

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫВОЧНОГО УСТРОЙСТВА

© 2018 г. Н. П. Долматов, С. В. Езипко

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

Целью данной статьи является повышение экономической эффективности устройства для очистки трубопроводов за счет определения оптимального угла наклона струеформирующего насадка, определяющего и решающего две основные задачи по размыву и проталкиванию образовавшейся водяной пульпы вдоль дренажного трубопровода. При решении данной задачи учитывались скорость струи, истекающей из сопла насадка, расходы струи, необходимые для размыва наилка, и проталкивание его вместе с образовавшейся водяной пульпой. В произведенном расчете выявлены критерии, позволяющие определить минимальный и максимальный угол наклона, а также оптимальное значение угла, позволяющее выполнить основные задачи по размыву наилка в дренажном трубопроводе.

Ключевые слова: угол наклона; реактивная сила; струеформирующий насадок; размывающая сила; диффузор; углы наклона; дренажнопромывочное устройство; расход; напор; геометрические размеры.

The purpose of this article is to increase the economic efficiency of the device for cleaning pipelines by determining the optimal angle of inclination of the jet-forming nozzle defining and solving two main problems of washing and pushing the formed water pulp along the drainage pipeline. In solving this problem, the velocity of the jet flowing out of the nozzle, the jet costs necessary for the erosion of the nozzle and pushing it along with the formed water pulp were taken into account. In the calculation criteria to determine the minimum and maximum angle of inclination, as well as the optimal value of the angle that allows to perform the main tasks on the erosion of the filler in the drainage pipeline were identified.

Key words: angle of inclination; reactive force; jet-forming nozzle; eroding force; diffuser; angles of inclination; draining device; flow rate; head; geometrical dimensions.

Для определения параметров насосного агрегата дренажнопромывочного устройства помимо расхода необходимо определить напор, необходимый для создания соответствующей скорости в СФН распределительной камеры ДПУ ($Z_{\text{дпу}}$). Расчетная схема определения общих потерь напора в дренажнопромывочном устройстве показана на рис. 1.

Напор ДПУ складывается из напора на срезе струеформирующего насадка ($Z_{\text{сфн}}$)

и суммарных потерь напора в водопроводящих элементах устройства (Z_n), то есть:

$$Z_{\text{дпу}} = Z_{\text{сфн}} + Z_n. \quad (1)$$

Потери напора в водопроводящих элементах дренажнопромывочного устройства [1] в свою очередь складываются из потерь в распределительной камере ДПУ ($Z_{\text{рк}}$), в диффузоре ($Z_{\text{диф}}$), по длине водонапорного шланга ($Z_{\text{ш}}$) и в барабане ($Z_{\text{бар}}$):

$$Z_n = Z_{pk} + Z_{диф} + Z_{ш} + Z_{бар}. \quad (2)$$

Слагаемые формул (1) и (2) можно определить по известным в гидравлике методикам [2].

Для определения потерь в СФН за основу принимаем схему с внешним цилиндрическим насадком, расположенным под углом к стенке [3, 4]. Следует отметить, что для увеличения пропускной способности насадка его длину целесообразно принять равной не менее $(4 \div 6) \times d_0$.

Связь расхода СФН с напором имеет вид:

$$Q_o = \mu_o \cdot \omega_o \cdot \sqrt{2gZ_{сфн}},$$

откуда найдем напор:

$$Z_{сфн} = \frac{\left(\frac{U_o}{\mu_o}\right)^2}{2g}, \quad (3)$$

где μ_o — коэффициент расхода струеформирующего насадка, согласно [5] для принятой конструкции насадка составляет $0,7 \div 0,8$.

Движение жидкости в распределительной камере ДПУ характеризуется делением потока и носит сложный характер. В первом приближении потери напора можно определить, как в приточном тройнике при нулевом проходном расходе. Коэффициент сопротивления в ответвлении распределительной камеры ζ_{pk} можно определить по следующей зависимости [6]:

$$\zeta_{pk} = 0,8 \times$$

$$\times \left[\left(\frac{U_{кв}}{U_o} \right)^2 + 1 - 2 \cdot \left(\frac{U_{кв}}{U_o} \cdot \cos(\pi - \beta) \right) \right], \quad (4)$$

где $U_{кв}$ — скорость в распределительной камере ДПУ.

В полученные выше зависимости для определения расхода ДПУ и напора в нем входит угол ориентации струеформирующих насадков β .

С точки зрения размыва слоя наносных отложений наилучшими являются условия при угле $\beta = \pi/2$. В этом случае струя, падая на преграду нормально, максимум своей энергии использует на разработку (размывание) наносных отложений. Однако в этом случае в меньшей степени удовлетворяются требования по проталкиванию образованной пульпы, а также по созданию полезной реактивной (тяговой) силы, облегчающей продвижение распределительной камеры ДПУ по дренажному трубопроводу.

В качестве критерия, характеризующего размывающие качества гидравлической струи, может быть принято отношение поперечной проекции скорости струи к значению скорости в самой струе. Этот критерий обозначим через $\eta_p = f(\beta)$, тогда выражение примет следующий вид:

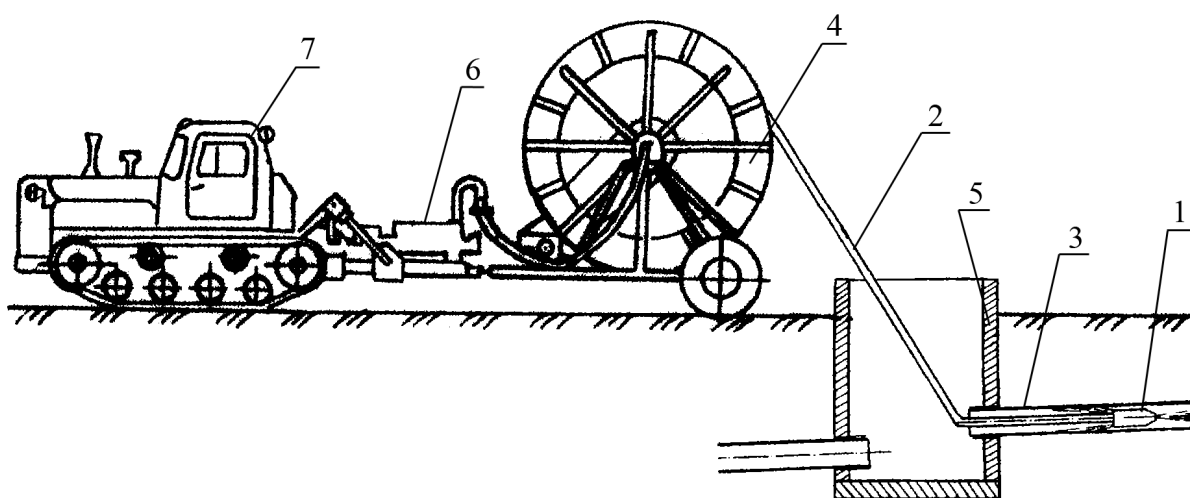


Рис. 1. Схема к определению общих потерь напора в дренапромывочном устройстве:

- 1 — дренапромывочная головка; 2 — водонапорный шланг; 3 — дренажная труба;
4 — барабан для водонапорного шланга; 5 — дренажный колодец;
6 — низконапорный насос; 7 — базовая машина

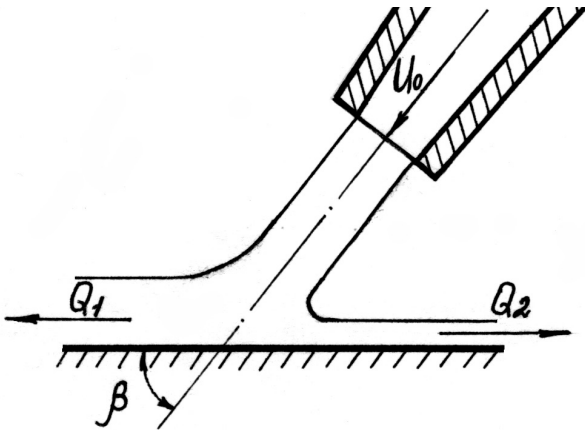


Рис. 2. Взаимодействие струи с преградой

$$\eta_p = \frac{Q_{oy}}{Q_o} = \frac{U_{oy}}{U_o} = \frac{U_o \cdot \sin \beta}{U_o} = \sin \beta. \quad (5)$$

После взаимодействия струи с преградой она делится условно на две противоположно направленные ветви (рис. 2). Если угол ориентации СФН меньше $\pi/2$, тогда расходы в прямой (по уклону) Q_1 и обратной Q_2 ветвях будут неодинаковы. Значение расходов ветвей струи составляют [7]:

для прямой $Q_1 = Q_o \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2}, \quad (6)$

для обратной $Q_2 = Q_o \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}. \quad (7)$

Отношение расхода в прямой ветви к расходу струи характеризует качества, необходимые для проталкивания образованной пульпы и создания полезной реактивной (тяговой) силы. Данное отношение может быть принято в качестве второго критерия $\eta_n = f(\beta)$, который составляет

$$\eta_n = \frac{Q_1}{Q_o} = \frac{1 + \cos \beta}{2}. \quad (8)$$

По очевидной логике, объединяющим две функции критерием $\eta(\beta)$ является их сумма, то есть

$$\eta(\beta) = \eta_p + \eta_n. \quad (9)$$

Связь критериев представлена на графике (рис. 3).

Наибольшее значение функции $\eta(\beta)$ соответствует максимально допустимому значению угла ориентации СФН β_{max} . Значение этого угла соответствует точке экстремума на графике (рис. 3), определяется по условию

$$\eta(\beta)' = 0 \quad (10)$$

и составляет

$$\beta_{max} = \arctg(2) = 63,4^\circ \approx 63^\circ. \quad (11)$$

Минимальное значение угла β_{min} можно установить по геометрическим размерам осесимметричной гидравлической струи, а точнее — по предельному углу ее расшире-

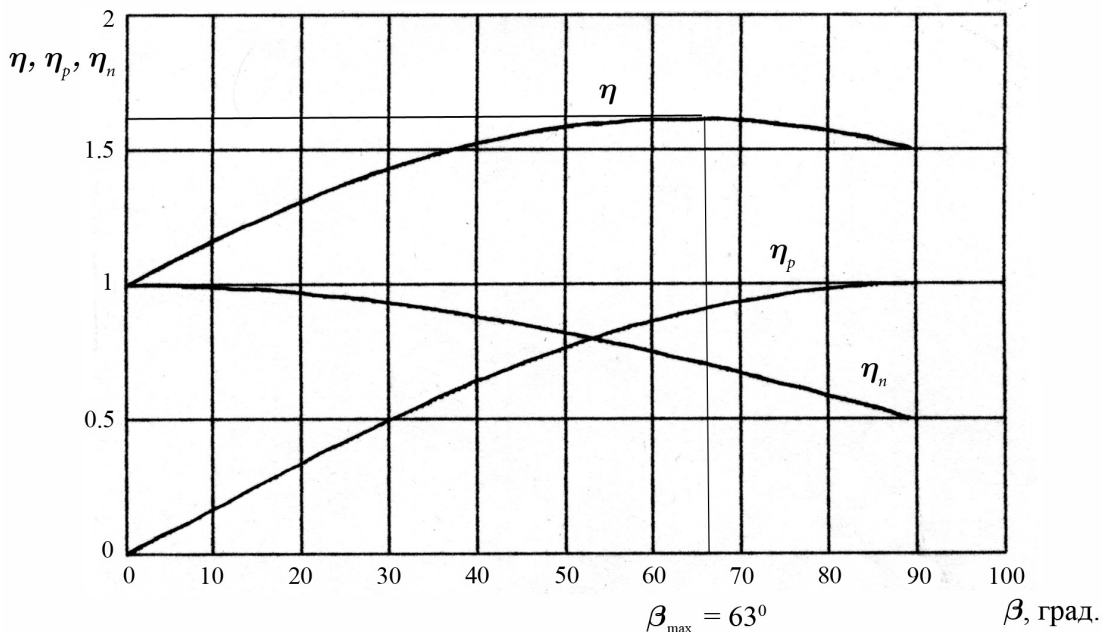


Рис. 3. К обоснованию угла наклона струеформирующего насадка

ния в затопленном состоянии. Из теории турбулентных струй известно, что угол расширения затопленной турбулентной струи составляет $\approx 22 \div 25^\circ$, тогда угол, равный половине угла расширения струи, может быть принят за нижний предел угла наклона СФН, то есть

$$\beta_{\min} \approx 12^\circ. \quad (12)$$

Исходя из сказанного, можно сделать вывод о том, что угол наклона СФН β целесообразно устанавливать в интервале от β_{\min} до β_{\max} , то есть

$$\beta = \beta_{\min} \div \beta_{\max}. \quad (13)$$

Дальнейшее уточнение угла β связано с необходимостью конкретизации требований, предъявляемых к ДПУ применительно к конкретным условиям эксплуатации ДПУ с учетом степени заиления дренажных туб, а также используемых технологий их промывки [8].

Литература

1. Долматов Н.П. Определение потерь напора в водопроводящих элементах дренажнопромывочного устройства / Н.П. Долматов, С.С. Ананьев // Международный науч-

но-исследовательский журнал. — 2017. — №6 (60). — С. 123–127.

2. 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.

3. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. — М.: Наука, 1984. — 750 с.

4. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Кисилева. — 4-е изд. — М.: Энергия, 1977. — 312 с.

5. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учеб. для вузов в 2-х кн.: кн.1. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоиздат, 1991. — 351 с.

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

7. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Под общ. ред. Л.Г. Лойцянского. — М.: Наука, 1969. — 742 с.

8. Долматов Н.П., Михеев А.В., Долматова Л.Г. Технико-экономическая эффективность функционирования дренажнопромывочного устройства в условиях мелиорации земель. — Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — №11.

Поступила в редакцию

18 июля 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



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

Egipto Sergey Vladimirovich — 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. Грекова, 91
91 Grekova st., 346410, Novocherkassk, Russia
Тел.: 8 (8635) 27-96-03, 8 (906) 429-78-00
E-mail: egipto_@mail.ru
