

Тема РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖА

Цель занятия. Расчет параметров технологического оборудования, используемого при гидродинамическом способе очистки дренажа

Методическое обеспечение.

1. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети: монография/ Н.Н. Погодин [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Институт мелиорации.–Минск: Беларуская навука, 2022.–154 с.

2. Пособие Инновационные.....

Содержание задания и методические рекомендации

Анализ параметров устройств промывки дренажа, разработанных различными производителями, показывает, что расход промывочной воды находится в пределах $0,5 \div 2,7$ л/с. При этом внутренний диаметр промывочного рукава составляет $13 \div 25$ мм, а длина промывочного рукава находится в пределах $100 \div 300$ м. Ориентируясь на приведенные данные, для оценки эксплуатационных характеристик устройства промывки дренажа приняты следующие исходные параметры: расход – $0,5 \dots 2,5$ л/с; внутренний диаметр рукава – 15, 20 и 25 мм; длина рукава – 200 и 300 м.

В общем виде схема водопроводящей системы устройства промывки дренажа приведена на рис. 1.

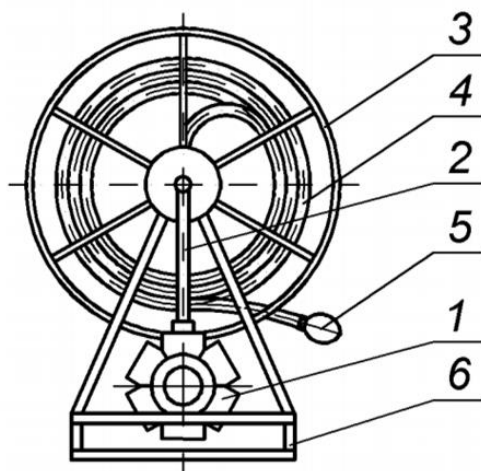


Рисунок 1 – Схема устройства промывки дренажа

1 – насос, 2 – трубопровод, 3 – барабан, 4 – промывочный рукав, 5 – промывочная насадка, 6 – рама.

Водопроводящая система включает в себя насос (1), трубопровод (2), подводящий воду от насоса к барабану (3) с промывочным рукавом (4) на котором закреплена промывочная насадка (5).

Потери напора в водопроводящих элементах будут складываться из потерь на поворот потока ΔP_n на пути от насоса до барабана с промывочным рукавом, потерь на плавный поворот потока в свернутом на барабане промывочном рукаве ΔP_m , потерь по длине промывочного рукава ΔP_{np} . Кроме того потери напора будут происходить в промывочной насадке. Схема промывочной насадки представлена на рисунке 2.

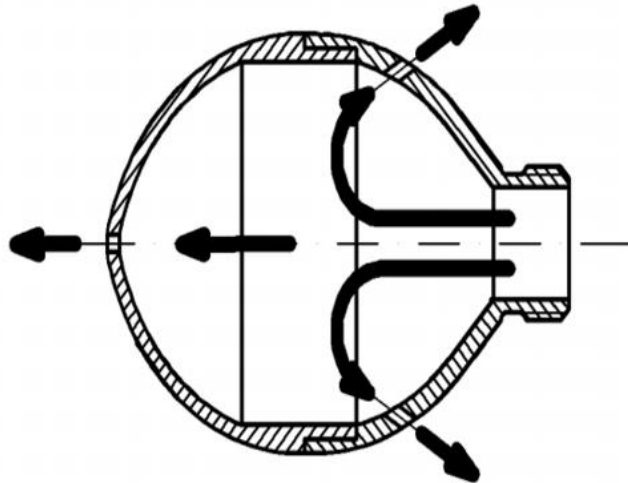


Рисунок 2 – Схема промывочной насадки

Потери напора в промывочной насадке будут складываться из потерь на расширение потока в самой насадке ΔP_p , и повороте потока под острым углом ΔP_n . Суммарные потери можно представить в следующем виде:

$$\Delta P = \Delta P_n + \Delta P_{nn} + \Delta P_{np} + \Delta P_p + \Delta P_n, \quad (1)$$

При подводе воды от насоса к оси барабана и от нее к промывочному рукаву поток дважды совершает поворот под прямым углом. Потери напора на поворот потока определяются по формуле [2]:

$$\Delta P_{\Pi} = \zeta_{\Pi} \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

где: V – скорость потока воды, м/с;

ζ_{Π} – коэффициент сопротивления для поворота трубы на 90° , (составляет 1,1);

g – ускорение свободного падения, м/с².

Скорость потока воды определяется по известному расходу Q и площади поперечного сечения трубопровода S_T .

$$V = \frac{Q}{S_T}, \quad (3)$$

где: Q – расход, м³/с;

S_T – площадь поперечного сечения, м².

Потери на плавный поворот на 180° в свернутом на барабане промывочном рукаве составят:

$$\Delta P_{III(180^\circ)} = \zeta_{III} \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

где: ζ_{III} – коэффициент сопротивления для плавного поворота трубопровода определяется по формуле

$$\zeta_{III} = \alpha [0,2 + 0,001(100\lambda)^8] \sqrt{d/R}, \quad (5)$$

где: α – параметр, зависящий от угла поворота, при угле поворота 180° , ($\alpha = 1,33$);

λ – коэффициент гидравлического трения;

d – диаметр промывочного рукава, м;

R – радиус изгиба свернутого на барабане промывочного рукава, м.

Коэффициент гидравлического трения зависит от числа Рейнольдса и для круглых трубопроводов определяется по формуле:

$$R_e = \frac{Vd}{\nu} \quad (6)$$

где: – V скорость потока жидкости, м/с;

d – диаметр трубопровода, м;

ν – кинематический коэффициент вязкости м²/с.

При расходах 0,5 ÷ 2,5 л/с и диаметре трубопровода 15 – 25 мм число Рейнольдса будет изменяться в пределах 40000 ÷ 210100. Для таких чисел Рейнольдса коэффициент гидравлического трения определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{1}{(1,821g R_{ed} - 1,64)^2}. \quad (7)$$

Радиус плавного поворота промывочного рукава можно принять как на голландской машине «Синиор» или на установке промывки дренажа УПД-120, который составляет – 0,6-0,75 м.

Максимальные потери напора будут возникать на начальном этапе промывки, когда промывочный рукав практически полностью свернут на барабане и для расчета обычно принимается этот наиболее неблагоприятный вариант.

Количество витков на барабане определяется по зависимости.

$$n = \frac{L}{2\pi R} \quad (8)$$

где: L – длина промывочного рукава, м.

Суммарные потери давления на плавный поворот промывочного рукава на барабане устройства составят:

$$\Delta P_{\text{III}} = \zeta_{\text{III}} \frac{V^2}{2g} 2n \quad (9)$$

Потери напора по длине промывочного рукава определяются по формуле А.Дарси-Ф.Вейсбаха:

$$\Delta P_{\text{np}} = \lambda \frac{LV^2}{d2g}. \quad (10)$$

Потери на расширение потока в самой насадке составят:

$$\Delta P_p = \zeta_p \frac{V^2}{2g}, \quad (11)$$

где: ζ_p – коэффициент сопротивления расширению определяется по формуле

$$\zeta_p = K_p \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2, \quad (12)$$

где: K_p – коэффициент смягчения при постепенном расширении, $K_p = 1,07$;

ω_1 и ω_2 – площади сечений потока до и после расширения.

Ориентировочно потери на поворот потока внутри промывочной насадки можно считать по формуле:

$$\Delta P_n = \zeta_n \frac{V^2}{2g}, \quad (13)$$

где: $\zeta_n = 3,0$.

Суммарные потери напора в водопроводящих элементах дренопромывочного, устройства, вычисленные по вышеприведенным формулам приведены в таблице 1.

**Т а б л и ц а 1 – Суммарные потери напора в водопроводящих элементах дренапро-
мывочного устройства, м**

Диаметр про- мывочного рукава, мм	Длина промывочного рукава, м									
	200					300				
	Расход, л/с									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Потери напора, м										
15	164	502	1013	1681	2498	246	752	1515	2512	3733
20	52	179	270	441	651	78	207	403	659	972
25	24	54	100	160	234	36	81	150	239	349

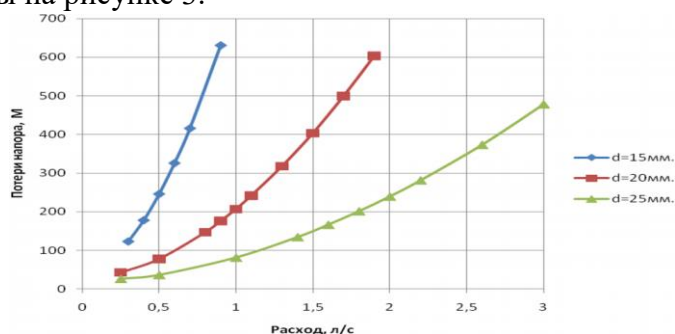
Установка промывки дренажа УПД-120, применяемая в Республике Беларусь для очистки закрытых дренажных систем от заилиения оборудована мембранным водяным насосом М135S, с давлением 5,0МПа.

С учетом потерь напора в водоподводящих элементах дренапромывочного устройства остаточное давление воды в промывочной насадке при давлении насоса 5,0 МПа приведено в таблице 2 и на рисунке 3.

**Т а б л и ц а 2 – Напор воды в промывочной насадке при заданных параметрах дли-
ны, внутреннего диаметра промывочного рукава и расхода воды при давлении насоса
5,0 Мпа**

Диаметр про- мывочного рукава, мм	Длина промывочного рукава, м									
	200					300				
	Расход, л/с									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Напор в насадке, МПа										
15	3,36	-	-	-	-	2,54	-	-	-	-
20	4,48	3,61	2,30	0,59	-	4,22	2,93	0,96	-	-
25	4,76	4,46	4,00	3,40	2,66	4,64	4,0	3,50	2,61	1,51

Суммарные потери напора в устройстве промывки дренажа с использованием промы-
вочных рукавов с внутренним диаметром 15...25 мм и их длине 300 м, в зависимости от рас-
хода воды, представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Суммарные потери напора в устройстве промывки дренажа в зависи-
мости от внутреннего диаметра промывочного рукава длиной 300 м и расхода воды**

С учетом потерь напора в устройстве промывки дренажа, на рис. 4 приведен напор воды
в промывочной насадке в зависимости от внутреннего диаметра промывочного рукава дли-
ной 300 м и рабочего давления водяного насоса 5,0 МПа.

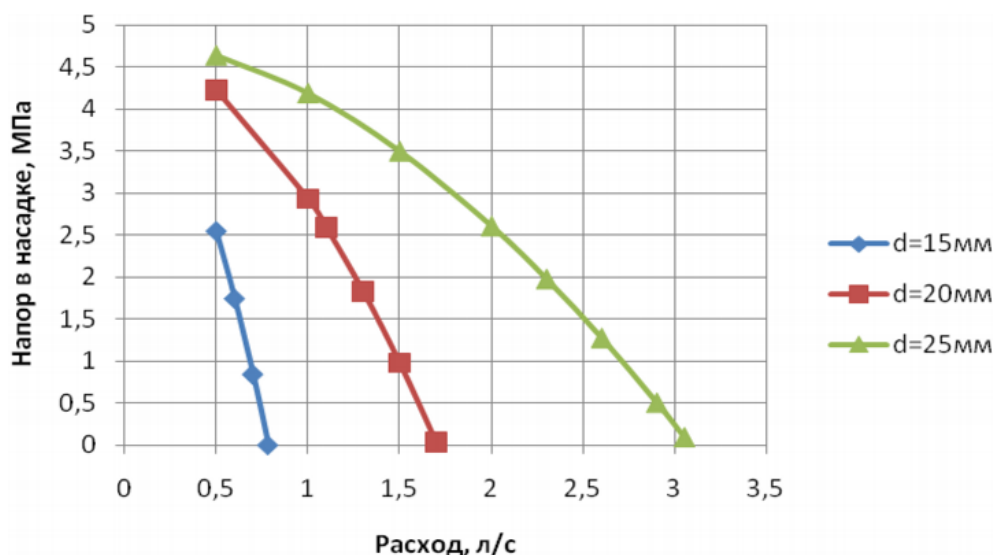


Рисунок 4 – Напор воды в промывочной насадке устройства промывки дренажа в зависимости от внутреннего диаметра промывочного рукава длиной 300 м при давлении водяного насоса 5,0 МПа.

Европейская комиссия по дренажу рекомендует рабочее давление в промывочной насадке 0,9 ...1,1, но не более 1,3 МПа. Исходя из данного положения при давлении 0,9 ...1,1 МПа, расход при комплектовании установки промывочным рукавом с внутренним диаметром 15 мм составит всего 0,6... 0,7 л/с, что не в полной мере обеспечит необходимый объем воды для транспортировки размытых отложений.

Промывочный рукав диаметром 25 мм также не рационален по причине высокого остаточного давления в промывочной насадке, которое составляет от 1,5 до 4,2 МПа. В данном случае, при диаметре рукава 25 мм целесообразно использовать водяной насос с более низким давлением. Однако увеличение диаметра промывочного рукава приведет к повышению его массы, стоимости и необходимых усилий по его продвижению по дренажному трубопроводу.

Исходя из вышеизложенного, предпочтительно оборудовать установку промывки дренажа УПД-120 промывочным рукавом с внутренним диаметром 20 мм, при его длине 300 м. Длина промывочного рукава 300 м предпочтительна с той точки зрения, что в большинстве случаев длина промываемых коллекторов на объектах реконструкции составляет более 200 м, в связи с чем установка УПД-120 при очистке дренажного трубопровода может постоянно располагаться у его устья, без дополнительного перемещения по трассе, что существенно сократит время промывки и снизит себестоимость работ.