

### Лекция №13

## Тема **ОЧИСТКА ЗАКРЫТОЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ ОТ ЗАИЛЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

- 1 Скоростной режим транспортировки гидросмеси размытых отложений в дренажных трубопроводах
- 2 Промывка дренажных трубопроводов с применением установки промывки дренажа УПД-120
- 3 Двухэтапная технология очистки дренажных трубопроводов от заиления гидродинамическим способом
- 4 Режимы очистки дренажных трубопроводов от заиления гидродинамическим способом с применением нового конструктивного решения промывочных насадок

### *Первый вопрос*

При размыве отложений грунта, находящихся в полости дренажного трубопровода, струями воды, исходящими из насадки дренажно-промывочного устройства, образуется так называемая пульпа – смесь воды и частиц грунта.

Перемещение пульпы по дренажному трубопроводу под действием водяного потока можно представить как безнапорное и напорное гидротранспортирование двух разных потоков. Двухфазные потоки характеризуются тем, что в воде находятся во взвешенном состоянии твердые частички грунта.

При определенных малых скоростях размытые частички отложений оседают на дно и образуют слой осадка. При увеличении скорости осадок приходит в движение, образуя форму непрерывных гряд, которые движутся в направлении потока. Переход движения частиц во взвешенное состояние сопровождается исчезновением гряд. Скорость движения смеси воды и частиц грунта (пульпы) соответствующая этому состоянию, называется критической. При критической скорости весь грунт, содержащийся в потоке, полностью перемещается, не осаждаясь на дно трубопровода. Таким образом, транспортирование частиц грунта в дренажных трубопроводах при гидродинамическом способе очистки должен происходить при критических скоростях движения пульпы.

При проектировании сетей в коммунальном хозяйстве критические скорости называются также самоочищающими или незаиляющими и являются минимально допустимыми.

Профессор А.Ф. Федоров для определения минимальной незаиляющей скорости предложил следующую формулу

$$V_{\text{к}} = A^n \sqrt{R}, \quad (27)$$

где  $A = 1,57$ ;

$n = 3,5 + 0,5 R$ ;

$R$  – гидравлический радиус, м.

В таблице 12 приведены значения минимальной незаиляющей скорости, определенной по формуле А.Ф. Федорова в полностью заполненных водой дренажных трубопроводах при расположении в них промывочного рукава диаметром 28 мм и расчетных значениях гидравлического радиуса.

Определить минимальную незаиляющую скорость можно также по формуле С.В. Яковлева.

$$V_{\text{min}} = 12,5 \omega_0 R^{0,2}, \quad (28)$$

где  $\omega_0$  – гидравлическая крупность частиц песка, м/с;

$R$  – гидравлический радиус, м.

В данной формуле приведен такой показатель, как гидравлическая крупность частиц песка, которая в свою очередь зависит от их диаметра.

Минимальная незаиляющая скорость согласно формуле (28) для трубопроводов диаметром 75...125 мм, при условии расположения в них напорного промывочного рукава диаметром 28 мм, приведена в таблице 13.

**Т а б л и ц а 12 – Значения минимальной незаиляющей скорости в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм при их наполнении  $h/d = 1$  и расположении напорного рукава диаметром 28 мм**

| Диаметр трубопровода, мм              |       |       |
|---------------------------------------|-------|-------|
| 75                                    | 100   | 125   |
| Гидравлический радиус, м              |       |       |
| 0,012                                 | 0,018 | 0,024 |
| Минимальная незаиляющая скорость, м/с |       |       |
| 0,44                                  | 0,50  | 0,54  |

**Т а б л и ц а 13 – Расчетные значения минимальной незаиляющей скорости в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм при их наполнении  $h/d = 1$  и расположении напорного рукава диаметром 28 мм**

| Диаметр частиц, мм | Гидравлическая крупность, м/с | Диаметр трубопровода, мм  |       |       |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-------|-------|
|                    |                               | 75                        | 100   | 125   |
|                    |                               | Гидравлический радиус, м  |       |       |
|                    |                               | 0,012                     | 0,018 | 0,024 |
|                    |                               | Минимальная скорость, м/с |       |       |
| 0,25               | 0,027                         | 0,14                      | 0,15  | 0,16  |
| 0,65               | 0,073                         | 0,37                      | 0,41  | 0,43  |
| 1,75               | 0,139                         | 0,71                      | 0,78  | 0,82  |

Выше приведенные формулы предназначены для расчета наружных канализационных сетей. Диаметр данных сетей обычно составляет от 150 мм и более. Определение минимальной незаиляющей скорости по формуле (5.27) при диаметре трубопровода 150 мм составит:

$$V_n = 1,57^{3,52} \sqrt[3]{0,0375} = 0,62 \text{ м/с.}$$

Минимальная незаиляющая скорость определенная по формуле (5.28) при диаметре трубопровода 150 мм для фракций песка среднего составит

$$V_{\min} = 12,5 \times 0,073 \times 0,0375^{0,2} = 0,47 \text{ м/с.}$$

Во избежание заиливания канализационных сетей минимальная расчетная скорость бытовых и дождевых сточных вод при наполнении труб  $h/d = 0,6$  и их диаметре 150-250 мм принимается 0,7 м/с [2].

Анализируя вышеизложенные расчеты, можно сделать вывод, что и для очистки размываемых отложений в дренажных трубопроводах, в зависимости от их диаметров, минимальная критическая скорость движения пульпы должна составлять не менее 0,45 – 0,55 м/с.

Интенсивность размыва и скорость перемещения наносов в дренажных трубопроводах определяется, с одной стороны, величиной скорости потока, которая зависит от укло-

нов дренажных линий, внутренней шероховатости труб и степени их наполнения, с другой – крупностью частиц отложившихся наносов.

Для определения критических средних скоростей потока в гончарных трубах К.Ф. Алеканд предложил эмпирическую зависимость размыва песчаных фракций диаметром 0,1...0,25 мм [2].

$$V_{кр} = \frac{0,208d^{0,05}}{0,68\left(\frac{h}{D}\right) - \frac{h}{D} + 1} \quad (29)$$

где  $D$  – внутренний диаметр труб, м;

$h$  – высота наполнения, м;

$d$  – диаметр частиц песка, м.

В данной формуле скорость ( $V_{кр}$ ) соответствует началу перемещения песчаных гряд и, при наполнении трубопровода  $h/d = 1$ , диаметре фракции песчаных частиц 0,1 мм, составляет:

$$V_{кр} = \frac{0,208 \times 0,0001^{0,05}}{0,68 - 1 + 1} = 0,19 \text{ м/с}$$

При диаметре фракции песчаных частиц 0,25 мм:

$$V_{кр} = \frac{0,208 \times 0,00025^{0,05}}{0,68 - 1 + 1} = 0,20 \text{ м/с.}$$

По наблюдению ряда авторов [2], при скорости потока 0,2 м/с, наблюдается движение мелкозернистых частиц преобладающих в отложениях дренажных трубопроводов. При движении данных отложений по трубопроводу образуются крупные песчаные гряды, что приводит к увеличению гидравлических сопротивлений и уменьшению транспортирующих способности потока. Исследованиями Б.И. Блажиса установлено, что удаление песчаных отложений из дренажных трубопроводов диаметром 100 мм при скорости потока 0,2 м/с и расчётных или близких к ним весенних расходов осуществляется на протяжении 22 - 27 суток. Следовательно, формула К.Ф. Алеканда не может быть использована для расчёта критических скоростей при гидродинамическом способе очистки.

В формулах профессора К.Ф. Фёдорова и С.В. Яковлева отсутствует такой важный показатель как объемная концентрация (консистенция) пульпы, которая определяет содержание размываемых частиц в объеме транспортируемой воды. В связи с данным положением, для расчёта критических скоростей в дренажных трубопроводах наиболее соответствуют формулы, используемые при гидротранспорте грунтовых смесей.

Для расчёта критической скорости, при напорном гидротранспорте различных материалов применяются формулы В. Дюрана, А.М. Царевского, Н.А. Силина и др. Однако данные формулы каждый автор выводил применительно к тем или иным конкретным условиям (диаметр трубопровода, вид грунта или иных материалов, размер фракции и пр.), в связи, с чем и результаты расчёта скоростей существенно отличаются между собой. Так Б.Е. Романенко, приводивший сравнительные расчёты определения критической скорости, установил, что её значения, полученные по формулам различных авторов, отличаются до 5 раз. [2].

Для установления формулы, которую возможно использовать при расчёте критической скорости в дренажных трубопроводах, произвели сравнительный расчёт критической скорости по формуле Р. Дюрана, которая приведена в инструкции по гидравлическому расчету напорного гидротранспорта грунтов и применяется для расчета гидравлического транспорта грунтов средневзвешенной крупностью  $d_0 = 0,25...70$  мм, при  $d_0 / D \leq 0,15$ ; формуле А.М. Царевского, используемой для расчета гидротранспорта грунта по пульпопроводам малых и средних диаметров, а также по формуле, приведенной в пособии по

проектированию гидравлического транспорта и предназначенной для гидротранспорта грунтов и нерудных материалов крупностью 0,03...0,3 мм, а также золы и шлака тепловых электростанций крупностью 0,025...10 мм.

Обширные экспериментальные исследования по гидротранспорту однородных материалов были приведены Р. Дюраном в Гренобле. В качестве транспортируемой части использовался в основном однородный песок крупностью 0,2, 0,44 и 2,0 мм при диаметре трубопроводов 104, 150, 253 и более мм. Критическая скорость для транспортировки данных фракций песка была представлена в следующем виде :

$$V_{кр} = 8,3\sqrt[3]{D^6 C_0 \Psi}, \quad (30)$$

где:  $D$  – диаметр трубопровода, м

$C_0$  – объемная концентрация гидросмеси;

$\Psi$  – коэффициент транспортабельности.

Объемная концентрация гидросмеси определяется по формуле :

$$C_0 = \frac{\gamma_{см} - \gamma_в}{\gamma_T - \gamma_в}, \quad (31)$$

где  $\gamma_{см}$  – плотность гидросмеси (пульпы), т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_в$  – удельный вес воды, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта, т/м<sup>3</sup>.

Плотность гидросмеси (пульпы) определяется по формуле:

$$\gamma_{см} = \frac{n\gamma_в + \gamma_T(1-m)}{n + (1-m)}, \quad (32)$$

где  $n$  – удельный расход воды на транспортирование 1 м<sup>3</sup> твёрдого материала в массиве, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$m$  – пористость грунта.

В свою очередь пористость грунта определяется по следующей формуле:

$$m = \frac{\gamma_T - \gamma_с}{\gamma_T}, \quad (33)$$

где  $\gamma_с$  – плотность грунта в естественном сложении (объемный вес скелета грунта), т/м<sup>3</sup>.

В дальнейших сравнительных расчетах критическая скорость определялась для транспортировки гидросмеси песчаных отложений. Плотность песчаных отложений принята 1,32 т/м<sup>3</sup> (в ранее выполненных исследованиях плотность песчаных отложений в дренажных трубопроводах составляла 1,19...1,35 т/м<sup>3</sup>).

При вычислении плотности гидросмеси, удельный расход воды на транспортировку 1 м<sup>3</sup> твердого материала принят 7 м<sup>3</sup>. Расчётные значения основных показателей гидротранспорта песчаных отложений определённые по формулам (31...33) и приведены в таблице 14.

**Т а б л и ц а 14– Расчётные значения основных показателей гидротранспорта песчаных отложений**

| Вид отложений | Удельная масса, т/м <sup>3</sup> | Плотность, т/м <sup>3</sup> | Пористость | Плотность гидросмеси, т/м <sup>3</sup> | Объемная концентрация |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------------------|-----------------------|
| Песчаные      | 2,66                             | 1,32                        | 0,50       | 1,11                                   | 0,066                 |

Коэффициент транспортабельности  $\Psi$ , приведенный в формуле (30) зависит от гидравлической крупности частиц грунта (таблица 15).

**Т а б л и ц а 5.15 – Коэффициент транспортабельности  $\Psi$  в зависимости от фракций частиц грунта**

| Фракция грунта, | 0,05-0,10 | 0,10-0,25 | 0,25-0,50 | 0,50-1,0 | 1,0-2,0 | 2,0-3,0 | 3,0-5,0 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| $\Psi$          | 0,02      | 0,20      | 0,40      | 0,80     | 1,2     | 1,5     | 1,8     |

Критические скорости транспортировки пульпы при фракциях песчаных частиц 0,05...0,10 и 0,1...0,25 мм определенные по формуле (30), приведены в таблице 16.

**Т а б л и ц а 16 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм**

| Вид<br>отложений | Диаметр трубопровода, мм  |           |           |           |           |           |
|------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                  | 75                        |           | 100       |           | 125       |           |
|                  | Фракции грунта, мм        |           |           |           |           |           |
|                  | 0,05-0,10                 | 0,10-0,25 | 0,05-0,10 | 0,10-0,25 | 0,05-0,10 | 0,10-0,25 |
|                  | Критическая скорость, м/с |           |           |           |           |           |
| Песчаные         | 1,15                      | 1,71      | 1,26      | 1,87      | 1,37      | 2,03      |

Для расчёта критической скорости гидротранспорта грунта по пульпопроводам малых и средних диаметров используют формулу А.М. Царевского.

$$V_{кр} = 32\sqrt{D^3(\gamma_n - 1)\omega_0\alpha}, \quad (34)$$

где  $D$  – диаметр трубопровода, м;

$\omega_0$  – осредненная гидравлическая крупность частиц, м/с;

$\gamma_n$  – плотность пульпы, т/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  – осредненная крупность фракций от 0 до 80 % состава грунта, мм.

В свою очередь значение ( $\alpha$ ) определяется по формуле:

$$\alpha = \left[ \frac{d_{0-80}}{(0,5d_{cp} + 0,8)d_{cp}} \right]^{0,2}$$

Для расчёта примем исходные данные: фракция частиц песка 0,1...0,25 мм при среднем значении  $d_{cp} = 0,18$  мм; гидравлическая крупность частиц  $\omega_0 = 0,017$  м/с, плотность гидросмеси – 1,11 т/м<sup>3</sup>; диаметр трубопровода 75 мм.

$$\alpha = \left[ \frac{0,14}{(0,5 \times 0,18 + 0,8)0,18} \right]^{0,2} = 0,97$$

Определим критическую скорость по формуле (34):

$$V_{кр} = 32\sqrt{0,075^3(1,11-1) \times 0,017 \times 0,97} = 1,07 \text{ м/с}$$

Как следует из вышеизложенного, критическая скорость, вычисленная по формуле Р. Дюрана, в 1,6 раза превышает скорость, определенную по формуле А.М. Царевского.

В пособии по проектированию гидравлического транспорта формула расчёта критической скорости приведена в следующем виде:[2]

$$V_{кр} = 4,9S^{0,36} \left( \frac{\sqrt{gD}}{\sqrt[4]{C_\phi}} \right), \quad (35)$$

где  $S$  – объемная концентрация гидросмеси;

$g$  – ускорение свободного падения м/с;

$D$  – диаметр трубопровода, м;

$C_\phi$  – коэффициент лобового сопротивления (коэффициент сопротивления частиц разнородного грунта при свободном падении в воде).

Гидравлические расчёты в данном пособии проводятся в следующем порядке. По заданному гранулометрическому составу материала определяется значение коэффициента транспортабельности  $\Psi_i$ , для каждой фракции грунта (таблица 17).

**Т а б л и ц а 17 – Коэффициент транспортабельности  $\Psi_i$  в зависимости от фракции частиц грунта**

| Размер фракций, | $\Psi_i$ | Размер фракций, | $\Psi_i$ | Размер фракций, | $\Psi_i$ |
|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| 40 - 80         | 1,7      | 5 - 7           | 1,9      | 0,5 - 1         | 0,75     |
| 20 - 40         | 1,8      | 3 - 5           | 1,75     | 0,25 - 0,5      | 0,40     |
| 10 - 20         | 2        | 2 - 3           | 1,5      | 0,1 - 0,25      | 0,10     |
| 7 - 10          | 1,95     | 1 - 2           | 1,2      | 0,1             | 0,02     |

По найденному значению  $\Psi_i$  определяется величина  $C_\phi$ , так для  $\Psi_i$  равным 0,1 значение  $C_\phi$  составляет 21,7; при  $\Psi_i = 0,4$  значение –  $C_\phi = 3,41$ .

Для расчета критической скорости определяемой по формуле (35) применим исходные данные, используемые в таблицах 14 и 17, а именно: объемная концентрация гидросмеси  $S = 0,066$ ; диаметр трубопровода  $D = 0,075$  м; размер фракций 0,1–0,25 ( $\Psi_i = 0,1$ ;  $C_\phi = 21,7$ ); размер фракций 0,25–0,5 ( $\Psi_i = 0,4$ ;  $C_\phi = 3,41$ ). Критическая скорость транспортировки пульпы по дренажному трубопроводу диаметром 75 мм, вычисленная по формуле (35) при размере фракций 0,1-0,25 составляет 0,73 м/с; а при фракциях 0,25-0,5 мм – 1,87 м/с.

В Пособии к СНиП не приводятся данные значения  $C_\phi$  при коэффициенте  $\Psi_i$  равному 0,02. Учитывая выше приведенное соотношение коэффициента  $\Psi_i$  по фракциям 0,1–0,25 и 0,1 мм (таблица 5.17) которое составляет 5, можно предположить, что и коэффициент  $C_\phi$  при  $\Psi_i$  равном 0,02 будет составлять 108,5.

Данное предположение подтверждается расчетами по формуле профессора Р. Дюрана при значениях коэффициента транспортабельности, приведенного в таблице 15. Критическая скорость, вычисленная по данной формуле с уменьшением фракций грунта с 0,1–0,25 до 0,05–0,1 мм уменьшилась в 1,49 раз (таблица 16). Расчет по формуле (35) показывает, что критическая скорость, определенная при коэффициенте  $C_\phi$  равном 108,5 по сравнению со скоростью, определенной с коэффициентом 21,7 уменьшилась в 1,49 раза, что совпадает со сравнительными данными, вычисленными по формуле (30), т.е. предположение об увеличении коэффициента  $C_\phi$  в пять раз довольно верно.

Определим критическую скорость при значении фракций 0,05–0,1 мм и коэффициенте  $C_\phi = 108,5$ :

$$V_{кр} = 4,9 \times 0,066^{0,36} \left( \frac{\sqrt{9,81 \times 0,075}}{\sqrt[4]{108,5}} \right) = 0,50 \text{ м/с.}$$

Анализируя расчет критической скорости по выше приведенным формулам, можно сделать вывод, что скорость, приведенная в Пособии к СНиП, наиболее подходит для расчета дренажных трубопроводов, так как предназначена для гидравлического транспорта

фракций материалов, в том числе при их размере 0,025... 0,25 мм, которые наиболее часто встречаются в отложениях дренажных трубопроводов.

Рассчитаем критическую скорость транспортировки размытых песчаных отложений в дренажных трубопроводах диаметром 75...125 мм, при размере частиц грунта 0,05–0,1; 0,1–0,25 и 0,25–0,5 мм и удельном расходе воды 6–18 м<sup>3</sup> по формуле (35).

Плотность песчаных отложений примем 1,27 т/м<sup>3</sup>, как среднее значение плотности песчаных отложений 1,19...1,35 т/м<sup>3</sup>, ранее установленное при очистке дренажных трубопроводов.

Расчетные значения основных показателей гидротранспорта песчаных отложений, определенные по формулам 31...34 удельном расходе воды 6...18 м<sup>3</sup> приведены в таблице 18 приложения 2.

Зависимости плотности и концентрации гидросмеси песчаных отложений от удельного расхода воды, а также зависимость плотности гидросмеси от ее объемной концентрации приведена на рисунках 7–9.

Движение гидросмеси отложений (пульпы) при промывке дренажных труб происходит в стесненном сечении дренажной трубы. Стеснение обусловлено наличием в трубопроводе напорного водоподающего рукава ( $d_p$ ) диаметром 28 мм.

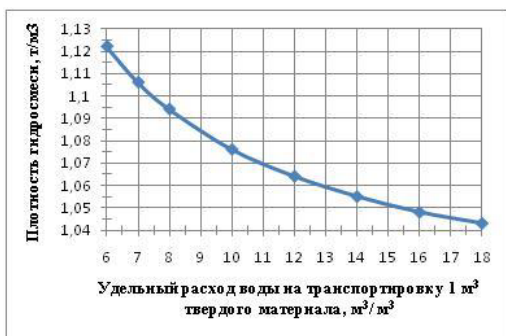


Рисунок 7 – Зависимость плотности гидросмеси песчаных отложений от удельного расхода воды

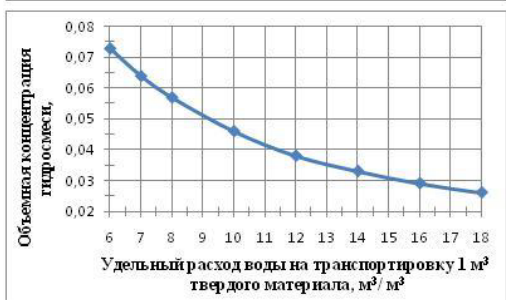


Рисунок 8 – Зависимость объемной концентрации гидросмеси песчаных отложений от удельного расхода воды

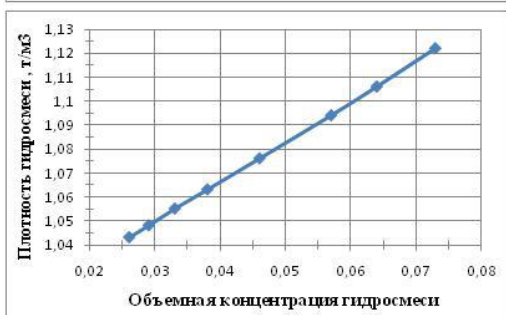


Рисунок 9 – Зависимость плотности транспортируемой по трубопроводу гидросмеси песчаных отложений от объемной концентрации

С учетом расположения водоподающего рукава расчетный эквивалентный диаметр ( $D_э$ ) трубопровода можно определить по следующей зависимости:

$$D_э = (D^2 - d_p^2) / 2, \quad (36)$$

где:  $D$  – диаметр трубопровода, м;  $d_p$  – диаметр водоподающего рукава, м.

При диаметре трубопроводов 75, 100 и 125 мм их эквивалентный диаметр соответственно составит 70, 96 и 122 мм. Поэтому ниже приведенные расчеты по определению критической скорости гидротранспорта размытых отложений выполнены с учетом эквивалентных диаметров трубопроводов.

Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводах диаметром 75...125 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку, вычисленная по формуле (35) приведена в таблицах 19...21 приложения 2 и на рисунках 10...12.

Лабораторными исследованиями, выполненными в БелНИИМ и ВХ по гидротранспорту песчаных отложений с размером фракций более 0,20 мм в дренах диаметром 50 мм было установлено, что при плотности гидросмеси 1,05 критическая скорость составляет порядка 0,8 м/с.

Выполним расчет критической скорости гидросмеси песчаных отложений при ее плотности 1,05. Согласно рис. 8, при плотности 1,05, объемная концентрация составляет 0,03. Расчет выполняем по формуле (35) при размере фракций песчаных частиц 0,25...0,5 мм:

$$V_{кр} = 4,9 \times 0,03^{0,36} \left( \frac{\sqrt{9,81 \times 0,05}}{\sqrt[4]{3,41}} \right) = 0,73 \text{ м/с}$$

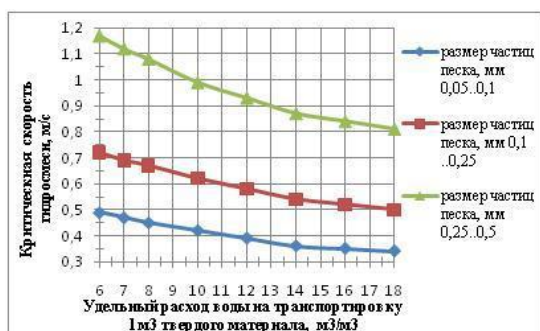


**Рисунок 10 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 75 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку**

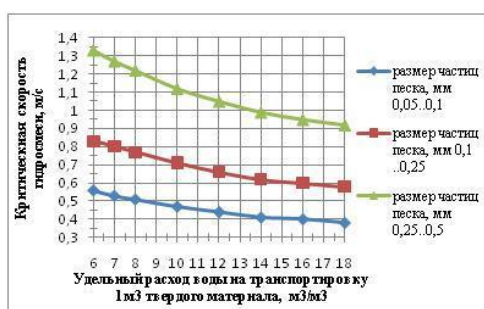


**Рисунок 11 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 100 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку**

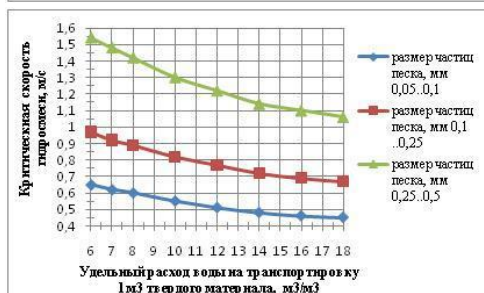


**Рисунок 12 – Критическая скорость транспортировки гидросмеси песчаных отложений в трубопроводе диаметром 125 мм в зависимости от размера частиц песка и удельного расхода воды на их транспортировку**

Значения критической скорости, полученные в лабораторных условиях и рассчитанные по формуле (5.35) отличаются весьма незначительно. Следовательно, выбранная формула для расчета критической скорости транспортировки пульпы вполне подходит для расчета дренажных трубопроводов при гидродинамическом способе их очистки и в дальнейшем была подвержена при проведении лабораторных и полевых исследований.

### ***Второй вопрос***

Промывка коллекторно-дренажной сети в настоящее время проводится в соответствии с «Типовой технологической картой на промывку гончарного дренажа машиной УПД-120». Данная технологическая карта практически повторяет ранее совместно разработанную технологическую карту РУП «Институт мелиорации» и РУП «Белгипроводхоз».

Комплекс машин при промывке дренажа по действующей технологии обслуживает бригада в составе пяти человек:

- машинист трактора, агрегатируемого с дренопромывочной машиной;*
- машинист трактора с двумя прицепными емкостями 1,8 – 1,2 м<sup>3</sup> для подвозки воды;*
- машинист экскаватора одноковшового на пневматическом ходу с емкостью ковша 0,25 м<sup>3</sup> ;*
- двух рабочих строителей.*

В комплект оборудования дренопромывочной машины должны входить поисковое устройство ПУ-2 или типа «TRASKA», а также направляющее устройство через которое, посредством подающего устройства, промывочный рукав продвигается по полости трубопровода.

При наличии воды в канале ее забор осуществляется непосредственно из канала. В этом случае целесообразно применение заборного устройства ЗУ-2, которое также должно находиться в комплекте установки УПД-120.

До начала работ по промывке дренажа необходимо провести подготовительные работы. Для этого подрядчиком, (предприятием мелиоративных систем), проводится очистка каналов от заиления, устраняется подпор воды в проводящей сети, выполняется предварительная подготовка устьев дренажных коллекторов к промывке, заключающаяся в очистке устьев от наносов, оценивается техническое состояние элементов устья, при необходимости устье разбирается до трубы коллектора.

По исполнительной, а при ее отсутствии, по проектной документации и результатам поиска устьев составляется схема осушительной сети, на которой отражается плановое положение каналов, закрытых коллекторов, их номера, пикеты или расстояния от фиксированной реперной точки до первого устья, расстояния до последующих устьев, длины коллекторов, углы поворотов.

Для удобства пользования членами механизированного звена по промывке дренажа схема должна составляться для одного или нескольких коллекторных систем с указанием их местоположения на прилагаемой обзорной схеме объекта. На схеме должно также указываться местоположение источников воды для промывки, порядок (очередность) работ на объекте, обеспечивающих минимум холостых переездов техники.

При отсутствии исполнительных или проектных картографических материалов составляют предполагаемую схему закрытой дренажной сети, на которую, прежде всего, наносят открытые каналы (водоприемники, нагорно-ловчие и т.п.), дороги и другие сооружения. Затем на схему наносят обнаруженные дренажные устья, смотровые и поглощательные колодцы и по ним определяют направление закрытых коллекторов. В случае, если дренажные устья не сохранились или занесены наносами, заросли травой, то их место-

нахождение можно установить по внешним признакам: выклиниванию воды из откоса, наличию ключей, отложений железистых соединений, песка в виде бурых, светлых поперечных полос на дне канала, наличию на поверхности откоса промоин, понижений и т.д.

После нахождения коллектора, при необходимости, устанавливают последовательно местонахождение дрен, подлежащих очистке. Для этого устанавливают места соединения дрен с коллектором по расстоянию первой дрены от канала и последующих дрен по междренним расстояниям. По углу между закрытыми коллекторами и дренами, измеренными на плане, трассируют направление дрен. Отрывкой поисковой траншеи в верховье дрен и зондировкой ее дна щупом окончательно устанавливают расположение дрены.

Трассы коллекторов и дренажных линий можно определить по материалам аэрофотосъемки. Полосы поверхности почвы, прилегающие к закрытому коллектору и дренажным линиям, на снимке отличаются более светлым оттенком, а отыскиваемая дренажная линия более темная.

Расположение трасс определяется также по следующим признакам:

- над коллекторами и дренами почва более просохшая;*
- наблюдается выраженный микрорельеф с линейными впадинами и возможными промоинами;*
- дренажная засыпка в сравнении с естественным грунтом обладает меньшей плотностью, что можно обнаружить в некоторых случаях щупом;*
- растительность на трассе дрены отличается более темным зеленым оттенком, пышным ростом и сравнительно большей массой.*

После выполнения подготовительных работ (очистка, ремонт или разборка устьевой части), обеспечивающих доступ к коллектору, осуществляется промывка, которая в общем случае включает следующие операции:

- закрепление на местности трассы коллектора вешками;*
- наполнение цистерны и подвоз воды, подключение цистерны к дренопромывочной машине (при отсутствии воды в канале);*
- промывку участка коллектора до остановки промывочной насадки;*
- наматывание шланга на барабан при работающем насосе;*
- замену промывочной насадки на поисковую головку;*
- продвижение поисковой головки до места повреждения без подачи воды производится вручную или подающим устройством через направляющее устройство;*
- поиск места повреждения согласно регламенту применения поискового устройства;*
- отрывку шурфа в месте остановки промывочного рукава с поисковой головкой экскаватором одноковшовым с емкостью ковша 0,5 м<sup>3</sup>;*
- выполнение ремонтных работ по восстановлению коллектора;*
- при наличии заиливания на последующем участке коллектора промывка продолжается с последовательностью выше изложенных операций.*

Подачу напорного рукава в полость коллектора в процессе промывки целесообразно выполнять с помощью направляющего устройства.

При работе с направляющим устройством УНТ-6 (конструкции РУП «Институт мелиорации») установку размещают на противоположной от устья берме канала таким образом, чтобы барабан с намотанным рукавом оказался в створе коллектора (рис.5.13). Рабочий вводит напорный рукав с промывочной головкой через направляющее устройство в полость устья трубы на расстояние 0,5–1,0 м, затем тракторист включает насос, поддерживая давление 5,0 МПа.

При комплектации установки направляющим устройством, изготавливаемым на ОАО «Пинском заводе СММ», установка размещается со стороны устьевой части коллектора (рис. 14).



**Рисунок 13 – Промывка дренажного коллектора установкой УПД-120 с применением направляющего устройства УНТ-6.**



**Рисунок 14 – Промывка дренажного коллектора установкой УПД-120 с применением направляющего устройства конструкции ОАО «Пинский завод СММ».**

С учетом неисправностей в дренажном трубопроводе, приводящим к задержкам в данных местах промывочной насадки, подача промывочного рукава в большинстве случаев выполняется рабочими вручную. При отсутствии воды в канале ее доставка из ближайшего водоисточника или водонапорной башни выполняется дополнительным трактором типа МТЗ- 82, укомплектованным двумя цистернами объемом 1,8...2,0 м.

При заборе воды из канала и глубине водотока от 10 см целесообразно использовать устройство для забора воды ЗУ-2, которое препятствует попаданию в насос установки частиц грунта и сорной растительности. При недостаточном объеме воды в канале, для ее аккумуляции, выше от устья коллектора целесообразно устанавливать мягкую плотину.

Промывка коллектора выполняется до обнаружений неисправности (головка промывочная далее не проходит). Место расположения неисправности определяется с помощью поискового устройства закрепленного на напорном рукаве установки УПД-120. Возможен вариант обнаружения неисправности с применением устройства ОД-100.

В месте обнаруженной неисправности отрывается шурф, определяется причина неисправности. В извлеченной гончарной трубке или вырезанном отрезке полиэтиленовой трубы замеряется толщина слоя заилиения, внутренний диаметр трубы, визуально устанавливается тип наилка, а также определяется состояние ЗФМ и глубина заложения коллектора. Результаты замеров заносятся в полевой журнал промывки дренажных коллекторов, на основании которого составляется «Акт о проведении промывки дренажных коллекторов».

После устранения повреждения дренажная трубка или вместо нее полиэтиленовый «фитинг» устанавливаются на место, стыки обвертываются ЗФМ и засыпаются вручную растительным грунтом толщиной слоя не менее 0,2 м.

Последующая промывка выполняется через устье. Возможна, при необходимости, промывка через муфту промывочную, которая устанавливается вместо одной снятой дренажной трубки (рис. 15).



Рисунок 15 – Промывка коллектора через муфту промывочную МПГ-1 с применением направляющего устройства УНТ–6.

Установленные поврежденные участки пластмассового дренажа (местные разрушения и переломы) вырезают и на их место укладывают целые отрезки труб того же диаметра. Участки труб с закупоренными перфорационными отверстиями удаляют и на их место укладывают новые трубы с большей водоприемной поверхностью. При замене участков труб особое внимание необходимо уделять тщательности исполнения соединений. Стыки соединяются с применением муфты (в виде разрезанной вдоль трубы чуть большего диаметра), а затем оборачиваются ЗФМ.

Расход воды для промывки в первую очередь зависит от степени заиления дренажного трубопровода и его диаметра, т.е. от объема наносов (табл. 22).

Т а б л и ц а 22 – Объем наносов в зависимости от степени заиления и диаметра трубопровода на 100 м коллекторно-дренажной сети, м<sup>3</sup>.

| Степень заиления, % | Диаметр трубопровода, мм |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 50                       | 75   | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  |
| 10                  | 0,02                     | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,31 |
| 20                  | 0,04                     | 0,09 | 0,16 | 0,26 | 0,35 | 0,48 | 0,63 |
| 30                  | 0,06                     | 0,13 | 0,24 | 0,38 | 0,53 | 0,72 | 0,94 |
| 50                  | 0,10                     | 0,22 | 0,39 | 0,64 | 0,88 | 1,20 | 1,57 |
| 70                  | 0,14                     | 0,31 | 0,55 | 0,79 | 1,24 | 1,69 | 2,20 |
| 80                  | 0,16                     | 0,35 | 0,63 | 1,02 | 1,41 | 1,92 | 2,50 |

Соотношение смеси воды и наносов для транспортировки гидросмеси размывших отложений обычно находятся в пределах (1:13... 1:16) (табл. 23).

Т а б л и ц а 23 - Расход воды, в зависимости от степени заиления и диаметра дренажного трубопровода необходимый для промывки 100м коллектора, м<sup>3</sup>

| Диаметр коллектора, мм | Степень заиления, % |           |           |
|------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                        | <30                 | 30–50     | >50       |
| 75                     | 1,5-2,0             | 2,0-3,0   | 3,0-4,5   |
| 100                    | 2,5-3,5             | 3,5-5,5   | 5,5-6,5   |
| 125                    | 3,5-5,5             | 5,5-9,0   | 9,0-11,5  |
| 150                    | 5,0-7,5             | 7,5-12,5  | 12,5-15,0 |
| 175                    | 7,5-10,0            | 10,0-17,0 | 17,0-21,0 |
| 200                    | 9,5-13,0            | 13,0-22,0 | 22,0-27,0 |

Расход воды для промывки коллекторной сети, приведенный в таблице 23, соответствует наличию мягких песчаных и железистых отложений. При промывке твердых пес-

чаных наносов расход воды следует увеличивать примерно в 2 раза, влажных глинистых отложений в 3 раза, а твердых глинистых отложений в 4 - 5 раз.

Промывка дренажных трубопроводов осуществляется последовательными проходами (участками). При значительном заилинии трубопровода промывают первоначальный участок длиной 20 – 30 м, а затем включают лебедку и напорный рукав, при работающем насосе, извлекают, не доходя 1,0-2,0 м до устья. Затем совершают очередной проход на 40-60м с последующим извлечением напорного рукава. При степени заилиния полости трубопровода до 30% число проходов уменьшается, а их длина увеличивается. В процессе промывки проводится визуальный контроль концентрации пульпы с оценкой возможности дальнейшего увеличения длины прохода по мутности, истекающего из коллектора потока. Промывку прекращают после того, как из коллектора начнет поступать светлая вода.

Действующая технология промывки закрытого дренажа предусматривает одновременное использование на объекте установки промывки дренажа УПД-120 и одноковшового экскаватора с емкостью ковша 0,25 м<sup>3</sup>. Это обусловлено возникновением вынужденных технологических простоев механизмов, которые составляют до 50% сменного времени, т.к. при промывке коллектора простаивает экскаватор, а при отрывке шурфов и устранении неисправностей – установка УПД-120 (таблица 24).

**Т а б л и ц а 24 – Калькуляция затрат труда на промывку гончарного дренажа машиной УПД-120 (промывка дренажа из гончарных труб диаметром 100 мм)**

| Наименование затрат                                | Единица измерения | Объем | Норма времени на единицу (100 м дренажа) |             | Состав звена                  |      |
|----------------------------------------------------|-------------------|-------|------------------------------------------|-------------|-------------------------------|------|
|                                                    |                   |       | чел.-ч                                   | маш.-ч.     | профессия                     | к-во |
| Устройство шурфа при помощи погрузчика-экскаватора | шт                | 1,0   | 0,77                                     | 0,38        | Машинист экскаватора          | 1    |
|                                                    |                   |       |                                          |             | Рабочие-строители             | 2    |
| Вскрытие дренажа                                   | шт                | 1,0   | 0,33                                     | –           | Рабочие-строители             | 2    |
| Промывка дренажа из керамических труб              | 100 м             | 1,0   | 2,87                                     | 1,43+       | Тракторист, рабочие-строители | 2    |
|                                                    |                   |       |                                          | 1,43 (2,87) |                               | 2    |
| Трассировка дренажа                                | 100 м             | 1,0   | 0,37                                     | 0,18        | Рабочие-строители             | 2    |
|                                                    |                   |       |                                          |             | тракторист                    | 1    |
| Восстановление дренажа                             | шт                | 1,0   | 0,20                                     | –           | Рабочие-строители             | 2    |
| Засыпка шурфа                                      | шт                | 1,0   | –                                        | 0,17        | Машинист экскаватора          | 1    |

Итого:

–затраты труда рабочих – 4,54 чел. ч;

–эксплуатация погрузчика экскаватора 0,55 маш.-ч.;

–эксплуатация трактора, оборудованного дренопромывочной машиной УПД-120 – 1,61 маш.-ч.;

–эксплуатация трактора, оборудованного емкостью для воды – 1,43 маш.-ч.

Суммарное время эксплуатации механизмов – 3,59 маш.-ч..

В процессе выполнения работ по промывке дренажа вынужденные технологические простои составят:

- трактора, оборудованного дренопромывочной машиной УПД-120 – 0,55 маш.-ч.;
- трактора, оборудованного емкостью для воды – 0,73 маш.-ч.;
- погрузчика экскаватора – 1,61 маш.ч.

Суммарные вынужденные простои (суммарное время вынужденных простоев) – 2,89 маш.ч.

Снизить вынужденные простои механизмов можно путем поэтапного производства работ, т.е. разнесения во времени технологических операций.

### ***Третий вопрос***

Целью предлагаемой технологии является снижение объема выполняемых работ по промывке дренажной сети на основе предварительного определения коллекторов с удовлетворительным состоянием. К ним относятся коллектора, которые не требуют очистки от заиливания, а также подлежащие к переустройству в связи с недостаточной глубиной заложения, забитых корнями растений, кустарника и в прочих случаях, включая снижение трудоемкости и энергоемкости работ путем сокращения вынужденных простоев механизмов за счет разнесения во времени технологических операций. При этом рекомендуется применение средств малой механизации, обеспечивающих повышение производительности труда при выполнении отдельных технологических операций, которые разработаны в РУП «Институт мелиорации».

#### ***Технологический процесс заключается в следующем:***

- в начале (до промывки) с целью определения степени заиливания дренажного трубопровода проводится обследование коллекторной сети устройством ОД-100 с применением контрольных головок;
- при установлении, что степень заиливания коллектора составляет менее 15% от площади его сечения и далее по трассе отсутствуют переувлажнения и вымочки, обследование прекращается (дренажный трубопровод находится в удовлетворительном состоянии);
- при обнаружении неисправности определяется место ее расположения с применением поискового устройства, поисковая головка которого закреплена на стеклопластиковом стержне устройства ОД-100;
- в месте остановки поисковой головки отрывается шурф и оценивается состояние неисправности: в случаях закупорки корнями, недостаточной глубины заложения, обратного уклона в дефектном акте отмечается нецелесообразность промывки данного трубопровода; при прочих неисправностях выполняются ремонтные работы по восстановлению трубопровода;
- последующая оценка внутреннего состояния трубопровода выполняется устройством ОД-100 из шурфа через муфту промывочную МПГ-1;
- промывка выполняется только после оценки внутреннего состояния и выполнения ремонтных работ на всем протяжении дренажного трубопровода.

Последовательность проведения технологических операций, средства технологического обеспечения и состав исполнителей по двухэтапной технологии очистки дренажных трубопроводов от заиливания посредством промывки с предварительной оценкой их внутреннего состояния и устранением неисправностей приведены в таблице 25.

**Т а б л и ц а 25 – Технологические операции, средства технологического обеспечения и состав исполнителей при двухэтапной технологии очистки дренажных трубопроводов от заилиения гидродинамическим способом**

| № этапа                                      | Технологические операции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Средства технологического обеспечения(устройства, оборудование, приспособления), машины и механизмы                                                                                                                     | Исполнители                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                                            | 1.Оценка внутреннего состояния трубопровода устройством ОД-100 с применением контрольных головок.<br>2. При обнаружении неисправности определяется место расположения с применением поискового устройства ОД-100.<br>3. Отрывка шурфа в месте неисправности.<br>4. Устранение неисправности<br>5. Оценка внутреннего состояния трубопровода из шурфа через промывочную муфту.<br>6.Засыпка шурфа | Устройство ОД-100;<br>поисковое устройство;<br>муфта промывочная МПГ-1;<br>инструмент;<br>полиэтиленовые фитинги;<br>ЗФМ;<br>Одноковшовый экскаватор с емкостью ковша 0,25 м <sup>3</sup> и бульдозерным оборудованием. | Рабочие -2,<br>машинист-1        |
| 2                                            | Промывка коллектора                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Установка УПД-120; трактор с двумя емкостями для воды;<br>устройство направляющее                                                                                                                                       | Рабочий – 1,<br>Машинист –1 (2*) |
| *при подвозе воды дополнительным транспортом |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                         |                                  |

Предварительный ремонт дренажного трубопровода позволяет обеспечивать, в том числе с применением подающего и направляющего устройств, продвижение промывочного рукава без задержек с повышенной скоростью промывки, что существенно повышает производительность очистки. Примерная норма эксплуатационного времени на промывку коллекторного трубопровода при двухэтапной технологии производства работ приведена в табл. 26.

**Т а б л и ц а 26 – Примерная норма эксплуатационного времени на промывку керамического трубопровода диаметром 100 мм установкой УПД-120**

| Наименование работ                                                                         | Степень заилиения коллектора                                             |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Промывка коллектора при заилиении влажными минеральными, торфяными и охристыми отложениями | <30                                                                      |        | 30-50  |        | >50    |        |
|                                                                                            | Примерная норма времени на промывку 100 п. м коллектора диаметром 100 мм |        |        |        |        |        |
|                                                                                            | маш.-ч                                                                   | чел.-ч | маш.-ч | чел.-ч | маш.-ч | чел.-ч |
|                                                                                            | 0,89                                                                     | 0,89   | 1,06   | 1,06   | 1,31   | 1,30   |

Сравнительные затраты времени на промывку 100 м дренажного трубопровода диаметром 100 мм согласно типовой технологической карте и предлагаемой двухэтапной технологии производства работ приведены в табл. 27

Т а б л и ц а 27 – Сравнительные затраты труда и эксплуатации механизмов

| Наименование затрат                                                      | Затраты труда и эксплуатации механизмов на промывку 100 м дренажа диаметром 100 мм                   |                                                                                   | Снижение затрат, % |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                          | Технология промывки дренажа согласно технологической карте [52,53], калькуляция затрат труда №2 [54] | Технология промывки дренажа с предварительной оценкой состояния и ремонтом [6,23] |                    |
| Затраты труда рабочих строителей, чел.-ч.<br>в т. ч. вынужденные простои | 4,54<br>0,78                                                                                         | 3,78<br>0,64                                                                      | 16,8               |
| Эксплуатация механизмов, маш.-ч<br>в т.ч. вынужденные простои            | 5,68<br>2,52                                                                                         | 3,48<br>0,9                                                                       | 38,7               |

Поэтапная технология производства работ по очистке сети от заилиenia с предварительной оценкой ее состояния устройством ОД-100, частичным ремонтом и последующей промывкой с применением установки УПД-120 за счет снижения вынужденных технологических простоев механизмов и повышения производительности промывки позволяет, по сравнению с действующей технологией снизить трудоемкость и энергоемкость работ на 16,8 – 38,7 %.

#### **Четвертый вопрос**

Определяющим фактором, характеризующим работу дренапромывочной установки, а также промывочной насадки являются параметры истекающих струй. К таким параметрам относится скорость струи, ее расход, сила удара, количество и направление струй. Очевидно, что чем больше сила удара струи, тем больше эффективность размыва отложений в коллекторе. Из литературных источников известно, что для размыва грунта струей воды необходимо чтобы скорость струи составляла:

- не менее 10-12 м/с для песчаных грунтов;
- 20-25 м/с для супесей и суглинков;
- 30-35 м/с для средних и тяжелых глин.

В отложениях дренажных трубопроводов в основном находятся частицы грунта с крупностью 0,005-0,25 мм, что соответствует пылеватым илистым грунтам, а также тонким и мелким песком. Для размыва таких отложений необходима скорость струи 20-35 м/с. Для обеспечения такой скорости необходимо создать определенный напор воды в промывочной насадке. Скорость струи в зависимости от напора воды определяется по следующей формуле

$$V = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (37)$$

где  $V$  – скорость струи, м/с;  $\varphi$  – коэффициент скорости;  $H$  – напор воды, м. в. с.

Коэффициент скорости  $\varphi$  зависит от коэффициента сопротивления.

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_c}} \quad (38)$$

где  $\xi_c$  – коэффициент сопротивления сужению потока.

Коэффициент сопротивления сужению потока в свою очередь определяется по следующей формуле

$$\xi_c = 0,51 \left( 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right) \quad (39)$$

где  $\frac{\omega_2}{\omega_1}$  – соотношение площадей поперечного сечения потока после сужения и до него.

Площадь поперечного сечения потока после сужения  $\omega_2$  следует принимать как сумму площадей всех выходящих отверстий промывочной насадки. Сила струи  $F$  определяется по формуле

$$F = \rho q V \quad (40)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $q$  – расход воды из одного отверстия, л/с;  $V$  – скорость выхода струи.

Расход воды из одного отверстия определяется по формуле

$$q = \frac{Q}{n}, \quad (41)$$

где  $Q$  – расход насадки, л/с;  $n$  – число отверстий насадки.

Скорость и сила струи в зависимости от напора воды в насадке при расходах 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 л/с приведена в таблице 28.

**Т а б л и ц а 5.28 – Скорость и сила струи воды при выходе из насадки в зависимости от ее расхода и напора**

| Показатели                  | Напор, м вод. ст. |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|
|                             | 20                | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
| Скорость струи, м/с         | 16,5              | 23,2 | 28,4 | 32,6 | 36,5 | 39,7 |
| Сила струи (Н) при Q=0,5л/с | 1,2               | 1,6  | 2,0  | 2,3  | 2,6  | 2,8  |
| Q=1,0 л/с                   | 2,3               | 3,3  | 4,0  | 4,6  | 5,2  | 5,7  |
| Q=1,5 л/с                   | 3,5               | 4,9  | 6,0  | 7,0  | 7,8  | 8,5  |
| Q= 2,0 л/с                  | 4,7               | 6,6  | 8,1  | 9,3  | 10,5 | 11,4 |

Зависимости скорости и силы струи от напора и расхода приведены на рисунках 16 и 17.

Зная расход и скорость струи насадки и принимая количество отверстий  $n$ , можно определить диаметр ( $d$ ) отверстий насадки следующей зависимостью:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi n V}}, \quad (42)$$

где  $Q$  – расход, л/с;  $n$  – количество отверстий насадки;  $V$  – скорость струи, м/с.

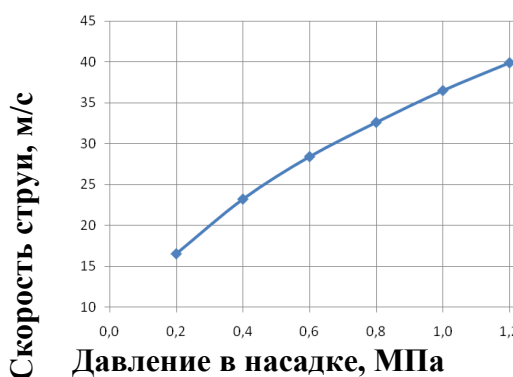


**Рисунок 16 – Скорость струи насадки в зависимости от напора**

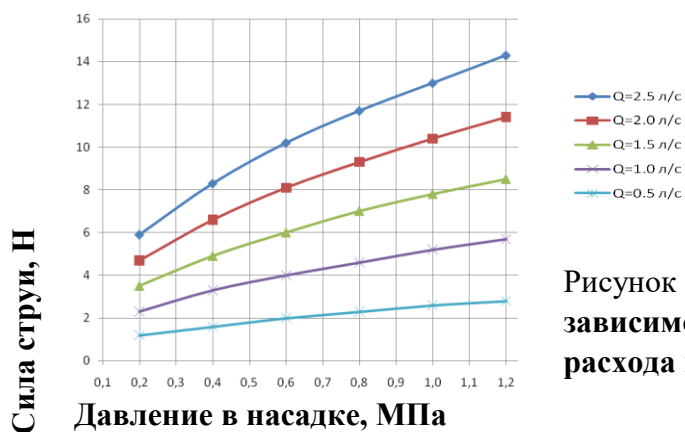


Рисунок 17 – Сила струи насадки в зависимости от напора и расхода воды

В настоящее время для очистки коллекторной дренажной сети используется устройство промывки дренажа УПД-120. Устройство УПД-120 снабжено мембранным насосом М135S с максимальным давлением 5,0 МПа и подачей воды 120 л/мин. Длина промывочного рукава составляет 300 метров, а его внутренний диаметр 15 мм. Устройство также снабжено промывочной насадкой, чертеж и параметры которой приведены на рисунке 18.

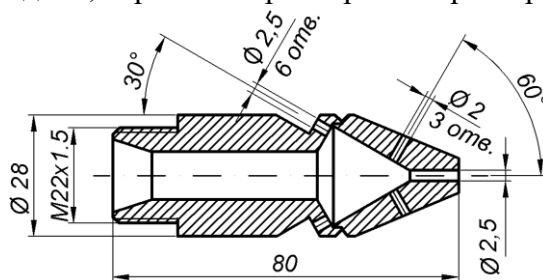


Рисунок 18– Промывочная насадка устройства промывки дренажа УПД-120

Согласно вышеприведенной методике расчетов, определены основные параметры данной промывочной насадки, а именно: давление, расход, скорость и силу струй. Результаты расчетов представлены в таблице 5.29.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что из-за больших потерь напора в промывочном рукаве диаметром 15 мм давление в промывочной насадке составило всего 0,25 МПа, что в свою очередь привело к относительно низкой скорости и силы струй, которые являются определяющими факторами, характеризующие работу насадки и устройства в целом.

При расчете параметров технологического оборудования было принято решение о целесообразности комплектования установки промывки дренажа промывочным рукавом с диаметром 20 мм, с обеспечением напора воды в промывочной насадке 1,0 МПа при расходе 1,5 л/с. Количество тыльных отверстий насадки было принято равным шести при одной передней. Результаты расчета предложенного варианта приведены в таблице 29.

В ряде случаев, целесообразно применение промывочной насадки с дополнительными передними струями, направленными под углом к его оси.

Такие струи добавочно воздействуют на отложение внутри коллектора, а также очищают его внутренний периметр, что позволяет насадке двигаться вперед с оптимальной скоростью. Однако следует отметить, что при увеличении количества струй снижается расход каждой струи и ее сила.

Рассчитаем оптимальные параметры насадки с шестью тыльными, центральной и тремя дополнительными передними струями. Очевидно, что общий расход струй, давление в насадке и скорость струй должны остаться без изменений. При этом должно выполняться равенство:

$$Q = \left( \frac{\pi d_T n_T}{4} + \frac{\pi d_{II} n_{II}}{4} \right) \times V, \quad (43)$$

где:  $d_T$  – диаметр отверстий тыльных струй м;  $n_T$  – количество тыльных струй;  $d_{II}$  – диаметр отверстий передних струй м;  $n_{II}$  – количество передних струй.

При расходе 1,5 л/с, скорости струй 35,8 м/с, шести задних сопел и четырех передних, диаметр тыльных отверстий составит 2,5 мм, а диаметр передних 2,0 мм.

Сравнивая характеристики предлагаемых насадок и насадки применяемой на установке промывки дренажа УПД-120 можно сделать вывод, что установка с предлагаемыми насадками и диаметром промывочного рукава 20 мм обеспечивает увеличение расхода и скорости струи в 2 раза, а силы струи почти в 4 раза. В соответствии с этим были проанализированы возможности повышения эффективности удаления пульпы и разработана новая конструкция промывочной насадки. Основной особенностью данной насадки является возможность дополнительного механического воздействия на поток пульпы. Конструкция и общий вид промывочной насадки приведены на рисунках 19 и 20.

**Т а б л и ц а 29 – Сравнительные характеристики параметров промывочных насадок на установке промывки дренажа УПД-120**

| Показатели                                                              | Типовая конструкция насадки промывочной | Новые конструктивные решения насадок промывочных |                         |          |                     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|----------|---------------------|
|                                                                         |                                         | Номер насадки                                    |                         |          |                     |
|                                                                         |                                         | 1 НПМ                                            | 2 НПМ                   | 3 РНПМ   |                     |
|                                                                         |                                         | Расположение сопел                               |                         |          | Реверсивная насадка |
|                                                                         | 4-передних<br>6-тыльных                 | 4-передних<br>6-тыльных                          | 1-переднее<br>6-тыльных | движение |                     |
| Давление насоса МПа, тах                                                | 5,0                                     | 5,0                                              | 5,0                     | 5,0      | 5,0                 |
| Расход насоса л/с, тах                                                  | 2,0                                     | 2,0                                              | 2,0                     | 2,0      | 2,0                 |
| Длина промывочного рукава, м                                            | 300                                     | 300                                              | 300                     | 300      | 300                 |
| Внутренний диаметр промывочного рукава, мм                              | 15                                      | 20                                               | 20                      | 20       | 20                  |
| Тыльные сопла насадки:                                                  |                                         |                                                  |                         |          |                     |
| количество, шт.                                                         | 6                                       | 6                                                | 6                       | 6        | 6+6                 |
| диаметр, мм                                                             | 2,5                                     | 2,5                                              | 2,8                     | 2,0      | 2,0 и 3,0           |
| Передние сопла насадки:                                                 |                                         |                                                  |                         |          |                     |
| количество, шт.                                                         | 1+3                                     | 4                                                | 1                       | 4        | -                   |
| диаметр, мм                                                             | 2,5 и 2,0                               | 2,0                                              | 3,5                     | 2,0      | -                   |
| Потери давления в водопроводящих элементах промывочного устройства, МПа | 4,75                                    | 4,03                                             | 4,12                    | 3,52     | 4,48                |
| Давление в насадке, МПа                                                 | 0,25                                    | 0,97                                             | 0,82                    | 1,48     | 0,51                |
| Расход струй насадки, л/с:                                              | 0,76                                    | 1,5                                              | 1,54                    | 1,39     | 1,6                 |
| в т. ч. передних сопел                                                  | 0,25                                    | 0,45                                             | 0,32                    | 0,55     | -                   |
| тыльных сопел                                                           | 0,50                                    | 1,05                                             | 1,22                    | 0,84     | 1,6                 |
| Скорость струй насадки, м/с                                             | 18,1                                    | 35,8                                             | 33,0                    | 44,1     | 26,1                |
| Сила передних струй, Н                                                  | 1,0                                     | 4,0                                              | 10,5                    | 6,1      | -                   |
| Сила тыльных струй, Н                                                   | 1,6                                     | 6,3                                              | 6,7                     | 6,1      | 2,1/4,8             |

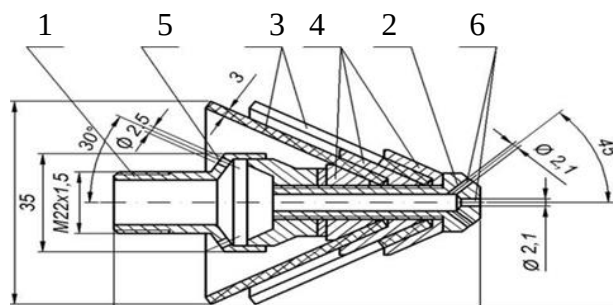


Рисунок 19 – Конструкция насадки промывочной мягкой (НПМ) (патент ВУ11880)

Данная промывочная насадка состоит из корпуса 1, стяжки 2, конусообразных разрезных резиновых манжет 3, прижимных шайб 4. На корпусе 1 и стяжке 2 выполнены задние и передние сопла 5 и 6.



Рисунок 20 – Общий вид насадки промывочной мягкой НПМ-80

При движении насадки вперед манжеты изгибаются и не препятствуют ее прохождению (рисунок 21). Во время извлечения насадки на поток пульпы действуют ее тыльные струи. При этом манжеты отгибаются и работают, как скребок дополнительно воздействуют на поток пульпы (рисунок 22).

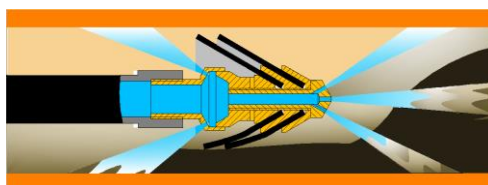


Рисунок 21 – Продвижение промывочной насадки по дренажному трубопроводу

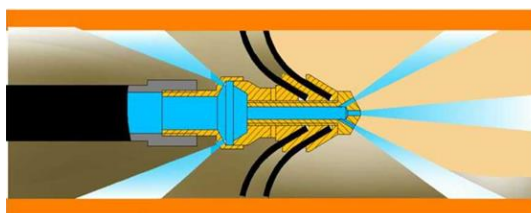


Рисунок 22 – Извлечение промывочной насадки из дренажного трубопровода

При извлечении насадки объемная концентрация пульпы значительно возрастает и поэтому для удаления одного и того же объема отложений требуется меньшее количество воды и проходов, в связи с чем эффективность очистки повышается.

В процессе извлечения промывочной насадки основную работу по выносу отложений выполняют тыльные струи, а направленные вперед при этом работают вхолостую, снижая тем самым эффективность очистки. В целях направления всех струй назад, при извлечении промывочной насадки и существенного повышения очищающей способности была

разработано новое конструктивное решение реверсивной промывочной насадки мягкой, приведенной на рисунках 23 и 24.

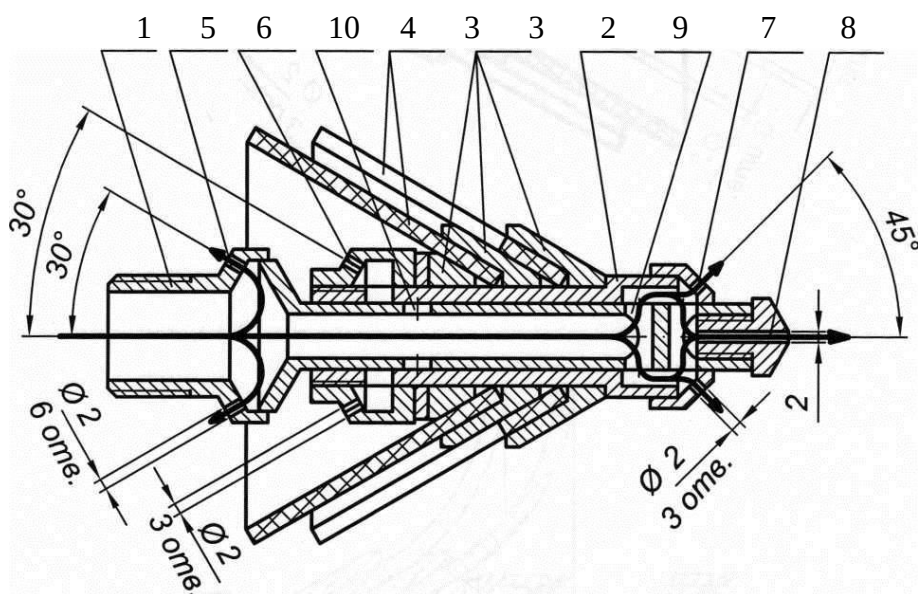


Рисунок 23 – Конструкция реверсивной промывочной насадки мягкой (РПНМ) при ее перемещении вперед по дренажному трубопроводу

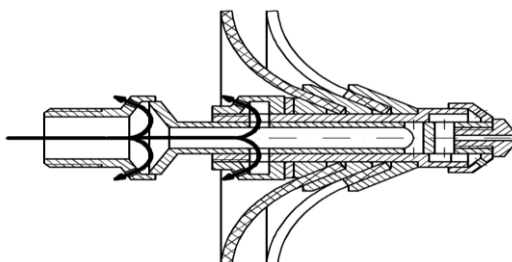


Рисунок 24 – Конструкция реверсивной промывочной насадки мягкой при ее извлечении из дренажного трубопровода

Реверсивная промывочная насадка состоит из корпуса 1, на котором с возможностью перемещения установлена втулка 2. На втулке 2 с помощью прижимных шайб 3 закреплены манжеты 4. Насадка содержит тыльные сопла 5, 6 и передние сопла 7, 8. Во втулке 2 выполнены отверстия для подвода воды 9 и 10.

При движении вперед, как показано на рисунках 21 и 23 манжеты 4 взаимодействуют со стенками коллектора и находящимися в нем отложениями и перемещают втулку 2 назад. При этом открываются отверстия 9 в корпусе 1 и вода поступает к передним соплам 7 и 8. В это время отверстие 10 закрыто и вода к задним соплам 6 не поступает. Когда насадка извлекается из коллектора, как показано на рисунках 22 и 24, манжеты 4 перемещают втулку 2 в переднее положение. При этом отверстие 9 перекрывается и прекращается доступ воды к передним соплам 7,8, а отверстие 10 открывается и вода поступает к задним соплам 6.

При извлечении насадки весь расход воды истекает через тыльные сопла и обеспечивает, совместно с манжетами, вынос отложений из дренажного трубопровода. Применение такой насадки позволяет эффективность очистки.

На процесс размыва отложений и их транспортировку влияет ряд факторов: физико-механические свойства отложений (состав, плотность, влажность); толщина слоя отложений; конструктивные параметры промывочной насадки; скорость размывающих струй воды и скорость перемещения насадки. Выбор рационального режима движения промывочной насадки и ее конструкция имеют определяющее значение для качественной очистки дренажных трубопроводов, снижения объема промывочной воды и стоимости работ по очистке дренажных трубопроводов от заилиenia.

В настоящее время эксплуатационная производительность очистки дренажных трубопроводов с применением установки промывки дренажа УПД-120 в зависимости от их диаметров составляет 51,8...72,5 м/ч. или 0,014...0,02 м/с. Скорость продвижения промывочного рукава с насадкой при ручной его подаче составляет 0,07...0,10 м/с. Незначительная производительность объясняется тем, что очистка дренажных трубопроводов выполняется последовательными проходами (участками) с периодическим частичным извлечением промывочного рукава в процессе промывки, а также задержками промывочной насадки в местах разрушения или смещения керамических дренажных трубок. На дренажных трубопроводах при отсутствии неисправностей или которые предварительно были устранены и при степени заилиenia до 30...40% скорость продвижения промывочного рукава составляет 0,20...0,30 м/с.

Анализ исследований по оценке производительности дренопромывочных установок показывает, что при очистке дренажа с использованием установки ПДТ-125 (Россия) скорость продвижения промывочного рукава при его ручной подаче составляет 0,1...0,25 м/с, а при очистке установкой ДПМ-1 (Россия) и механической подачей рукава – 0,05...0,1 м/с. Дренопромывочные установки, используемые в России оснащены водяными насосами с давлением до 5,0 МПа, что аналогично насосу установленному на установке УПД-120 (Беларусь).

Очистка дренажных трубопроводов гидродинамическим способом разделяется на два этапа. Первый этап заключается в размыве отложений струями воды, исходящих из фронтальных и тыльных сопел промывочной насадки при продвижении ее прямым ходом по трубопроводу. В этом случае размывые отложения (пульпа) удаляются из трубопровода гравитационным потоком воды, а скорость потока пульпы зависит от его уклона.

На втором этапе, который можно назвать очистительным, насадка, при работающем водяном насосе движется по трубопроводу в обратном направлении с помощью водоподводящего рукава, наматываемого на вращающийся барабан дренопромывочной установки. При продвижении насадки, водяные струи, исходящие из тыльных сопел, создают высокоскоростной поток воды в виде высоко турбулентного шлейфа, движущегося перед насадкой. В результате воздействия этого бурного водоструйного шлейфа происходит дополнительный размыв отложений, взвешивании их в потоке воды и транспортирование по трубопроводу.

Рассмотрим процесс промывки и определим объем удаляемых песчаных отложений при прямом и обратном ходе промывочного рукава (внутренний диаметр 15 и 20 мм) из дренажного трубопровода диаметром 100 мм, при длине очистки 100 м, степени заилиenia 30 % и расходе воды 1,5 л/с.

Скорость прямого хода промывочного рукава примем 0,1 м/с, как максимальную при технологии традиционной очистки, а так же 0,25 м/с (скорость подачи рукава при отсутствии неисправностей в дренажном трубопроводе).

Объем наносов ( $W$ ) находящихся в трубопроводе определяется по формуле:

$$W = \omega \times \varepsilon \times l, \quad (5.44)$$

где  $\omega$  – площадь сечения трубопровода,  $\text{м}^2$ ;  $\varepsilon$  – степень заилиenia трубопровода, %;  $l$  – длина очистки, м

Объем наносов, определенный по данной формуле, составит  $0,24 \text{ м}^3$ . Объем твердой составляющей  $V_T$  находящейся в наносах можно определить по формуле:

$$V_T = \frac{P_T}{\gamma_T}, \quad (45)$$

где:  $P_T$  – вес твердой составляющей, т;  $\gamma_T$  – удельный вес твердых частиц,  $\text{т/м}^3$ .

Исследованиями по оценке внутреннего состояния дренажных трубопроводов было установлено, что плотность песчаных отложений находится обычно в пределах  $1,19 \dots 1,35 \text{ т/м}^3$ . Для сравнительных расчетов примем среднее ее значение  $1,27 \text{ т/м}^3$ . При данной плотности вес песчаных отложений, находящихся в трубопроводе составит  $0,3 \text{ т}$ .

При удельном весе песка  $2,66 \text{ т/м}^3$  объем твердой фракции наносов, определенных по формуле 45, составит  $0,11 \text{ м}^3$ .

Определим параметры потока пульпы (скорость, расход, объем), которые образуются после размыва отложений при продвижении промывочной насадки прямым ходом по очищаемому дренажному трубопроводу.

Для расчётов примем средний уклон дренажного коллектора  $0,003$  (наиболее распространённые уклоны  $0,002 \dots 0,004$ ). Расход подаваемой воды составляет  $0,76$  и  $1,5 \text{ л/с}$ , промывочный рукав диаметром  $15$  и  $20 \text{ мм}$  и скорость подачи насадки  $0,1 \dots 0,25 \text{ м/с}$ . При промывке дренажных трубопроводов установкой УПД-120 скорость продвижения промывочного рукава обычно составляет  $0,07 \dots 0,1 \text{ м/с}$ , а на коллекторах с предварительным устранением неисправностей до  $0,25 \text{ м/с}$ . Рассмотрим движение промывочной насадки в коллекторе при скорости подачи ( $v \text{ м/с}$ ), длине участка промывки ( $l \text{ м}$ ), расходе воды из насадки ( $q \text{ л/с}$ ).

Время подачи насадки в коллектор составит:

$$t = \frac{l}{v}. \quad (46)$$

Объем воды ( $U$ ) поданной в коллектор определяется по формуле:

$$U = q \times t, \quad (47)$$

где:  $q$  – расход воды, исходящий из насадки,  $\text{л/с}$ ;  $t$  – время подачи промывочной насадки, с.

Часть этого объема  $U_1$  – заполнит коллектор на высоту  $h$ , мм, а другая часть  $U_2$  вытечет из коллектора. Расход воды  $Q$ , вытекающей из коллектора при различных значениях высоты потока  $h/d$ , уклонах и диаметре коллектора  $100 \text{ мм}$  приведен в таблице 5.30.

Объем воды вытекшей из коллектора составит:

$$U_2 = Q \times t \quad (48)$$

где:  $Q$  – расход воды,  $\text{л/с}$ ;  $t$  – время стока, с (ориентировочно соответствует времени подачи).

Объем воды заполнивший коллектор на высоту  $h$  можно определить по формуле:

$$U_1 = \omega \times l \quad (49)$$

где:  $\omega$  – площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup>;  $l$  – длина участка промывки, м.

Площадь живого сечения потока в зависимости от высоты потока ( $h/d$ ) и диаметров дренажных трубопроводов приведена в таблице 30.

**Т а б л и ц а 30 – Расчетные значения площади живого сечения дренажных трубопроводов диаметром 75...125 мм в зависимости от степени их наполнения водой и расположения в полости промывочного рукава диаметром 28 мм**

| Наполнение трубопровода |                       | Диаметр трубопровода, мм                                 |        |        |
|-------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|--------|--------|
| в долях диаметра, $h/d$ | от площади сечения, % | 75                                                       | 100    | 125    |
|                         |                       | Площадь живого сечения в долях квадрата диаметра $w/d^2$ |        |        |
| 0,1                     | 5                     | -                                                        | -      | -      |
| 0,2                     | 14                    | -                                                        | -      | 0,0724 |
| 0,3                     | 25                    | 0,0887                                                   | 0,1366 | 0,1588 |
| 0,4                     | 37                    | 0,1839                                                   | 0,2318 | 0,2540 |
| 0,5                     | 50                    | 0,2832                                                   | 0,3311 | 0,3533 |
| 0,6                     | 63                    | 0,3826                                                   | 0,4305 | 0,4526 |
| 0,7                     | 75                    | 0,4777                                                   | 0,5257 | 0,5478 |
| 0,8                     | 86                    | 0,5641                                                   | 0,6120 | 0,6342 |
| 0,9                     | 95                    | 0,6351                                                   | 0,6829 | 0,7051 |
| 1,0                     | 100                   | 0,6759                                                   | 0,7238 | 0,7460 |

Объем воды поданный в коллектор должен быть равным сумме объемов воды вытекающей из коллектора и заполнившего его на высоту  $h$ .

$$U = U_1 + U_2 \quad (50)$$

Высота потока ( $h$ ) определяется расчетным путем в соответствии с формулами 14 – 22.

Согласно вышеизложенной методике расчёта параметров потока размытых отложений при прямом ходе промывочной насадки определены скорость, расход и объем стока пульпы в трубопроводе диаметром 100 мм при внутреннем диаметре промывочного рукава 15 и 20 мм (таблица 31 приложения 2).

Рассмотрим второй этап очистки дренажных трубопроводов при обратном продвижении промывочной насадки, которое осуществляется посредством наматывания промывочного рукава на барабан установки промывки дренажа. При обратном движении под воздействием струи воды, исходящих из тыльных сопел промывочной насадки образуется высокотурбулентная смесь воды и размытых отложений, т. е. напорный поток пульпы, обеспечивающий основной вынос размытых наносов из дренажного трубопровода.

Определим объем воды, используемый при обратном продвижении промывочной насадки. Согласно технологической карте на промывку дренажа скорость извлечения промывочной насадки рекомендуется поддерживать в пределах 0,3...0,4 м/с. При средней скорости извлечения (0,35 м/с) объем воды, используемый на промывку, при расходе насоса установки промывки дренажа 0,76 и 1,5 л/с соответственно составит 217 и 429 литров.

Согласно данным таблицы 4.31 при скорости движения промывочной насадки 0,1 м/с разница в объемах при подаче воды и стока размытых отложений при внутреннем диамет-

ре промывочного рукава 15 и 20 мм соответственно составит 300 и 460 литров, а при скорости подачи 0,25 м/с 196 и 348 литров,

Следовательно, при обратном проходе насадки с учетом, оставшейся в коллекторе воды, объем стока пульпы при диаметре промывочного рукава 15 мм и скорости промывки 0,1 и 0,25 л/с соответственно составит 517 и 325 литров, а при диаметре промывочного рукава 20 мм – 889 и 777 литров.

Эффективность очистки дренажного трубопровода при прямом и обратном проходе промывочной насадки оценивается по объему извлекаемых отложений, который определяется по значениям объемной концентрации пульпы.

Исследования по определению объемной концентрации пульпы в процессе очистки коллекторов с применением установки промывки дренажа УПД- 120 выполняли на ряде объектов реконструкции дренажных систем в Минской и Витебской областях. В процессе прямого продвижения промывочного рукава по дренажному трубопроводу и его извлечения, через определенные промежутки времени отбирались образцы стока, и измерялся его расход. Объемную концентрацию пульпы определяли в лабораторных условиях с применением цилиндрического мерного цилиндра, в который помещали, после взбалтывания, взятую в процессе промывки пробу пульпы. После осаждения части грунта в цилиндре и полного осветления воды измерялась высота слоя осадка.

Объемная концентрация пульпы ( $k$ ) определяется как отношение объема грунта в плотном теле к объему пульпы:

$$k = \frac{V_T}{V_T + V_B}, \quad (51)$$

где  $V_T$  – объем твердой составляющей, л ( $\text{м}^3$ );  $V_B$  – объем воды в пульпе, л ( $\text{м}^3$ ).

Объем твердой составляющей, находящейся в пульпе, можно определить с учетом объема воды и консистенции пульпы по следующей зависимости:

$$V_T = \frac{V_B k}{1 - k}. \quad (52)$$

При очистке 100 м дренажного трубопровода объем выноса твёрдой составляющей отложений, определенный по формуле (52) с учётом объема подаваемой воды и объема стока при прямом и обратном проходах типовой промывочной насадки с внутренним диаметром 15 и 20 мм, приведен в таблице 32.

При оценке выноса размытых отложений учитывалось, что на их транспортировку в основном воздействует вода, исходящая из тыльных сопел. Объем воды, исходящей из передних сопел, при извлечении насадки учитывался как гравитационный поток, и объемная концентрация пульпы в данном случае принималась как при прямом проходе насадки.

Анализ режимов промывки дренажных трубопроводов по традиционной технологии показывает, что увеличение диаметр до 20 мм обеспечивает увеличение объема выноса размытых отложений в 2,25 раза, однако объемная концентрация пульпы при увеличении объема промывной воды повысилась на 8,8% , и это можно объяснить более эффективным размывом отложений.

Анализ данных табл. 32 показывает, что повысить объем выноса размытых отложений можно в основном при обратном проходе промывочной насадки с увеличением концентрации пульпы.

Предварительные испытания насадки промывочной мягкой при промывке дренажных трубопроводов в Слуцком ПМС показали: что при извлечении гидросмеси песчаных отложений объемная концентрация пульпы составляла 0,07...0,08.

Рассмотрим объем выноса отложений из дренажного трубопровода диаметром 100 мм установкой УПД-120 с применением промывочного рукава с внутренним диаметром 20 мм и насадкой промывочной мягкой НПМ-80 (№1), а также реверсивной насадкой промывочной мягкой РНПМ-80 (табл. 33).

**Таблица 32 – Объем выноса твёрдой составляющей песчаных отложений при применении промывочного рукава с внутренним диаметром 15 и 20 мм с использованием типовой промывочной насадки**

| Показатель                       | Внутренний диаметр промывочного рукава, мм |          |        |        |          |       |
|----------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------|--------|----------|-------|
|                                  | 15                                         |          |        | 20     |          |       |
|                                  | Направление движения промывочной насадки   |          |        |        |          |       |
|                                  | прямое                                     | обратное | прямое | прямое | обратное |       |
|                                  | Скорость движения промывочной насадки, м/с |          |        |        |          |       |
|                                  | 0,1                                        | 0,35     |        | 0,1    | 0,35     |       |
|                                  | Объемная концентрация пульпы               |          |        |        |          |       |
|                                  | 0,026                                      | 0,026    | 0,039  | 0,03   | 0,08     | 0,048 |
| Время промыв-<br>ки, с           | 1000                                       | 286      |        | 1000   | 286      |       |
| Суммарное вре-<br>мя, с          | 1286                                       |          |        | 1286   |          |       |
| Объем подавае-<br>мой воды, м³   | 0,76                                       | 0,22     |        | 1,5    | 0,43     |       |
| Суммарный<br>объем подачи,<br>м3 | 0,98                                       |          |        | 1,93   |          |       |
| Объем стока, м³                  | 0,46                                       | 0,07     | 0,45   | 1,04   | 0,13     | 0,76  |
| Суммарный<br>объем стока, м³     | 0,98                                       |          |        | 1,93   |          |       |
| Объем выноса<br>отложений, м³    | 0,012                                      | 0,002    | 0,018  | 0,032  | 0,004    | 0,036 |
| Суммарный<br>объем выноса,<br>м³ | 0,032                                      |          |        | 0,072  |          |       |

Анализируя данные таблиц 32 и 33 можно отметить, что применение мягких промывочных насадок и изменение скорости обратного прохода с 0,35 до 0,6 м/с повышает объемную концентрацию пульпы в 1,7 раза. Это позволяет увеличить объем выноса отложений при диаметре промывочного рукава 20 мм примерно в 1,2 раза, а в сравнении с диаметром рукава 15 мм – почти в 2,7 раза.

Сравнительный анализ насадок промывочных по эффективности очистки дренажных трубопроводов с учетом режима очистки и удельного расхода потребляемой воды и времени очистки 0,1 м<sup>3</sup> песчаных отложений в плотном теле приведен в таблице 34.

**Т а б л и ц а 33 – Объем выноса твёрдой составляющей песчаных отложений с использованием насадок промывочных мягких НПМ-80 и РНПМ-80**

|                                        |                                              |          |             |          |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|----------|-------------|----------|
| Показатель                             | Внутренний диаметр промывочного рукава 20 мм |          |             |          |
|                                        | Тип насадки                                  |          |             |          |
|                                        | Направление движения промывочной насадки     |          |             |          |
|                                        | НПМ-80(№1)                                   |          | РНПМ-80(№2) |          |
|                                        | прямое                                       | обратное | прямое      | обратное |
|                                        | Скорость движения промывочной насадки, м/с   |          |             |          |
|                                        | 0,1                                          | 0,6      | 0,1         | 0,6      |
|                                        | Объемная концентрация пульпы                 |          |             |          |
|                                        | 0,03                                         | 0,03     | 0,08        | 0,08     |
| Время промывки, с                      | 1000                                         | 167      | 1000        | 167      |
| Суммарное время, с                     | 1167                                         |          | 1167        |          |
| Объем подаваемой воды, м <sup>3</sup>  | 1,5                                          | 0,25     | 1,39        | 0,27     |
| Суммарный объем подачи, м <sup>3</sup> | 1,75                                         |          | 1,66        |          |
| Объем стока, м <sup>3</sup>            | 1,04                                         | 0,08     | 0,93        | 0,73     |
| Суммарный объем стока, м <sup>3</sup>  | 1,75                                         |          | 1,66        |          |
| Объем выноса отложений, м <sup>3</sup> | 0,032                                        | 0,002    | 0,05        | 0,058    |
| Суммарный объем выноса, м <sup>3</sup> | 0,084                                        |          | 0,086       |          |

**Т а б л и ц а 34 – Сравнительный анализ насадок промывочных по режиму продвижения и эффективности очистки**

| Тип насадки промывочной | Направление движения  |          | Удельный расход воды на размыв и транспортировку 0,1 м <sup>3</sup> песчаных отложений в плотном теле |            |
|-------------------------|-----------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                         | прямое                | обратное |                                                                                                       |            |
|                         | Скорость насадки, м/с |          | вода, м <sup>3</sup>                                                                                  | время, мин |
| Типовая, в т. ч.        |                       |          |                                                                                                       |            |
| диаметр рукава 15 мм    | 0,1                   | 0,35     | 3,06                                                                                                  | 67,0       |
| диаметр рукава 20 мм    | 0,1                   | 0,35     | 2,68                                                                                                  | 29,8       |
| НПМ-80 (№1)             | 0,1                   | 0,6      | 2,08                                                                                                  | 23,15      |
| РНПМ-80 (№3)            | 0,1                   | 0,6      | 1,93                                                                                                  | 22,62      |
| НПМ-80 (№1)             | 0,3                   | 0,25     | 1,62                                                                                                  | 18,0       |
| РНПМ-80 (№3)            | 0,3                   | 0,25     | 1,46                                                                                                  | 15,7       |

По сравнению с традиционной технологией очистки при скорости прямой подачи 0,1 м/с и обратной 0,35 м/с и внутренним диаметром промывочного рукава 15 мм предлагаемая технология очистки с применением промывочного рукава диаметром 20 мм и новых конструктивных решений насадок НПМ и РНПМ имеет следующие преимущества:

– при скорости прямой подачи насадки 0,1 м/с и извлечении 0,6 м/с удельный расход воды для размыва и транспортировки из дренажного трубопровода 0,1 м<sup>3</sup> песчаных отложений в плотном теле снижается в 1,5-1,6 раза, а удельное время промывки сокращается примерно в 2,9 раза;

*–при скорости прямой подачи насадки 0,3 м/с и извлечении 0,25 м/с удельный расход воды снижается в 1,9-2,1 раза, а удельное время промывки сокращается в 3,7-4,3 раза.*

Таким образом на основании изложенного выше, можно отметить, что наибольшее распространение при очистке закрытых дренажных систем от заилиenia получил механизированный гидродинамический способ с применением дренопромывочных машин, который основан на использовании энергии воды. Таким образом, экономические показатели этого способа очистки напрямую зависят от оптимальности гидравлической схемы дренопромывочной машины.

В соответствии с современным состоянием закрытых мелиоративных систем, для промывки коллекторов рационально использовать существующую установку УПД-120, оборудованную промывочным рукавом с внутренним диаметром 20 мм, при его длине 300 м, т.к. в большинстве случаев длина промываемых коллекторов на объектах реконструкции составляет более 200 м, в связи с чем УПД-120 может располагаться в районе устья, без дополнительного перемещения по трассе, что существенно сократит время промывки и снизит себестоимость работ.

При промывке коллектора, для устойчивой транспортировки водой размытых отложений (пульпы), необходимо соблюдать гидравлический уклон не менее значений приведенных в таблице 11.

Критическая скорость движения пульпы, при гидродинамическом способе очистки коллекторов, рассчитывается по формуле 5.35. Достоверность формулы подтверждена лабораторными и полевыми исследованиями.

Определены минимальные расходы воды для промывки коллекторов установкой УПД-120 (таблица 5.23). Применение для промывки направляющего устройства УНТ-6 и муфты промывочной МПГ-1, разработанных Институтом мелиорации, позволяет повысить производительность очистки.

Применение двухэтапной технологии очистки дренажных трубопроводов от заилиenia гидродинамическим способом, с предварительной оценкой ее состояния устройством ОД-100, частичным ремонтом и последующей промывкой с применением установки УПД-120, снижает трудоемкость и энергоемкость работ на 16,8 – 38,7 %.

В качестве рабочего органа УПД-120 разработана и апробирована конструкция насадки промывочной мягкой (НПМ, патент ВУ11880), отличительной особенностью которой является возможность дополнительного механического воздействия на поток пульпы посредством конусообразных эластичных манжет. Конструкция позволяет снизить время очистки и расход воды на промывку на 21,3% и, при степени заилиenia до 30%, обеспечить очистку трубопровода за один проход.