Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Волжский государственный университет водного транспорта"

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.В.Д16 Энергетические установки судов вспомогательного флота и их эксплуатация

Профиль	Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания
Институт	Пермский филиал
	Отделение высшего образования
Специальность	26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов/зачетных единиц	Семестры
		7
Практические занятия	24 Часы	24
Лабораторные работы	12 Часы	12
Лекции	24 Часы	24
СРС	48 Часы	48
Дифференцированный зачет	0 Часы	

2. Место дисциплины в структуре ООП

Код дисциплины	Наименование блока	Трудоемкость дисциплины, з.е.
Б1.В.16	Блок 1 Дисциплины (модули) (Часть, формируемая участниками образовательных отношений)	3

3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Практические занятия	Лабораторные работы	Лекции	СРС	Дифференцированный зачет	Всего
1	Раздел 1 Введение. Основные термины и определения.	2 Часы	2 Часы	2 Часы	4 Часы		10 Часы
2	Раздел 2 Служебно-вспомогательные суда. Служебные суда. Суда технического флота.	2 Часы	2 Часы	2 Часы	4 Часы		10 Часы
3	Раздел 3 Основные понятия по подводной добыче полезных ископаемых. Основные сведения о разрабатываемых грунтах и их классификация.	2 Часы	2 Часы	2 Часы	4 Часы		10 Часы
4	Раздел 4 Дноуглубительные снаряды	2 Часы	2 Часы	2 Часы	4 Часы		10 Часы
5	Раздел 5 Многочерпаковые снаряды	2 Часы	2 Часы	2 Часы	4 Часы		10 Часы
6	Раздел 6 Землесосные снаряды	2 Часы	2 Часы	2 Часы	4 Часы		10 Часы
7	Раздел 7 Передача вращающего момента главного двигателя движителю	2 Часы		2 Часы	4 Часы		8 Часы
8	Раздел 8 Судовой валопровод	2 Часы		2 Часы	4 Часы		8 Часы
9	Раздел 9 Топливная система	2 Часы		2 Часы	4 Часы		8 Часы
10	Раздел 10 Система смазывания	2 Часы		2 Часы	4 Часы		8 Часы
11	Раздел 11 Система водяного охлаждения.	2 Часы		2 Часы	4 Часы		8 Часы
12	Раздел 12 Система сжатого воздуха. Система газовыпуска. Итоговый тест.	2 Часы		2 Часы	4 Часы		8 Часы

4. Компетенции обучающегося, формируемые в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Формируемые компетенции							
1	Раздел 1 Введение. Основные термины и определения.	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;ПК-36.У.1;ПК-36.В.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;ПК-37.У.1;ПК-37.В.1;)						
2	Раздел 2 Служебно-вспомогательные суда. Служебные суда. Суда технического флота.	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
3	Раздел 3 Основные понятия по подводной добыче полезных ископаемых. Основные сведения о разрабатываемых грунтах и их классификация.	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
4	Раздел 4 Дноуглубительные снаряды	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
5	Раздел 5 Многочерпаковые снаряды	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
6	Раздел 6 Землесосные снаряды	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
7	Раздел 7 Передача вращающего момента главного двигателя движителю	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
8	Раздел 8 Судовой валопровод	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
9	Раздел 9 Топливная система	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
10	Раздел 10 Система смазывания	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						
11	Раздел 11 Система водяного охлаждения.	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;ПК-36.У.1;ПК-36.В.1;ПК-37.З.1;ПК-37.У.1;ПК-37.В.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-36.;ПК-36.;ПК-36.;ПК-37.;ПК-37.;ПК-37.;)						
12	Раздел 12 Система сжатого воздуха. Система газовыпуска. Итоговый тест.	ПК-36.(ИДК: ПК-36.З.1;)	ПК-37.(ИДК: ПК-37.З.1;)						

5. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих компетенций:

№ п/п	компетенции	Индикатор достижения		
		Знать	Уметь	Владеть
1	Способен осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов	ПК-36.З.1 Оборудование, элементы и системы оборудования судов	ПК-36.У.1 Осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования судов	ПК-36.В.1 Методиками выбора оборудования, элементов и систем оборудования судов
2	Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации	ПК-37.З.1 Эксплуатационную документацию	ПК-37.У.1 Осуществлять разработку эксплуатационной документации	ПК-37.В.1 Методиками разработки эксплуатационной документации

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих требуемых Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года стандартов компетентности:

№ п/п	Таблица	Функция	Сфера компетентности
1			

6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение программы

6.1 Помещения и оборудование

№ п/п	Вид помещений	Оснащение помещений	№ помещений
1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	оборудование и технические средства обучения (Стул (32 ед.); парты (19 ед.); мультимедийное оборудование (1ед.); стол аудиторный (18 ед.); доска (1 ед.) (663))	663
2	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду университета	462

6.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование
1	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Договор №44/109-15 от 28.12.2015 (бессрочно))
2	Microsoft Office ProPlus 2013 (Договор №44/59-18 от 09.04.2018 (бессрочно))

6.3 Карта обеспеченности печатными и(или) электронными изданиями и электронными образовательными ресурсами

№ п/п	Наименование источника	Год издания	Ресурс	Количество экземпляров

1	Крайнова, В.В. Методические указания по организации и выполнению внеаудиторной (самостоятельной) работы [Электронный ресурс] : для преподавателей и студ.по направлениям подготовки (спец.) высш.и сред.проф.образования / В. В. Крайнова ; ВГУВТ. - Н.Новгород, 2018. - 1 текст/файл. - Авторский вариант. – Режим доступа: http://94.100.87.24:8080/MarcWeb/Tmp/f15520.pdf	2 018	Электронный ресурс	0
2	Беспалов, В.И.;Судовые энергетические установки;конспект лекций для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403;Беспалов, В.И.Колыванов, В.В.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 012	Текст	192
3	Арефьев, Н.Н.;Расчет и выбор основного оборудования грунтонасосных установок и гидравлических рыхлителей землесосных снарядов;метод.указания и контр.задания к выполн.расчет.-граф.работы для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403, 180405;Арефьев, Н.Н.Попов, Н.Ф.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 013	Текст	292
4	Арефьев, Н.Н.;Расчет и выбор основного оборудования грунтонасосных установок и гидравлических рыхлителей землесосных снарядов;метод.указания и контр.задания к выполн.расчет.-граф.работы для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403, 180405;Арефьев, Н.Н.Попов, Н.Ф.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 013	Электронный ресурс	0
5	Арефьев, Н.Н.;Грунтовые центробежные насосы землесосных снарядов (устройство, эксплуатация, расчет и проектирование);учебно-метод.пособие для студ.очн.и заочн.обучения спец.260506;Арефьев, Н.Н.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 016	Электронный ресурс	0
6	Беспалов, В.И.;Судовые энергетические установки;конспект лекций для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403;Беспалов, В.И.Колыванов, В.В.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 012	Электронный ресурс	0
7	Беспалов, В.И.;Судовые энергетические установки;конспект лекций для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403;Беспалов, В.И.Колыванов, В.В.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 012	Текст	192
8	Арефьев, Н.Н.;Расчет и выбор основного оборудования грунтонасосных установок и гидравлических рыхлителей землесосных снарядов;метод.указания и контр.задания к выполн.расчет.-граф.работы для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403, 180405;Арефьев, Н.Н.Попов, Н.Ф.-Н.Новгород,ВГАВТ; <null> ;	2 013	Текст	141
9	Арефьев, Н.Н.;Грунтовые центробежные насосы землесосных снарядов (устройство, эксплуатация, расчет и проектирование);учебно-метод.пособие для студ.очн.и заочн.обучения спец.260506;Арефьев, Н.Н.-Н.Новгород,ВГУВТ; <null> ;	2 016	Текст	100
10	Арефьев, Н.Н.;Расчет и выбор основного оборудования грунтонасосных установок и гидравлических рыхлителей землесосных снарядов;метод.указания и контр.задания к выполн.расчет.-граф.работы для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403, 180405;Арефьев, Н.Н.Попов, Н.Ф.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 013	Электронный ресурс	0
11	Арефьев, Н.Н.;Грунтовые центробежные насосы землесосных снарядов (устройство, эксплуатация, расчет и проектирование);учебно-метод.пособие для студ.очн.и заочн.обучения спец.260506;Арефьев, Н.Н.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 016	Электронный ресурс	0
12	Беспалов, В.И.;Судовые энергетические установки;конспект лекций для студ.очн.и заочн.обучения спец.180403;Беспалов, В.И.Колыванов, В.В.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 012	Электронный ресурс	0
13	Колыванов, В.В.;Лабораторный практикум по дисциплине: Судовые энергетические установки;для студентов [по направлению подготовки 26.05.06];Колыванов, В.В.Матвеев, Ю.И. Храмов, М.Ю.-Н.Новгород,<null>; <null> ;http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 020	Электронный ресурс	0
14	Колыванов, В.В.;Лабораторный практикум по дисциплине: Судовые энергетические установки;для студентов [по направлению подготовки 26.05.06];Колыванов, В.В.Матвеев, Ю.И. Храмов, М.Ю.-Н.Новгород,ВГУВТ; <null> ;	2 020	Текст	50
15	Таращан, Н.Н.;Судовые энергетические установки;учебное пособие;Даничкин, В.Н.Таращан, Н.Н.Чемодаков, А.Л.-Владивосток,<null>; URL: https://reader.lanbook.com/book/171803#1 (дата обращения: 20.03.2023). - Режим доступа: для авториз.пользователей ;<null>	2 018	Электронный ресурс	0
16	Колпаков, Б.А.;Судовые энергетические установки;учебное пособие;Андрющенко, С.П.Колпаков, Б.А.Коновалов, В.В.Лебедев, Б.О.-Новосибирск,<null>; URL: https://reader.lanbook.com/book/147155 (дата обращения: 20.03.2023). - Режим доступа: для авториз.пользователей ;<null>	2 019	Электронный ресурс	0
17	Железняк, А.А.;Судовые энергетические установки;учебное пособие;Железняк, А.А.-Керчь,<null>; URL: https://reader.lanbook.com/book/140624#1 (дата обращения: 20.03.2023). - Режим доступа: для авториз.пользователей ;<null>	2 019	Электронный ресурс	0

Программа предусматривает возможность применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.
Электронная информационно-образовательная среда университета с возможностью доступа к информационно- телекоммуникационной сети "Интернет" - Режим доступа: http://www.eios.vsuwt.ru/.

6.4 Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование
1	Статистический сборник: Транспорт в России- Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1136983505312
2	Центральная база статистических данных - Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/

6.5 Информационные справочные системы

№ п/п	Наименование
1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
2	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
4	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)

7. Оценочные и методические материалы

Оценочные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, являются приложением к программе.

№ п/п	Индикатор достижения компетенций	Сфера компетентности (МК ПДНВ)	Контролируемые разделы (темы)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения		Процедура оценивания	Критерии оценивания результата обучения и шкала оценивания			
				Вид контроля	Форма контроля		2	3	4	5
							не зачтено	зачтено		
1	ПК-36.З.1, ПК-36.У.1, ПК-36.В.1, ПК-37.З.1, ПК-37.У.1, ПК-37.В.1		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	Текущий контроль	Реферат	16 тем. Длительность подготовки 7 календарных дней. Объем не менее 10 печатных страниц.	Тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы	Имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод	Основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы	Выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы

2	ПК-36.З.1, ПК-36.У.1, ПК-36.В.1, ПК-37.З.1, ПК-37.У.1, ПК-37.В.1		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	Текущий контроль	Лабораторная работа	Оформленный отчет по лабораторной работе подлежит защите.	Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно	Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части позволяет получить правильные результаты и выводы, если в ходе проведения опыта, измерений, вычислений и наблюдений были допущены ошибки	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; но допускает несколько недочетов, оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил в основном на все контрольные вопросы	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил на все контрольные вопросы
3	ПК-36.З.1, ПК-36.У.1, ПК-36.В.1, ПК-37.З.1, ПК-37.У.1, ПК-37.В.1		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	Промежуточная аттестация	Итоговый тест	Тест проводится по окончании курса. 20 вопросов	0-49% правильных ответов	50-69% правильных ответов	70-89% правильных ответов	90-100% правильных ответов
4	ПК-36.З.1, ПК-36.У.1, ПК-36.В.1, ПК-37.З.1, ПК-37.У.1, ПК-37.В.1		1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	Промежуточная аттестация	Дифференцированный зачет	Зачет проводится по окончании курса. Выдается два вопроса из списка. На ответ дается 15 мин.	Обучающийся показывает незнания основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки	Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с литературой, рекомендованной программой	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий при дополнительных вопросах преподавателя	Обучающийся показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала; усвоил рекомендованную литературу; может объяснить взаимосвязь основных понятий в их значении для последующей профессиональной деятельности

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний
Новгород,603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

Профиль Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания

ПК-36. Способен осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов

ПК-37. Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации

Темы для рефератов по дисциплине
«Энергетические установки
судов вспомогательного флота и их эксплуатация»

1. Особенности энергетических установок (ЭУ) бункеровщиков.
2. Особенности ЭУ судов сбора подсланевых вод.
3. Особенности ЭУ гидроперегружателей.
4. Особенности ЭУ добычных землесосных снарядов.
5. Особенности ЭУ дноуглубительных землесосных снарядов.
6. Особенности ЭУ многочерпаковых земснарядов.
7. Особенности ЭУ рейдовых буксиров.
8. Особенности ЭУ лоцманских судов.
9. Особенности ЭУ разъездных судов.
10. Особенности конструкции судов-бункеровщиков.
11. Особенности конструкции судов сбора подсланевых вод.
12. Особенности конструкции гидроперегружателей.
13. Особенности конструкции добычных землесосных снарядов.
14. Особенности конструкции дноуглубительных землесосных снарядов.
15. Особенности конструкции многочерпаковых земснарядов.
16. Особенности конструкции рейдовых буксиров.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний
Новгород,603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

Профиль Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания

ПК-36. Способен осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов

ПК-37. Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации

Лабораторная работа по дисциплине:

«Энергетические установки судов вспомогательного флота и их эксплуатация»

Введение

В процессе изучения дисциплины «Энергетические установки судов вспомогательного флота и их эксплуатация» студенты выполняют задание по расчету грунтонасосной установки и гидравлического рыхлителя для заданного типа грунтоприемника землесосного снаряда, а также по выбору энергетического и технологического оборудования. Задание должно быть выполнено с текстовыми пояснениями входящих в расчетные формулы величин, обоснованием выбора их численных значений со ссылкой на литературные источники. Пояснения и обоснования должны быть краткими, но исчерпывающими, не следует загромождать работу заимствованным из книг материалом.

Прежде чем приступить к выполнению работы, необходимо ознакомиться с материалом по грунтонасосным установкам землесосных снарядов [1, 2, 3] и внимательно прочесть данные методические указания. Варианты заданий приведены в таблице 4. Вариант выбирается по двум последним цифрам шифра зачетной книжки или определяется преподавателем.

1. Общие указания

Грунтонасосная установка землесосного снаряда включает в себя грунтовой насос, главный двигатель и грунтопроводы. Расчет ее в зависимости от характера решаемых задач имеет различное содержание. При разработке нового землесосного снаряда техническим заданием на проектирование часто регламентируется производительность по грунту, дальность его отвода и другие параметры, указанные в таблице вариантов заданий.

Целью расчетов, выполняемых в данной работе, является определение диаметра грунтопроводов, технических показателей грунтового насоса, определение частоты его вращения, выбор главного двигателя, оценка производительности землесосного снаряда при полном использовании мощности выбранного двигателя, расчет гидравлического рыхлителя для заданного типа грунтоприемника, выбор насоса в системе гидравлического рыхления грунта. Основные характеристики современного энергетического и технологического оборудования, необходимого для выполнения работы, приведены в приложениях данных методических указаний.

В зависимости от вида выполняемых работ (транзитное дноуглубление, капитальные дноуглубительные работы, добыча песка и ПГС и т.п.) землесосные снаряды оснащаются различными типами грунтоприемников: щелевидными с криволинейным фронтом размыва (грунтоприемники профессора П.П. Пухова); экскаваторными с принудительным подводом грунта (грунтоприемники профессора А.С. Старикова); уширенными; секционными; мониторными с принудительным подводом грунта. Для каждого варианта задания указывается тип грунтоприемника, который должен рассчитать студент в своей работе.

2. Расчет грунтонасосной установки землесосного снаряда

2.1. Расчет диаметра грунтопровода

Внутренний диаметр нагнетательного грунтопровода D является одним из важнейших параметров грунтонасосной установки. Его можно определить, м, по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{см}}{\pi V}}\,, \qquad (1)$$

где $Q_{см}$ – подача грунтового насоса по водогрунтовой смеси, м^3/с;

V – скорость движения водогрунтовой смеси, м/с.

В свою очередь

$$Q_{см} = \frac{1{,}07 q_{гр}}{\frac{\rho}{\rho_в} - 1}\,, \qquad (2)$$

где $q_{гр}$ – производительность по грунту, м^3/с: $q_{гр} = Q_{гр}/3600$;

$Q_{гр}$ – производительность по грунту, м^3/ч;

ρ – плотность водогрунтовой смеси, кг/м^3;

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3.

Расчетную плотность водогрунтовой смеси выбирают в зависимости от назначения землесосного снаряда и типа грунтозаборного устройства. Для землесосных снарядов с гидравлическими рыхлителями, разрабатывающих песчаные грунты, можно принять ρ = 1200 кг/м^3.

Среднюю скорость V движения водогрунтовой смеси в нагнетательном грунтопроводе на данном этапе расчета можно принять равной критической скорости $V_{кр}$, м/с.

При ρ = 1200 кг/м^3 можно принять

$$V_{кр} = 2{,}2\sqrt{gD}\,, \qquad (3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Из (1), (2) и (3) следует

$$D = \left(\frac{0{,}2 q_{гр}}{\frac{\rho}{\rho_в} - 1} \right)^{0{,}4}\,. \qquad (4)$$

Полученный в результате расчета диаметр грунтопровода необходимо округлить до стандартного в соответствии с ГОСТ [4, 5]. В расчетах можно принять условный диаметр ($D = D_у$), который равен [4, 5], мм: 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000.

После этого определяется скорость $V_р$ движения водогрунтовой смеси в грунтопроводе принятого диаметра:

$$V_р = \frac{4{,}28 q_{гр}}{(\frac{\rho}{\rho_в} - 1)\pi D^2} \cdot \quad (5)$$

Диаметр всасывающего грунтопровода $D_{вс}$ (для уменьшения скорости движения водогрунтовой смеси в нем) часто принимают несколько большим, чем нагнетательного. Поэтому если округление расчетного значения D до стандартного было сделано в меньшую сторону, то $D_{вс}$ следует принять на шаг стандартных диаметров большим, чем D. При округлении в большую сторону принимается $D_{вс} = D$.

2.2. Расчет и построение характеристик грунтопровода

Под характеристикой грунтопровода понимают зависимость потерь напора в грунтопроводе от скорости движения водогрунтовой смеси или подачи грунтового насоса. С использованием характеристики грунтопровода при известной мощности главного двигателя можно определить технические показатели грунтового насоса, необходимые для его проектирования или выбора из числа имеющихся. С помощью характеристики грунтопровода решаются и эксплуатационные вопросы – определяются производительность землесосного снаряда по грунту и режим работы главного двигателя для заданных условий эксплуатации.

Суммарные потери в нагнетательном и всасывающем грунтопроводах можно определять, не принимая во внимание разность их диаметров, так как потери трения и в местных сопротивлениях всасывающего грунтопровода, которые зависят от диаметра, относительно невелики. Поэтому неточность в их расчете заметной роли не играет.

При указанном условии потери напора в грунтопроводе $H_{гр}$ можно представить в виде суммы следующих слагаемых, м:

$$H_{гр} = h_{гр} + h_{п1} + h_{п2} + h_т + h_м + h_V , \quad (6)$$

где $h_{гр}$ – потери в грунтоприемнике, м;

$h_{п1}$ – затраты напора на подъем грунта до уровня воды, м;

$h_{п2}$ – затраты напора на подъем водогрунтовой смеси до уровня сброса, м;

$h_{т}$ – потери напора на трение, м;

$h_{м}$ – потери напора в местных сопротивлениях, м;

h_V – затраты напора на создание скорости в выходном сечении грунтопровода, м.

Значение $h_{гр}$ зависит от многих случайных факторов и не поддается строгому учету. Для грунтозаборных устройств с гидравлическими рыхлителями его можно принять равным 1 м.

Величины $h_{п1}$ и $h_{п2}$ определяются по формулам, м:

$$h_{п1} = H_1\left(1-\frac{\rho_{в}}{\rho}\right); \qquad h_{п2} = H_{сб}, \tag{7}$$

где H_1 – глубина разработки грунта, м;

$H_{сб}$ – возвышение выкидного патрубка грунтопровода над уровнем воды, м.

Потери напора, м, на трение можно вычислить по выражению

$$h_{т} = h_0\left[1+109(Fr^2\sqrt{C_{хср}})^{-1,5}(\frac{\rho}{\rho_{в}}-1)\right]\frac{\rho_{в}}{\rho}, \tag{8}$$

где h_0 – потери напора на трение при движении воды, м;

Fr – число Фруда для воды;

$\sqrt{C_{хср}}$ – коэффициент, зависящий от крупности твердых частиц.

Потери напора, м, при движении воды

$$h_0 = \lambda\frac{V^2 L}{2gD}, \tag{9}$$

где λ – коэффициент трения;

L – длина грунтопровода, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Значение λ является функцией числа Рейнольдса Re:

$$\mathrm{Re} = \frac{V\,D}{\gamma}, \tag{10}$$

где γ – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с.

При температуре воды t = 15°С можно принять $\gamma = 1{,}14 \cdot 10^{-6}$ м^2/с.

В зависимости от значения Re коэффициент λ для гидравлически гладких труб определяется или по формуле Блазиуса (при $\mathrm{Re} < 10^6$)

$$\lambda = 0{,}316\,\mathrm{Re}^{-0{,}25}, \tag{11}$$

или по формуле Никурадзе (при $\mathrm{Re} > 10^6$)

$$\lambda = 0{,}0032 + 0{,}221\,\mathrm{Re}^{-0{,}237}. \tag{12}$$

Число Фруда при движении водогрунтовой смеси определяется по выражению

$$\mathrm{Fr} = \frac{V}{\sqrt{gD}}. \tag{13}$$

Необходимо обратить особое внимание, что при движении водогрунтовой смеси в режимах с заилением грунтопровода, т.е. при $V \leq V_{кр}$, в расчетах потерь напора на трение $h_т$ нужно принять: $V = V_{кр}$;

$$\mathrm{Fr} = \frac{V_{кр}}{\sqrt{gD}} = \mathrm{const}; \tag{14}$$

$$h_0 = \lambda_{кр} \frac{V_{кр}^2 L}{2gD} = \mathrm{const}, \tag{15}$$

где $\lambda_{кр}$ – коэффициент трения при $\mathrm{Re} = \frac{V_{кр} D}{\gamma}$.

Основным видом местных сопротивлений $h_м$ в стальных грунтопроводах речных дноуглубительных землесосных снарядов являются гибкие шаровые соединения плавучего грунтопровода. Каждое соединение имеет свой угол изгиба, от которого зависят потери, и который не поддается строгому учету. Поэтому удобнее определять местные потери не для каждого источника сопротивления, а рассматривать их как часть потерь на трение [1, 2], используя коэффициент α:

$$\alpha = \frac{h_0}{h_0 + h_{0м}}, \tag{16}$$

где $h_{0м}$ – местные потери напора в грунтопроводе при движении воды, м.

В расчетах значения α можно принять по табл. 1.

Таблица 1. **Значения α для некоторых стандартных диаметров грунтопровода**

D, мм	250	300	350	400	450	500	600	≥ 700
α	0,29	0,39	0,46	0,51	0,55	0,58	0,61	0,625

Потери напора $h_м$ в местных сопротивлениях при движении водогрунтовой смеси со скоростью $V_{кр} < V < 1,3V_{кр}$ можно определить по выражению

$$h_м = \frac{1-\alpha}{\alpha} h_0 \{1 + 1,6\alpha[\frac{\rho_в}{\rho} - 1 - 3,33(\frac{\rho_в}{\rho} - 1)(\frac{V}{V_{кр}} - 1)]\}. \quad (17)$$

При $V \le V_{кр}$

$$h_м = \frac{1-\alpha}{\alpha} h_0 [1 + 1,6\alpha(\frac{\rho_в}{\rho} - 1)]. \quad (18)$$

Значение h_0 при расчете потерь в местных сопротивлениях определяется для средней скорости V по формуле (9) с учетом (10) независимо от слоя осадка грунта в грунтопроводе, так как в районе местного сопротивления он обычно отсутствует.

Затраты напора h_V, м, на создание скорости в выходном сечении грунтопровода можно определить по выражению

$$h_V = \frac{V^2}{2g}. \quad (19)$$

Для построения графической характеристики грунтопровода рекомендуется определить потери напора $H_{гр}$ для скорости движения водогрунтовой смеси $V = V_р$, для критической скорости $V = V_{кр}$ и значений, равных $V = 0,75\ V_{кр}$ и $V = 1,25\ V_{кр}$. Расчеты выполняются в зависимости от скорости движения водогрунтовой смеси по формулам, приведенным в табл. 2.

Таблица 2. **Формулы расчета потерь напора**

Скорость V		Формулы расчета					
		$h_{гр}$	$h_{п1}$, $h_{п2}$	$h_т$	$h_м$	h_V	$H_{гр}$
$V = 0{,}75V_{кр}$		1м	(7)	(8), (14), (15)	(18), (9), 10), (13)	(19)	(6)
$V = V_р$	$V_р \le V_{кр}$			(8), (14), (15)	(18), (9), (10), (13)		
	$V_р > V_{кр}$			(8), (9), (10), (13)	(17), (9), (10), (13)		
$V = V_{кр}$				(8), (14), (15)	(18), (9), (10), (13)		
$V = 1{,}25V_{кр}$				(8), (9), (10), (13)	(17), (9), (10), (13)		

В тексте работы должны содержаться все промежуточные вычисления. По четырем точкам расчета строится графическая характеристика зависимости $H_{гр} = f(V)$.

2.3. Определение технических показателей грунтового насоса и выбор главного двигателя

По напору, соответствующему расчетной скорости $V_р$, и ранее определенной по (2) подаче $Q_{см}$ рассчитывается мощность грунтового насоса N, кВт:

$$N = \frac{\rho g H Q_{см}}{10^3 \eta}, \qquad (20)$$

где η – коэффициент полезного действия грунтового насоса (в расчетах можно принять $\eta = 0{,}7$); $[\rho]$ = кг/м^3, $[g]$ = м/с^2, $[H]$ = м, $[Q_{см}]$ = м^3/с.

Для выбора главного двигателя, кроме мощности, необходимо знать допустимые границы частоты вращения рабочего колеса грунтового насоса.

Максимальную частоту вращения рабочего колеса грунтового насоса ограничивают для повышения износостойкости входных элементов насоса и его надежности. С уменьшением частоты вращения снижается интенсивность абразивного изнашивания и уменьшаются действующие на ротор динамические нагрузки, связанные с неизбежным дисбалансом рабочего колеса и забиванием каналов проточной части крупными предметами. Полагают также, что уменьшение частоты вращения способствует улучшению кавитационных свойств насоса.

Интенсивность абразивного изнашивания входных элементов рабочего колеса зависит от окружной скорости на входе u_1. Приняв максимальное значение этой скорости для насосов с дизельным приводом $u_1^{\max} = 12$ м/с и учитывая, что диаметр входа на лопасти рабочего колеса близок к диаметру грунтопровода D, получим [1], об/мин:

$$n^{\max} = \frac{230}{D}. \qquad (21)$$

Минимальная частота вращения рабочего колеса грунтового насоса ограничивается, хотя и не очень строго, наименьшим значением коэффициента быстроходности $n_S^{\min} = 60$. Из этого условия получим [1], об/мин:

$$n^{\min} = 17\frac{H^{3/4}}{\sqrt{Q_{\text{см}}}}. \qquad (22)$$

По мощности и диапазону частоты вращения выбирается главный двигатель по приложению А. Мощность его принимается ближайшей к расчетной, полученной по (20).

В качестве главного двигателя необходимо выбрать дизель. Привод насоса может осуществляться напрямую или через редуктор. Предпочтение следует отдать двигателям с наименьшим удельным расходом топлива.

У грунтового насоса не требуется изменять направление вращения, поэтому выбирается нереверсивный двигатель. Однако, учитывая, что ряд судовых дизелей выпускается только в реверсивном исполнении или с реверс-редукторами, их можно устанавливать и на землесосных снарядах.

Из-за ограниченного числа пригодных к установке двигателей мощность их будет в большей или меньшей степени отличаться от расчетной. Поэтому для определения уточненных значений напора и подачи грунтового насоса, а также производительности землесосного снаряда по грунту, необходимо найти точку пересечения построенной ранее характеристики грунтопровода $H_{\text{гр}} = f(V)$ с кривой $H = f(V)$, соответствующей номинальной мощности двигателя (рис. 1). Эта кривая строится по уравнению [1], м:

$$H = \frac{10^3 N_д \eta}{\rho g Q_{см}} = \frac{4 \cdot 10^3 N_д \eta}{\rho g \pi D^2 V}, \qquad (23)$$

где $N_д$ – мощность двигателя или на выходном валу редуктора, кВт.

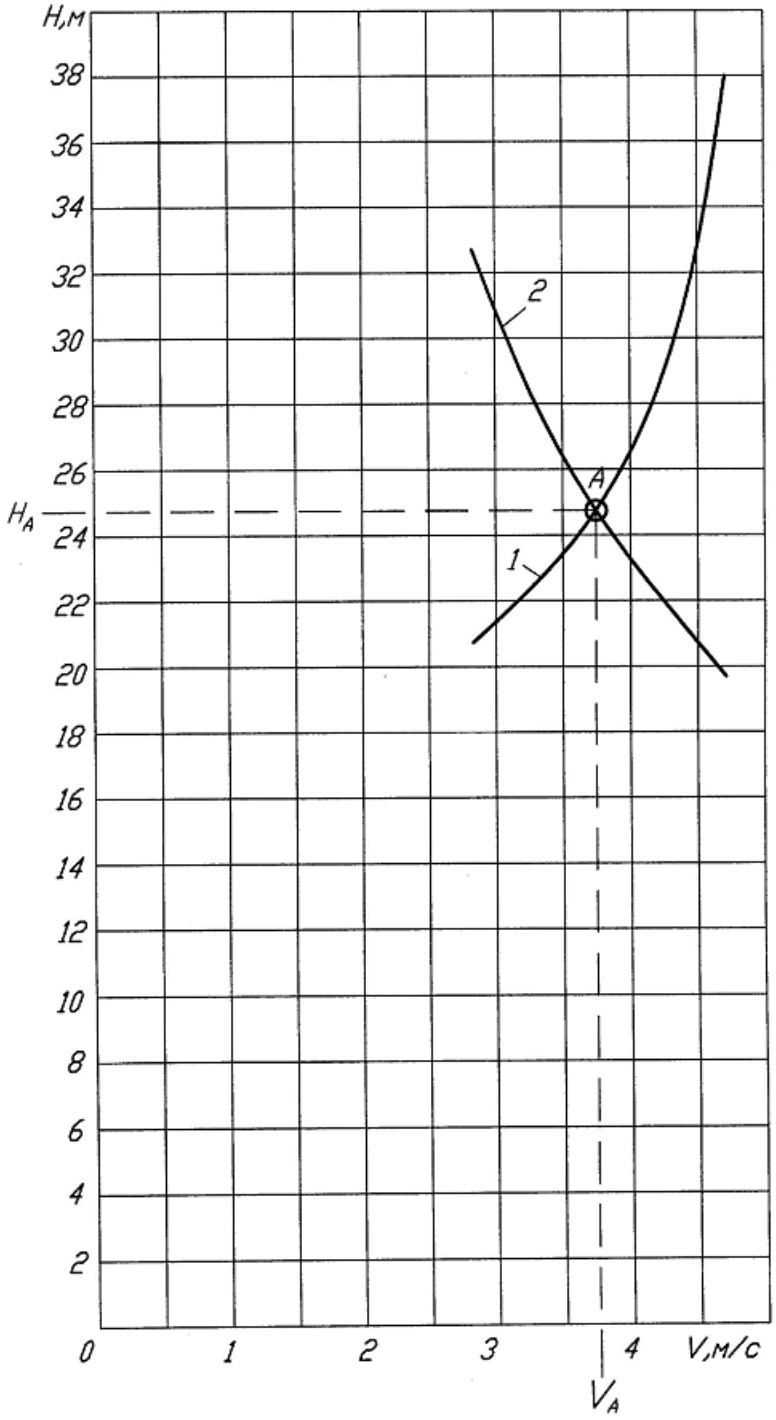


Рис. 1. К определению технических показателей грунтового насоса: 1 – характеристика грунтопровода $H_{гр} = f(V)$ при движении водогрунтовой смеси; 2 – зависимость $H = f(V)$ при постоянной мощности грунтового насоса

При построении кривой по уравнению (23) можно принять те же значения скоростей движения водогрунтовой смеси, что и при расчете грунтопровода по табл. 2. Если точка пересечения кривых окажется за пределами принятого диапазона скоростей, допускается экстраполяция кривых. Построение рекомендуется сделать на листе миллиметровой бумаги формата А4.

Напор, соответствующий точке *A* (см. рис. 1) пересечения характеристики грунтопровода $H_{\text{гр}} = f(V)$ с кривой $H = f(V)$, построенной по уравнению (23), является напором грунтового насоса. По найденной в результате построения скорости V_A (м/с) движения водогрунтовой смеси в грунтопроводе определяется подача грунтового насоса, м^3/с:

$$Q_{\text{см}}^{\text{н}} = V_A \frac{\pi D^2}{4}. \qquad (24)$$

По известному значению подачи уточняется производительность землесосного снаряда по грунту [1], м^3/ч:

$$Q_{\text{гр}} = 3350 Q_{\text{см}}^{\text{н}} \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}} - 1\right). \qquad (25)$$

3. Расчет грунтоприемников с гидравлическими рыхлителями

3.1. Щелевидный грунтоприемник

На дноуглубительных землесосных снарядах щелевидные грунтоприемники применяются в комплексе с гидравлическими рыхлителями. Зев такого грунтоприемника очерчивают двумя параллельными прямыми, сопрягающимися по краям дугами окружностей (рис. 2). Гидравлический рыхлитель представляет собой ряд сопел *1*, установленных на общем коллекторе *2* и направленных на фронтальный откос грунта *3*. Коллектор *2* располагается обычно над зевом *4* грунтоприемника. Зев *4* защищен от попадания крупногабаритных предметов решеткой *5*, выполненной в виде ребер. В последние годы, кроме фронтальных сопел *1* стали предусматривать по одному боковому соплу *6* на краях зева *4*, струи которых направлены в стороны под углом 45° к продольной оси грунтоприемника.

Расчет гидравлического рыхлителя выполняется для варианта с прямолинейным фронтом сплошного размыва и сводится к определению радиуса и числа сопел, расстояния между ними, а также напора и подачи гидрорыхлительного насоса. Схема сопла приведена на рис. 3.

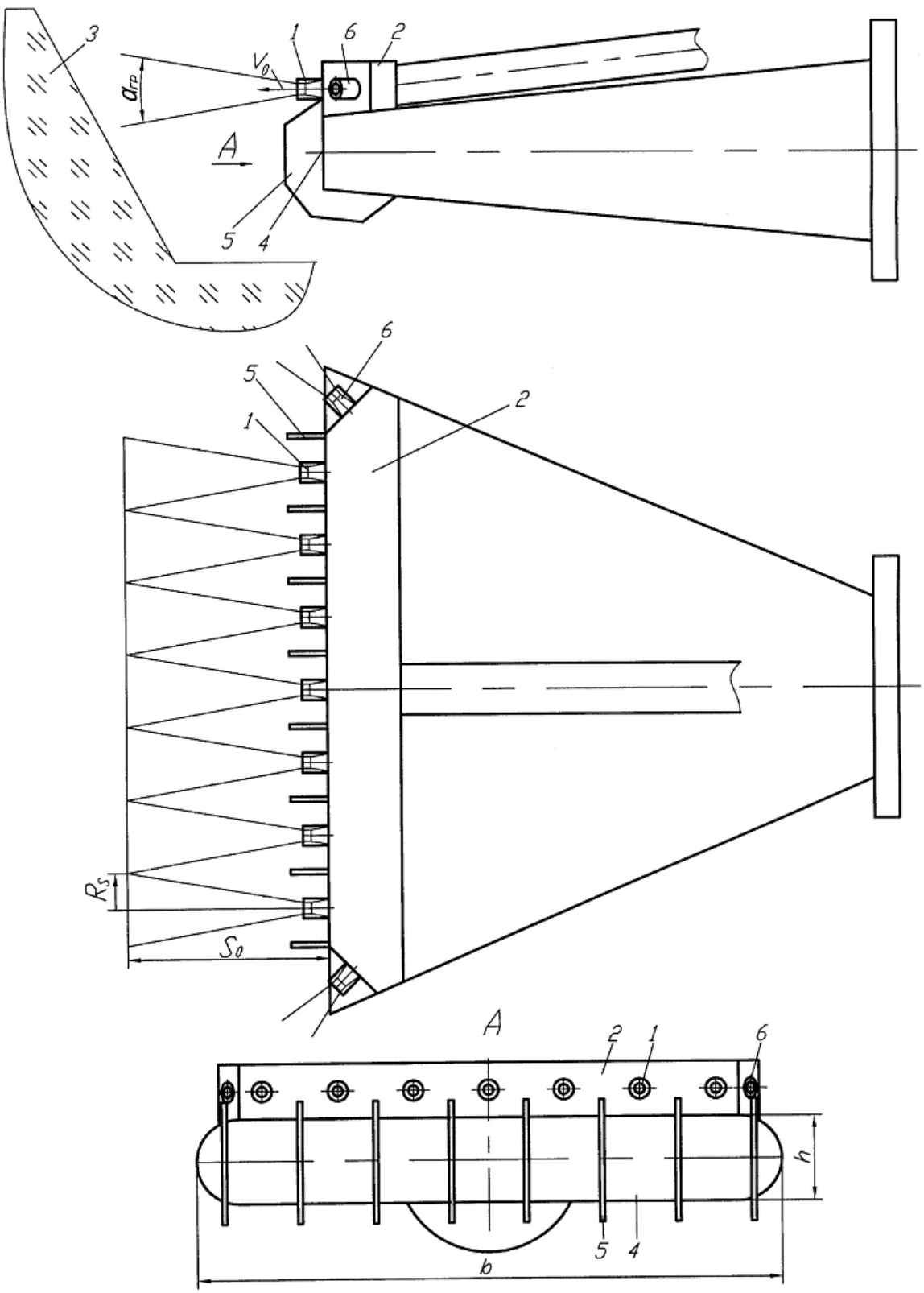


Рис. 2. Схема щелевидного грунтоприемника
с гидравлическим рыхлителем грунта

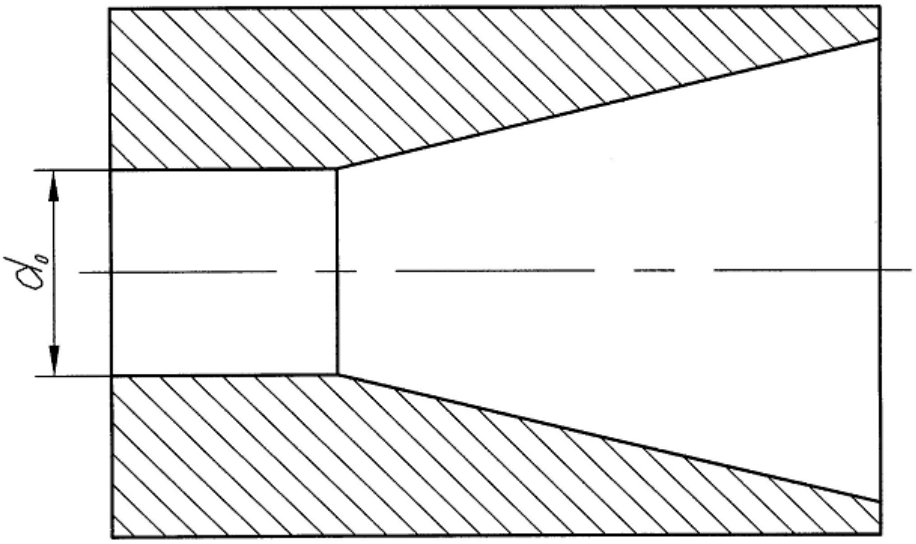


Рис. 3. Схема сопла гидрорыхлителя

Радиус сопел, м, определяется по формуле [1]

$$R_0 = -\frac{B\sqrt{\frac{i_S}{\rho_в}}}{4V_0 z_у} + \sqrt{\frac{B^2 i_S}{16V_0^2 z_у^2 \rho_в} + \frac{q_0}{\pi V_0 z_y}}, \qquad (26)$$

где B – ширина фронта сплошного размыва, м;

V_0 – скорость истечения воды из сопел, м/с;

$z_у$ – число угловых сопел;

i_S – удельный импульс силы воздействия струи на грунт на фронте сплошного размыва, Па;

q_0 – расход воды через сопла (подача насоса гидравлического рыхлителя), м^3/с.

Ширину фронта сплошного размыва принимают равной ширине $в$ зева грунтоприемника. Она, в свою очередь, определяется, м, по формуле [1]:

$$в = \frac{F}{h} + (1 - \frac{\pi}{4})h, \qquad (27)$$

где F – площадь зева, м^2;

h – высота зева, м.

Площадь зева

$$F = \frac{Q_{\text{см}}}{V_{\text{з}}}, \tag{28}$$

где $V_{\text{з}}$ – скорость водогрунтовой смеси в зеве грунтоприемника (в расчетах можно принять $V_{\text{з}} = 1$ м/с).

Высоту зева принимают близкой к размеру проходного сечения грунтового насоса. Из этого условия [1], м:

$$h = (0{,}35 \ldots 0{,}45)D_{\text{вс}}. \tag{29}$$

Для рыхления песчаных грунтов можно принять [1]: скорость истечения воды из сопел $V_0 = 20$ м/с; удельный импульс силы $i_S = 4 \cdot 10^3$ Па; число боковых сопел $z_y = 2$.

Расход воды q_0 через сопла гидравлического рыхлителя принимается равным производительности землесосного снаряда по грунту $q_{\text{гр}}$, м^3/с.

Число сопел

$$z = \frac{B}{2R_S} + z_y, \tag{30}$$

где R_S – радиус струи на фронте сплошного размыва, м.

Определенное число сопел z округляется до целого значения.

Значение R_S можно определить по формуле [1], м:

$$R_S = S_0 \text{tg}(\frac{\alpha_{\text{гр}}}{2}) + R_0, \tag{31}$$

где S_0 – глубина фронта сплошного размыва, м;

$\alpha_{\text{гр}}$ – угол расширения струи в несвязном грунте (в расчетах можно принять $\alpha_{\text{гр}} = 16{,}5°$).

Значение S_0 можно определить по выражению [1], м:

$$S_0 = \frac{V_0 R_0}{tg\frac{\alpha_{гр}}{2}} \sqrt{\frac{\rho_в}{i_S}} - \frac{R_0}{tg\frac{\alpha_{гр}}{2}}. \tag{32}$$

Расстояние между соплами принимается одинаковым, равным $2R_S$.

Напор насоса, м, гидравлического рыхлителя

$$H_{Г} = \frac{V_0^2}{2g\mu^2} + h_{\text{п}}, \qquad (33)$$

где μ – коэффициент скорости истечения воды из сопел (в расчетах можно принять $\mu = 0{,}94$);

h_n – потери напора в трубопроводе, подводящем воду к коллектору рыхлителя (в расчетах можно принять $h_{\text{п}} = 8\ldots10$ м).

По известным q_0 и $H_{\Г}$ выбирается насос гидравлического рыхлителя по приложению Б. В работе указываются марка выбранного насоса, его подача $Q_{\text{н}}$ и напор $H_{\text{н}}$, мощность приводного двигателя. При этом напор и подача выбираемого насоса должны быть близки к расчетным значениям. Если подача или напор принятого насоса отличаются от расчетных значений q_0 и $H_{\Г}$ более чем на 20%, то следует провести уточняющий расчет.

3.2. Секционный грунтоприемник

Известно, что на траншейных дноуглубительных землесосных снарядах целесообразно использовать широкозахватные грунтозаборные устройства, ширина которых равна ширине корпуса земснаряда. Они позволяют обеспечить необходимую глубину выработки при минимальном объеме извлекаемого грунта из-за отсутствия гребней между соседними траншеями, т.е. практически ровное дно, не требуют излишнего заглубления по отношению к проектному дну, которое в ряде случаев затруднительно выполнить из-за наличия подстилающих слоев связного или замерзшего грунта. Однако возможная ширина традиционно применяемых щелевидных грунтоприемников ограничена, поэтому на землесосных снарядах малой и средней производительности она может быть меньше ширины корпуса земснаряда. В этих случаях целесообразно применять секционные грунтоприемники [1, 3, 6, 8]. Как показали проведенные исследования, оптимальными грунтоприемниками для дноуглубительных землесосов следует считать трехсекционные [6, 7], которые превосходят двухсекционные по технологическим параметрам разработки переката, а четырехсекционные – по массогабаритным показателям.

Схема трехсекционного грунтоприемника приведена на рис. 4. Суммарную ширину зева $b = B_1 + 2 \cdot B_2$ (где B_1 – ширина зева центральной секции; B_2 – ширина зева крайней секции грунтоприемника) определяют по формуле, м:

$$b = \frac{Q_{\text{см}}}{V_{\text{з}} h}. \qquad (34)$$

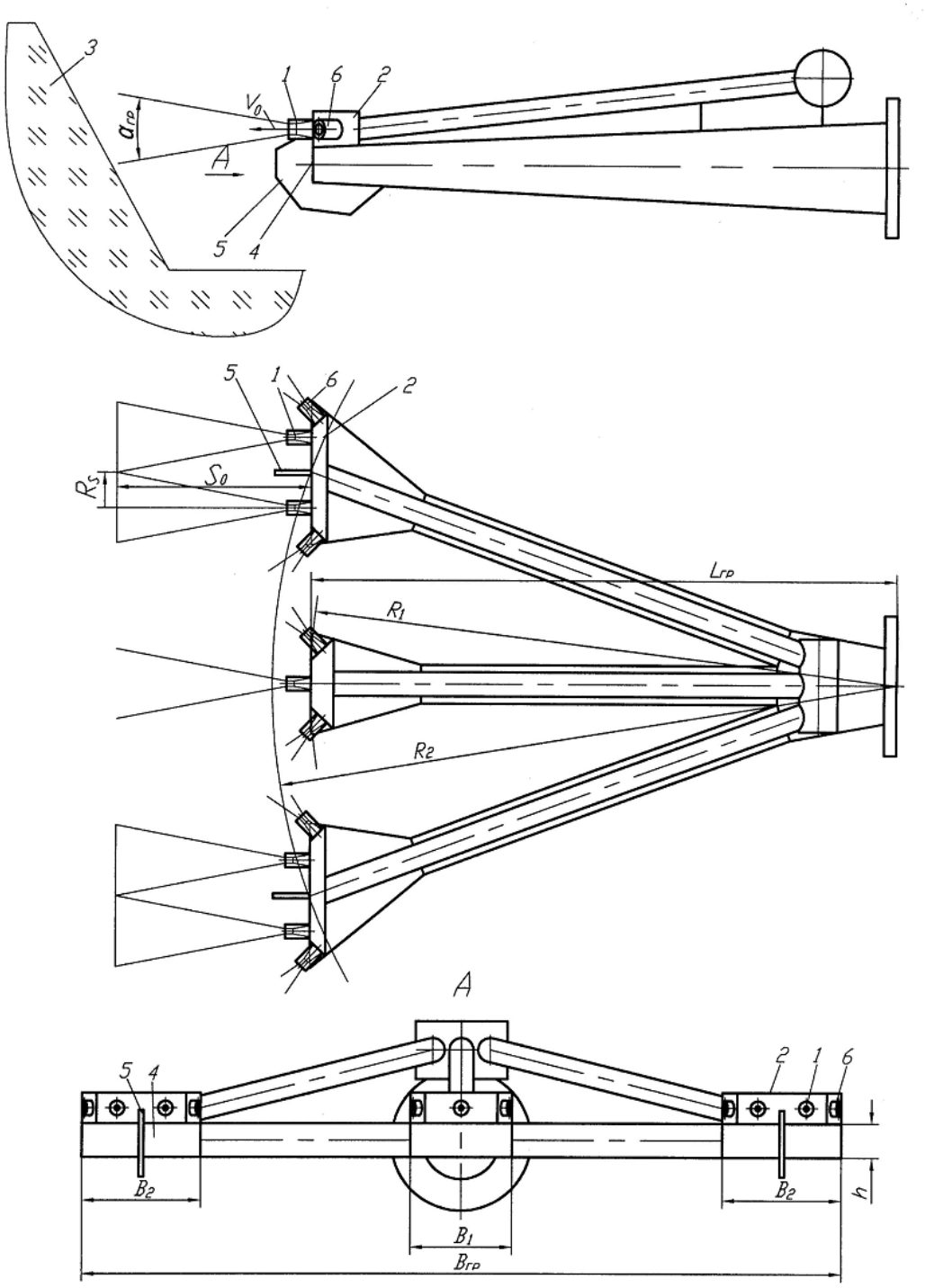


Рис. 4. Схема трехсекционного грунтоприемника с гидравлическим рыхлителем грунта

При этом высота зева определяется так же, как для щелевидного: $h = (0{,}35 \ldots 0{,}45)D_{вс}$.

Ширина зева крайней секции грунтоприемника определяется из решения уравнения [6, 8], м:

$$B_2^4 - a_1 B_2^3 + a_2 B_2^2 - a_3 B_2 + a_4 = 0\,, \qquad (35)$$

где $a_1 = 2B_{гр} + b$; $a_2 = \frac{1}{4}b^2 + 2b\ B_{гр} + B_{гр}^2 + 3L_{гр}^2$;

$a_3 = b\ B_{гр}^2 + \frac{1}{2}b^2 B_{гр} + 4L_{гр}^2 b$; $a_4 = \frac{1}{4}b^2 B_{гр}^2 + L_{гр}^2 b^2$;

$B_{гр}$ – ширина грунтоприемника (принимается равной ширине корпуса земснаряда), м;

$L_{гр}$ – длина грунтоприемника, м.

Для расчета можно принять $L_{гр} = (0{,}7 \ldots 0{,}9)B_{гр}$.

Корень уравнения (35) можно найти методом Ньютона (методом касательных) по формуле, м:

$$B_2 = b_1 + \left| \frac{b_1^4 - a_1 b_1^3 + a_2 b_1^2 - a_3 b_1 + a_4}{4b_1^3 - 3a_1 b_1^2 + 2a_2 b_1 - a_3} \right|. \qquad (36)$$

За начальное приближение корня уравнения (35) для трехсекционного грунтоприемника можно принять

$$b_1 = \frac{1}{3}b\,. \qquad (37)$$

После вычисления B_2 ширина зева центральной секции B_1 определяется по формуле

$$B_1 = b - 2B_2\,. \qquad (38)$$

Гидравлический рыхлитель, как и для щелевидного грунтоприемника, представляет собой ряд сопел *1* для каждой секции грунтоприемника (см. рис. 4), установленных на коллекторах *2* и направленных на фронтальный откос грунта *3*. Всасывающий зев *4* защищен от попадания крупных предметов (размеры которых превосходят проходное сечение грунтового насоса) защитными ребрами *5*. На каждой секции установлены также боковые сопла *6*, струи которых направлены под углом 45° к оси траншеи.

Расчет гидравлического рыхлителя выполняется для центральной и боковой секций с прямолинейным фронтом размыва аналогично, как для щелевидного грунтоприемника. Схема сопла приведена на рис. 3. Радиус сопел определяют также по формуле (26), где ширину фронта сплошного размыва принимают равной суммарной ширине зева $B = в$; количество боковых сопел для трехсекционного грунтоприемника $z_y = 3 \cdot 2 = 6$ штук; в расчете можно принять расход воды через сопла $q_0 = q_{гр.}$ Значения i_s и V_0 принимаются такими же, как для щелевидного грунтоприемника.

Число сопел z_1 и z_2 для каждой секции можно определить по формуле (30), где для центральной секции $B = B_1$, а для боковой $B = B_2$. Количество боковых сопел для каждой секции принимается $z_y = 2$. Полученное количество сопел округляется до целого значения. Тогда суммарное количество сопел для всех трех секций грунтоприемника составит: $z_{гр} = z_1 + 2 \cdot z_2$.

Расход воды на гидрорыхление, м^3/с, через все количество сопел $z_{гр}$ определится по формуле

$$Q_0 = z_{гр} \cdot \varepsilon \cdot \pi \cdot R_0^2 V_0, \qquad (39)$$

где ε – коэффициент сжатия струи (в расчетах можно принять $\varepsilon = 0{,}98$).

Напор насоса гидравлического рыхлителя $H_Г$ определяется, как для щелевидного грунтоприемника, по формуле (33).

Насос гидравлического рыхлителя подбирается по приложению Б или по другим источникам таким образом, чтобы его напор и подача были близки к расчетным значениям. Если напор или подача принятого насоса отличаются от расчетных значений $H_Г$ и Q_0 более чем на 20%, то необходимо провести уточняющий расчет.

3.3. Мониторный грунтоприемник с принудительным подводом грунта

Известно, что энергетическая эффективность землесосных снарядов при подводной добыче грунта повышается с увеличением концентрации засасываемой водогрунтовой смеси. Например, при добыче песка средней крупности земснарядом с производительностью по грунту 100 м^3/ч удельные затраты энергии (затраты энергии на 1 м^3 добытого материала) снижаются в 2 раза при увеличении объемной концентрации водогрунтовой смеси с 10 до 30%. Для увеличения объемной концентрации засасываемой водогрун-

товой смеси при добыче песка землесосными снарядами применяют мониторные грунтоприемники с принудительным подводом грунта [8, 9], схема которого показана на рис. 5.

Грунтоприемник состоит из корпуса *1* с всасывающим зевом *2*, защищенным решеткой *3*, и монитора *4*. На мониторе *4* установлены сопла *5* для рыхления и *6* – для транспортирования грунта из зоны рыхления к всасывающему зеву грунтоприемника. Струи воды, вытекающие из сопел *5*, отрывают грунт от массива и перемешивают его с водой, создавая диффузионную зону водогрунтовой смеси. Струи воды, вытекающие из сопел *6*, транспортируют грунт к всасывающему зеву *2* грунтоприемника *1*. При этом средняя скорость по сечению струи из сопла *6* у всасывающего зева *2* не должна быть меньше скорости всасывания в грунтоприемник. Схема сопел *5* и *6* аналогична приведенной на рис. 3.

Скорость водогрунтовой смеси во всасывающем зеве грунтоприемника можно принять для песка $V_з$ = 2 м/с.

Расчет сопел *5* и *6* ведется раздельно. При этом скорость истечения струи из сопел *5* и *6* для разработки песчаных грунтов принимается как для щелевидных V_0 = 20 м/с. Напор насоса гидрорыхлителя рассчитывается по формуле (33).

Расход воды через сопла *6* на гидротранспорт грунта $Q_т$ определяется по формуле [8], м^3/с:

$$Q_т = eQ_{см}\frac{V_з}{V_0}\frac{\rho_S}{\rho_в}, \qquad (40)$$

где ρ_S – средняя плотность гидросмеси по сечению струи перед всасывающим зевом грунтоприемника (на расстоянии *S* от среза сопел 6), кг/м^3;

e – коэффициент запаса, для подводной добычи песка можно принять e = 1.

Значение подачи грунтового насоса по смеси $Q_{см}$ было определено выше по (2).

Значение ρ_S можно определить в соответствии с исследованиями [8], кг/м^3:

$$\rho_s = \frac{\rho_{ср}}{1+\frac{V_з}{V_0}\left(\frac{\rho_{ср}}{\rho_в}-1\right)}, \qquad (41)$$

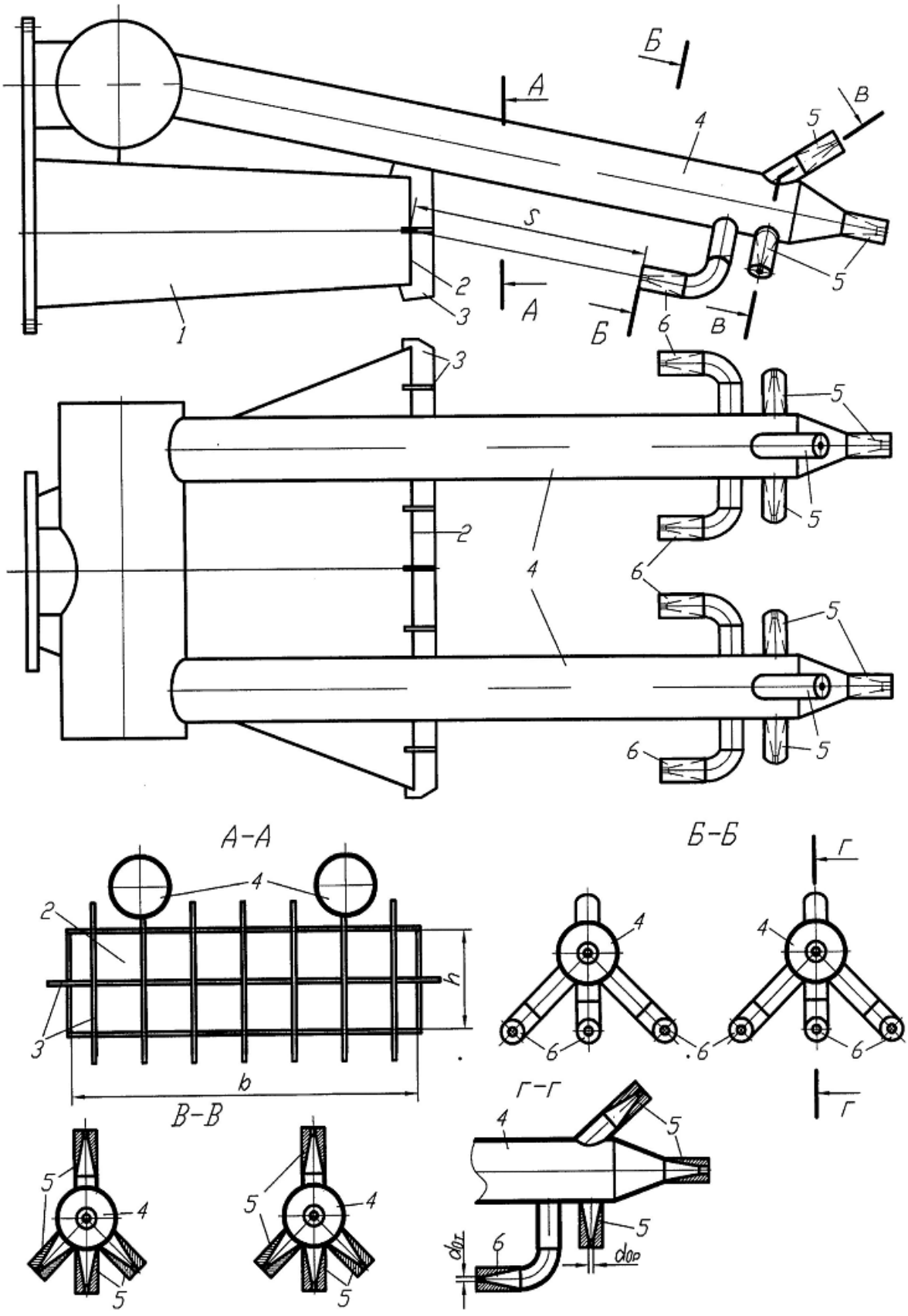


Рис. 5. Схема двухмониторного грунтоприемника
с принудительным подводом грунта

где $\rho_{ср}$ – плотность среды диффузионной зоны размыва, окружающей струю, для песчаных грунтов можно принять в соответствии с исследованиями [8] $\rho_{ср} = 1400$ кг/м^3.

Расход воды, м^3/с, через сопла 5 на гидрорыхление грунта Q_p можно определить по формуле

$$Q_{р} = m \cdot q_{гр} , \tag{42}$$

где m – коэффициент, зависящий от рода грунта, для добычи песка можно принять $m = 0{,}7 \ldots 1$.

Суммарный расход воды через сопла на гидрорыхление и гидротранспорт грунта можно определить сложением (40) и (42):

$$Q_{рн} = Q_{т} + Q_{р}. \tag{43}$$

Насос гидравлического рыхления подбирается по приложению Б или по другим данным таким образом, чтобы его напор и подача были близки к расчетным значениям.

С учетом определенных параметров насоса гидрорыхления рассчитываются и уточняются другие параметры гидравлического рыхлителя грунта.

Скорость истечения струи из сопла, м/с, можно уточнить по видоизмененной (33) формуле

$$V_0 = \mu\sqrt{2g(H_{н} - h_{п})} . \tag{44}$$

По (40) уточняется расход воды на гидротранспорт грунта $Q_т$, а также ρ_S по (41) с учетом уточненного по (44) значения скорости истечения.

Определяется расход воды, м^3/с, через одно транспортирующее сопло $q_{0т}$ с учетом уточненного значения $Q_т$:

$$q_{0т} = \frac{Q_{т}}{z_{т}} , \tag{45}$$

где $z_т$ – количество транспортирующих сопел, установленных на мониторе грунтоприемника.

В расчетах количество мониторов и транспортирующих сопел $z_т$ принимается по табл. 3 в зависимости от производительности земснаряда по грунту.

Таблица 3. **Комплектация мониторных грунтоприемников**

Производительность землесоса по грунту $Q_{гр}$, м^3/ч	Количество мониторов, шт.	Кол-во транспортирующих сопел $z_т$, шт.	Кол-во рыхлительных сопел $z_р$, шт.
До 250	1	3	5
Св. 250 до 500	2	6	10
Св. 500 до 750	3	9	15
Св. 750 до 1000	4	12	20
Св. 1000 до 1250	5	15	25
Св. 1250 до 1500	6	18	30
Св. 1500 до 1750	7	21	35
Св. 1750	8	24	40

Тогда диаметр транспортирующего сопла $d_{0т}$, м, можно определить с учетом уточненного значения скорости истечения воды из сопел:

$$d_{0т} = \sqrt{\frac{4q_{0т}}{\pi V_0}}\,. \tag{46}$$

Расход воды на рыхление $Q_р$ грунта м^3/с, уточнится с учетом характеристик выбранного насоса: $Q_р = Q_н/3600 - Q_т$.

Расход воды м^3/с, через одно рыхлительное сопло $q_{0р}$ определится по выражению

$$q_{0р} = \frac{Q_р}{z_р}, \tag{47}$$

где $z_р$ – количество рыхлительных сопел, установленных на мониторе грунтоприемника (принимается по табл. 3).

Тогда диаметр, м, рыхлительного сопла $d_{0р}$ можно определить с учетом уточненного значения скорости истечения воды из сопел

$$d_{0р} = \sqrt{\frac{4q_{0р}}{\pi V_0}}\,. \tag{48}$$

Расстояние S, м, от всасывающего зева грунтоприемника до среза транспортирующих сопел можно определить в соответствии с исследованиями [8]:

$$S = \frac{d_{0т}}{c}\left(\frac{V_0}{V_{вс}}\sqrt{\frac{\rho_в}{\rho_S}} - 1\right), \qquad (49)$$

где c – коэффициент конусности транспортирующей струи, при добыче песка можно принять $c = 0{,}32$.

Диаметр транспортирующей струи, м, перед всасывающим зевом грунтоприемника определяется в соответствии с исследованиями [8]:

$$d_S = d_{0т}\left(1 + \frac{cS}{d_{0т}}\right). \qquad (50)$$

Высоту h всасывающего зева грунтоприемника можно определить по соотношению $h = (0{,}8 \ldots 0{,}9)\cdot d_S$, а ширину зева $в$ – по (34).

4. Задания к контрольной работе

Таблица 4. **Варианты заданий к контрольной работе**

Номер варианта задания	Производительность землесоса $Q_{гр}$, м^3/ч	Максимальная глубина разработки H_1, м	Возвышение выкидного патрубка $H_{сб}$, м	Общая длина грунтопровода L, м	$\sqrt{C_{хср}}$	Тип грунтоприемника
01	100	3	1,3	215	1,5	Секционный
02	100	4	1	255	1,6	Мониторный
03	100	4	2,5	425	1,7	Секционный
04	100	4,5	3	255	1,8	Мониторный
05	100	5	1	235	1,9	Щелевидный
06	100	5	2	270	2	Мониторный
07	100	6	2,1	215	2,2	Секционный
08	125	4,5	1,2	255	2	Щелевидный
09	140	7	1,5	290	2	Секционный
10	150	4	1	295	1,7	Мониторный
11	150	5	1,2	265	1,9	Секционный
12	150	5,5	2,8	280	2	Щелевидный
13	150	6	1	320	2,1	Мониторный
14	150	6	2	275	2,2	Секционный
15	150	6,5	1,5	330	2,4	Щелевидный

Продолжение табл. 4

Номер варианта задания	Производительность землесоса $Q_{гр}$, м^3/ч	Максимальная глубина разработки H_1, м	Возвышение выкидного патрубка $H_{сб}$, м	Общая длина грунтопровода L, м	$\sqrt{C_{хср}}$	Тип грунтоприемника
16	160	7	1,4	320	1,8	Мониторный
17	180	6,5	1,5	420	2	Секционный
18	180	7	2	215	2,8	Мониторный
19	200	5,5	2,5	270	1,5	Щелевидный
20	200	5,5	1,7	370	1,6	Мониторный
21	200	5,5	2,5	270	1,7	Секционный
22	200	6	1,8	320	1,8	Мониторный
23	200	6,5	2	300	1,9	Щелевидный
24	200	7,5	1,8	240	2	Секционный
25	200	8	2	270	2,1	Мониторный
26	200	7	1,9	320	2,2	Мониторный
27	200	8	1,8	425	2,3	Щелевидный
28	225	6	1,6	370	1,8	Мониторный
29	225	6	1,8	320	2	Мониторный
30	225	6,5	2	380	2,2	Щелевидный
31	225	8,5	2,4	320	1,6	Мониторный
32	250	5	1	350	1,8	Секционный
33	250	8	2,4	370	1,7	Щелевидный
34	250	8,6	1,3	300	2	Секционный
35	275	6	1,6	370	1,6	Мониторный
36	290	8	2	420	1,9	Секционный
37	300	9	2	350	2	Щелевидный
38	300	6,5	2	320	2,2	Секционный
39	300	7	2,5	520	2,5	Щелевидный
40	300	8	2,5	370	1,8	Секционный
41	300	8	6	300	1,5	Мониторный
42	300	8	2	425	2,1	Щелевидный
43	325	6	4	325	2	Секционный
44	350	7	2,8	470	2,2	Щелевидный
45	350	8	2,5	370	1,9	Мониторный
46	375	6,5	2,1	400	2	Секционный
47	380	7,5	1,5	620	1,8	Мониторный
48	400	7	1	500	2,2	Щелевидный
49	400	6,5	2	420	1,8	Мониторный
50	400	8,5	2,2	425	2	Секционный
51	400	10	2	520	2,5	Щелевидный
52	400	11	4	325	1,9	Мониторный
53	425	9	1,5	450	2,1	Секционный

Продолжение табл. 4

Номер варианта задания	Производительность землесоса $Q_{гр}$, м^3/ч	Максимальная глубина разработки H_1, м	Возвышение выкидного патрубка $H_{сб}$, м	Общая длина грунтопровода L, м	$\sqrt{C_{хср}}$	Тип грунтоприемника
54	450	5,5	1,7	375	1,8	Мониторный
55	450	6	2,2	530	2,5	Щелевидный
56	450	7	2	470	2,2	Секционный
57	475	10	2,5	425	1,9	Мониторный
58	475	7	2,4	490	2,1	Щелевидный
59	500	7	1	425	2	Секционный
60	500	6,5	1,4	380	1,8	Мониторный
61	500	8	6	500	2,2	Щелевидный
62	500	10	1	425	2,1	Мониторный
63	525	6,6	1,8	470	2	Секционный
64	525	9,5	1,8	580	2,2	Щелевидный
65	550	6,5	2,5	530	1,9	Мониторный
66	550	10	3	500	2	Секционный
67	575	10	1,6	580	2,2	Мониторный
68	575	7	2	510	1,8	Секционный
69	600	8	1,8	500	1,9	Мониторный
70	600	10	1,8	590	2	Щелевидный
71	600	13	1,1	535	2,1	Секционный
72	625	11	2,1	500	2,2	Щелевидный
73	650	10	1,5	450	1,9	Мониторный
74	700	9,5	3,5	540	2	Секционный
75	700	8	1,9	525	2,1	Щелевидный
76	720	12	3	450	1,8	Мониторный
77	720	8,5	1,8	500	1,9	Секционный
78	725	11	2	590	2,2	Щелевидный
79	750	12	4	350	2	Мониторный
80	750	8	2,4	530	1,9	Щелевидный
81	770	12	0,5	430	2,1	Секционный
82	550	11,5	2	380	1,8	Мониторный
83	650	8	2,4	575	2	Секционный
84	650	9,5	1,9	480	2,1	Щелевидный
85	670	13	4	470	1,9	Секционный
86	680	7,5	5	330	1,8	Мониторный
87	700	8	2	450	2,2	Щелевидный
88	700	8	2,5	400	2	Секционный
89	700	9	2,2	550	2,3	Мониторный
90	725	6	1,5	500	1,9	Секционный
91	725	8	1,3	575	2,3	Щелевидный

Окончание табл. 4

Номер варианта задания	Производительность землесоса $Q_{гр}$, м^3/ч	Максимальная глубина разработки H_1, м	Возвышение выкидного патрубка $H_{сб}$, м	Общая длина грунтопровода L, м	$\sqrt{C_{хср}}$	Тип грунтоприемника
92	800	7	4	325	2	Секционный
93	800	8,5	2	580	2,3	Щелевидный
94	850	8	2,5	640	2,5	Секционный
95	850	7,5	1,8	450	2,1	Щелевидный
96	900	11	1,8	530	2	Секционный
97	1000	12	2	590	2,2	Щелевидный
98	1200	13	2	430	2,1	Секционный
99	1500	9	2,5	550	2,4	Щелевидный
100	2500	13	2	650	2,5	Щелевидный

5. Пример расчета

Исходные данные для расчета:

Номер варианта задания	Производительность землесоса $Q_{гр}$, м^3/ч	Максимальная глубина разработки H_1, м	Возвышение выкидного патрубка $H_{сб}$, м	Общая длина грунтопровода L, м	$\sqrt{C_{хср}}$	Тип грунтоприемника
*X*1	170	8	1,3	300	2	Щелевидный Секционный, Мониторный

5.1. Расчет грунтонасосной установки

5.1.1. Расчет диаметра грунтопровода

Для землесосных снарядов с гидравлическими рыхлителями, разрабатывающих песчаные грунты, можно принять плотность водогрунтовой смеси $\rho = 1200$ кг/м^3.

По формуле (2) определим производительность землесосного снаряда по водогрунтовой смеси, м^3/с:

$$Q_{\text{см}} = \frac{1{,}07 q_{\text{гр}}}{\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}} - 1} = \frac{1{,}07 \cdot 0{,}0472}{\frac{1200}{1000} - 1} = 0{,}253,$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, $\rho_{в} = 1000$ кг/м^3;

$q_{\text{гр}}$ – производительность по грунту, м^3/с; $q_{\text{гр}} = Q_{\text{гр}}/3600 = 170/3600 =$ $= 0{,}0472$ м^3/с.

По формуле (4) определяется внутренний диаметр нагнетательного грунтопровода, м:

$$D = \left(\frac{0{,}2 q_{\text{гр}}}{\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}} - 1} \right)^{0{,}4} = \left(\frac{0{,}2 \cdot 0{,}0472}{\frac{1200}{1000} - 1} \right)^{0{,}4} = 0{,}295 \cdot$$

Принимаем ближайшее значение по ГОСТ [4, 5] $D = 300$ мм.

Диаметр всасывающего грунтопровода $D_{\text{вс}} = 1{,}1D = 1{,}1 \cdot 0{,}295 =$ $= 0{,}325$ м. Принимаем ближайшее большее значение по ГОСТ [4, 5] $D_{\text{вс}} = 350$ мм.

Критическую скорость течения водогрунтовой смеси, м/с, по нагнетательному грунтопроводу определим по (3):

$$V_{\text{кр}} = 2{,}2\sqrt{gD} = 2{,}2 \cdot \sqrt{9{,}81 \cdot 0{,}3} = 3{,}77.$$

Расчетную скорость течения $V_{\text{р}}$ водогрунтовой смеси, м/с, в нагнетательном грунтопроводе определим по формуле (5)

$$V_{\text{р}} = \frac{4{,}28 q_{\text{гр}}}{\left(\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}} - 1\right) \pi D^2} = \frac{4{,}28 \cdot 0{,}0472}{\left(\frac{1200}{1000} - 1\right) \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3^2} = 3{,}57.$$

5.1.2. Расчет и построение характеристики грунтопровода

Расчет выполняется в соответствии с алгоритмом, приведенным в табл. 2. Задаемся значениями скоростей движения водогрунтовой смеси.

1) $V = 0{,}75V_{кр} = 0{,}75 \cdot 3{,}77 = 2{,}83$ м/с.

Потери в грунтоприемнике $h_{гр}$ можно принять $h_{гр} = 1$ м.

Затраты напора, м, на подъем грунта до уровня воды определяются по (7):

$$h_{п1} = H_1\left(1 - \frac{\rho_в}{\rho}\right) = 8 \cdot (1 - \frac{1000}{1200}) = 1{,}33.$$

Затраты напора на подъем водогрунтовой смеси до уровня сброса определяются по соотношению $h_{п2} = H_{сб} = 1{,}3$ м.

Потери напора на трение выполняются с учетом движения водогрунтовой смеси в режиме с заилением (так как $V \le V_{кр}$) и определяются в соответствии с данными табл. 2 по (8), (14) и (15), когда принимается условие $V = V_{кр}$:

$$\mathrm{Fr} = \frac{V_{кр}}{\sqrt{gD}} = \frac{3{,}77}{\sqrt{9{,}81 \cdot 0{,}3}} = 2{,}2;$$

$$\mathrm{Re} = \frac{V_{кр}D}{\gamma} = \frac{3{,}77 \cdot 0{,}3}{1{,}14 \cdot 10^{-6}} = 0{,}992 \cdot 10^6.$$

Так как $\mathrm{Re} = 0{,}992 \cdot 10^6 < 10^6$, то коэффициент трения определяется по (11):

$$\lambda_{кр} = 0{,}316\,\mathrm{Re}^{-0{,}25} = 0{,}316 \cdot (0{,}992 \cdot 10^6)^{-0{,}25} = 0{,}01.$$

Потери напора на трение при движении воды определяются по (15), м

$$h_0 = \lambda_{кр}\frac{V_{кр}^2 L}{2gD} = 0{,}01 \cdot \frac{3{,}77^2 \cdot 300}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3} = 7{,}24.$$

Потери напора на трение $h_т$, м, при движении водогрунтовой смеси определяются по (8):

$$h_{\text{т}} = h_0\left[1+109(Fr^2\sqrt{C_{\text{хср}}})^{-1,5}(\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}}-1)\right]\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho} =$$

$$= 7,24\cdot[1+109\cdot(2,2^2\cdot 2)^{-1,5}\cdot(\frac{1200}{1000}-1)]\cdot\frac{1000}{1200} = 10,4.$$

Из табл. 1 принимаем для D = 300 мм значение $\alpha = 0,39$.

Потери напора в местных сопротивлениях $h_{\text{м}}$ определяются в соответствии с данными табл. 2 по (18), (9), (10), (13).

$$\text{Fr} = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{2,83}{\sqrt{9,81\cdot 0,3}} = 1,65\,.$$

$$\text{Re} = \frac{V\,D}{\gamma} = \frac{2,83\cdot 0,3}{1,14\cdot 10^{-6}} = 0,745\cdot 10^6\,.$$

Так как Re = $0,745\cdot 10^6 < 10^6$, то коэффициент трения определяется по (11):

$$\lambda = 0,316\,\text{Re}^{-0,25} = 0,316\cdot(0,745\cdot 10^6)^{-0,25} = 0,011\,.$$

Потери напора, м, на трение при движении воды h_0 определяются по (9):

$$h_0 = \lambda\,\frac{V^2 L}{2gD} = 0,011\cdot\frac{2,83^2\cdot 300}{2\cdot 9,81\cdot 0,3} = 4,49\,.$$

Потери напора, м, при движении водогрунтовой смеси в местных сопротивлениях $h_{\text{м}}$ определяются для $V \le V_{\text{кр}}$ по (18):

$$h_{\text{м}} = \frac{1-\alpha}{\alpha}h_0[1+1,6\alpha(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho}-1)] =$$

$$= \frac{1-0,39}{0,39}\cdot 4,49\cdot[1+1,6\cdot 0,39\cdot(\frac{1000}{1200}-1)] = 6,29.$$

Затраты напора, м, на создание скорости в выходном сечении грунтопровода h_V определяются по (19):

$$h_V = \frac{V^2}{2g} = \frac{2,83^2}{2\cdot 9,81} = 0,41.$$

Суммарные потери по длине грунтопровода $H_{гр}$, м, определяются по (6):

$$H_{гр} = h_{гр} + h_{п1} + h_{п2} + h_{т} + h_{м} + h_V =$$
$$= 1 + 1{,}33 + 1{,}3 + 10{,}4 + 6{,}29 + 0{,}41 = 20{,}73.$$

2) $V = V_{р} = 3{,}57$ м/с.

Потери в грунтоприемнике $h_{гр}$ можно принять $h_{гр} = 1$ м.

Затраты напора, м, на подъем грунта до уровня воды определяются по (7):

$$h_{п1} = H_1\left(1 - \frac{\rho_{в}}{\rho}\right) = 8 \cdot (1 - \frac{1000}{1200}) = 1{,}33\,.$$

Затраты напора на подъем водогрунтовой смеси до уровня сброса определяются по соотношению $h_{п2} = H_{сб} = 1{,}3$ м.

Потери напора на трение выполняются с учетом движения водогрунтовой смеси в режиме с заилением (так как $V \le V_{кр}$) и определяются в соответствии с таблицей 2 по (8), (14) и (15), когда принимается условие $V = V_{кр}$:

$$\mathrm{Fr} = \frac{V_{кр}}{\sqrt{gD}} = \frac{3{,}77}{\sqrt{9{,}81 \cdot 0{,}3}} = 2{,}2\,;$$

$$\mathrm{Re} = \frac{V_{кр} D}{\gamma} = \frac{3{,}77 \cdot 0{,}3}{1{,}14 \cdot 10^{-6}} = 0{,}992 \cdot 10^{6}\,.$$

Так как $\mathrm{Re} = 0{,}992 \cdot 10^{6} < 10^{6}$, то коэффициент трения определяется по (11):

$$\lambda_{кр} = 0{,}316\,\mathrm{Re}^{-0{,}25} = 0{,}316 \cdot (0{,}992 \cdot 10^{6})^{-0{,}25} = 0{,}01\,.$$

Потери напора, м, на трение при движении воды h_0 определяются по (15):

$$h_0 = \lambda_{кр} \frac{V_{кр}^2 L}{2gD} = 0{,}01 \cdot \frac{3{,}77^2 \cdot 300}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3} = 7{,}24\,.$$

Потери напора, м, на трение $h_т$ при движении водогрунтовой смеси определяются по (8):

$$h_т = h_0\left[1+109(\mathrm{Fr}^2\sqrt{C_{хср}})^{-1,5}(\frac{\rho}{\rho_в}-1)\right]\frac{\rho_в}{\rho} =$$

$$= 7,24\cdot[1+109\cdot(2,2^2\cdot 2)^{-1,5}\cdot(\frac{1200}{1000}-1)]\cdot\frac{1000}{1200} = 10,4.$$

Из данных табл. 1 принимаем для D = 300 мм значение α = 0,39.

Потери напора в местных сопротивлениях $h_м$ определяются в соответствии с табл. 2 по (18), (9), (10), (13).

$$\mathrm{Fr} = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{3,57}{\sqrt{9,81\cdot 0,3}} = 2,08;$$

$$\mathrm{Re} = \frac{V\,D}{\gamma} = \frac{3,57\cdot 0,3}{1,14\cdot 10^{-6}} = 0,94\cdot 10^6.$$

Так как Re = $0,94\cdot10^6 < 10^6$, то коэффициент трения определяется по (11):

$$\lambda = 0,316\mathrm{Re}^{-0,25} = 0,316\cdot(0,94\cdot 10^6)^{-0,25} = 0,01.$$

Потери напора, м, на трение при движении воды h_0 определяются по (9):

$$h_0 = \lambda\,\frac{V^2L}{2gD} = 0,01\cdot\frac{3,57^2\cdot 300}{2\cdot 9,81\cdot 0,3} = 6,5.$$

Потери напора, м, при движении водогрунтовой смеси в местных сопротивлениях $h_м$ определяются для $V \le V_{кр}$ по (18):

$$h_м = \frac{1-\alpha}{\alpha}h_0[1+1,6\alpha(\frac{\rho_в}{\rho}-1)] =$$

$$= \frac{1-0,39}{0,39}\cdot 6,5\cdot[1+1,6\cdot 0,39\cdot(\frac{1000}{1200}-1)] = 9,1.$$

Затраты напора, м, на создание скорости в выходном сечении грунтопровода h_V определяются по (19):

$$h_V = \frac{V^2}{2g} = \frac{3{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}65.$$

Суммарные потери, м, по длине грунтопровода $H_{\text{гр}}$ определяются по (6):

$$H_{\text{гр}} = h_{\text{гр}} + h_{\text{п1}} + h_{\text{п2}} + h_{\text{т}} + h_{\text{м}} + h_V =$$
$$= 1 + 1{,}33 + 1{,}3 + 10{,}4 + 9{,}1 + 0{,}65 = 23{,}78.$$

3) $V = V_{\text{кр}} = 3{,}77$ м/с.

Потери в грунтоприемнике $h_{\text{гр}}$ можно принять $h_{\text{гр}} = 1$ м.

Затраты напора, м, на подъем грунта до уровня воды определяются по (7):

$$h_{\text{п1}} = H_1\left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho}\right) = 8 \cdot (1 - \frac{1000}{1200}) = 1{,}33\,.$$

Затраты напора на подъем водогрунтовой смеси до уровня сброса определяются по соотношению $h_{\text{п2}} = H_{\text{сб}} = 1{,}3$ м.

Потери напора на трение выполняются с учетом движения водогрунтовой смеси в режиме с заилением (так как $V \le V_{\text{кр}}$) и определяются в соответствии с таблицей по (8), (14) и (15), когда принимается условие $V = V_{\text{кр}}$:

$$\text{Fr} = \frac{V_{\text{кр}}}{\sqrt{gD}} = \frac{3{,}77}{\sqrt{9{,}81 \cdot 0{,}3}} = 2{,}2\,;$$

$$\text{Re} = \frac{V_{\text{кр}} D}{\gamma} = \frac{3{,}77 \cdot 0{,}3}{1{,}14 \cdot 10^{-6}} = 0{,}992 \cdot 10^6\,.$$

Так как $\text{Re} = 0{,}992 \cdot 10^6 < 10^6$, то коэффициент трения определяется по (11):

$$\lambda_{\text{кр}} = 0{,}316\,\text{Re}^{-0{,}25} = 0{,}316 \cdot (0{,}992 \cdot 10^6)^{-0{,}25} = 0{,}01\,.$$

Потери напора, м, на трение при движении воды h_0 определяются по (15):

$$h_0 = \lambda_{\text{кр}} \frac{V_{\text{кр}}^2 L}{2gD} = 0{,}01 \cdot \frac{3{,}77^2 \cdot 300}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3} = 7{,}24 .$$

Потери напора, м, на трение $h_{\text{т}}$ при движении водогрунтовой смеси определяются по (8):

$$h_{\text{т}} = h_0 \left[1 + 109(\text{Fr}^2 \sqrt{C_{\text{хср}}})^{-1{,}5} (\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}} - 1) \right] \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho} =$$

$$= 7{,}24 \cdot [1 + 109 \cdot (2{,}2^2 \cdot 2)^{-1{,}5} \cdot (\frac{1200}{1000} - 1)] \cdot \frac{1000}{1200} = 10{,}4.$$

Из табл. 1 принимаем для D = 300 мм значение $\alpha = 0{,}39$.

Потери напора в местных сопротивлениях $h_{\text{м}}$ определяются в соответствии с табл. 2 по (18), (9), (10), (13).

$$\text{Fr} = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{3{,}77}{\sqrt{9{,}81 \cdot 0{,}3}} = 2{,}2 ;$$

$$\text{Re} = \frac{V\,D}{\gamma} = \frac{3{,}77 \cdot 0{,}3}{1{,}14 \cdot 10^{-6}} = 0{,}992 \cdot 10^6 .$$

Так как Re = $0{,}992 \cdot 10^6 < 10^6$, то коэффициент трения определяется по (11):

$$\lambda = 0{,}316 \text{Re}^{-0{,}25} = 0{,}316 \cdot (0{,}992 \cdot 10^6)^{-0{,}25} = 0{,}01 .$$

Потери напора, м, на трение при движении воды h_0 определяются по (9):

$$h_0 = \lambda \frac{V^2 L}{2gD} = 0{,}01 \cdot \frac{3{,}77^2 \cdot 300}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3} = 7{,}24 .$$

Потери напора, м, при движении водогрунтовой смеси в местных сопротивлениях $h_м$ определяются для $V \le V_{кр}$ по (18):

$$h_м = \frac{1-\alpha}{\alpha} h_0[1 + 1{,}6\alpha(\frac{\rho_в}{\rho} - 1)] =$$

$$= \frac{1-0{,}39}{0{,}39} \cdot 7{,}24 \cdot [1 + 1{,}6 \cdot 0{,}39 \cdot (\frac{1000}{1200} - 1)] = 10{,}15.$$

Затраты напора, м, на создание скорости в выходном сечении грунтопровода h_V определяются по (19):

$$h_V = \frac{V^2}{2g} = \frac{3{,}77^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}72.$$

Суммарные потери, м, по длине грунтопровода $H_{гр}$ определяются по (6):

$$H_{гр} = h_{гр} + h_{п1} + h_{п2} + h_т + h_м + h_V =$$

$$= 1 + 1{,}33 + 1{,}3 + 10{,}4 + 10{,}15 + 0{,}72 = 24{,}9.$$

4) $V = 1{,}25\ V_{кр} = 1{,}25 \cdot 3{,}77 = 4{,}71$ м/с.

Потери в грунтоприемнике $h_{гр}$ можно принять $h_{гр} = 1$ м.

Затраты напора, м, на подъем грунта до уровня воды определяются по (7):

$$h_{п1} = H_1\left(1 - \frac{\rho_в}{\rho}\right) = 8 \cdot (1 - \frac{1000}{1200}) = 1{,}33\,.$$

Затраты напора на подъем водогрунтовой смеси до уровня сброса определяются по соотношению $h_{п2} = H_{сб} = 1{,}3$ м.

Потери напора на трение определяются по (8), (9), (10) и (13):

$$\mathrm{Fr} = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{4{,}71}{\sqrt{9{,}81 \cdot 0{,}3}} = 2{,}75\,;$$

$$\mathrm{Re} = \frac{V\,D}{\gamma} = \frac{4{,}71 \cdot 0{,}3}{1{,}14 \cdot 10^{-6}} = 1{,}24 \cdot 10^6\,.$$

Так как Re = $1{,}24 \cdot 10^6 > 10^6$, то коэффициент трения определяется по (12):

$$\lambda = 0{,}0032 + 0{,}221\,\mathrm{Re}^{-0{,}237} = 0{,}0032 + 0{,}221 \cdot (1{,}24 \cdot 10^6)^{-0{,}237} = 0{,}011.$$

Потери напора, м, на трение при движении воды h_0 определяются по (9):

$$h_0 = \lambda \frac{V^2 L}{2gD} = 0{,}011 \cdot \frac{4{,}71^2 \cdot 300}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3} = 12{,}44.$$

Потери напора, м, на трение $h_т$ при движении водогрунтовой смеси определяются по (8):

$$h_т = h_0 \left[1 + 109 (Fr^2 \sqrt{C_{хср}})^{-1{,}5} \left(\frac{\rho}{\rho_в} - 1 \right) \right] \frac{\rho_в}{\rho} =$$

$$= 12{,}44 \cdot [1 + 109 \cdot (2{,}75^2 \cdot 2)^{-1{,}5} \cdot (\frac{1200}{1000} - 1)] \cdot \frac{1000}{1200} = 14{,}21.$$

Из табл. 1 принимаем для D = 300 мм значение $\alpha = 0{,}39$.

Потери напора в местных сопротивлениях $h_м$ определяются в соответствии с табл. 2 по (18), (9), (10), (13).

Значения Re, Fr, λ, h_0 имеют такое же значение, что и при расчете $h_т$.

Потери напора, м, при движении водогрунтовой смеси в местных сопротивлениях $h_м$ определяются для $V_{кр} < V < 1{,}3V_{кр}$ по (17):

$$h_м = \frac{1-\alpha}{\alpha} h_0 \{1 + 1{,}6\alpha [\frac{\rho_в}{\rho} - 1 - 3{,}33 (\frac{\rho_в}{\rho} - 1)(\frac{V}{V_{кр}} - 1)]\} =$$

$$= \frac{1-0{,}39}{0{,}39} \cdot 12{,}44 \cdot \{1 + 1{,}6 \cdot 0{,}39 \cdot [\frac{1000}{1200} - 1 - 3{,}33 \cdot (\frac{1000}{1200} - 1) \cdot (\frac{4{,}71}{3{,}77} - 1)]\} = 19{,}1.$$

Затраты напора, м, на создание скорости в выходном сечении грунтопровода h_V определяются по (19):

$$h_V = \frac{V^2}{2g} = \frac{4{,}71^2}{2 \cdot 9{,}81} = 1{,}13.$$

Суммарные потери, м, по длине грунтопровода $H_{гр}$ определяются по (6):

$$H_{гр} = h_{гр} + h_{п1} + h_{п2} + h_{т} + h_{м} + h_{V} =$$
$$= 1 + 1{,}33 + 1{,}3 + 14{,}21 + 19{,}1 + 1{,}13 = 38{,}1.$$

Полученные значения можно представить в табличной форме:

V, м/с	2,83	3,57	3,77	4,71
$H_{гр}$, м	10,73	23,78	24,9	38,1

Результаты расчета нанесены на график рис. 1 (кривая *1*).

5.1.3. Определение технических показателей грунтового насоса и выбор главного двигателя

По напору, соответствующему расчетной скорости $V_р$ = 3,57 м/с, и подаче смеси $Q_{см}$ = 0,253 м^3/с рассчитывается мощность насоса N по (20), кВт:

$$N = \frac{\rho g H Q_{см}}{10^3 \eta} = \frac{1200 \cdot 9{,}81 \cdot 24{,}9 \cdot 0{,}253}{10^3 \cdot 0{,}7} = 105{,}9.$$

Максимальную частоту вращения рабочего колеса грунтового насоса, об/мин, можно определить по (21):

$$n^{max} = \frac{230}{D} = \frac{230}{0{,}3} = 767.$$

Минимальную частоту вращения рабочего колеса грунтового насоса, об/мин, можно определить по (22):

$$n^{min} = 17 \frac{H^{3/4}}{\sqrt{Q_{см}}} = 17 \cdot \frac{24{,}9^{3/4}}{\sqrt{0{,}253}} = 376{,}7.$$

По мощности и диапазону частоты вращения выбирается главный двигатель. Мощность его принимается ближайшей к расчетной. В качестве главного двигателя можно выбрать судовой дизель – редукторный агрегат фирмы ВПК-Трансмаш по приложению А (таблица А.2):

марка 3Д6С2;

номинальная мощность на выходном валу редуктора 110 кВт;

частота вращения фланца редуктора 508 об/мин;

удельный расход топлива 224 г/(кВт·ч).

По характеристикам также подходит дизель-редукторный агрегат производства ОАО «Волжский дизель им. Маминых» (таблица А.5):

марка WD615-61c;

номинальная мощность на выходном валу редуктора 110 кВт;

частота вращения фланца редуктора 493 об/мин (при передаточном числе редуктора 3,04);

удельный расход топлива 208 г/(кВт·ч).

Во втором варианте удельный расход топлива меньше, поэтому его выбираем как основной.

Так как мощность принятого приводного агрегата отличается от расчетной, необходимо уточнить расчетные значения напора и подачи грунтового насоса, а также производительность землесосного снаряда по грунту. Для этого следует построить кривую $H = f(V)$ при номинальной мощности привода грунтового насоса $N_д$ = 110 кВт по формуле (23) по четырем точкам:

1) $V = 0{,}75V_{кр} = 0{,}75 \cdot 3{,}77 = 2{,}83$ м/с.

$$H = \frac{4 \cdot 10^3 N_д \eta}{\rho g \pi D^2 V} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 0{,}7}{1200 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3^2 \cdot 2{,}83} = 32{,}7 \text{ м};$$

2) $V = V_р = 3{,}57$ м/с.

$$H = \frac{4 \cdot 10^3 N_д \eta}{\rho g \pi D^2 V} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 0{,}7}{1200 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3^2 \cdot 3{,}57} = 25{,}9 \text{ м};$$

3) $V = V_{кр} = 3{,}77$ м/с.

$$H = \frac{4 \cdot 10^3 N_д \eta}{\rho g \pi D^2 V} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 0{,}7}{1200 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3^2 \cdot 3{,}77} = 24{,}6 \text{ м};$$

4) $V = 1{,}25\ V_{кр} = 1{,}25 \cdot 3{,}77 = 4{,}71$ м/с.

$$H = \frac{4 \cdot 10^3 N_д \eta}{\rho g \pi D^2 V} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 0{,}7}{1200 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}3^2 \cdot 4{,}71} = 19{,}7 \text{ м}.$$

Полученные значения можно представить в табличной форме:

V, м/с	2,83	3,57	3,77	4,71
H, м	32,7	25,9	24,6	19,7

По четырем полученным точкам проводится кривая *2* (на рис. 1) и определяются координаты точки ее пересечения A с ранее построенной кривой *1*: $V_A = 3{,}75$ м/с; $H_A = 24{,}75$ м.

Уточняется значение подачи грунтового насоса по водогрунтовой смеси по (24), м^3/с:

$$Q_{\text{см}}^{\text{н}} = V_A \frac{\pi D^2}{4} = 3{,}75 \frac{3{,}14 \cdot 0{,}3^2}{4} = 0{,}26.$$

По известному значению подачи уточняется производительность землесосного снаряда по грунту по (25), м^3/ч:

$$Q_{\text{гр}} = 3350 Q_{\text{см}}^{\text{н}} \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{в}}} - 1\right) = 3350 \cdot 0{,}26 \left(\frac{1200}{1000} - 1\right) = 174.$$

5.2. Расчет грунтоприемника с гидравлическим рыхлителем

5.2.1. Щелевидный грунтоприемник

Площадь всасывающего зева грунтоприемника определяется по (28), м^2:

$$F = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{н}}}{V_{\text{з}}} = \frac{0{,}26}{1} = 0{,}26\,.$$

Скорость водогрунтовой смеси в зеве грунтоприемника приняли $V_{\text{з}} = 1$ м/с.

Высота зева определяется по (29), м:

$$h = (0{,}35 \ldots 0{,}45) D_{\text{вс}} = 0{,}4 \cdot 0{,}35 = 0{,}14.$$

Ширину зева можно определить по (27), м:

$$в = \frac{F}{h} + \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) h = \frac{0{,}26}{0{,}14} + \left(1 - \frac{3{,}14}{4}\right) 0{,}14 = 1{,}89\,.$$

Расход воды через сопла гидравлического рыхлителя q_0 принимается равным производительности землесосного снаряда по грунту $q_{гр}$, м^3/с

$$q_0 = q_{гр} = \frac{Q_{гр}}{3600} = \frac{174}{3600} = 0{,}048\,.$$

Для рыхления песчаных грунтов можно принять: скорость истечения воды из сопел V_0 = 20 м/с; удельный импульс силы струи $i_S = 4 \cdot 10^3$ Па; количество боковых сопел z_y = 2 шт.

Ширину фронта сплошного размыва грунта B принимают равной ширине зева: $B = в$ = 1,89 м.

С учетом принятых значений определяется радиус сопла по (26), м:

$$R_0 = -\frac{B\sqrt{\frac{i_S}{\rho_в}}}{4V_0 z_у} + \sqrt{\frac{B^2 i_S}{16V_0^2 z_у^2 \rho_в} + \frac{q_0}{\pi V_0 z_у}} =$$

$$= -\frac{1{,}89 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 10^3}{1000}}}{4 \cdot 20 \cdot 2} + \sqrt{\frac{1{,}89^2 \cdot 4 \cdot 10^3}{16 \cdot 20^2 \cdot 2^2 \cdot 1000} + \frac{0{,}048}{3{,}14 \cdot 20 \cdot 2}} = 0{,}007.$$

Угол расширения струи в несвязном грунте можно принять $\alpha_{гр}$ = 16,5°. С учетом этого глубина фронта сплошного размыва определяется по (32), м:

$$S_0 = \frac{V_0 R_0}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_{гр}}{2}}\sqrt{\frac{\rho_в}{i_S}} - \frac{R_0}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_{гр}}{2}} = \frac{20 \cdot 0{,}007}{\operatorname{tg}\frac{16{,}5^\circ}{2}} \cdot \sqrt{\frac{1000}{4 \cdot 10^3}} - \frac{0{,}007}{\operatorname{tg}\frac{16{,}5^\circ}{2}} = 0{,}435.$$

Радиус струи на фронте сплошного размыва определяется по (31), м:

$$R_S = S_0 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{гр}}{2}\right) + R_0 = 0{,}435 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{16{,}5^\circ}{2}\right) + 0{,}007 = 0{,}07.$$

Число сопел гидрорыхлителя можно определить по (30), шт.

$$z = \frac{B}{2R_S} + z_y = \frac{1{,}89}{2\cdot 0{,}07} + 2 = 15{,}5.$$

Принимаем ближайшее целое число $z = 15$ шт.

Расстояние между соплами принимается одинаковым, равным $2\cdot R_S = 2\cdot 0{,}07 = 0{,}14$ м.

Коэффициент скорости истечения воды из сопел можно принять $\mu = 0{,}94$; потери напора в трубопроводе, подводящем воду к коллектору рыхлителя; $h_{\text{п}} = 9$ м.

С учетом принятых значений определяется напор насоса гидравлического рыхления грунта по (33), м:

$$H_{\text{Г}} = \frac{V_0^2}{2g\mu^2} + h_{\text{п}} = \frac{20^2}{2\cdot 9{,}81\cdot 0{,}94^2} + 9 = 32{,}1.$$

По расчетным значениям подачи $Q_0 = 3600q_0 = 3600\cdot 0{,}0475 =$ $= 171$ м^3/ч и напора $H_{\text{Г}} = 32{,}1$ м подбирается по приложению Б насос. Наиболее близким по характеристикам по таблице Б.1 может быть принят насос:

марка К150-125-315;

напор насоса $H_{\text{н}} = 32$ м;

подача насоса $Q_{\text{н}} = 200$ м^3/ч;

мощность приводного электродвигателя $N_{\text{н}} = 30$ кВт.

С учетом характеристик принятого насоса уточняется расход воды через сопла:

– скорость истечения воды из сопел, м/с,

$$V_0 = \mu\sqrt{2g(H_{\text{н}} - h_{\text{п}})} = 0{,}94\sqrt{2\cdot 9{,}81\cdot(32-9)} = 19{,}97;$$

– расход воды через установленные сопла, м^3/с,

$$q_{\text{г}} = z\varepsilon V_0 \pi R_0^2 = 15\cdot 0{,}98\cdot 19{,}97\cdot 3{,}14\cdot 0{,}007^2 = 0{,}045,$$

где $\varepsilon = 0{,}98$ – коэффициент сжатия струи.

Следовательно, расход воды через сопла равен $Q_{\text{г}} = 3600q_{\text{г}} =$ $= 3600\cdot 0{,}045 = 162$ м^3/ч.

Подача принятого насоса отличается от расчетного значения на величину

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{г}}}{Q_{\text{н}}} 100\% = \frac{200 - 162}{200} \cdot 100\% = 23\% ,$$

то есть более чем на 20%, поэтому следует провести уточняющий расчет гидрорыхлителя.

С учетом подачи подобранного насоса определяется радиус сопла, м:

$$R_0 = \sqrt{\frac{Q_{\text{н}}}{3600 z \varepsilon V_0 \pi}} = \sqrt{\frac{200}{3600 \cdot 15 \cdot 0{,}98 \cdot 19{,}97 \cdot 3{,}14}} = 0{,}0078 .$$

Принимаем R_0 = 7,5 мм; $d_0 = 2R_0$ = 15 мм.

Глубина фронта сплошного размыва уточняется по (32), м:

$$S_0 = \frac{V_0 R_0}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_{\text{гр}}}{2}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{в}}}{i_S}} - \frac{R_0}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_{\text{гр}}}{2}} = \frac{19{,}97 \cdot 0{,}0075}{\operatorname{tg}\frac{16{,}5^{\text{o}}}{2}} \cdot \sqrt{\frac{1000}{4 \cdot 10^3}} -$$

$$- \frac{0{,}0075}{\operatorname{tg}\frac{16{,}5^{\text{o}}}{2}} = 0{,}464.$$

Радиус струи на фронте сплошного размыва уточняется по (31), м:

$$R_S = S_0 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{\text{гр}}}{2}\right) + R_0 = 0{,}464 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{16{,}5^{\text{o}}}{2}\right) + 0{,}0075 = 0{,}075.$$

Число сопел гидрорыхлителя уточняется по (30), шт.

$$z = \frac{B}{2R_{\text{S}}} + z_y = \frac{1{,}89}{2 \cdot 0{,}075} + 2 = 14{,}6.$$

Принимаем ближайшее целое z = 15 штук.

Расход воды через установленные сопла, м^3/ч

$$Q_{\Г} = 3600 z \varepsilon V_0 \pi R_0^2 = 3600 \cdot 15 \cdot 0{,}98 \cdot 19{,}97 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}0075^2 = 186{,}7.$$

Подача принятого насоса отличаются от расчетного значения на величину

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{г}}}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{200 - 186{,}7}{200} \cdot 100\% = 6{,}7\%,$$

то есть менее чем на 20%, поэтому проводить уточняющий расчет гидрорыхлителя не требуется.

Следовательно, подача насоса, равная 200 м^3/ч, обеспечит запас на неточность расчета и износы сопел.

5.2.2. Секционный грунтоприемник

Высота всасывающего зева определяется по (29), м:

$$h = (0{,}35 \ldots 0{,}45) D_{\text{вс}} = 0{,}4 \cdot 0{,}35 = 0{,}14.$$

Суммарная ширина всасывающего зева грунтоприемника определяется по (34), м:

$$b = \frac{Q_{\text{см}}}{V_{\text{з}} h} = \frac{0{,}26}{1 \cdot 0{,}14} = 1{,}86.$$

Скорость водогрунтовой смеси во всасывающем зеве грунтоприемника при разработке песчаных грунтов можно принять $V_{\text{з}} = 1$ м/с.

Ширину грунтоприемника $B_{\text{гр}}$ можно принять равной ширине корпуса землесосного снаряда-прототипа, имеющего близкую производительность по грунту. По таблице В.1 приложения В выбирается прототип – землесосный снаряд проекта ЗРС-1 с производительностью по грунту 180 м^3/ч (близкой к заданной по варианту задания $Q_{\text{гр}} = 170$ м^3/ч); с габаритами $L \times B \times H = 15{,}5 \times 6 \times 4{,}7$ м. Следовательно, можно принять $B_{\text{гр}} = 6$ м.

В расчетах длину грунтоприемника можно определить по соотношению, м: $L_{\text{гр}} = (0{,}7 \ldots 0{,}9) B_{\text{гр}} = 0{,}8 \cdot 6 = 4{,}8$.

Определяются коэффициенты, входящие в уравнение (35):

$$a_1 = 2B_{гр} + b = 2 \cdot 6 + 1{,}86 = 13{,}86;$$

$$a_2 = \frac{1}{4}b^2 + 2b\,B_{гр} + B_{гр}^2 + 3L_{гр}^2 = \frac{1}{4}\cdot 1{,}86^2 + 2\cdot 1{,}86\cdot 6 + 6^2 + 3\cdot 4{,}8^2 = 128{,}3;$$

$$a_3 = b\,B_{гр}^2 + \frac{1}{2}b^2 B_{гр} + 4L_{гр}^2 b = 1{,}86\cdot 6^2 + \frac{1}{2}\cdot 1{,}86^2\cdot 6 + 4\cdot 4{,}8^2\cdot 1{,}86 = 248{,}8;$$

$$a_4 = \frac{1}{4}b^2 B_{гр}^2 + L_{гр}^2 b^2 = \frac{1}{4}\cdot 1{,}86^2\cdot 6^2 + 4{,}8^2\cdot 1{,}86^2 = 110{,}84.$$

Начальное приближение корня уравнения (35) принимается по (37), м:

$$b_1 = \frac{1}{3}b = \frac{1{,}86}{3} = 0{,}62.$$

Ширину зева крайней секции грунтоприемника можно определить по (36), м:

$$B_2 = b_1 + \left| \frac{b_1^4 - a_1 b_1^3 + a_2 b_1^2 - a_3 b_1 + a_4}{4b_1^3 - 3a_1 b_1^2 + 2a_2 b_1 - a_3} \right| =$$

$$= 0{,}62 + \left| \frac{0{,}62^4 - 13{,}86\cdot 0{,}62^3 + 128{,}3\cdot 0{,}62^2 - 248{,}8\cdot 0{,}62 + 110{,}84}{4\cdot 0{,}62^3 - 3\cdot 13{,}86\cdot 0{,}62^2 + 2\cdot 128{,}3\cdot 0{,}62 - 248{,}8} \right| = 0{,}64.$$

Ширина зева центральной секции B_1 определяется по (38), м:

$$B_1 = b - 2B_2 = 1{,}86 - 2\cdot 0{,}64 = 0{,}58.$$

Радиус сопел определяют по формуле (26), где ширину фронта сплошного размыва принимают равной суммарной ширине зева $B = в = 1{,}86$ м; количество боковых сопел для трехсекционного грунтоприемника $z_y = 3 \cdot 2 = 6$ шт.; в расчете можно принять расход воды через сопла $q_0 = q_{гр} = 0{,}048$ м^3/с. Удельный импульс силы струи для песчаного грунта можно принять $i_s = 4\cdot 10^3$ Па, скорость истечения из сопла $V_0 = 20$ м/с. Подставляя в (26) принятые значения, определим радиус сопла, м:

$$R_0 = -\frac{B\sqrt{\frac{i_S}{\rho_в}}}{4V_0 z_y} + \sqrt{\frac{B^2 i_S}{16V_0^2 z_y^2 \rho_в} + \frac{q_0}{\pi V_0 z_y}} =$$

$$= -\frac{1{,}86\cdot\sqrt{\frac{4\cdot10^3}{1000}}}{4\cdot20\cdot6} + \sqrt{\frac{1{,}86^2\cdot4\cdot10^3}{16\cdot20^2\cdot6^2\cdot1000} + \frac{0{,}048}{3{,}14\cdot20\cdot6}} = 0{,}006.$$

Следовательно, радиус и диаметр сопел соответственно раны $R_0 = 6$ мм, $d_0 = 12$ мм.

Угол расширения струи в несвязном грунте можно принять $\alpha_{гр} = 16{,}5°$. С учетом этого глубина фронта сплошного размыва определяется по (32), м:

$$S_0 = \frac{V_0 R_0}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_{гр}}{2}}\sqrt{\frac{\rho_в}{i_S}} - \frac{R_0}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_{гр}}{2}} = \frac{20\cdot0{,}006}{\operatorname{tg}\frac{16{,}5^o}{2}}\cdot\sqrt{\frac{1000}{4\cdot10^3}} - \frac{0{,}006}{\operatorname{tg}\frac{16{,}5^o}{2}} = 0{,}37.$$

Радиус струи на фронте сплошного размыва определяется по (31), м:

$$R_S = S_0 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{гр}}{2}\right) + R_0 = 0{,}37 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{16{,}5^o}{2}\right) + 0{,}006 = 0{,}06.$$

Число сопел боковой секции можно определить по (30), шт.

$$z_2 = \frac{B_2}{2R_S} + z_{y2} = \frac{0{,}64}{2\cdot0{,}06} + 2 = 7{,}3.$$

Принимаем ближайшее целое число $z_2 = 7$ шт.

Число сопел центральной секции также можно определить по (30), шт.:

$$z_1 = \frac{B_1}{2R_S} + z_{y1} = \frac{0{,}58}{2\cdot0{,}06} + 2 = 6{,}8.$$

Принимаем ближайшее целое число $z_1 = 7$ шт.

Суммарное количество сопел для всех трех секций грунтоприемника определяется: $z_{гр} = z_1 + 2 \cdot z_2 = 7 + 2 \cdot 7 = 21$ шт.

Коэффициент скорости истечения воды из сопел можно принять $\mu = 0{,}94$; потери напора в трубопроводе, подводящем воду к коллектору рыхлителя, $-h_п = 9$ м.

С учетом принятых значений определяется напор насоса гидравлического рыхления грунта по (33), м:

$$H_Г = \frac{V_0^2}{2g\mu^2} + h_п = \frac{20^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}94^2} + 9 = 32{,}1.$$

По расчетным значениям подачи насоса $Q_0 = 3600 q_0 = 3600 \cdot 0{,}048 = 174$ м^3/ч и напора $H_Г = 32{,}1$ м подбирается по приложению Б марка насоса. Наиболее близким по характеристикам согласно таблице Б.1 может быть принят насос:

марка К150-125-315;

напор насоса $H_н = 32$ м;

подача насоса $Q_н = 200$ м^3/ч;

мощность приводного электродвигателя $N_н = 30$ кВт.

С учетом характеристик принятого насоса уточняется расход воды через сопла:

– скорость истечения воды из сопел, м/с,

$$V_0 = \mu \sqrt{2g(H_н - h_п)} = 0{,}94 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot (32 - 9)} = 19{,}97.$$

– расход воды через установленные сопла, м^3/с,

$$q_г = z \varepsilon V_0 \pi R_0^2 = 21 \cdot 0{,}98 \cdot 19{,}97 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}006^2 = 0{,}046,$$

где $\varepsilon = 0{,}98$ – коэффициент сжатия струи.

Следовательно, расход воды через сопла равен $Q_г = 3600 q_г = 3600 \cdot 0{,}046 = 165{,}6$ м^3/ч.

Подача принятого насоса отличается от расчетного значения на величину

$$\Delta Q = \frac{Q_н - Q_г}{Q_н} \cdot 100\% = \frac{200 - 165{,}6}{200} \cdot 100\% = 17{,}2\%,$$

то есть менее чем на 20%, поэтому уточняющий расчет можно не проводить.

Следовательно, подача насоса, равная 200 м^3/ч, обеспечит запас на неточность расчета и износы сопел.

5.2.2. Мониторный грунтоприемник с принудительным подводом грунта

В расчетах гидравлического рыхлителя для песчаного грунта можно принять: скорость истечения струи из сопел V_0 = 20 м/с; коэффициент скорости истечения воды из сопел μ = 0,94; потери напора в трубопроводе, подводящем воду к коллектору рыхлителя, – $h_{\text{п}}$ = 9 м.

С учетом принятых значений определяется напор насоса гидравлического рыхления грунта по (33), м:

$$H_{\text{Г}} = \frac{V_0^2}{2g\mu^2} + h_{\text{п}} = \frac{20^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}94^2} + 9 = 32{,}1.$$

Скорость водогрунтовой смеси во всасывающем зеве грунтоприемника для песчаного грунта можно принять $V_{\text{з}}$ = 2 м/с. Плотность среды в диффузионной зоне размыва, которая окружает транспортирующую струю, можно принять $\rho_{\text{ср}}$ = 1400 кг/м^3.

С учетом принятых значений определяется средняя плотность транспортируемой водогрунтовой смеси по поперечному сечению транспортирующей струи перед всасывающим зевом грунтоприемника по (41), кг/м^3:

$$\rho_s = \frac{\rho_{\text{ср}}}{1 + \frac{V_{\text{з}}}{V_0}\left(\frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{в}}} - 1\right)} = \frac{1400}{1 + \frac{2}{20} \cdot \left(\frac{1400}{1000} - 1\right)} = 1346.$$

Расход воды на гидротранспорт грунта $Q_{\text{т}}$ определяется по (40), где коэффициент запаса принят e = 1, м^3/с:

$$Q_{\text{т}} = eQ_{\text{см}} \frac{V_{\text{з}}}{V_0} \frac{\rho_S}{\rho_{\text{в}}} = 1 \cdot 0{,}255 \cdot \frac{2}{20} \cdot \frac{1346}{1000} = 0{,}034.$$

Расход воды через рыхлительные сопла определяется по (42) (для песчаного грунта можно принять $m = 0{,}85$), м^3/с

$$Q_{\text{р}} = m \cdot q_{\text{гр}} = 0{,}85 \cdot 0{,}048 = 0{,}04.$$

Суммарный расход воды через сопла на гидрорыхление и гидротранспорт грунта можно определить по (43):

$$Q_{\text{рн}} = Q_{\text{т}} + Q_{\text{р}} = 0{,}034 + 0{,}04 = 0{,}074 \text{ м}^3/\text{с} = 266{,}4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Насос гидравлического рыхления можно подобрать по таблице Б.1 приложения Б:

марка К290/30;

напор насоса $H_{\text{н}} = 30$ м;

подача насоса $Q_{\text{н}} = 290$ м^3/ч;

мощность приводного электродвигателя $N_{\text{н}} = 37$ кВт.

В соответствии с характеристиками выбранного насоса следует уточнить параметры гидравлического рыхлителя грунта:

– скорость истечения воды из сопел по (44), м/с,

$$V_0 = \mu\sqrt{2g(H_{\text{н}} - h_{\text{п}})} = 0{,}94 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot (30 - 9)} = 19{,}1;$$

– средняя плотность по сечению транспортирующей струи у всасывающего зева грунтоприемника по (41), кг/м^3,

$$\rho_s = \frac{\rho_{\text{ср}}}{1 + \frac{V_{\text{з}}}{V_0}\left(\frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{в}}} - 1\right)} = \frac{1400}{1 + \frac{2}{19{,}1} \cdot \left(\frac{1400}{1000} - 1\right)} = 1344.$$

По табл. 3 принимаем количество транспортирующих сопел $z_{\text{т}} = 3$ шт.

Расход воды через одно транспортирующее сопло определяется по (45), м^3/с:

$$q_{0\text{т}} = \frac{Q_{\text{т}}}{z_{\text{т}}} = \frac{0{,}034}{3} = 0{,}0113.$$

Диаметр транспортирующего сопла определяется по (46), м

$$d_{0\text{т}} = \sqrt{\frac{4q_{0\text{т}}}{\pi V_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}0113}{3{,}14 \cdot 19{,}1}} = 0{,}0275.$$

Расход воды на рыхление $Q_р$ грунта уточнится с учетом характеристик выбранного насоса, м^3/с:

$$Q_р = Q_н/3600 - Q_т = 290/3600 - 0{,}034 = 0{,}047.$$

По табл. 3 принимаем количество рыхлительных сопел $z_р = 5$ шт.

Расход воды через одно рыхлительное сопло $q_{0р}$ определится по выражению (47), м^3/с:

$$q_{0р} = \frac{Q_р}{z_р} = \frac{0{,}047}{5} = 0{,}0094.$$

Диаметр рыхлительного сопла $d_{0р}$ можно определить с учетом уточненного значения скорости истечения воды из сопел по (48), м:

$$d_{0р} = \sqrt{\frac{4q_{0р}}{\pi V_0}} = \sqrt{\frac{4\cdot 0{,}0094}{3{,}14\cdot 19{,}1}} = 0{,}025.$$

Коэффициент конусности транспортирующей струи для песка можно принять $c = 0{,}32$.

Расстояние S от всасывающего зева грунтоприемника до среза транспортирующих сопел можно определить по (49), м:

$$S = \frac{d_{0т}}{c}\left(\frac{V_0}{V_{вс}}\sqrt{\frac{\rho_в}{\rho_S}} - 1\right) = \frac{0{,}0275}{0{,}32}\cdot\left(\frac{19{,}1}{2}\cdot\sqrt{\frac{1000}{1344}} - 1\right) = 0{,}62.$$

Диаметр транспортирующей струи перед всасывающим зевом грунтоприемника определяется по (50), м:

$$d_S = d_{0т}\left(1 + \frac{cS}{d_{0т}}\right) = 0{,}0275\cdot\left(1 + \frac{0{,}32\cdot 0{,}62}{0{,}0275}\right) = 0{,}226.$$

Высоту h всасывающего зева грунтоприемника можно определить по соотношению $h = (0{,}8 \ldots 0{,}9)\cdot d_S = 0{,}9\cdot 0{,}226 = 0{,}2$ м, а ширину зева b – по (34), м:

$$b = \frac{Q_{см}}{V_з h} = \frac{0{,}26}{2\cdot 0{,}2} = 0{,}65.$$

Количество мониторов выбирается по табл. 3 равным 1 шт.

Библиографический список

1. *Лукин Н.В., Разживин С.Н., Стариков А.С.* Суда технического флота : учебн. пособие для вузов вод. тр-та ; под ред. Н.В. Лукина. – М. : Транспорт, 1992. – 335 с.

2. *Краковский И.И.* Суда технического флота. – Л. : Судостроение, 1968. – 505 с.

3. *Стариков А.С.* Технологические процессы земснарядов. – М. : Транспорт, 1989. – 223 с.

4. ГОСТ 8732–78. Трубы стальные бесшовные горячедерформированные. Сортамент. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 15 с.

5. ГОСТ 10704–91. Трубы стальные электросварные. Сортамент. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 13 с.

6. *Лукин Н.В., Арефьев Н.Н.* К расчету геометрических параметров трехсекционных грунтоприемников // Науч. труды / ВГАВТ. – 1993. – Вып. 267. – С. 33–36.

7. *Арефьев Н.Н., Мурыгин О.П.* Метод расчета технологических параметров при работе землесосов с трехсекционными грунтоприемниками. В сб. «Наука и техника на речном транспорте». – М. : ЦБНТИ Речтранса, 1993. – № 10. – С. 20–31.

8. *Арефьев Н.Н.* Научное обоснование технических решений и разработка на их основе средств повышения эффективности судовых энергетических установок землесосных снарядов : автореф. дисс … д.т.н. – Нижний Новгород, 2011. – 41 с.

9. *Царенок Л.А., Васягин В.К., Фунтов О.Н., Арефьев Н.Н., Попов Н.Ф.* Модернизация грунтозаборного устройства земснаряда «Донской 607» // Речной транспорт (XXI век), 2009. – № 41.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1. **Характеристики судовых дизелей***

Марка дизеля	Номинальная мощность, кВт	Номинальная частота вращения, об/мин	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)
4NVD26	99	750	227
6NVD26	147	750	243
6NVD26A	220	750	220
6VD36/24-1U	224	500	218
8VD36/24-1U	300	500	218
6VD36/24A-1U	331	500	218
8VD36/24A-1U	441	500	218
6NVD48-2U	485	428	229
8NVD48-2U	547	428	223
6NVD48A-2U	736	428	218
8NVD48A-2U	970	428	218
Г60	662	375	226
Г70-5	736	350	224
Г70	882	375	224
Г74	1104	500	221
6ЧСП18/22	110	750	228
6ЧНСП18/22	165	750	224
8ЧНСП18/22	232	750	224
6ФД26/20-АЛ1	530	1000	215
6НФД48-2АУ	640	375	218
8НФД48АУ	736	375	218
8НФД48А-2У	775	350	218
6Л275	295	550	231
6С275Л	238	412	226
6С275ЛІ	295	550	233
6Л275Рр	276	500	226
6Л275ПН	385	480	225
6Л275ПНІІІ	515	600	215
6Ч25/34	220	500	238
6ЧН25/34	331	500	224
8ЧН25/34	368	500	224
10D42	450	360	220

* Некоторые дизели сняты с производства, но для выполнения задания по данной расчетной работе допускается их применение.

Таблица А.2. **Характеристики судовых дизель-редукторных агрегатов фирмы ВПК-ТРАНСМАШ**

Марка агрегата	Номинальная мощность на выходном фланце редуктора, кВт	Частота вращения выходного фланца редуктора, об/мин	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)
3Д6С2	110	508	224
3Д6Н-235	173	508	222
3Д12А	220	508	234
3КД12Н-520Р	365	500	228
ДРА150/Я1	110	508	218
ДРА300/Я2	220	508	214

Таблица А.3. **Характеристики судовых дизель-редукторных агрегатов фирмы ЗАО «Тюменьсудокомплект»**

Марка агрегата (тип двигателя)	Номинальная мощность на выходном фланце редуктора, кВт	Частота вращения выходного фланца редуктора, об/мин	Тип реверс-редуктора / передат. число на п.х.
ДРА-90 (ЯМЗ-236М2)	66	742	СБ525-00-4/2,02
ДРА-90-1 (ЯМЗ-236М2)	66	488	СБ525-00-4/3,07
ДРА-90-3 (ЯМЗ-236М2)	66	508	СБ525-01-13/2,95
ДРА-150 (ЯМЗ-238М2)	110	742	СБ525-00-4/2,02
ДРА-150-1 (ЯМЗ-238М2)	110	488	СБ525-00-4/3,07
ДРА-150-3 (ЯМЗ-238М2)	110	508	СБ525-00-4/2,95
ДРА-300 (ЯМЗ-238Д2)	166	882	СБ525-01-13/2,04
ДРА-300-1 (ЯМЗ-238Д2)	166	610	СБ525-01-13/2,95
ДРА-525-01 (ЯМЗ-8401,10)	284	740	СБ1225-01-14/2,03
ДРА-525-02 (ЯМЗ-8401,10)	284	500	СБ1225-01-14/3,0

Таблица А.4. **Характеристики дизель-редукторных агрегатов ОАО «РУМО»**

Марка агрегата (тип двигателя)	Номинальная мощность на выходном фланце редуктора, кВт	Частота вращения выходного фланца редуктора, об/мин	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)
ДРА600 (6ЧНСП22/28)	600	312 (2,4) 250 (3,0) 227 (3,3)	195
ДРА900 (6ЧНСП22/28)	900	417 (2,4) 333 (3,0) 303 (3,3)	195
ДРА900 (8ЧНСП22/28)	900	312 (2,4) 250 (3,0) 227 (3,3)	195
ДРА1200 (8ЧНСП22/28)	1200	417 (2,4) 333 (3,0) 303 (3,3)	195

Таблица А.5 **Характеристики дизель-редукторных агрегатов ОАО «Волжский дизель им. Маминых»**

Марка агрегата (тип двигателя)	Номинальная мощность на выходном фланце редуктора, кВт	Частота вращения выходного фланца редуктора, об/мин (передат. число)	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)
ДРРА374К (6ЧН17/20)	184	473 (2,04)	226
ДРРА26К (8ЧН17/20)	280	338 (3,0)	226
ДРРА46К	552	380 (2,55)	226
ДРРА48К	757	380 (2,55)	226
ДА33	630	594 (2,12)	197
WD615-61C	110	739 (2,03) 493 (3,04)	208
WD618C-22	220	735 (2,04) 500 (3,0)	208

Таблица Б.1. **Характеристики центробежных насосов для подачи воды на гидрорыхление**

Типоразмер насоса	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Мощность электро-двигателя, кВт	Масса, кг
К90/20	90	20	7,5	134
К90/35	90	35	15	330
К100-80-160	100	32	15	265
КМ100-80-160	100	32	15	197
К100-65-200	100	50	30	340
КМ100-65-200	100	50	30	260
К100-65-200а	90	40	30	275
КМ100-65-200а	90	40	30	260
КМ125-100-160-5	100	30	22	202
К100-65-250а	90	67	37	435
К150-125-250	200	20	18,5	370
К160/30	160	30	30	435
К160/30а	140	28,6	22	415
К150-125-315	200	32	30	450
К150-125-315а	180	26	22	430
К290/30	290	30	37	550
К290/30а	250	24	30	460
К200-150-315	315	32	45	645
К200-150-315а	290	26	37	615
К200-150-400	400	50	90	1005
К200-150-400а	400	40	75	960

Таблица Б.2. **Характеристики центробежных насосов типа Д для подачи воды на гидрорыхление**

Типоразмер насоса	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Мощность электро-двигателя, кВт	Масса, кг
Д200-36	200	36	37	760
Д200-36а	190	29,7	30	660
Д200-36б	180	25	22	655
1Д200-90б	160	62	55	607
1Д315-50	315	50	75	785
1Д315-50а	300	42	55	662
1Д315-50б	220	36	45	577
4Д315-50а	300	42	55	640
4Д315-50б	220	37	45	568
Д320-50а	300	39	55	1038
1Д500-63б	400	44	90	1450
1Д630-90б	500	60	160	1627

Окончание табл. Б 2

Типоразмер насоса	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Мощность электро-двигателя, кВт	Масса, кг
1Д800-56а	740	48	132	1552
1Д800-56б	700	40	110	1500
1Д1250-63б	1050	44	200	1900
1Д1250-63	800	28	110	1730
1Д1600-90	1000	40	160	2960
1Д1600-90а	970	34	132	2800
1Д1600-90б	870	30	110	2550
Д2500-62-2	2000	34	250	
Д2500-623-2	1900	29	250	
Д3200-75-2	2500	42	400	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1. **Характеристики дноуглубительных землесосных снарядов**

№ проекта	Производи-тельность по грунту, $м^3/ч$	Глубина грунтоза-бора, м	Длина грунто-провода, м	Габариты L×B×H, м	Доковая масса, т
1-517-01	2500	8	540	72,2×10,8×11	670
23-112	1000	11	500	63×9,5×9,85	680
С0805	600	8	самоотв.	72,4×14×15,4	1005
12	750	11	-	44,6×9,38×9,9	322
23-110	700	11	450	48,15×9,21×9,16	398,4
592	400	7	250	42×9,4×8,1	220,5
350-50Л	350	10	2150	31×9,5×2	–
324	350	8	250	34,66×7,9×7,5	118,6
246	250	6	150	27,2×7,27×6,2	70
ЗРС-1	180	8,5	120	15,5×6×4,7	–
Р161	1280	11	–	78,4×12,23×10,26	790

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

Профиль Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания

ПК-36. Способен осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов

ПК-37. Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации

Тест по дисциплине:

«Энергетические установки судов вспомогательного флота и их экс плуатация»

Общее количество заданий: 20.

Время выполнения: 60–90 минут.

Базовый уровень (50 % заданий, 10 вопросов, 1–3 мин. на задание)

Вопрос 1. Буксиры, относящиеся к классу вспомогательных судов:

1. принципиально и конструктивно отличаются от транспортных буксиров;
2. принципиально отличаются от транспортных буксиров;
3. конструктивно отличаются от транспортных буксиров;
4. не имеют принципиальных отличий от транспортных буксиров.

Вопрос 2. По способу отделения грунта от дна и его подъёма земснаряды бывают:

1. механического и механическо-гидравлического действия;
2. гидравлического, механического и механическо-гидравлического действия;
3. гидравлического и механическо-гидравлического действия.

Вопрос 3. Портовые буксиры отличаются:

1. большой остойчивостью и малой длиной;

2. меньшей остойчивостью и большей длиной;
3. большой остойчивостью и большей длиной;
4. меньшей остойчивостью и малой длиной.

Вопрос 4. На судах с агрегатной мощностью до 3 тыс. кВт применяют дизель-электрические установки с электропередачей:

1. на постоянном токе;
2. на переменном токе;
3. на переменном и постоянном токе.

Вопрос 5. Газовыпускные трубопроводы вспомогательных дизелей могут быть объединены в общий трубопровод:

1. да, в случае конструктивной целесообразности;
2. нет, в любых случаях;
3. да, при наличии предохранительного устройства, предотвращающего попадание газов из общего трубопровода в трубопроводы неработающи х дизелей.

Вопрос 6. По типу энергетической установки (главного двигателя), приводящей в действие основные механизмы земснарядов, они делятся на:

1. дизельные;
2. дизель-электрические;
3. электрические.

Вопрос 7. Гидродинамические передачи широко используются в установках:

1. судов ледового плавания;
2. лоцманских судов;
3. спасательных судов;
4. буксиров.

Вопрос 8. По физическим свойствам извлекаемые грунты подразделяют на:

1. крупнообломочные;
2. связные;

3. малосвязные;
4. несвязные.

Вопрос 9. По средствам рабочих перемещений снаряда во время грунтозабора земснаряды делятся на:

1. якорные;
2. свайно-якорные;
3. свайные;
4. движительные.

Вопрос 10. При проектировании и эксплуатации земснарядов необходимо:

1. иметь данные о физико-механических свойствах разрабатываемых грунтов;
2. иметь данные о производительности и районе плавания;
3. иметь данные о физико-механических свойствах разрабатываемых грунтов, о производительности и районе плавания.

Повышенный уровень (30 % заданий, 6 вопросов, 3–5 мин. на задание)

Вопрос 11. Соотнесите виды судов с их названиями:

Виды судов		**Название**
А.		1. плавучий маяк 2.пожарное судно
Б.		

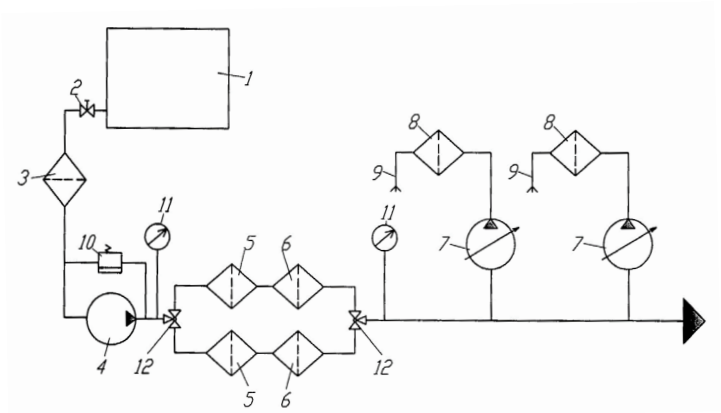
В.		3.гидрографическое судно 4.ледокол
Г.		5.лоцманское судно
Д.		6.разъездной катер 7.научно-исследовательское судно
Е.		8.медико-санитарное судно 9.спасательное судно
Ж.		10.экспедиционное судно

Запишите попарно выбранные цифры под соответствующими буквами (например, А1Б2В3Г4):

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж

Вопрос 12. Соотнесите элементы топливной системы с их обозначениями на схеме:

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:



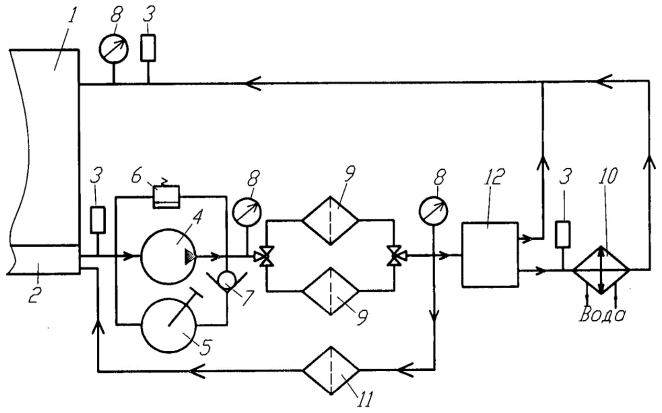
Обозначение на схеме	Название	
1.	А.	кран
2.	Б.	фильтр предварительной очистки
3.	В.	топливоподкачивающий насос
4.	Г.	фильтр высокого давления
5.	Д.	фильтр тонкой очистки
6.	Е.	фильтр грубой очистки
7.	Ж.	фильтр низкого давления
8.	З.	топливный насос высокого давления
9.	И.	топливораспыливающая форсунка
10.	К.	перепускной кран
11.	Л.	манометр
12.	М.	перепускной клапан
	Н.	расходная цистерна

Запишите попарно выбранные буквы под соответствующими цифрами (например, 1А2Б3В4Г):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Вопрос 13. Соотнесите элементы системы смазывания дизеля с «мокры м» картером с их обозначениями на схеме:

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:



Обозначение на схеме	Название	
1.	А.	ручной масляный насос
2.	Б.	дизель
3.	В.	термометр
4.	Г.	картер дизеля
5.	Д.	перепускной клапан
6.	Е.	манометр
7.	Ж.	фильтр грубой очистки
8.	З.	масляный насос
9.	И.	терморегулятор
10.	К.	фильтр тонкой очистки
11.	Л.	холодильник масла
12.	М.	невозвратный клапан
	Н.	фильтр

Запишите попарно выбранные буквы под соответствующими цифрами (например, 1А2Б3В4Г):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Вопрос 14. Выберите все правильные ответы и запишите развёрнутое обоснование выбора.

Какие факторы влияют на выбор типа земснаряда для выполнения дноуглубительных работ?

1. физико-механические свойства грунта;
2. глубина разработки;
3. погодные условия;
4. район плавания и условия эксплуатации.

Вопрос 15. Выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор.

Какой тип передачи мощности чаще всего применяется на малых вспомогательных судах?

1. редукторная;
2. непосредственная;
3. электрическая.

Вопрос 16. Выберите все правильные ответы и запишите развёрнутое обоснование выбора.

Какие преимущества имеют дизель-электрические установки перед традиционными дизельными?

1. возможность гибкого распределения мощности между потребителями;
2. повышенная манёвренность судна;
3. меньший расход топлива;
4. простота конструкции.

Высокий уровень (20 % заданий, 4 вопроса, 5–10 мин. на задание)

Вопрос 17. Какие есть недостатки у редукторной передачи с разобщением мощности? Дайте развёрнутый ответ.

Вопрос 18. Какие достоинства у непосредственных передач мощности? Дайте развёрнутый ответ.

Вопрос 19. Опишите основные этапы технического обслуживания судовой энергетической установки вспомогательного судна. Приведите примеры типовых операций для каждого этапа.

Вопрос 20. Проанализируйте влияние условий эксплуатации (ледовая обстановка, мелководье, штормовые условия) на выбор типа энергетической установки для вспомогательного судна.

Приведите 2– примера конкретных типов судов и обоснованно подберите для них оптимальный тип энергетической установки.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний
Новгород,603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок
Профиль Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания
ПК-36. Способен осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов
ПК-37. Способен осуществлять разработку эксплуатационной документации

ВОПРОСЫ к зачету
по дисциплине «Энергетические установки
судов вспомогательного флота и их эксплуатация»

1. Особенности энергетических установок (ЭУ) бункеровщиков.
2. Особенности ЭУ судов сбора подсланевых вод.
3. Особенности ЭУ гидроперегружателей.
4. Особенности ЭУ добычных землесосных снарядов.
5. Особенности ЭУ дноуглубительных землесосных снарядов.
6. Особенности ЭУ многочерпаковых земснарядов.
7. Особенности ЭУ рейдовых буксиров.
8. Особенности ЭУ лоцманских судов.
9. Особенности ЭУ разъездных судов.
10. Особенности конструкции судов-бункеровщиков.
11. Особенности конструкции судов сбора подсланевых вод.
12. Особенности конструкции гидроперегружателей.
13. Особенности конструкции добычных землесосных снарядов.
14. Особенности конструкции дноуглубительных землесосных снарядов.
15. Особенности конструкции многочерпаковых земснарядов.
16. Особенности конструкции рейдовых буксиров.
17. Конструкции грузовых систем и танков судов-бункеровщиков.
18. Конструкции систем сбора и обработки судовых подсланевых вод.
19. Конструкции судовых установок сточных вод.
20. Конструкции грунтонасосных установок добычных землесосных снарядов.
21. Конструкции грунтонасосных установок гидроперегружателей.
22. Конструкции грунтонасосных установок дноуглубительных землесосных снарядов.
23. Конструкции грунтозаборных устройств многочерпаковых земснарядов.
24. Конструкции грунтозаборных устройств одночерпаковых земснарядов.
25. Технология работы грузовых систем судов-бункеровщиков.
26. Технология сбора и обработки судовых подсланевых вод.
27. Технология работы грунтонасосных установок землесосных снарядов.
28. Технология работы грунтозаборных устройств меногочерпаковых и одночерпаковых земснарядов.