

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУНКЕРОВ
ДРЕНОУКЛАДОЧНЫХ МАШИН ПО ОТСЫПКЕ
ФИЛЬТРОМАТЕРИАЛОВ В ТРАНШЕИ**

Герbst А. В. – аспирант

ФГНУ "РосНИИПМ"

Приведены экспериментальные данные и построены зависимости изменения коэффициента подвижности гравийно-песчаного фильтра от различных параметров грузового отсека бункера дреноукладчика.

Технология укладки сыпучих объемно-фильтрующих материалов (ОФМ) бункерами включает послойное распределение фильтра по дну траншеи, установку дренажных труб на нижние подстилающие слои, послойное распределение фильтра на трубы при их верхней засыпке.

Высокое качество укладки труб с одновременной их песчано-гравийной обсыпкой достигается при послойном распределении материала с необходимым соблюдением ровной поверхности, равномерной плотности и заданной толщины слоев.

Для изучения закономерности протекания процесса послойного распределения и влияния основных технологических параметров грузовых отсеков бункера на качество разложенного слоя использовалась экспериментальная установка № 1. Основной частью установки № 1 являлся грузовой отсек, выполненный по ширине в натуральную величину, а по высоте равный 2,5 м. Отсек монтировался на тележке, которая

передвигалась на роликах по рельсовому пути общей протяженностью 15 м. Одна из боковых стенок отсека была сделана прозрачной (из органического стекла). Отсек заполняли фильтром послойно с одинаковой толщиной и с цветовым разграничением одного слоя от другого [1].

В процессе эксперимента изменялись: толщина слоя отсыпки в пределах от 0,05 до 0,5 м; длина разгрузочного отверстия вдоль бункера от 0,3 до 1,8 м; угол наклона к вертикали поперечных стенок от 0 до 75°; скорость движения бункера от 0,0014 до 0,083 м/с ($V_B = 5-300$).

Экспериментальная установка № 2 применялась для изучения взаимодействия трубы при выходе из лотка с нижним подстилающим слоем фильтра. Установка состояла из следующих основных элементов: грузового отсека и лотка. Лоток имел следующие параметры: радиус кривизны $R = 1,1; 2,2; 2,6$ и $3,2$ м; высота $H_n = 4,5$ м; угол наклона к горизонтали прямого участка 75°; нижний угол – 0° [1].

Для исследований применяли гофрированные дренажные полиэтиленовые трубы с наружным диаметром $D_{н.тр} = 110; 150$ и 200 мм, длиной $L_{тр}$ по 3, 5, 10 м, соединенные между собой заранее, с навитым на них защитно-фильтрующим материалом (ЗФМ).

В качестве объемного фильтроматериала использовали наиболее часто применяемые песчано-гравийные смеси ($D_{50} = 0,5 \div 8,1$ мм, $\eta = 9,65-15,4$).

Оценка относительной плотности отсыпанного слоя фильтра осуществлялась по величине относительной удельной плотности, которую можно определить по формуле, предложенной автором:

$$P_{\phi} = K \times C_y \times \frac{\Phi_1}{\Phi_2}, \quad (1)$$

где C_y – количество ударов плотномера;

$K = 65$ кПа/м – удельный коэффициент пропорциональности;

Φ_1 – площадь наконечника стандартного плотномера ДОРНИИ, равная 0,0001 м²;

Φ_2 – площадь наконечника плотномера, равная 0,005 м².

Замер толщины слоя отсыпки фильтра производился через каждые 0,25 м при помощи теодолита и геодезической рейки.

Скорость истечения фильтра определялась при помощи "меченых" гранул. Замеряя время опускания гранул вниз отсека и зная высоту загрузки отсека фильтром, подсчитывалась средняя скорость движения фильтра (ОФМ).

Количество опытов для определения критического соотношения длины горизонтального разгрузочного отверстия к толщине разложенного слоя фильтра при надежности 0,99 не превышало 15.

Обработка экспериментальных данных производилась по общепринятой методике – методами математической статистики.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что на качество отсыпанного слоя существенное влияние оказывает характер процесса послойного распределения фильтроматериала.

Были выявлены два различных процесса послойного распределения фильтра: локальный и гидравлический.

Локальный процесс происходит при движении фильтра вниз на определенном участке отсека, тогда как другая часть фильтра находится в пассивной зоне, не участвующей в истечении.

В процессе движения бункера неподвижная призма фильтра уплотняется, достигая максимума. Отсыпанные слои песчано-гравийного фильтра имеют неравномерную плотность. Относительная удельная плотность слоя отсыпки фильтра колеблется в пределах от 15,6 до 19,5 кПа/м. Поверхность слоя отсыпки при локальном процессе образуется с

разрывами. Толщина этого слоя имела отклонения от заданной на 40 % и более.

При гидравлическом процессе при истечении вниз и послойной раскладке участвует вся масса фильтра. Участие в движении всей массы фильтроматериала приводит его в разрыхленное состояние с коэффициентом разрыхления для применяемых ОФМ, равным $1,1 \div 1,3$. При таком процессе слой материала распределяется на дне траншеи с равномерной плотностью.

Величина удельной относительной плотности слоя отсыпки в этом случае составляла 16,9 кПа/м. Отсыпанный слой ОФМ имел ровную поверхность без разрывов. В гидравлическом процессе послойного распределения ОФМ возникающие тяговые сопротивления наименьшие.

Существенное воздействие на характер процесса послойного распределения фильтроматериала оказывает величина соотношения основных технологических параметров (длина разгрузочного отверстия вдоль бункера L , отнесенная к толщине разложенного слоя h).

Переход локального процесса в гидравлический происходит при соотношении $\frac{L}{h}$, равном критическому $\frac{L}{h}(кр)$, величина которого зависит в основном от физико-механических свойств песчано-гравийного фильтра. По результатам экспериментальных исследований, критическое соотношение для фильтра с $D_{50}=0,5 \div 8,1$ мм равно $3,6 \div 4,4$.

Критическое соотношение с учетом зависимости от угла внутреннего трения фильтра может быть выражено эмпирической формулой, полученной автором в результате экспериментальных исследований:

$$\frac{L}{h} (кр) = 10,32 \times e^{-1,7 \times r}, \quad (2)$$

где L – длина разгрузочного отверстия вдоль бункера, м;

h – толщина слоя отсыпки фильтра;

ρ – угол внутреннего трения сыпучего фильтроматериала, рад.;

e – натуральное число.

Установлено, что для песчано-гравийного фильтра, содержащего 6,24; 4,85 и 3,2 % частиц крупностью менее 0,01 мм (соответственно с $D_{50}=1,3$; 4,3 и 8,1 мм) при весовой влажности 4–6 %, процесс послойного распределения прекращается из-за сводообразования. Расход фильтроматериала с $D_{50}=8,1$ мм меньше примерно на 25–30 %, чем при раскладке с $D_{50}=0,5$ мм.

Экспериментальные данные позволяют считать, что процесс послойного распределения фильтра с изоляцией труб рационально осуществлять при гидравлическом процессе раскладки ОФМ.

На примере основного показателя, учитывающего качество послойного распределения фильтра, был выбран коэффициент подвижности фильтра K_{η} . Коэффициент подвижности фильтроматериала определяется по формуле, полученной автором:

$$K_h = \frac{Q_{ДВ}}{Q} = \frac{10,32 \times B \times (H_3 - 0,5 \times h) \times e^{-1,7 \times r} \times h \times K_{pl}}{Q}, \quad (3)$$

где $Q_{ДВ}$ – объем фильтроматериала, участвующий в движении при послойной раскладке, м³;

Q – полный объем ОФМ в отсеке, м³;

B – ширина слоя отсыпки, м;

K_{pl} – коэффициент разрыхления фильтроматериала.

При рациональном процессе послойного распределения коэффициент подвижности фильтра для грузовых отсеков дренаукладчиков равен: $K_{\eta} = 0,80 \div 0,85$. Изучение характера послойного распределения сыпучих ОФМ позволило установить, что существенное влияние на качество слоя отсыпки оказывают следующие параметры:

длина разгрузочного отверстия, толщина слоя отсыпки фильтроматериала, угол наклона к вертикали поперечных стенок грузовых отсеков, скорость истечения фильтроматериала из отсека.

Рациональными параметрами считали те, принятие которых обеспечивало максимальное значение коэффициента подвижности фильтра ($K_{\eta}=0,80 \div 0,85$). При уменьшении длины разгрузочного отверстия коэффициент подвижности фильтра возрастает (рис. 1). Уменьшение длины разгрузочного отверстия от 1,8 до 0,4 м для фильтра с $D_{50}=2,2$ мм при толщине слоя отсыпки, равной 0,1 м, приводит к увеличению K_{η} от 0,26 до 0,8. Для каждого значения толщины слоя ОФМ существуют определенные параметры длины разгрузочного отверстия, при которой коэффициент подвижности фильтра достигает максимального значения.

Так, для толщины слоя, равной 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 м, длина разгрузочного отверстия соответственно равна 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 м. Длина разгрузочного отверстия в зависимости от толщины слоя при послойном распределении фильтра с $D_{50}=0,5 \div 8,1$ мм находится в диапазоне:

$$L = (3,6 \div 4,4) \times h. \quad (4)$$

С увеличением толщины слоя отсыпки ОФМ при одинаковом поперечном сечении горизонтального разгрузочного отверстия возрастает коэффициент подвижности фильтроматериала. Например, при послойном распределении фильтра с $D_{50}=2,2$ мм из разгрузочного отверстия $L=1,2$ м для толщины разложенного слоя $h=0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25$ м коэффициент подвижности фильтра составляет соответственно 0,28; 0,4; 0,54; 0,65; 0,76 (рис. 2).

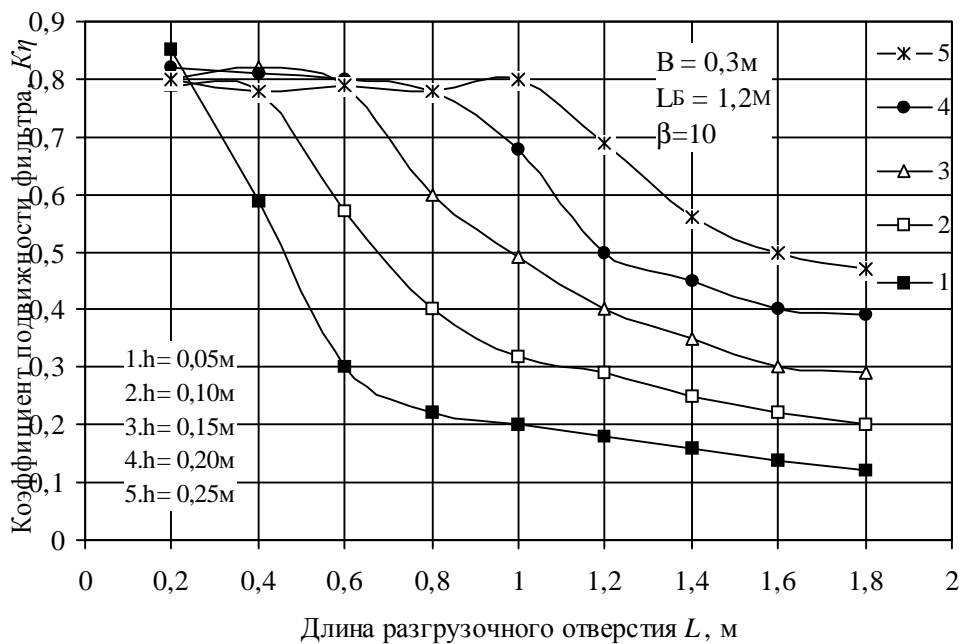


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента подвижности песчано-гравийного фильтра от длины разгрузочного отверстия L , м

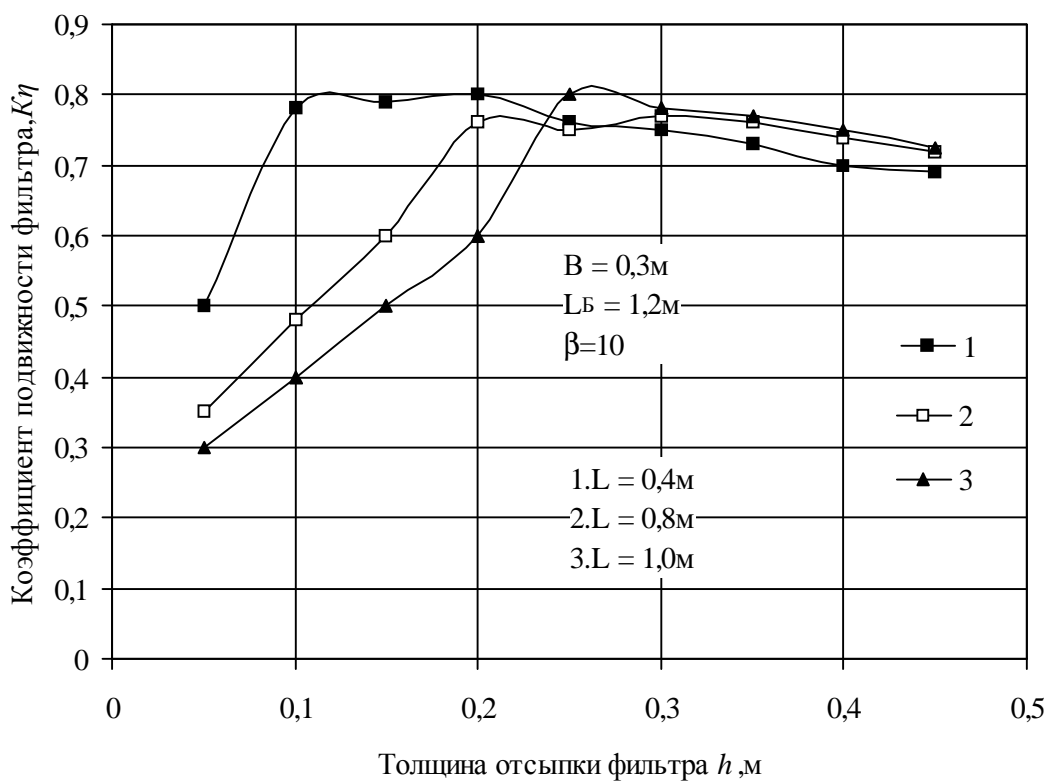


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента подвижности песчано-гравийного фильтра от толщины слоя отсыпки h , м

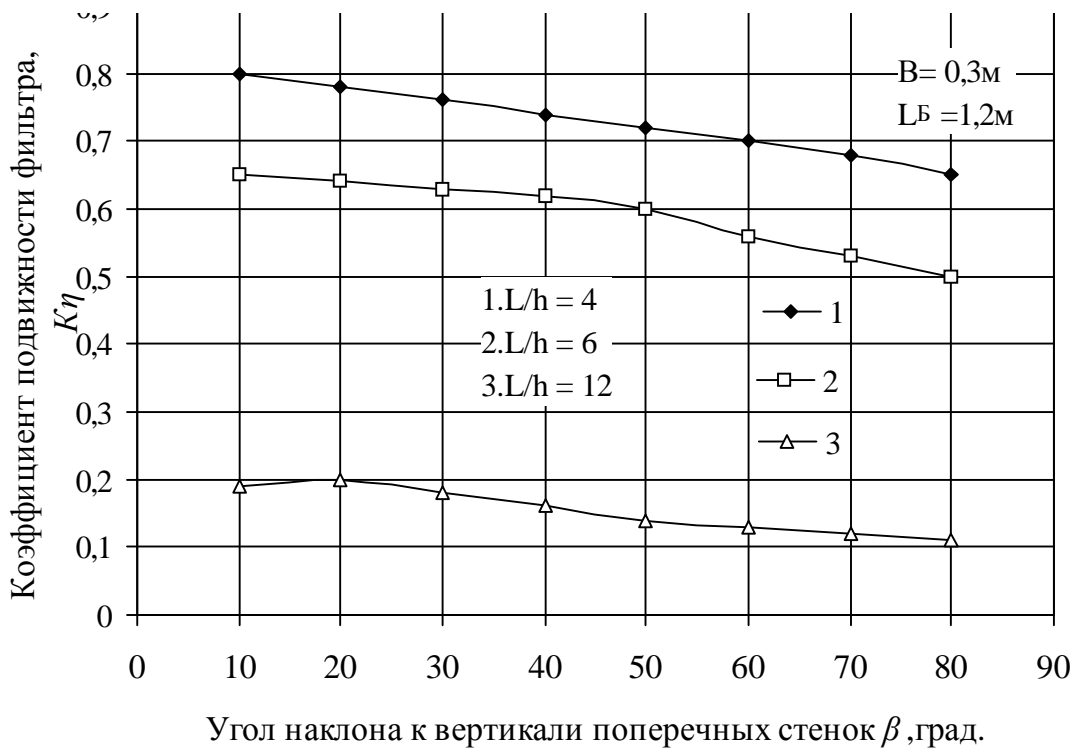


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента подвижности песчано-гравийного фильтра от угла наклона к вертикали поперечных стенок бункера, β

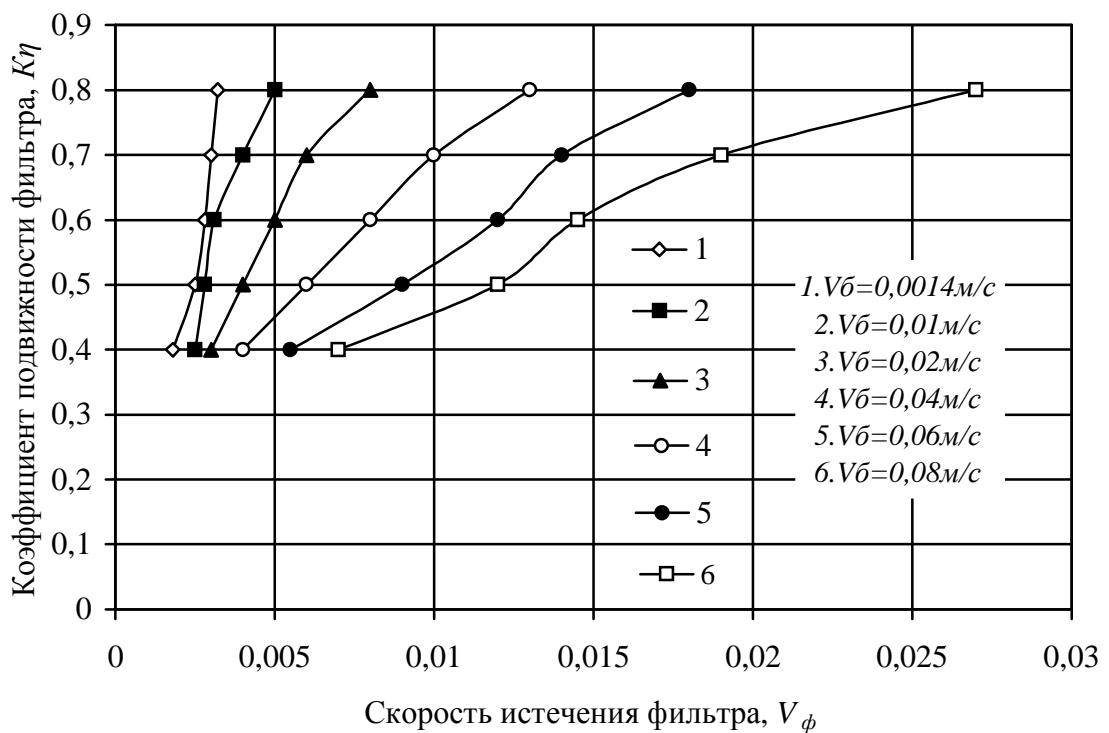


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента подвижности песчано-гравийного фильтра от скорости его истечения, V_ϕ

В результате экспериментальных исследований установлено, что толщина слоя отсыпки фильтроматериала с $D_{50}=0,5-8,1$ мм при его распределении равна:

$$h = (0,22 \div 0,27) \times L. \quad (5)$$

Угол наклона к вертикали поперечных стенок отсека влияет на коэффициент подвижности фильтра. При увеличении угла к вертикали от 10° до 75° – K_η – уменьшается на $18 \div 20$ % (рис. 3). Для различных песчано-гравийных фильтров существует вполне определенный критический угол наклона поперечных стенок грузового отсека к вертикали, при котором фильтрующий материал начинает скользить по поверхности наклонной стенки. При этом величина критического угла зависит лишь от физико-механических свойств песчано-гравийного фильтра и равна $20-30^\circ$ для смесей с $D_{50}=0,5 \div 8,1$ мм. Была установлена взаимосвязь между коэффициентом подвижности фильтроматериала и скоростью его истечения. С возрастанием значения коэффициента K_η скорость истечения фильтроматериала увеличивается (рис. 4).

Таким образом, скорость истечения фильтра из грузового отсека при $K_\eta=0,8$ можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_\phi = \frac{h}{L} * V_B. \quad (6)$$

Расхождение опытных и теоретических значений скорости истечения фильтроматериалов составляет не более 5 %. На основании экспериментальных исследований установлено, что устойчивость труб под влиянием верхней послойной засыпки зависит от силы давления фильтра на трубу. Снижение силы давления фильтроматериалов на дренажную трубу отрицательно влияет на ее устойчивость и сохранение уклона дренажной линии, а повышение давления препятствует ее всплытию и вспучиванию при завоздушивании

системы, что обеспечивает долговечность и надежность работы закрытого горизонтального дренажа (ЗГД) в зоне орошения.

Список литературы

1. Панченко, А. Н. Практические рекомендации по выбору параметров бункеров дренажных машин / А. Н. Панченко. – Ашхабад : ТуркмениНТИ, 1977. – № 159.