{ДПУ}}$).

Исходными для расчета являются следующие данные:

— геометрические размеры дренажной трубы (внутренний диаметр — $d_{\text{др}}$; длина участка промывки — L_n);

— высота слоя наносных отложений (δ_n);

— физико-механические характеристики грунта наносных отложений (осредненная величина крупности фракций — d_n ; плотность наносных отложений — ρ_n ; плотность частиц грунта наносных отложений — ρ_r);

— время промывки заданного участка дренажной трубы (t_n);

— радиус цилиндра барабана ($r_{\text{бар}}$).

Промывка дренажных трубопроводов может осуществляться при следующих двух возможных режимах:

— полное затопление;

— частичное затопление.

В случае полного затопления все гидравлические струи РК ДПУ формируются как затопленные осесимметричные. Для режима частичного затопления часть струй могут формироваться как незатопленные. В силу сложности гидравлических процессов, происходящих в дренажной трубе во время ее промывки, расчет следует вести для двух абсолютизированных режимов формирования

струй. Наихудшие гидравлические условия, с точки зрения размыва заданного слоя наносных отложений, могут быть приняты за основу при проектировании ДПУ.

Следующим важным моментом является выбор расчетной схемы расположения распределительной камеры ДПУ по высоте в дренажной трубе в активной стадии промывки. По очевидной логике, ориентация при расчете ДПУ должна быть сделана на промывку нижней части дренажной трубы, содержащей наносные отложения. В том случае, когда РК лежит на дне дренажной трубы, а точнее, на слое наносных отложений, условия для размыва наносов являются наилучшими, так как взаимодействие струи с частицами наилка осуществляется наиболее активным начальным участком гидравлической струи.

В то же время положение РК ДПУ в дренажной трубе по вертикали с увеличением скорости истечения из системы СФН будет стремиться к соосности с дренажной трубой. Такое расположение РК ДПУ в дренажной трубе будет наихудшим для промывки нижней части дрены, следовательно, такая схема может быть принята за расчетную.

Рассмотрим затопленный режим промывки дренажного трубопровода. В этом случае согласно теории турбулентных струй [2] струя расширяется с увеличением расхода по длине. Взаимодействие с грунтом происходит расширенным сечением струи (рис. 2).

При взаимодействии с наилком струя сформирует воронку размыва диаметром d_b . Очевидно, что формирование воронки размыва прекратится при соблюдении условия,

когда скорость движения жидкости по периметру воронки уменьшится до значения меньше размываемой U_p . В первом приближении этому условию соответствует следующее равенство:

$$Q_x = U_{x3} \cdot \frac{\pi \cdot d_{x3}^2}{4} = U_p \cdot \frac{\pi \cdot (d_{\text{вз}}^2 - d_{x3}^2)}{4}, \quad (1)$$

где Q_x , U_{x3} — расход и средняя скорость затопленной струи в створе взаимодействия ее с поверхностью грунта; d_{x3} — диаметр струи в створе взаимодействия ее с поверхностью грунта; $d_{\text{вз}}$ — предельный диаметр воронки размыва; U_p — скорость размыва.

Решив равенство (1) относительно диаметра воронки размыва, получаем зависимость следующего вида:

$$d_{\text{вз}} = d_{x3} \cdot \sqrt{1 + \frac{U_{x3}}{U_p}}. \quad (2)$$

Среднюю в сечении скорость U_{x3} в первом приближении можно определить по зависимости:

$$U_{x3} \approx \frac{U_{mx}}{3}, \quad (3)$$

где U_{mx} — скорость на динамической оси затопленной струи в створе взаимодействия ее с поверхностью грунта.

$$U_{mx} = \frac{U_o}{1 + 0,16 \cdot \left(\frac{x}{d_o} - 4\right)}, \quad (4)$$

где U_o — скорость истечения затопленной струи из струеформирующего насадка; d_o — диаметр отверстия струеформирующего насадка.

Диаметр затопленной струи (рис. 3) определяется из геометрических соображений по формуле:

$$d_{x3} = d_o + \Delta r \cdot \text{tg}(\varphi_o), \quad (5)$$

где φ_o — угол расширения затопленной струи; Δr — расстояние между РК ДПУ и стенкой дренажной трубы, составляет:

$$\Delta r = \frac{d_{op} - d_k}{2}, \quad (6)$$

где d_k — диаметр распределительной камеры ДПУ; d_{op} — диаметр дренажной трубы.

Для случая, когда гидравлическая струя формируется в воздухе, то есть является незатопленной, ее расход остается постоянным по длине, а сама струя незначительно расширяется [3, 4, 5]. Схема взаимодействия незатопленной струи с наилком представлена на рис. 4.

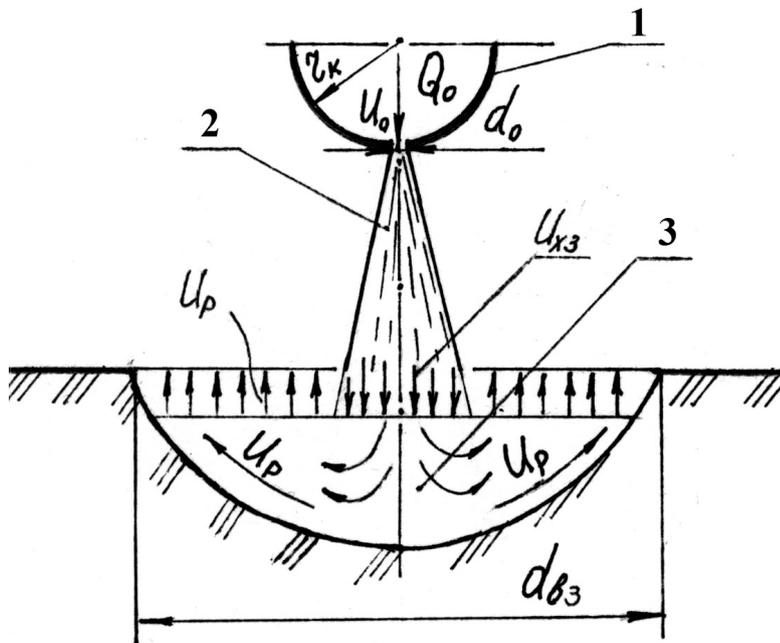


Рис. 2. Схема взаимодействия затопленной струи с наилком:

1 — распределительная камера ДПУ; 2 — затопленная осесимметричная турбулентная струя; 3 — воронка размыва

Диаметр воронки, образованной незатопленной струей, определяется подобным образом по формуле:

$$d_{\text{внз}} = d_{\text{хнз}} \cdot \sqrt{1 + \frac{U_{\text{хнз}}}{U_p}}, \quad (7)$$

где $U_{\text{хнз}}$ — средняя скорость незатопленной струи в створе взаимодействия ее с поверхностью грунта; $d_{\text{хнз}}$ — диаметр струи в створе взаимодействия ее с поверхностью грунта; $d_{\text{внз}}$ — предельный диаметр воронки размыва.

Диаметр незатопленной струи можно определить по следующей зависимости [6, 7]:

$$d_{\text{хнз}} = d_o + 0,005 \cdot x_c, \quad (8)$$

где x_c — длина незатопленной струи.

Средняя скорость незатопленной струи в текущем сечении определяется из условия неразрывности и составляет:

$$U_{\text{хнз}} = U_o \cdot \left(\frac{d_o}{d_{\text{хнз}}} \right)^2. \quad (9)$$

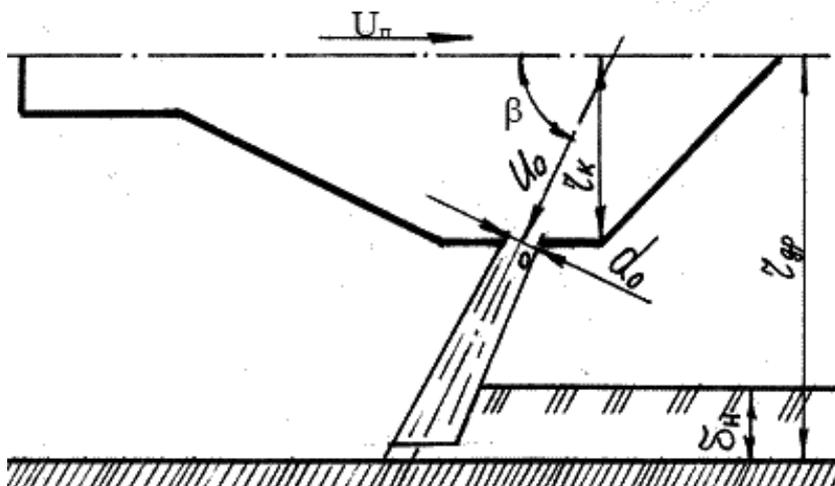


Рис. 3. Схема размыва гидравлической струей наносных отложений

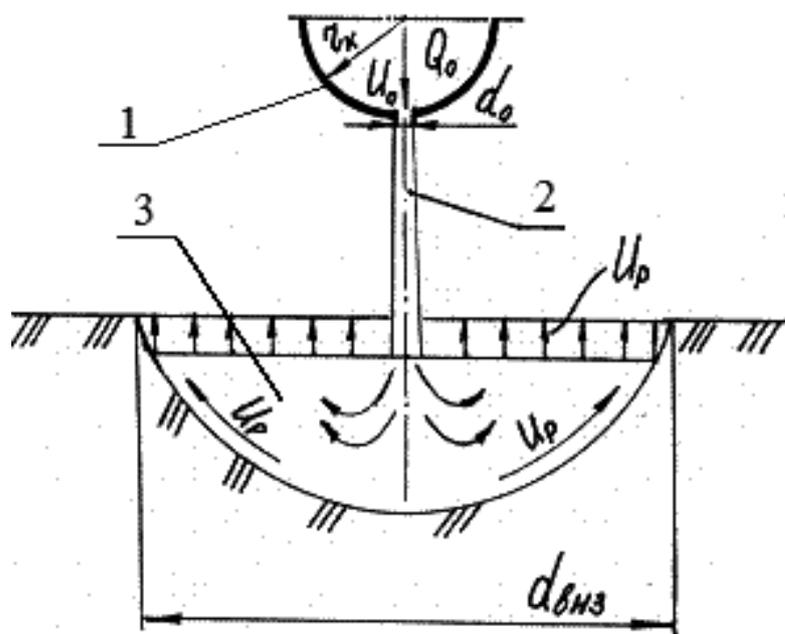


Рис. 4. Схема взаимодействия незатопленной струи с наилком:
1 — распределительная камера ДПУ; 2 — незатопленная гидравлическая струя;
3 — воронка размыва

Анализ полученных зависимостей (2) и (7) для диаметра воронки размыва дает основание утверждать, что $d_{вз} > d_{внз}$. Следовательно, наилучшим для промывки дренажной трубы является незатопленный режим, который и принимается за основу при расчете параметров рабочей камеры ДПУ.

Для случая, когда струя на преграду падает под острым углом, зависимость (7) принимает следующий вид:

$$d_{внз} = d_{хнз} \cdot \sqrt{1 + \frac{U_{хнз} \cdot \sin \beta}{U_p}}. \quad (10)$$

Значение диаметра струи определяется по формуле (8), в которой длина ее x_c находится из геометрических соображений по формуле:

$$x_c = \frac{\Delta r}{\sin \beta}. \quad (11)$$

Определение расхода воды, необходимо для размыва заданного слоя наносных отложений, связано с необходимостью нахождения скорости истечения жидкости из СФН. Для этого потребуется установить связь размера диаметра области размыва заданного слоя наносных отложений с поступательной скоростью движения РК ДПУ в дренажной трубе.

Литература

1. Долматов Н. П., Михеев А. В. Технико-экономическое обоснование параметров дренопромывочной головки // «Вестник ЮРГТУ (НПИ)». Социально-экономические науки. — 2016. — №2. — С. 53–61.
2. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй. — М.: Наука, 1984. — 750 с.
3. Ржига Й. Эксплуатация трубчатых дренажных систем / Пер. с чеш. Б. И. Борбарова; под ред. и с предисл. К. М. Лапидовского. — М.: Колос, 1968. — 128 с.
4. Примеры расчетов по гидравлике: Учеб. пособие для вузов / А. Д. Альтшуль, В. И. Колицун, Ф. Г. Майрановский; Под ред. А. Д. Альтшуля. — М.: Стройиздат, 1976. — 254 с.
5. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П. Г. Кисилева. — 4-е изд. — М.: Энергия, 1977. — 312 с.
6. Скляр М. А. Исследования разрушающего действия струи воды при разработке связных грунтов в гидротехническом строительстве: Автореферат. канд. техн. наук. — Новочеркасск, 1990. — 28 с.
7. Альтшуль А. Д. и др. Гидравлика и аэродинамика: Учеб. для вузов. — М.: Стройиздат, 1987. — 414 с.

Поступила в редакцию

16 февраля 2016 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.

346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111
111 Pushkinskaya st., 346428, Novocherkassk, Rostov reg., Russia
Тел.: 8 (8635) 27-96-03, 8 (8635) 27-56-55, 8 (928) 602-27-00
e-mail: dolmanik@yandex.ru



Михеев Александр Васильевич — кандидат технических наук, профессор кафедры «Машины природообустройства» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А. К. Кортунова ФГБОУ ВПО «ДГАУ».

Mikheev Alexander Vasilievich — candidate of technical Sciences, Professor of the Department «Machine engineering» of Don State Agrarian University's Novocherkassk Institute of Reclamation Engineering.

346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111
111 Pushkinskaya st., 346428, Novocherkassk, Rostov reg., Russia
Тел.: 8 (8635) 27-96-03, 8 (918) 526-88-57
e-mail: rekngma@magnet.ru