

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

**В.Г. Крец, А.В. Рудаченко, В.А. Шмурыгин**

# **МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ**

Учебное пособие

Издательство  
Томского политехнического университета  
2008

УДК 622.692. 4.05(075.8)

ББК 39.7-5я73

К80

**Крец В.Г.**

К80      Машины и оборудование газонефтепроводов: учебное пособие / В.Г. Крец, А.В. Рудаченко, В.А. Шмурыгин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 328 с.  
ISBN 5-98298-275-X

Изложен принцип действия и рассмотрены современные конструкции специальных машин для строительства и ремонта магистральных и нефтегазопромысловых трубопроводов: траншейных экскаваторов, траншеезасыпателей, машин для разработки траншей на обводненных и заболоченных участках трассы, для укладки трубопроводов при строительстве переходов под дорогами, реками и прочими преградами. Дана методика расчета параметров рабочих органов и машин при выполнении различных технологических операций.

Пособие разработано в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Рациональное природопользование, экологически безопасные технологии разработки месторождений, транспортировки, переработки нефти и газа» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 130500 «Нефтегазовое дело» специальностей 130501, 130503. Может быть полезно при подготовке рабочих по профессии «Линейный трубопроводчик».

УДК 622.692. 4.05(075.8)

ББК 39.7-5я73

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета

*Рецензент*

Кандидат технических наук,  
инженер ПО «Эксплуатация магистральных газопроводов»

ООО «Томсктрансгаз»

*А.В. Герасимов*

ISBN 5-98298-275-X    © Крец В.Г., Рудаченко А.В., Шмурыгин В.А., 2008  
© Томский политехнический университет, 2008  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2008

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	10
1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ .....	11
1.1. Классификация машин для строительства магистральных трубопроводов .....	11
1.1.1. Понятие о машине .....	11
1.1.2. Общая классификация машин .....	11
1.1.3. Основные требования, предъявляемые к машинам .....	13
1.1.4. Основные технико-эксплуатационные параметры машины .....	14
1.2. Основные элементы машин при строительстве и ремонте трубопроводов .....	28
1.2.1. Рама .....	28
1.2.2. Силовая установка .....	29
1.2.3. Двигатель .....	29
1.2.4. Рабочее оборудование .....	34
1.2.5. Системы управления .....	35
1.2.6. Кабина, облицовочные панели и кожухи .....	35
1.2.7. Типы трансмиссий .....	36
1.2.8. Рулевые системы .....	36
1.2.9. Гидравлические и пневматические силовые установки .....	37
Контрольные задания .....	39
Список литературы .....	39
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУНТАХ И МЕТОДАХ ИХ РАЗРУШЕНИЯ .....	41
2.1. Термины и определения .....	41
2.2. Оценка прочности и трудности разработки грунтов .....	42
2.3. Основные способы разрушения грунтов .....	43
Контрольные задания .....	44
Список литературы .....	44
3. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ .....	45
3.1. Погрузочно-разгрузочные и транспортные работы .....	45
3.2. Тракторы и автомобили .....	50
3.2.1. Грузовые автомобили .....	52
3.2.2. Тракторы .....	54
3.2.3. Пневмоколесные тягачи .....	56
3.3. Трубовозы .....	57
3.4. Плетевозы .....	60
3.5. Саморазгружающиеся плетевозы .....	61
3.6. Снегоболотоходы .....	64
Контрольные задания .....	66
Список литературы .....	66

4. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ .....	67
4.1. Земляные работы.....	68
4.2. Бульдозеры.....	72
4.2.1. Конструкции бульдозеров.....	74
4.2.2. Производительность бульдозера при резании и разрушении .....	76
4.3. Кусторезы.....	76
4.3.1. Конструкции кусторезов .....	76
4.4. Корчеватели .....	78
4.4.1. Конструкции корчевателей .....	78
4.5. Рыхлители .....	79
4.6. Скреперы.....	80
4.7. Машины циклического действия для разработки траншей и котлованов .....	84
4.7.1. Общие сведения об одноковшовых универсальных экскаваторах..	84
4.7.2. Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием (экскаваторы-планировщики).....	89
4.8. Машины непрерывного действия для разработки траншей .....	91
4.8.1. Обзор и классификация машин непрерывного действия .....	91
4.8.2. Конструкция основных агрегатов роторного траншейного экскаватора.....	93
4.8.3. Вскрышные экскаваторы .....	96
4.9. Машины для очистки траншей от снега .....	97
4.9.1. Оборудование к драглайну для очистки траншей (ОТ).....	98
4.9.2. Траншейный снегоочиститель роторного типа .....	98
4.10. Машины для засыпки траншей .....	98
4.10.1. Классификация машин для засыпки траншей .....	98
4.10.2. Скребковый траншеезасыпатель.....	100
4.10.3. Шнековый траншеезасыпатель .....	101
4.10.4. Роторный траншеезасыпатель .....	101
4.10.5. Экскаваторы-трубозаглубители для укладки трубопроводов бесподъемным способом .....	102
4.10.6. Машина послойной разработки грунта (МПРГ-1) .....	103
4.10.7. Машина для вскрытия трубопроводов (МВТ).....	105
4.10.8. Машина подкапывающая роторная МПР (МПР-1).....	106
4.10.9. Подкапывающие машины МПТ (МПА).....	106
4.10.10. Подбивочная машина (МП) .....	107
4.11. Машины и оборудование для уплотнения грунтов .....	108
Контрольные задания .....	110
Список литературы.....	111
5. ГРУЗОПОДЪЕМНО-МОНТАЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ .....	112
5.1. Строительные краны и их основные параметры .....	112
5.2. Башенные краны.....	116

5.3. Стреловые самоходные краны .....	118
5.4. Краны гусеничные .....	119
5.5. Трубоукладчики .....	121
5.5.1. Конструкции трубоукладчиков .....	124
5.5.2. Строительные подвески и устройства .....	130
5.5.2.1. Подвески троллейные .....	130
5.5.2.2. Троллейные подвески на авиашинах .....	130
5.5.2.3. Подвески троллейные роликоканатные .....	131
5.5.2.4. Троллейные подвески-опоры типа ТПО .....	132
5.5.2.5. Захваты клещевые автоматические .....	132
5.5.2.6. Полотенца мягкие .....	133
5.5.2.7. Траверсы .....	134
5.5.2.8. Стропы кольцевые .....	135
5.6. Машины для гнутья труб.....	136
Заключение.....	141
Контрольные задания .....	142
Список литературы.....	142
<b>6. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ИЗОЛЯЦИИ</b>	
<b>ТРУБОПРОВОДОВ .....</b>	<b>143</b>
6.1. Очистные машины .....	145
6.1.1. Назначение и классификация очистных машин .....	145
6.1.2. Рабочие инструменты трубоочистных машин.....	148
6.1.3. Машины для очистки в комплекте с ручными приспособлениями ..	150
6.2. Изоляционные машины .....	151
6.2.1. Назначение и общее устройство изоляционных машин .....	151
6.2.2. Изолировочно-очистные комбайны [3] .....	153
6.2.3. Самоходные изоляционные машины [3] .....	154
6.2.4. Технологические линии для изоляции труб.....	155
Заключение.....	156
Контрольные задания .....	156
Список литературы.....	156
<b>7. МАШИНЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ</b>	
<b>ТРАНШЕЙНЫМ И БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ .....</b>	<b>157</b>
7.1. Оборудование для бестраншейной прокладки трубопроводов под водными преградами методом наклонно-направленного бурения (ННБ)	158
7.2. Машины для подводно-технических работ .....	160
7.2.1. Машины для производства земляных работ .....	163
7.2.2. Подводные трубозаглубители .....	168
7.2.3. Оборудование для укладки трубопроводов на дно водоемов .....	169
7.2.4. Суда-трубоукладчики .....	172
Заключение.....	174
Контрольные задания .....	174
Список литературы.....	175

8. МАШИНЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРАНШЕЙ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ И ОБВОДНЕННЫХ УЧАСТКАХ ТРАССЫ .....	176
8.1. Канатно-скреперные установки.....	176
8.2. Конструкции и применение экскаваторов с сильно развитой опорной поверхностью.....	179
8.3. Оборудование и способы, применяемые при закреплении магистральных трубопроводов .....	181
Контрольные задания .....	183
Список литературы.....	183
9. МАШИНЫ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ ПОД ДОРОГАМИ .....	184
9.1. Общие сведения о бестраншейных способах прокладки трубопроводов. Назначение, область их применения и выбор .....	185
9.2. Прокладка труб способом продавливания .....	190
9.3. Прокладка труб способом горизонтального бурения.....	191
9.4. Щитовая проходка тоннелей и коллекторов .....	193
Контрольные задания .....	194
Список литературы.....	194
10. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ И ИСПЫТАНИЯ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ .....	195
10.1. Устройства для очистки внутренней полости трубопроводов .....	195
10.1.1. Устройства для очистки полости и удаления воды.....	197
10.1.2. Очистные поршни.....	198
10.1.3. Поршни-разделители.....	202
10.1.4. Скребки, поршни .....	204
10.2. Компрессорные установки .....	204
10.3. Машины для гидравлического испытания трубопроводов.....	205
10.3.1. Классификация и общее устройство.....	205
10.3.2. Наполнительные агрегаты .....	207
10.3.3. Опрессовочные агрегаты .....	207
Контрольные задания .....	209
Список литературы.....	209
11. НАСОСЫ .....	210
11.1. Основные сведения о насосах .....	210
11.2. Принцип работы центробежных насосов.....	213
11.3. Насос погружной центробежный с гидроприводом НЦПГ-180 .....	213
11.4. Основные и подпорные центробежные насосы для магистральных трубопроводов .....	214
11.5. Характеристики магистральных насосов.....	221
11.6. Совместная работа турбомашин .....	222
11.7. Регулирование турбомашин .....	224
Контрольные задания .....	226
Список литературы.....	226

12. КОМПРЕССОРЫ .....	227
12.1. Классификация компрессоров.....	227
12.2. Компрессорные машины и оборудование.....	229
12.3. Поршневые компрессоры .....	229
12.4. Мембранные компрессоры .....	232
12.5. Роторные компрессоры .....	232
12.6. Турбокомпрессоры .....	233
Контрольные задания .....	235
Список литературы.....	235
13. АРМАТУРА ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ.....	236
13.1. Основные термины и определения .....	236
13.2. Классификация арматуры.....	237
13.3. Запорная арматура.....	240
13.3.1. Задвижки.....	241
13.3.2. Вентили.....	243
13.3.3. Краны.....	245
13.3.4. Дисковые поворотные затворы .....	247
13.3.5. Регулирующие заслонки .....	247
13.4. Приводы запорной трубопроводной арматуры.....	249
13.5. Размещение запорной арматуры на трубопроводах .....	249
13.6. Предохранительная и защитная арматура .....	250
13.6.1. Обратные клапаны .....	250
13.6.2. Предохранительные клапаны .....	251
Контрольные задания .....	252
Список литературы.....	252
14. МАШИНЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ШПУРОВ И СКВАЖИН ПОД ЗАРЯДЫ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ .....	253
14.1. Бурильные машины .....	253
14.2. Перфораторы.....	254
14.3. Станки ударно-канатного бурения .....	255
14.3.1. Мотосверла (мотобуры) .....	256
14.4. Применение зарядов.....	256
Контрольные задания .....	257
Список литературы.....	257
15. Машины для свайных работ.....	258
15.1. Характеристика свайных работ.....	259
15.1.1. Погружение забивных свай .....	259
15.1.2. Технология бурения.....	260
15.2. Машины для свайных работ .....	262
15.2.1. Копры свайные.....	263
15.2.2. Молоты дизельные.....	264
15.2.3. Свае- и шпунтовыдергиватели .....	265
15.2.4. Бурильно-крановые машины .....	265
15.2.5. Бурильно-сваебойные машины БМ-811, БМ-831, БМ-833.....	266

Заключение.....	267
Контрольные задания.....	267
Список литературы.....	267
16. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ .....	269
16.1. Источники загрязнения окружающей среды .....	271
16.2. Защита атмосферы.....	271
16.3. Рекультивация земель .....	273
16.4. Оценка технических средств для обеспечения экологической безопасности при трубопроводном транспорте.....	276
16.5. Оборудование и средства для обеспечения экологической безопасности нефтегазопроводов.....	278
16.6. Ликвидация аварий на подводных переходах .....	283
Заключение.....	293
Контрольные задания.....	293
Список литературы.....	293
17. ОБОРУДОВАНИЕ БЫТА В УСЛОВИЯХ ТРАССЫ.....	295
Контрольные задания .....	298
Список литературы.....	298
18. ПЕРЕДВИЖНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РЕМОНТНЫЕ БАЗЫ.....	299
18.1. Область применения и состав мобильных ремонтных баз .....	299
18.2. Трубосварочные комплексы.....	302
18.3. Линия подачи труб для контроля сварных швов к БТС-142В и БТС-145 .....	303
Контрольные задания.....	303
Список литературы.....	303
19. СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ .....	304
19.1. Виды пожаротушения для различных объектов нефтяных месторождений (по данным «ТомскНИПИнефть») .....	304
19.2. Пожарные автомобили .....	307
19.2.1. Автоцистерны пожарные .....	308
19.2.2. Автомобили пожарные насосные.....	308
19.2.3. Автомобили пожарные рукавные.....	309
19.2.4. Автоподъемники пожарные.....	309
19.2.5. Автолестницы пожарные .....	310
19.3. Генераторы пены .....	310
19.3.1. Генераторы пены высоконапорные .....	310
19.3.2. Генераторы пены средней кратности стационарные .....	311
19.3.3. Генераторы пены высокой кратности стационарные.....	311
19.4. Мембрана разрывная .....	311
19.5. Бак-дозатор пожарный .....	312
19.6. Мотопомпы пожарные .....	312
19.7. Щит пожарный.....	313
19.8. Огнетушители .....	313

Контрольные задания и задания .....	315
Список литературы.....	315
20. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ .....	317
20.1. Автономные электростанции .....	317
20.2. Сварочные агрегаты .....	319
Контрольные задания .....	323
Список литературы.....	323
21. ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА .....	324
21.1. Понятие о подстанции.....	324
21.2. Понятие распределительного устройства и его классификация.....	325
21.2.1. Открытые распределительные устройства.....	325
21.2.2. Закрытые распределительные устройства.....	325
21.3. Комплексные трансформаторные подстанции внутренней установки	326
Заключение.....	326
Контрольные задания .....	327
Список литературы.....	327

## **ВВЕДЕНИЕ**

Трубопроводный транспорт широко применяется в системах хозяйствования различных стран. По трубопроводам транспортируются вода, растворы, нефть, нефтепродукты, газ, газоконденсаты. Кроме этого, к настоящему времени сложились такие направления трубопроводного транспорта твердых и сыпучих материалов (уголь, руда, щебень, песок и др.), как пневмотранспорт, контейнерный (в том числе капсульный) транспорт и гидротранспорт.

В данном пособии приведены сведения о машинах и оборудовании газонефтепроводов: машины транспортные и для землеройных работ, грузоподъемно-монтажные машины и оборудование, средства очистки и изоляции трубопроводов, машины для сооружения переходов трубопроводов траншейным и бестраншейным способом под искусственными и естественными преградами, средства для разработки траншей на заболоченных и обводненных участках, машины и оборудование для очистки внутренней полости трубопроводов и их испытания: насосы, компрессоры, арматура трубопроводов, машины для свайных работ и бурения взрывных скважин, мобильные ремонтные базы, оборудование для обеспечения экологической безопасности нефтегазопроводов, оборудование быта, средства пожаротушения, энергетическое и сварочное оборудование.

В работе использованы различные наработки ведущих научно-исследовательских и учебных учреждений России нефтегазового направления, материалы отечественных и некоторых зарубежных разработчиков и предприятий-изготовителей, собственный опыт (собственные наработки и опыт), Интернет-ресурсы.

# **1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ**

## **1.1. Классификация машин для строительства магистральных трубопроводов**

### **1.1.1. Понятие о машине**

Машина (франц. machine, лат. machina) – устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации с целью замены или облегчения физического и умственного труда (Крайнев, 1981).

В строительном деле можно выделить следующие группы машины:

- машины-двигатели, преобразующие различные виды энергии в механическую;
- рабочие машины, получающие необходимую им механическую энергию от двигателя, приводящего в движение исполнительный орган машины, при помощи которого машина изменяет свойства, состояние, форму или положение обрабатываемого сырья, материала или предмета;
- машины-генераторы, преобразующие подводимую к ним механическую энергию двигателя в энергию потока жидкости или газа (различные виды насосов, компрессорные машины и др.).

При помощи машин, являющихся средством производства материальных благ, обеспечиваются многократное увеличение производительности труда, повышение его безопасности.

### **1.1.2. Общая классификация машин**

Все машины и механизмы, применяемые на строительстве и ремонте магистральных трубопроводов, можно разделить на общестроительные и специальные.

Общестроительные машины имеют широкое применение и могут быть использованы на строительстве любого объекта (например, бульдозер). Специальные машины предназначены в основном для строительства магистральных трубопроводов (например, роторный траншейный экскаватор).

На рис. 1.1 приведена предложенная нами классификация машин для строительства и ремонта трубопроводов.

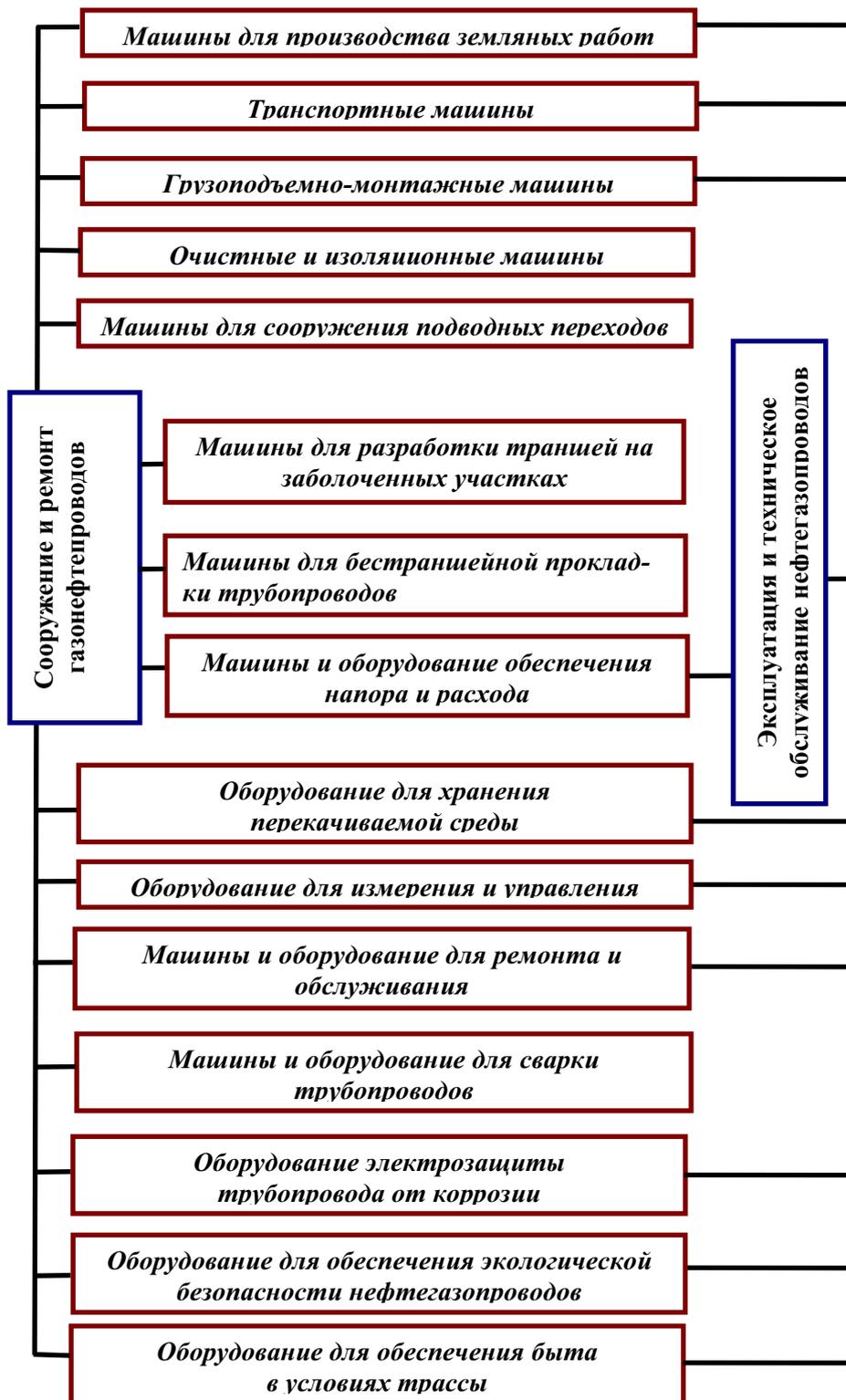


Рис. 1.1. Классификация машин для строительства и ремонта трубопроводов

### **1.1.3. Основные требования, предъявляемые к машинам**

Ко всем машинам, предназначенным для строительства магистральных трубопроводов так же, как и к современным машинам любого другого назначения, предъявляются следующие конструктивные и эксплуатационные требования, обусловленные современным уровнем развития науки и техники.

Конструктивные требования заключаются в том, что машина должна быть высокопроизводительной, надежной, долговечной, удобной в управлении, обладать хорошей маневренностью и быть приспособленной к изменению в определенных пределах условий работы. Кроме того, машина должна быть достаточно простой в обращении и ремонте. Ее монтаж и демонтаж, а также замена деталей не должны вызывать затруднений. В конструкции машины должны быть максимально использованы унифицированные узлы, нормализованные и стандартные детали, что значительно снижает стоимость машины, повышает ее надежность и облегчает ремонт.

Машина должна быть транспортабельной. Ее переброска с объекта на объект не должна вызывать поломки деталей ходовой части.

При транспортировке на железнодорожной платформе машина должна вписываться в железнодорожный габарит. При транспортировке своим ходом, на буксире или в погруженном состоянии на трейлере машина должна свободно проходить под мостами, линиями электропередач и другими сооружениями.

Конструкция машины должна быть выполнена также таким образом, чтобы при ее изготовлении и сборке можно было применять прогрессивную технологию.

Существует следующий комплекс эксплуатационных требований. Качество работ, выполненных машиной согласно предусмотренной технологии, должно быть высоким. Машина должна быть дешева, более производительна, чем предшествующие модели, расходовать меньше энергии на единицу объема выработанной продукции. Иначе говоря, каждая новая модель машины данного назначения должна давать экономический эффект.

Машины, предназначенные для работы в районах с холодным климатом, должны сохранять работоспособность в условиях низких температур до минус 60 С, при повышенной скорости ветра, снежных заносах, обледенении и полярной ночи. С этой целью в конструкции таких машин должны быть использованы соответствующие марки стали с соответствующей термообработкой, обеспечивающие высокие показатели ударной вязкости при низких температурах.

Сварные соединения должны выполняться конструктивно и технологически с учетом предотвращения их хрупких разрушений.

Электротехническое и другое оборудование этих машин должно иметь морозо- и влагостойкое исполнение.

В гидравлических системах, а также системах жидкостного охлаждения должны применяться соответствующие низкотемпературные рабочие и охлаждающие жидкости.

Силовые установки с двигателями внутреннего сгорания должны снабжаться подогревательными и терморегулирующими устройствами для обеспечения быстрого запуска при низких температурах.

Конструкция ходовой части должна обеспечить эксплуатацию машин на скальных и мерзлых грунтах, обледенелых и заснеженных дорогах, а также заболоченных участках.

При создании новой машины большое внимание должно уделяться обеспечению условий, благоприятных для работы водителя машины.

К этим требованиям относятся:

- 1) наличие удобного сиденья, хорошего обзора и освещения фронта работ и рабочего органа;
- 2) удобство пользования рычагами, кнопками и педалями управления; применение рычагов рациональной формы и снижения усилий, прикладываемых для переключения рычагов, используя для этой цели специальные усилительные устройства;
- 3) устранение вибрации и шума в зоне рабочего места;
- 4) надежная защищенность рабочего места от пыли и отработанных газов;
- 5) поддержание благоприятного температурного режима в кабине водителя путем искусственного нагрева или охлаждения воздуха.

Показателями долговечности машины являются срок службы, определяемый календарной продолжительностью ее эксплуатации до капитального ремонта или списания, и ресурс, определяемый наработкой машины до предельного состояния.

#### **1.1.4. Основные технико-эксплуатационные параметры машины**

При анализе проектных решений и исследовании математических моделей, описывающих какую-либо технологическую систему, обычно требуется найти некоторые значения интересующих переменных. Эти значения определяются из условия обращения критерия оптимальности в минимум или максимум.

Конкретный вид критерия оптимальности выбирается в зависимости от задачи, стоящей перед исследователем, от целевой направленности моделирования.

Применительно к машинам и оборудованию для строительства и ремонта магистральных и промышленных трубопроводов может быть определен (чаще всего экспертным путем) ряд критериев или эксплуатационных свойств, которые могут быть применены при решении задач синтеза (проектирования) и анализа (выявления резервов).

Эти критерии, характеризующие эксплуатационные свойства машин и оборудования, обусловлены современным уровнем развития науки и техники, в настоящее время четко не обозначены и представляют непростую задачу.

Рассмотрим основные критерии или комплекс эксплуатационных свойств, характеризующие качество эксплуатации машин.

Комплекс эксплуатационных свойств – это необходимое и достаточное для всесторонней оценки эффективности использования машины на стадии ее эксплуатации число свойств и их показателей. Системный подход позволяет проводить анализ и синтез различных по природе и структуре эксплуатационных свойств машины, т. е. выявлять и оценивать степень влияния различных факторов на эффективность функционирования системы, например комплекс машин для строительства трубопроводов.

Установлено, что машины различных принципов действия, конструктивного исполнения и применения имеют различные комплексы эксплуатационных свойств (например, комплекс эксплуатационных свойств одноковшового экскаватора отличается от аналогичного комплекса изолировочно-очистных комбайнов). В каждом конкретном случае специалист (эксперт), анализирующий эксплуатационные свойства машины, составляет соответствующий комплекс, используя методологию системного анализа.

На рис. 1.2 представлена классификация критериев эксплуатационных свойств машин и оборудования для строительства и ремонта магистральных и промышленных трубопроводов, состоящая из пяти взаимосвязанных систем, обладающих прямыми и обратными связями, что обуславливает их способность к саморегулированию, ориентированная на человеческий фактор, составленная нами с использованием работ [10–13]. Такое положение в настоящее время закреплено законами РФ «О защите прав потребителей» и «О сертификации продукции и услуг». Например, при сертификации машин строительного комплекса определяется соответствие показателей их безопасности, эргономичности и экологичности нормативным требованиям.



*Рис. 1.2. Классификация критериев эксплуатации машин и оборудования для строительства и ремонта магистральных и промысловых трубопроводов*

В таком комплексе отдельные эксплуатационные свойства характеризуются единичными показателями, которые объединяются в комплексные, групповые или обобщенные показатели системы и непосредственно влияют на интегральный показатель эффективности эксплуатации машины.

Объединенные в первой системе технические свойства характеризуют функциональное назначение машины, определяющее основные функции, которые обуславливают область ее применения. Это производительность, проходимость, универсальность, информативность и энергоэффективность.

Вторая система объединяет свойства ресурсопотребления, которые характеризуют экономичность эксплуатации машины: топливную экономичность, эксплуатационную материалоемкость, трудоемкость выполнения работ по обслуживанию и потребность в запасных частях.

Третья система, определяющая новые показатели сервиса, характеризует степень ответственности изготовителя перед потребителем машин. В нее входят показатели надежности, долговечности, ремонтпригодности, транспортбельности.

Четвертая система объединяет социально значимые свойства машины. Они оказывают влияние на жизнь, здоровье, эстетические потребности человека, сохранность его имущества и окружающей среды. К ним относятся безопасность, эргономичность (комфортабельность), экологичность, эстетичность.

Пятая система включает в себя показатели экономической эффективности машин, на которых базируется интегральный показатель качества, т. е. цену приобретения, цену эксплуатации, скидки и льготы поставщика, размеры налоговых платежей и сборов.

Все критерии взаимосвязаны со стоимостью выполнения технологического процесса.

Приведенный комплекс критериев эксплуатационных свойств машин может совершенствоваться по мере накопления опыта и знаний о качестве продукции.

О качествах той или иной машины судят по ее технико-эксплуатационным параметрам. Качество – совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые запросы потребителя в соответствии с назначением.

В России управление качеством продукции машин и услуг базируется на серии международных стандартов ИСО 9000 «Управление качеством продукции» и разрабатываемых на их основе отечественных стандартах. Комплекс параметров является полной технической характеристикой каждой машины.

Для каждой группы машин одинакового назначения условно выбирается главный параметр. Для экскаваторов таким параметром является вместимость ковша, для трубоукладчиков – грузовой момент, для лебедки – тяговое усилие, для транспортных машин – грузоподъемность и т. д. По этому параметру классифицируют машины внутри групп.

К числу основных параметров машин относятся производительность, скорость движения, мощность двигателя, габаритные размеры, масса и т. д.

Один из основных параметров машины – ее производительность, характеризующаяся количеством продукции, вырабатываемой ею в единицу времени. Различают следующие категории производительности: расчетно-теоретическую, или конструктивную, техническую и эксплуатационную.

*Расчетно-теоретическая производительность*  $P_p$  представляет собой производительность, определяемую (на стадии проектирования) расчетными параметрами машины без учета простоев. Расчетные параметры машины определяются ее эксплуатацией на расчетных скоростях рабочих движений, при расчетном значении нагрузок на рабочем органе и с условным материалом. Эта производительность постоянна для данной машины и изменяется лишь с изменением ее конструкции (кинематики).

Например, для землеройных машин она выражается следующими общими формулами:

- для машин непрерывного действия  
$$P_p = 3600F_p v_p; \quad P_p = 3600F_p \rho_p,$$
где  $F_p$  – расчетное сечение стружки грунта,  $m^2$ ,  $v_p$  – расчетная скорость движения,  $m/c$ ;  $\rho_p$  – плотность грунта,  $t/m^3$ ;

- для машин периодического (циклического) действия

$$P_p = 60nq; \quad P_p = 60nqr,$$

где  $n$  – число циклов в минуту;  $q$  – расчетный объем грунта, выдаваемый за один цикл, м<sup>3</sup>.

Единица производительности землеройных машин может быть также выражена в линейных единицах (линейная производительность, например, длина отрытой или засыпанной траншеи в м/ч и км/ч).

Расчетно-теоретическая производительность не отражает истинных условий работы машины, ее надежности и долговечности. Она используется только для предварительного сопоставления данных вновь разрабатываемых машин с данными уже существующих.

*Техническая производительность*  $P_T$  – это максимально возможная производительность в данных конкретных условиях. Она определяется по объему выполненных работ в течение часа непрерывной работы машины при максимальном использовании мощности двигателя и передовой технологии. Техническая производительность может быть определена и расчетным путем: умножением расчетной производительности  $P_p$  на соответствующий коэффициент  $k_T$ , определенный практикой и учитывающий влияние различных факторов (степень заполнения ковша и разрыхления грунта, снижения мощности двигателя и т.д.):

$$P_T = P_p k_T.$$

*Эксплуатационная производительность*  $P_3$  представляет собой фактическую производительность машины с учетом всех перерывов в работе: случайных и запланированных. Она учитывает использование машины по времени в течение смены и равняется произведению технической производительности  $P_T$  на коэффициент использования машины  $k_{и}$  во времени:

$$P_3 = P_T k_{и}.$$

Коэффициент  $k_{и}$  представляет собой отношение времени фактической работы машины ко всему рабочему времени. Он учитывает неизбежные простои, вызываемые организационными мероприятиями (передача смены, регулировка и смазка механизмов, мелкий ремонт и т. д.). Обычно этот параметр рассчитывают по ранее полученным фактическим данным с необходимой корректировкой на изменившиеся условия работ.

Эксплуатационная производительность за смену называется сменной производительностью. Это основной показатель, применяемый в технико-экономических расчетах.

Годовая эксплуатационная производительность является директивной нормой выработки. По ней определяют плановые задания для строительного-монтажных организаций.

Важным технико-эксплуатационным качеством машины является ее *маневренность* – способность машины разворачиваться в стесненных условиях на минимальной площади. Один из показателей маневренности – ширина полосы движения машины (рис. 1.3), которая характеризуется возможностью перемещения машины по узким извилистым дорогам, а также возможностью движения по дорогам с интенсивным движением.

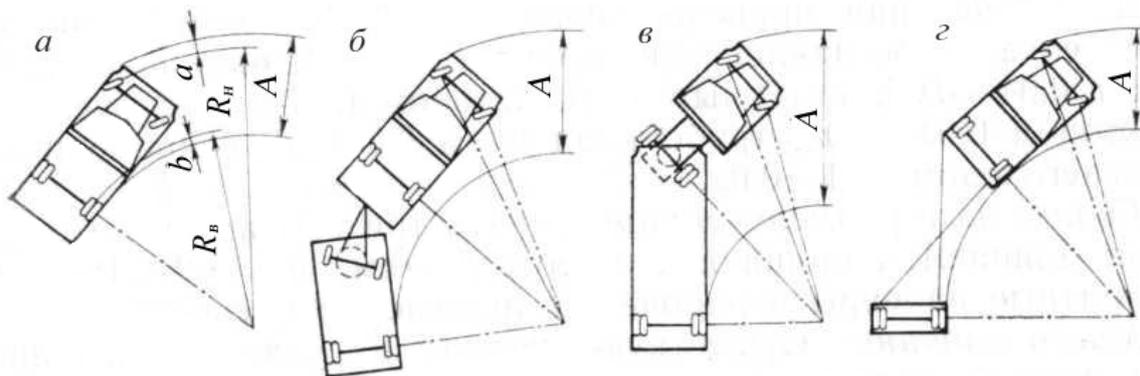


Рис. 1.3. Ширина полосы движения:

*а* – одиночного автомобиля; *б* – тягача с прицепом; *в* – тягача с полуприцепом; *г* – тягача с роспуском, соединенным крестовой сцепкой

Под шириной полосы движения понимается полоса местности, в которую вписывается машина при повороте. Она зависит от расположения колес машины, ее длины и ширины. Максимальную ширину полосы движения  $A$  колесного автомобиля определяют по формуле

$$A = R_{\text{н}} - R_{\text{в}} + a + b,$$

где  $R_{\text{н}}$  – максимальный радиус поворота внешнего переднего колеса;  $R_{\text{в}}$  – минимальный радиус поворота внутреннего заднего колеса;  $a$  и  $b$  – наибольший выход отдельных частей автомобиля за пределы движения соответственно внешнего переднего и внутреннего заднего колеса автомобиля.

*Скорость движения.* Различают два вида скорости движения машины: скорость рабочего хода, определяемую условиями работы, и транспортную скорость, необходимую для быстрой переброски машины с одного участка работы на другой и зависящую от таких факторов, как рельеф местности, дорожное покрытие и т. д.

*Пройодимость* называют способность машины двигаться в плохих дорожных условиях или по целине, преодолевая различные естественные препятствия (спуски, подъемы, заболоченные участки, снег и т. д.).

Проходимость характеризуется средним удельным давлением машины на грунт, дорожным просветом, углом переднего и заднего свесов, а также предельной глубиной преодолеваемого брода. Проходимость зависит от формы и расположения элементов ходовой части, взаимодействующих с грунтом.

Дорожным просветом (клиренсом) называется расстояние ( $C$ ) от нижней точки корпуса машины до поверхности грунта (рис. 1.4) замеренное на горизонтальной площадке (для большинства машин клиренс составляет 280–450 мм).

При движении по неровной местности проходимость характеризуется способностью машины преодолевать выпуклости дороги, не касаясь ее корпусом. Эту способность определяют радиусом проходимости.

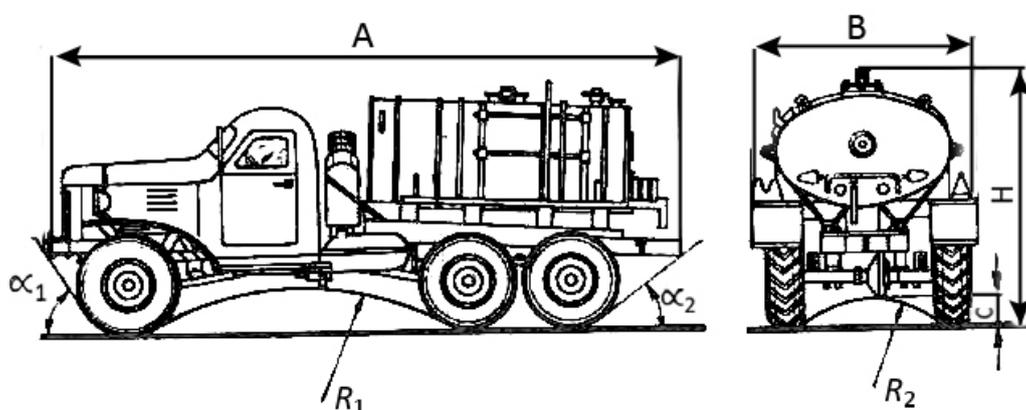


Рис. 1.4. Основные геометрические параметры машины

Радиус проходимости равен радиусу окружности, проходящей через низшую точку шасси и касательной к окружности переднего и заднего колес. Радиус проходимости бывает продольный  $R_1$  и поперечный  $R_2$  (рис. 1.4). Для большинства машин  $R_1 = 8–10$  м, а  $R_2 = 1,25–1,3$  м.

Способность машин перемещаться по пересеченной местности зависит от углов переднего и заднего свесов (соответственно  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  на рис. 1.4). Под углами переднего и заднего свесов подразумеваются углы, образованные горизонталью и прямыми, проведенными через нижние крайние передние и задние точки машины и касательные к окружностям переднего и заднего колес. Эти углы должны быть не менее 20–25°.

Устойчивость характеризует способность машины работать на продольных и поперечных уклонах, не опрокидываясь. В связи с этим различают продольную и поперечную устойчивость машины. Устойчивость оценивается коэффициентом запаса устойчивости, равным отношению восстанавливающего момента машины  $M_B$  к опрокидывающему  $M_{оп}$ :

$$K = M_B / M_{оп}.$$

Средним удельным давлением на грунт называют отношение полной массы машины  $G$  к площади опорной поверхности  $F$ :

$$q = G/F.$$

Для сравнения приведем несколько цифр, характеризующих среднее удельное давление на грунт (в МПа), оказываемое человеком – 0,04–0,05; роторным экскаватором – 0,07–0,08; гусеничным трактором – 0,04–0,05; трубоукладчиком – 0,2–0,3; современным болотоснегоходом – 0,01–0,02.

*Габаритные размеры машины* – это три ее максимальных размера: длина  $A$ , ширина  $B$  и высота  $H$  (рис. 1.4). Различают габаритные размеры в рабочем и транспортном состоянии.

*Масса машины.* Существует полная и сухая масса машины. Под полной массой понимают массу машины, заправленной горючим. Сюда входит также масса машиниста. Когда рассчитывают среднее удельное давление машины на грунт, то расчет проводят по полной массе машины. Сухая масса машины – ее масса без горючего и машиниста. Кроме того, важными эксплуатационными показателями машины являются ее надежность и долговечность.

*Надежность* - это свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение требуемого промежутка времени или наработки. Под наработкой понимают объем работы, выполненный машиной. Одним из показателей надежности является наработка на отказ, выражаемый средним значением наработки машины между отказами. Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности машины (поломки).

*Долговечность* - это свойство машины сохранять работоспособность до предельного состояния, определяемого невозможностью дальнейшей ее эксплуатации, с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Показателями долговечности машины являются срок службы, определяемый календарной продолжительностью ее эксплуатации до капитального ремонта или списания, и ресурс, определяемый наработкой машины до предельного состояния.

Кроме перечисленных, машины характеризуются еще рядом свойств и численно оцениваются такими свойствами, как безопасность, эргономичность (физиологические, психологические, антропометрические, гигиенические), экологичность, техническая эстетичность, энергоэффективность (тягово-скоростной показатель), универсальность (возможность использования с различным сменным оборудованием), информативность (получение информации о режимах работы машины и предаварийных ситуациях непосредственно в кабине машиниста), топливная эффективность (удельный расход топлива на единицу объема выработанной продукции и др.).

*Безопасность* – это эксплуатационное свойство, обеспечивающее устранение или сведение к минимуму последствий аварийных ситуаций при транспортировке, осуществлении рабочих процессов и техническом воздействии на машину. При несоответствии показателей этого свойства номинальным значениям или требованиям нормативных документов велика вероятность аварии, а следовательно, и угроза здоровью и жизни обслуживающего персонала, а также порчи имущества или сведения эффективности работы машины к нулю.

Оценка уровня безопасности машины представляет собой совокупность следующих процедур: выбор номенклатуры необходимых показателей; определение их значений для конкретной машины; сопоставление полученных результатов со значениями, рекомендуемыми нормативными документами; формирование соответствующих выводов.

Различают показатели активной и пассивной безопасности. Соблюдение требований, предъявляемых к показателям активной безопасности, т. е. к эффективности тормозной системы, органов управления, звуковой и световой сигнализаций, состоянию гидро- и пневмосистем, систем доступа в кабину и к обслуживаемым сборочным единицам машин, необходимых цветовых знаков безопасности и сигнальной окраски, а также к устройствам и приборам, предотвращающим опрокидывание и столкновение, обеспечивает малую вероятность возникновения аварийной ситуации.

Показатели же пассивной безопасности характеризуют наличие ремней и подушек безопасности, остекление кабины (наличие безосколочных стекол) и ее жесткость, а также эффективность защиты человека при опрокидывании машины и определяют возможность устранения последствий аварийной ситуации.

Выполнение требований обеспечения безопасности является важнейшим условием при обязательной сертификации дорожных машин, автомобилей и тракторов.

Эргономические свойства определяют удобство и легкость управления машиной и влияют на общее состояние и работоспособность машиниста-оператора или водителя. Показатели эргономических свойств подразделяются на физиологические, психологические, антропометрические и гигиенические.

Физиологические показатели характеризуют соответствие машины силовым, скоростным и энергетическим, зрительным и слуховым возможностям машиниста-оператора или водителя.

Энергетические ресурсы организма человека расходуются на поддержание его физиологической активности и производительную работу. На обеспечение физиологической активности, т. е. на кровообращение, дыхание, поддержание тела в необходимом положении, восприятие

внешнего мира, в среднем за сутки человек расходует 8400 кДж (медицинская норма в сутки составляет 2344,80 ккал, или 9848,16 кДж). В процессе работы также расходуется дополнительная энергия. Работа считается легкой, если за смену на нее затрачивается до 2100 кДж, средней трудности – до 4200 кДж, выше тяжелой – до 10500 кДж.

Перегрузка снижает производительность труда человека, повышает число ошибок в процессе работы и предрасположенность к заболеваниям. Например, при увеличении часовых энергозатрат машиниста дорожной машины с 420 до 2100 кДж/ч примерно в четыре раза снижается его производительность и в восемь раз увеличивается относительное число ошибок, производимых им.

Согласно единым требованиям к безопасности и эргономичности конструкции дорожных машин усилия на их рычагах не должны превышать 60 Н, на педалях – 120 Н, рулевом колесе – 115 Н.

Психологические показатели характеризуют соответствие рабочего места имеющимся и вновь формируемым навыкам человека, а также возможность восприятия и переработки им информации. При этом оценка рабочего места производится по трем основным направлениям: размещение оператора; элементы, обеспечивающие получение необходимой для работы информации (сенсорное поле); органы управления (моторное поле). Возможность восприятия информации оценивается обзорностью фронта работы машины. При этом различают показатели обзорности в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Антропометрические показатели характеризуют соответствие органов управления, формы и размеров рабочего места размерам и форме тела человека. Экспериментальные исследования показывают, что, например, работоспособность машиниста не менее чем на 15 % зависит от расположения органов управления.

Органы управления подразделяются на основные, т. е. часто или постоянно используемые оператором (это органы управления машиной и рабочим оборудованием), и второстепенные, редко используемые оператором (переключатели освещения, стеклоочистителя, стартера, отопителя, кондиционера и т. п.). Основные органы управления должны располагаться в зоне комфорта, а второстепенные – в зоне досягаемости. Зоны комфорта – это предпочтительные зоны, в которых основные органы ручного и ножного управления должны быть легко досягаемы для операторов высокого и низкого роста из положения сидя рукой, согнутой в локте, и ногой, согнутой в колене. Зоны досягаемости – это зоны, в которых второстепенные органы ручного и ножного управления должны быть досягаемы для операторов высокого и низкого роста из положения сидя вытянутой рукой или ногой, при этом допустимы поворот или наклоны оператора вперед и в стороны.

В современных машинах изменение положения рулевого колеса производится либо регулированием оси его наклона (в автогрейдере ДЗ-122), либо с помощью телескопической рулевой колонки (в автогрейдере ДЗ-98).

Гигиенические показатели характеризуют уровни шума, вибрации, освещенности, температуры, влажности, запыленности, токсичности, т.е. уровни вредных факторов, воздействующих на организм человека.

Работающие дорожные машины являются источниками аэродинамического и структурного шумов. Аэродинамический шум создается системой газораспределения и охлаждения (вентилятором) двигателя, структурный шум возникает в результате колебаний рамы, трансмиссии и облицовки. На рабочем месте оператора для нормирования шума, измеряемого в децибелах (дБ), используются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 123; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 9000 Гц. Ориентировочную оценку шума допускается производить по шкале А шумомера (дБА). Предельный уровень шума дорожных машин соответствует 85 дБА.

Вибрация, вызывающая механические колебания тела человека, может привести к снижению его работоспособности и некоторым изменениям в организме, влияющим на здоровье. Например, колебания с частотой до 2 Гц могут вызвать морскую болезнь; наиболее же опасны вибрации, соответствующие собственным колебаниям человеческого тела (4–8 Гц); колебания с частотой 11–45 Гц могут сопровождаться функциональными расстройствами ряда внутренних органов человека.

Человеку общая вибрация от машины передается через пол кабины и сиденья, а локальная – через рычаги и педали управления. Допустимые среднеквадратичные значения ускорений вертикальных вибраций в диапазоне частот 4–8 Гц следующие: 63 см/с<sup>2</sup> – безопасно для здоровья; 31,5 см/с<sup>2</sup> – не влияет на производительность труда; 10 см/с<sup>2</sup> – обеспечивает комфорт.

На работоспособность машиниста влияет также микроклимат в кабине, т. е. температура, влажность, скорость движения воздуха, вредные примеси, запыленность. Допустимые значения этих величин в кабине дорожной машины регламентированы. Например, температура воздуха в кабине в теплый период года не должна более чем на 3 °С превышать температуру наружного воздуха, а также должна быть не ниже +14 и не выше +28 °С при относительной влажности воздуха 40–60 % и не выше +26 °С при относительной влажности воздуха 60–80 %.

Устройство для подачи воздуха в кабину должно обеспечивать движение воздуха на уровне груди машиниста со скоростью не более 0,5 м/с при температуре в кабине +22 °С и со скоростью не более 1,5 м/с при более высоких температурах. Температура поверхностей внутри кабины (кроме стекол) должна быть не выше +35 °С. Предельно допустимые концентрации

(ПДК) примесей в воздухе рабочей зоны оператора следующие: пыли –  $10 \text{ мг/м}^3$ , углекислого газа –  $20 \text{ мг/м}^3$ , паров топлива –  $100 \text{ мг/м}^3$ .

Экологичность – это свойство, характеризующее уровень воздействия машины при ее эксплуатации на окружающую среду.

К экологическим показателям относятся: создаваемый внешний шум; содержание оксида углерода и углеводородов в отработанных газах машин с бензиновыми двигателями; дымность отработанных газов и выбросы вредных веществ дизельных машин; уровень создаваемых радиопомех. При выборе и определении этих показателей необходимо учитывать требования по охране окружающей среды.

Техническая эстетичность – эксплуатационное свойство, характеризующее сочетание технических и художественных решений в конструкции машины с целью удовлетворения психологических и эстетических потребностей человека.

Эстетические показатели отображают информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения. В настоящее время это наименее изученное эксплуатационное свойство, поскольку находится на стыке науки и искусства.

Предполагается, что влияние эстетичности на эффективность работы машины осуществляется через повышение продуктивности работы машиниста-оператора, а также через повышение конкурентоспособности самой машины.

Основными элементами технической эстетичности являются: стилевое соответствие (соответствие моде); функционально-конструктивная приспособленность; организация объемно-пространственной структуры; чистота выполнения сочленений, скруглений, сопрягающихся поверхностей, фирменных знаков и указателей; цветовой колорит; качество покрытий и отделки поверхностей, а также симметричность, ритм, контрастность, пропорциональность и композиция.

Например, рациональной считают окраску, уменьшающую утомление глаз и сокращающую время их адаптации, а также исключаящую появление отблесков солнечных лучей.

Энергоэффективность – это свойство машины, характеризующееся ее тягово-скоростными показателями.

Тягово-скоростные показатели представляют собой совокупность параметров, определяемых результатами совместной работы двигателя, трансмиссии и движителя, и характеризуют энергетические возможности самоходной дорожной машины по осуществлению рабочего процесса.

Тягово-скоростные показатели самоходных землеройно-транспортных машин включают в себя тяговое усилие на рабочем органе, рабочую скорость и коэффициент буксования. В качестве комплексного тя-

гово-скоростного показателя используется тяговая мощность, развиваемая на рабочем органе.

Тягово-скоростные показатели определяют аналитически или в результате проведения тяговых испытаний. Результаты расчетов и испытаний представляют в виде графика, получившего название тяговой характеристики.

При помощи тяговой характеристики наряду с основными параметрами работы машины на разных передачах и при различных нагрузках можно определить тяговый коэффициент ее полезного действия, а также запас тягового усилия, характеризующий способность машины преодолевать временное увеличение сопротивления без перехода на пониженную передачу, и рациональные скоростные режимы ее работы (исходя из максимальной тяговой мощности).

Проезжимость дорожной машины характеризуется показателями, отражающими ее способность перемещать центр масс с наименьшей потерей скорости как в процессе выполнения работы, так и при переезде с одного объекта на другой.

Показатели проезжимости самоходных машин можно подразделить на геометрические (вертикальные и горизонтальные), опорные, тягово-цепные и мобильные (транспортные).

К показателям вертикальной геометрической проезжимости относятся:

- дорожный просвет, который определяется как расстояние от опорной поверхности до нижней точки рамы или трансмиссии машины при нахождении ее рабочего органа в транспортном положении;
- углы переднего и заднего свеса, измеряемые между горизонтальной опорной поверхностью и касательными, проведенными к переднему или заднему колесам (или ветвям гусениц) через нижние точки передней и задней частей рамы или навесных рабочих органов машины, установленных в транспортное положение;
- поперечный радиус проезжимости, т. е. радиус окружности, проходящей через нижнюю точку рамы или трансмиссии и касающейся внутренних поверхностей колес (или гусениц) машины;
- продольный радиус проезжимости (для пневмоколесных самоходных дорожных машин), т. е. радиус окружности, проходящей через нижнюю точку шасси или рабочего органа в транспортном положении и касающейся передних и задних колес.

Горизонтальная геометрическая проезжимость машины характеризуется минимальным радиусом и шириной полосы поворота. Эти показатели можно выделить в отдельную группу, определяющую маневренность машины, т. е. способность поворота или разворота машины на ог-

раниченной площади. Причем определение минимального радиуса и ширины полосы производится для левого и правого поворотов. Если передние колеса пневмоколесных машин имеют возможность наклоняться, то минимальный радиус поворота определяется при наклоне и без наклона колес. Измерение радиуса поворота проводят по наружной стороне следа внешнего переднего колеса или гусеницы. Ширина полосы поворота пневмоколесных дорожных машин определяется как расстояние между наружными сторонами следов внешнего переднего и внутреннего заднего колес.

Показатель опорной проходимости характеризует среднее удельное давление машины на опорную поверхность.

Показатель тягово-сцепной проходимости характеризует плавность хода и определяется как отношение рабочей скорости машины в данном режиме работы к теоретической скорости при движении ее по той же опорной поверхности.

Показатель мобильности, или транспортабельности, определяет подвижность машины, т.е. ее способность и готовность к быстрому преодолению расстояния. (Для самоходных машин используется термин «мобильность», а для машин, перемещающихся с помощью прицепа-тяжеловоза, бортового автомобиля или тягача, – «транспортабельность».)

*Универсальность* – эксплуатационное свойство, характеризующее возможность использования машины с различным сменным оборудованием.

Универсальность позволяет использовать машину всесезонно на различных основных и вспомогательных работах, тем самым увеличивая коэффициент ее использования в течение года, и определяется временем замены и количеством сменного рабочего оборудования. При этом предпочтительно наличие в машине автоматизированных сцепных устройств, позволяющих заменять рабочее оборудование без выхода оператора из кабины.

*Информативность* – эксплуатационное свойство, характеризующее возможность получения оператором информации о состоянии, режимах работы машины и предаварийных ситуациях непосредственно в кабине машины.

Определяется это свойство наличием в машине средств встроенной диагностики с выводом информации на бортовые приборы, а также бортовых компьютеров, способных фиксировать информацию, управлять машиной в рабочем режиме и выдавать информацию на дисплей и в виде распечаток для проведения финансовых расчетов с оператором.

*Топливная эффективность* – эксплуатационное свойство, характеризующее способность дорожной машины выполнять рабочий процесс

с минимальным расходом топлива в единицу времени или на единицу вырабатываемой продукции. Показателями топливной эффективности дорожной машины являются часовой расход топлива и удельные расходы топлива на единицу эффективной мощности двигателя или объема выработанной продукции.

## 1.2. Основные элементы машин при строительстве и ремонте трубопроводов

Структурная обобщенная схема машин, применяемых при строительстве и ремонте трубопроводов, составленная нами, приведена на рис. 1.5.

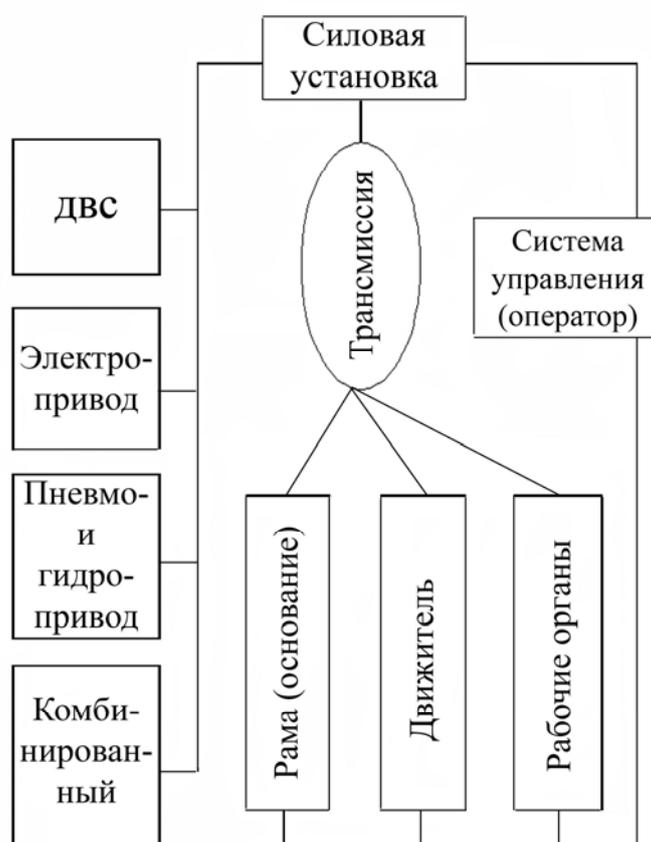


Рис. 1.5. Структура машины

### 1.2.1. Рама

Рама обеспечивает постоянство взаимного расположения других агрегатов, благодаря чему машина сохраняет работоспособность в широком диапазоне эксплуатационных условий. Пространственная конфигурация рамы зависит от величины и направления нагрузок, воспринимаемых машиной, что, в свою очередь, определяется ее назначением, типом и типоразмером. Часто роль рамы выполняют усиленные корпусные детали ма-

шины, как, например, ковш самоходного скрепера. На некоторых типах машин используются дополнительные рамы для крепления рабочих органов. В качестве примера можно назвать тяговую раму автогрейдера, универсальную раму бульдозера с поворотным отвалом и др.

### **1.2.2. Силовая установка**

Источником механической энергии, необходимой для работы машины, служит силовая установка. Современные подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины оборудуются либо двигателями внутреннего сгорания (большой частью дизельными), либо электродвигателями с автономным питанием от аккумуляторов или стационарных электросетей. Основным преимуществом двигателя внутреннего сгорания является полная автономность машины в течение длительного времени. К числу принципиальных недостатков такой силовой установки относят сравнительно невысокий КПД (20–35 %), шум, вибрацию, токсичность выхлопа, тепловое загрязнение окружающей среды. Действие некоторых негативных факторов может быть в значительной степени ослаблено за счет направленных конструктивных мероприятий (электронное управление процессом сгорания, звуко- и виброизоляция, каталитическая очистка выхлопа и др.), реализация которых ведет к усложнению и удорожанию двигателя, увеличению затрат на его эксплуатацию. Удельная (на единицу массы) мощность автотракторных и транспортных дизельных двигателей внутреннего сгорания составляет от 0,75 до 1,0 кВт/кг.

К преимуществам электродвигателей относятся высокий КПД (до 98 %) постоянная готовность к работе независимо от температуры окружающего воздуха, высокая надежность, простота сопряжения с другими агрегатами, а также легкий пуск, управление, реверсирование и остановка. Удельная (на единицу массы) мощность электродвигателей на порядок ниже, чем у двигателей внутреннего сгорания, и колеблется в пределах 0,027–0,095 кВт/кг.

### **1.2.3. Движитель**

Передвигаться относительно опорной поверхности машине позволяет движитель. Большинство самоходных подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин оснащены пневмоколесным, рельсоколесным или гусеничным движителями. Гораздо реже и только у строго ограниченной номенклатуры машин встречаются жесткие колеса, облицованные резиной, и металлические вальцы с гладкой или неровной поверхностью.

В последние годы все чаще появляются движители, в которых конструкторы пытаются соединить преимущества движителей различных типов. Среди них можно назвать полностью резиновые гусеницы, гусеницы с обрешиненными траками, жесткие колеса с ободом, собранным из съемных резиновых подушек. Достоинства и недостатки перечисленных ходовых устройств определяют оптимальную область применения каждого из них. Ниже представлены составленные нами классификации различных движителей (рис. 1.6–1.9).

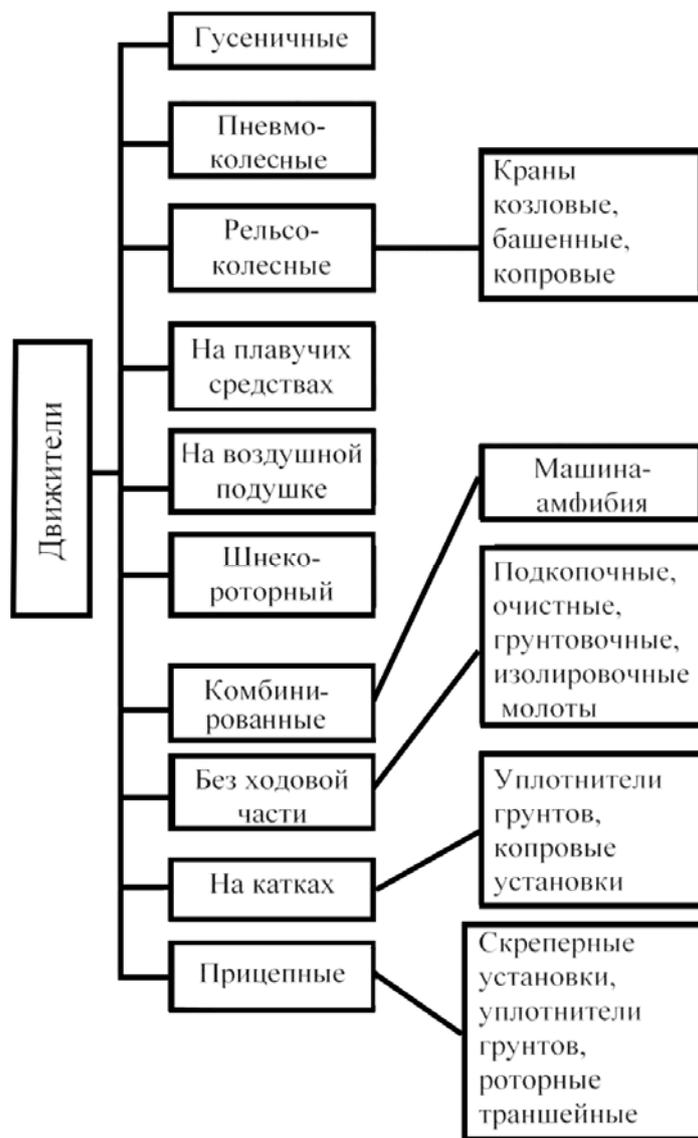


Рис. 1.6. Виды движителей

К преимуществам пневмоколесного движителя (рис. 1.7) относятся хорошие амортизирующие качества, высокая эластичность, малые внутренние потери, износостойкость, совместимость с любыми скоростными режимами, минимальные требования к регулярному обслуживанию,

низкая стоимость и трудоемкость ремонта. Его недостатки: высокое удельное давление на грунт, сравнительно невысокая сопротивляемость механическим повреждениям, высокая вероятность аварийной ситуации при внезапной разгерметизации колеса. Считается, что пневмоколесный движитель наиболее подходит для машин, эксплуатация которых сопряжена с движением в широком диапазоне скоростей по произвольной траектории и по достаточно прочной опорной поверхности (твердое покрытие, плотный грунт и т. п.).



*Рис. 1.7. Пневмоколесные движители*

Рельсоколесный движитель отличается высокой механической прочностью, малым сопротивлением перекачиванию, отсутствием бокового увода и незначительностью внутренних потерь. Вместе с тем он требует укладки рельсового пути с тщательной подготовкой основания, ежедневного обслуживания и чувствителен к уклонам местности. Рельсоколесный движитель допускает перемещение машины только по определенной траектории и гарантирует ее от потери устойчивости вследствие эластичности ходового устройства или случайного проседания опорной поверхности.

Для гусеничного движителя (рис. 1.8) характерны низкое удельное давление на опорную поверхность, малая эластичность по вертикали, прекрасная маневренность и хорошие тягово-сцепные свойства. Вместе с тем он сравнительно тяжел, шумен, не приспособлен к движению с высокими скоростями (танковые ходовые устройства в этом смысле являются дорогим исключением), легко повреждает дорожные покрытия и

почвенный слой, требует систематического обслуживания и регулировок, более других трудоемок при ремонте.

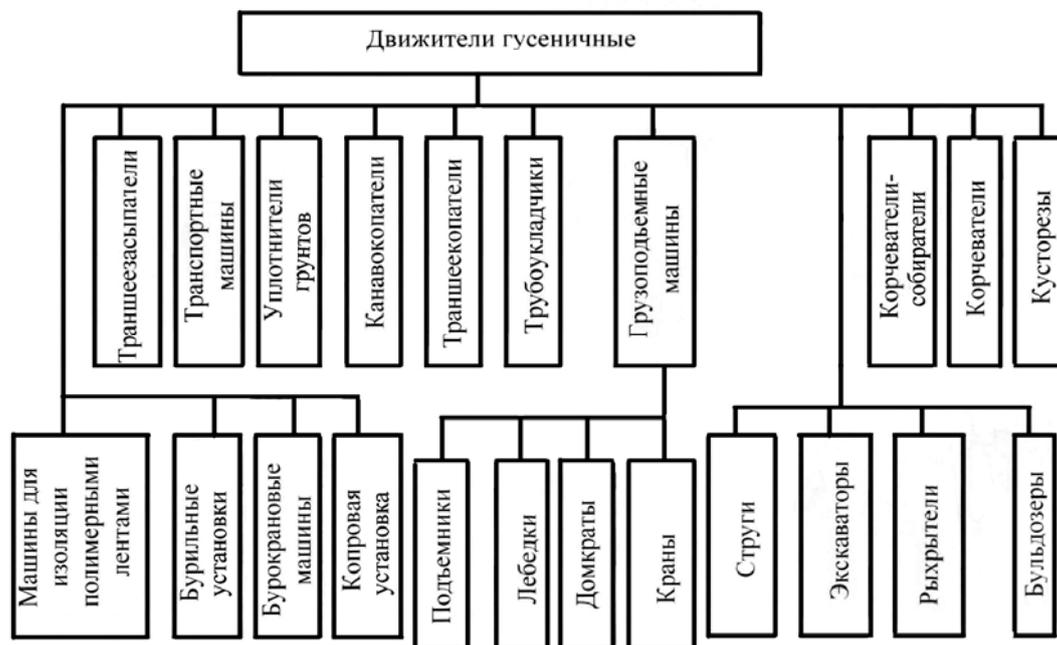


Рис. 1.8. Гусеничные движители

Не все из указанных недостатков являются принципиальными. Ряд из них может быть скорректирован за счет конструктивных мероприятий и применения других материалов. Например, использование резиновых гусеничных лент и обрешиненных траков и катков позволяет снизить шум, вибрации и ударные нагрузки на элементы гусеничного хода, а также сократить число регулировок; применение герметизированных межтраковых шарниров с долговечной смазкой в несколько раз уменьшает периодичность и трудоемкость обслуживания. Ряд преимуществ имеют гусеничные ленты, огибающие звездочки и катки по треугольному контуру. При этом участок гусеницы, лежащий на грунте, ограничен двумя ведомыми звездочками (передней и задней), а ведущее колесо поднято высоко над опорной поверхностью. Благодаря этому бортовые передачи защищены от нагрузок, возникающих при поперечных смещениях рам гусеничных тележек и на неровностях грунта. Также снижается вероятность попадания пыли и влаги в механизм привода.

Жесткие колеса с резиновой облицовкой позволяют машине перемещаться по произвольной траектории, обладают сравнительно небольшим сопротивлением перекачиванию, не шумны, практически не эластичны в вертикальном направлении, не подвержены механическим повреждениям, не требуют регулярного обслуживания. Вместе с тем они весьма требовательны к ровности и прочности опорной поверхности и не отличаются хо-

рошими тягово-сцепными и амортизирующими свойствами. Эти особенности ограничивают область их применения штабелерами, электрокарами и колесными асфальтоукладчиками, перемещающимися с невысокой скоростью по ровным и твердым поверхностям с небольшими уклонами. Колесо с жестким диском и наборным ободом из полых резиновых подушек тяжелее обычного пневмоколеса, обладает меньшей эластичностью, но более устойчиво к механическим повреждениям и легче ремонтируется. Ремонт производится без демонтажа колеса и состоит в замене поврежденной подушки на целую. Любое колесо, перекатываясь по поверхности, одновременно уплотняет ее. Эта особенность колесного движителя использована при создании самоходных уплотняющих машин, жесткие вальцы которых (как правило, металлические) можно по принципу действия отнести к колесу. Движителем такого рода оборудуются самоходные асфальтовые и грунтовые катки и уплотнители отходов, работающие на мусорных свалках. Жесткие вальцы с гладкой или неровной поверхностью сконструированы таким образом, чтобы повысить их уплотняющую способность, сохранив при этом функции движителя. Они перекатываются по опорной поверхности, одновременно уплотняя ее.



Рис. 1.9. Движители на плавучих средствах

#### 1.2.4. Рабочее оборудование

Оборудование включает рабочий орган, а также детали и узлы, обеспечивающие его ориентацию в пространстве, и входит в состав обязательного оснащения подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Оно создается с учетом своего функционального назначения и конструктивных особенностей базового шасси и включает в себя агрегаты, узлы и механизмы, наилучшим образом обеспечивающие эффективную работу машины. Рабочий орган взаимодействует со средой, для обработки которой создана машина, а соединительные и крепежные элементы обеспечивают его конструктивную связь с шасси. Как правило, рабочее оборудование оснащается силовой трансмиссией, снабжающей рабочий орган энергией и позволяющей управлять его положением в пространстве.

Несмотря на чрезвычайно широкую номенклатуру рабочих органов подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования, обусловленную разнообразным перечнем выполняемых ими работ, по результату (или характеру) взаимодействия с обрабатываемым материалом их можно разделить на пять групп (рис. 1.10).

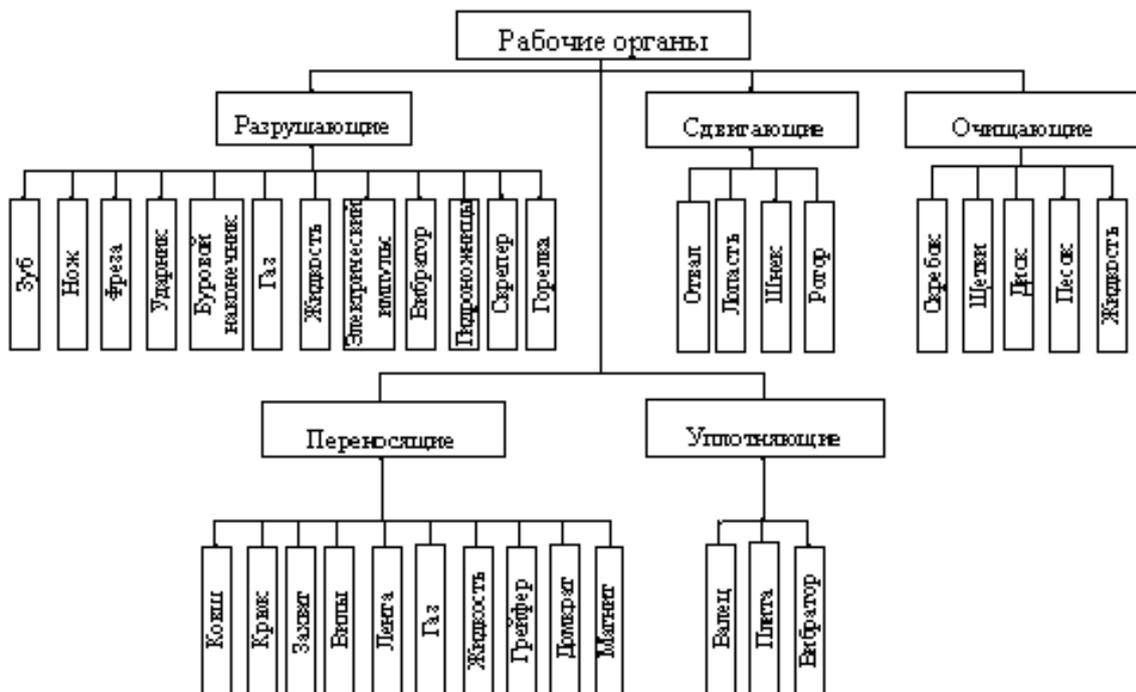


Рис. 1.10. Классификация рабочих органов машин при строительстве и ремонте нефтегазопроводов (по результату взаимодействия со средой)

Каждый из рабочих органов, входящих в эти группы, отличается механизмом взаимодействия с обрабатываемым материалом или грузом.

### **1.2.5. Системы управления**

Контроль машины человеком невозможен без систем управления, обеспечивающих информационную связь между агрегатами машины и машинистом (или оператором). В науке об управлении различают прямую и обратную связь источника и объекта управления. В системе «человек–машина» устройства прямой связи обеспечивают машиниста информацией о состоянии машины и ее агрегатов, параметрах их работы, результатах выполнения рабочих процессов. К числу таких устройств относятся всевозможные датчики, световые и звуковые индикаторы и приборы. Устройства обратной связи дают машинисту возможность изменять характеристики машины, агрегатов или рабочих процессов непосредственно в ходе работы в соответствии с характером информации об их величине. К числу таких устройств относятся системы различного принципа действия, передающие команды машиниста к исполнительным механизмам. Все системы управления, устанавливаемые на подъемно-транспортных, строительных и дорожных машинах и оборудовании, можно объединить в системы управления движением машины (тормозные, рулевые, подачей топлива, переменной передач, распределением крутящего момента) и системы управления рабочими органами (ориентацией в пространстве, величиной рабочего усилия). В простейших системах управления сигналы о состоянии агрегатов машины поступают в виде механических, электрических, гидравлических или пневматических импульсов на пульт управления, где приборы преобразуют их в вид, понятный машинисту (например, изменяют положение стрелки на циферблате, включают аварийный индикатор и т. д.). Машинист может принять полученную информацию к сведению или отреагировать на нее изменением параметров рабочего процесса. Последнее происходит с помощью органов управления, вырабатывающих механические, электрические, гидравлические или пневматические импульсы, передаваемые системами управления к исполнительным механизмам (например, тормозные системы, рулевые системы и т. п.).

### **1.2.6. Кабина, облицовочные панели и кожухи**

Работоспособность машины или механизма не зависит от наличия или отсутствия кожухов, облицовочных панелей и тем более кабины оператора. Тем не менее, большинство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин оборудованы этими элементами. Кабины, первоначально созданные для защиты оператора от непогоды, посте-

ленно превратились в изолированный от внешней среды центр управления всеми функциями машины, полностью адаптированный к физическим потребностям и особенностям человеческого организма. Комфорт машиниста обеспечивается креслом анатомического профиля, удобным размещением органов управления и совмещением их функций (за счет многофункциональных рычагов – джойстиков и автоматики), звуко- и виброизоляцией салона, увеличением прочности кабины, использованием климатических установок, улучшением обзорности, сокращением числа операций, требующих выхода машиниста из кабины.

Назначение облицовочных панелей и кожухов – предохранить узлы и агрегаты машин от влаги, пыли, грязи и несанкционированного доступа, экранировать шум и вибрации, порождаемые их работой, и, что немаловажно, придать машине современный и привлекательный внешний вид.

### **1.2.7. Типы трансмиссий**

Силовой трансмиссией называется механизм, передающий энергию двигателя к удаленному от него устройству-потребителю. В зависимости от способа передачи энергии различают механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные силовые трансмиссии.

### **1.2.8. Рулевые системы**

Рулевые системы служат для изменения траектории движения машины. Самоходные машины на рельсовом ходу рулевыми системами не оснащаются, так как траектория их движения определяется рельсовым путем, по которому они перемещаются. Машины с так называемым «бортовым» поворотом также не нуждаются в рулевых системах, поскольку траектория их движения задается разностью скоростей гусениц или колес левого и правого бортов, приводимых ходовой трансмиссией независимо друг от друга. У всех остальных машин с колесным или многотележечным гусеничным движителем изменение траектории движения осуществляется с помощью рулевых систем, обеспечивающих поворот оси вращения движителя относительно направления движения машины.

В современных подъемно-транспортных, строительных и дорожных машинах может использоваться до пяти режимов изменения траектории их движения (рис. 1.11).

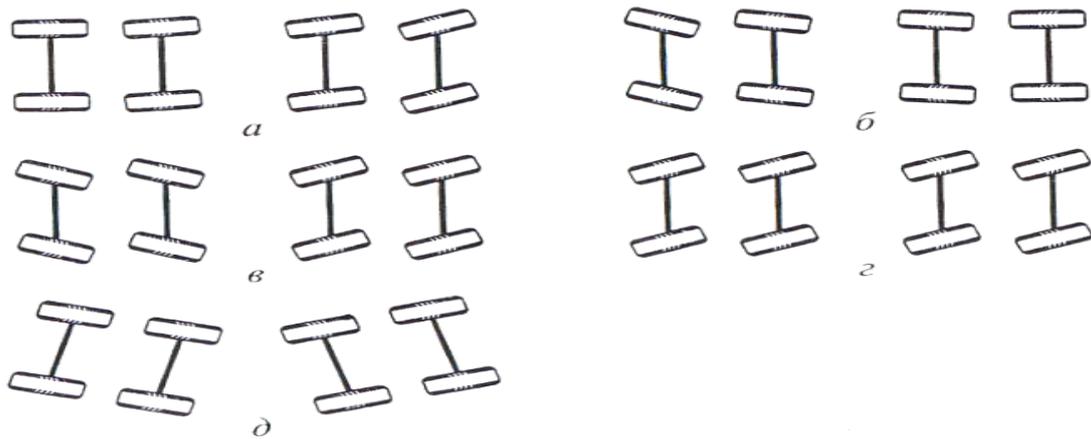


Рис. 1.11. Способы маневрирования самоходных машин поворотом колес:  
*а* – пропорциональный поворот передних управляемых колес;  
*б* – пропорциональный поворот задних управляемых колес;  
*в* – симметричный поворот всех колес (поворот «колея в колею»);  
*г* – поворот всех колес в одну сторону (движение «крабом»);  
*д* – поворот «изломом» шарнирно-сочлененной рамы

### 1.2.9. Гидравлические и пневматические силовые установки

Гидравлические и пневматические силовые установки называются гидро- и пневмоприводами, которые представляют собой агрегат, состоящий из первичной части – насоса (компрессора) и вторичной – двигателя. Насос (компрессор) и двигатель соединены трубопроводом, по которому циркулирует текучее (или рабочее) тело – жидкость или газ (воздух, пар).

Насос (компрессор) приводится в действие посторонним двигателем, обычно двигателем внутреннего сгорания или электрическим, и передает полученную от него энергию посредством рабочего тела гидродвигателю (пневмодвигателю), приводящему в движение исполнительный орган машины.

Гидро- и пневмоприводы широко применяются в строительных и других машинах, имеют ряд достоинств:

- бесступенчатое регулирование скоростей;
- большая степень редукиции;
- получение больших мощностей при малых размерах и массе;
- возможность частых переключений, простота реверса;
- способность к большим перегрузкам;
- плавность и точность работы механизмов;
- облегчают автоматизацию и дистанционное управление машины;
- способны поглощать автоколебания, автоматически предохраняют машину от вредных последствий перегрузок;

- простота кинематических схем, возможность применения стандартных узлов;
- самосмазываемость (гидравлические устройства);
- возможность применения в одной машине устройств, построенных на разных принципах работы (пневмомеханические, электрогидравлические и др.).

К недостаткам этих систем можно отнести: необходимость высокой точности изготовления, снижение КПД из-за утечек рабочего тела через неплотности в соединениях, зависимость механических характеристик устройств от температуры рабочего тела, невозможность сохранения постоянства передаточного отношения механизма, наличие неравномерного движения при изменении внешней нагрузки у пневматических устройств за счет упругости воздуха и др.

Гидравлические и пневматические двигатели, в сущности, являются обратимыми машинами (насосами) с возвратно-поступательно движущимися звеньями. В качестве рабочего тела в гидравлических машинах используются минеральные масла, специальные эмульсии, вода, растворы.

Все гидро- и пневмоустройства можно разделить по виду движения ведомого звена на три группы:

- прямолинейного возвратно-поступательного действия;
- вращательного действия;
- неполноповоротного действия.

К группе устройств прямолинейного возвратно-поступательного действия относятся в основном силовые цилиндры, мембранные камеры и сиффоны, применяемые в качестве двигателей в исполнительных звеньях строительных машин, используемых в трубопроводном деле.

Основные схемы силовых цилиндров:

- одностороннего толкающего действия;
- одностороннего тянущего действия;
- двустороннего действия;
- двустороннего действия с двусторонним штоком;
- с несколькими фиксированными позициями поршня;
- сдвоенный;
- трехскоростной гидроцилиндр;
- телескопический цилиндр

В мембранных камерах в качестве рабочего органа (поршня) служат мембраны (по материалам: металлические, неметаллические; по форме поперечного сечения: плоские и фигурные).

Основные виды устройств вращательного действия (насосов-моторов):

- турбинные (осевые и центробежные, реверсивные и неререверсивные);
- шестеренные (с двумя или тремя шестернями);
- кулачковые (аналог шестеренных насосов, различие в конструкции рабочих элементов, имеющих два или три выступа – кулачка специального профиля);
- винтовые (два, три параллельно расположенных винта, находящихся в зацеплении);
- лопастные или ротационные (одинарного, двойного действия);
- поршневые (радиально-поршневые, аксиально-поршневые).

Виды неполноповоротных устройств (в зависимости от вида рабочего элемента и встроеной механической передачи):

- лопастные (шиберные или пластинчатые);
- поршневые: поршне-реечные, поршне-рычажные, поршне-винтовые, поршне-цепные;
- фигурно-шиберные;
- мембранные.

### **Контрольные задания**

1. Классификация машин для строительства и ремонта трубопроводов.
2. Основные технико-эксплуатационные параметры машин.
3. Основные элементы машин при строительстве и ремонте трубопроводов.
4. Рабочее оборудование (органы) строительных машин.
5. Гидравлические силовые трансмиссии: виды, область применения.
6. Гидравлические и пневматические силовые установки: типы, область применения.

### **Список литературы**

1. Нефтегазовое строительство: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся на специальности «Менеджмент организаций» специализация «Менеджмент в отраслях нефтегазового комплекса» / Беляев В.Я. и др., под общ. ред. проф. И.И. Мазура, проф. В.Д. Шапиро. – М.: ОМЕГА-Л, 2005. – 774 с.
2. Материалы «Российской энциклопедии самоходной техники» / сост.: Московский государственный автомобильно-дорожный институт, Министерство транспорта РФ, Главгостехнадзор России.
3. Интернет-ресурсы: [www.prombase.ru](http://www.prombase.ru), [www.yugmet.ru](http://www.yugmet.ru).

4. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
5. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б., Кирилловский Ю.Л. Гидравлика, гидромашин и гидропроводы. – М.: Машиностроение, 1982.
6. Шмелев А. Роторно-поршневой двигатель // [www.Газета.ru](http://www.Газета.ru).
7. Большая советская энциклопедия / гл. редактор А.М. Прохоров. – М., 1984.
8. Инжекторная система подачи топлива // [www.auto.krit.ru](http://www.auto.krit.ru).
9. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.
10. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
11. Головин С.Ф., Коншин В.М., Рубайлов А.В. Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов. – М.: Академия, 2004. – 464 с.
12. Крец В.Г. Исследование технологии и оптимизация параметров уборки горной массы при проведении горизонтальных горноразведочных выработок: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1979.
13. Крец В.Г., Лукьянов В.Г. Нефтепромысловое оборудование: комплект каталогов. – Томск, 1999. – 900 с.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУНТАХ И МЕТОДАХ ИХ РАЗРУШЕНИЯ

### 2.1. Термины и определения

**Грунт** – горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека [1].

Грунты могут служить:

- 1) материалом оснований зданий и сооружений;
- 2) средой для размещения в них сооружений;
- 3) материалом самого сооружения.

**Грунт скальный** – грунт, состоящий из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа.

**Грунт полускальный** – грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи цементационного типа.

Условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по прочности на одноосное сжатие ( $R_c \geq 5$  МПа – скальные грунты,  $R_c < 5$  МПа – полускальные грунты).

**Грунт дисперсный** – грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабосвязанных друг с другом; образуется в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или эоловым путем и их отложения.

**Грунтами** называют породы, залегающие в верхних слоях земной коры.

Различают грунты:

- песчаные (песок, супесь);
- глинистые (глины, суглинки);
- скальные (изверженные, метаморфические и осадочные);
- растительные;
- лессовые.

**Свойства грунтов** зависят от условий образования, структуры и состава пород.

## 2.2. Оценка прочности и трудности разработки грунтов

Для сравнительной оценки горных пород по прочности в нашей стране широко используется шкала М.М. Протодяконова (табл. 2.1), в соответствии с которой прочность породы оценивается коэффициентом крепости – безразмерной величиной, равной одной десятой временного сопротивления породы сжатию, измеренного в МПа.

Таблица 2.1

*Характеристика горных пород*

Категория породы	Степень крепости	Коэффициент крепости
I	В высшей степени крепкие	20
II	Очень крепкие	15
III	Крепкие	10
III-а		8
IV	Довольно крепкие	6
IV-а		5
V	Средние	4
V-а		3
VI	Довольно мягкие	2
VI-а		1,5
VII	Мягкие	1,0
VII-а		0,8
VIII	Землистые	0,6
IX	Сыпучие	0,5
X	Плавающие	0,3

В отечественной практике для оценки трудности разработки грунтов используется один из следующих показателей: сопротивление образцов грунта сжатию; удельное сопротивление грунта копанию; удельная работа внедрения в грунт плоского штампа (табл. 2.2).

Таблица 2.2

*Классификация грунтов по трудности разработки*

Название грунта	Категория	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Сопротивление сжатию, МПа	Сопротивление копанию, МПа	Работа, число ударов
Грунт растительного слоя	I	1,20	58,9	0,07	1–4
Песок	I	1,60	58,9	0,07	1–4
Супесь	I	1,60	58,9	0,07	1–4
Суглинок:					
легкий	II	1,70	78,5	0,10	5–8
тяжелый	III	1,75	98,1	0,15	9–15
Глина:					
мягкая	III	1,80	98,1	0,15	9–15
тяжелая ломовая	IV	2,05	147,2	0,17	16–35

При планировании земляных работ чаще всего прибегают к понятию «категории грунта», для земляных сооружений используют грунты I–IV категорий, отличающиеся друг от друга сопротивлением сжатию. Строительные нормы и правила содержат подробные рекомендации, какими машинами следует разрабатывать грунты каждой из категорий.

Более универсален показатель работы, не зависящий от типа землеройного органа и других особенностей машин для земляных работ. В качестве единицы измерения прочности грунта принимается энергия удара груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 0,4 м, которая равна 9,81 Дж. Экспериментально доказано, что работа, затраченная на погружение круглого стержня сечением 1 см<sup>2</sup> в грунт на глубину 10 см, пропорциональна прочности последнего. Для экспресс-оценки прочности грунта этим методом применяется плотномер ДорНИИ (рис. 2.1), названный по имени института, в котором был разработан.

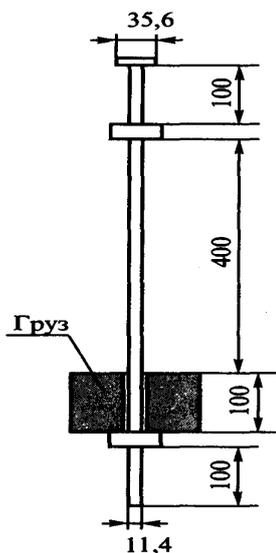


Рис. 2.1. Плотномер для экспресс-оценки прочности грунта ДорНИИ

### 2.3. Основные способы разрушения грунтов

Получили распространение следующие способы разрушения грунтов:

- *механический*, при котором отделение грунта от массива осуществляется ножевым или ковшовым рабочим органом машины;
- *гидравлический*, при котором грунт разрушается и удаляется струей воды; при работе водой применяется всасывание размывого грунта и его удаление из зоны забоя по пульпопроводу;
- *взрывной*, при котором грунт разрушается давлением газов, выделяющихся при взрыве;

- *термический*, основанный на растрескивании поверхности грунта в результате быстрого и неравномерного нагрева, например скоростной струей высокотемпературных газов.

Применяются и комбинированные методы разработки грунтов. Например, гидравлический способ может сочетаться с механическим, механический с термическим и т. д.

### **Контрольные задания**

1. Грунты: определения, виды.
2. Оценка горных пород по прочности, трудности разработки.
3. Основные способы разрушения грунтов.

### **Список литературы**

1. Грунты. Классификация. Межгосударственный стандарт РФ. Дата введения 1996–07–01.
2. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
3. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
4. ВСН 004–88. Строительство магистральных трубопроводов. Технология и организация. – М.: Миннефтегазпромстрой, 1989. – 46 с.
5. Лукьянов В.Г., Громов А.Д., Пинчук Н.П. Технология проведения горно-разведочных выработок: учеб. для вузов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 468 с.

### 3. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

В данной главе приведены основные сведения о машинах, применяемых в транспортных работах при строительстве газовых и нефтяных трубопроводов. Дана характеристика различных транспортных машин: машин специального, общего назначения, машин повышенной проходимости, прицепов и полуприцепов высокой грузоподъемности, а также описано проведение погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

#### 3.1. Погрузочно-разгрузочные и транспортные работы

Транспортные и погрузочно-разгрузочные работы в строительстве имеют большой удельный вес, на них приходится свыше 42 % всей трудоемкости строительно-монтажных работ. Поэтому очень важно при выполнении этих работ как можно шире применять механизацию и в ряде случаев комплексную механизацию.

При выполнении транспортных и погрузочно-разгрузочных работ следует соблюдать требования следующих нормативных документов: «Правила техники безопасности для предприятий автомобильного транспорта», утвержденные ЦК профсоюза рабочих автомобильного транспорта и шоссейных дорог; «Правила дорожного движения», утвержденные МВД СССР; «Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом», утвержденная МВД СССР; «Правила технической эксплуатации железных дорог», утвержденные Министерством путей сообщения, «Правила плавания по внутренним судоходным путям», утвержденные Министерством речного флота РСФСР, «Правила техники безопасности при строительстве магистральных трубопроводов», утвержденные Миннефтегазстроем.

В составе транспортной схемы в общем случае должны предусматриваться следующие транспортные и погрузочно-разгрузочные операции:

- погрузка труб на заводе-изготовителе и перевозка железнодорожным транспортом;
- выгрузка и временное складирование труб на прирельсовом складе и в портах (рис. 3.1) [4];
- погрузка на автомобили и другой вид транспорта;
- перевозка труб на базисный или притрассовый склад;
- погрузка и транспортировка трубных секций на трассу строительства трубопровода;
- выгрузка и раскладка труб по трассе.

Доставка труб должна осуществляться железнодорожным, автомобильным, гусеничным, водным или воздушным транспортом (вертолетами: тяжелыми типа МИ-6, МИ-10, средними типа МИ-4, МИ-8, легкими типа МИ-2, КА-26).

Применяемые погрузочно-разгрузочные механизмы подразделяются на работающие независимо от транспортных средств (самоходные автомобильные и пневмоколесные краны-погрузчики) и входящие в состав транспортных средств (автомобили-самосвалы, транспортные средства с самозагружающимися платформами, средства с приспособлениями для саморазгрузки и т. д.).



*Рис. 3.1. Складирование труб на подготовительной площадке*

Выбор вида транспорта, типа дорог и транспортных средств с учетом условий расположения строительной площадки производится путем сравнения экономических показателей возможных вариантов. Основными показателями для их сравнения являются себестоимость перевозки 1 т груза и капитальных затрат. Вычислив стоимость перевозки 1 т для различных способов, выбирают наиболее целесообразный вариант в технико-экономическом отношении.

Трубы и плети в процессе строительства магистральных трубопроводов перевозятся специальными автомобильными и тракторными поездами, которые в зависимости от длины транспортируемых труб делятся на трубовозы и плетевозы.

Одиночные трубы от пунктов временного складирования до трубо-сварочных баз должны транспортироваться трубовозами на шасси полноприводных автомобилей типа Урал-375Е, ЗИЛ-131, КрАЗ-255Б и др. [6].

Предельное количество труб или секций, перевозимых на подвижном составе, с учетом грузоподъемности транспортных средств, массы труб и допускаемых габаритов, приведено в табл. 3.1.

Для перевозки труб в сложных дорожных условиях (с учетом заболоченных участков и болот I типа) следует использовать гусеничный

транспорт, в том числе снегоболотоходы типа «Хаски-8», «Урал-5920», БТ-361А.

На болотах I, II и III типов допускается использовать автомобили «Урал-375Е», ЗИЛ-131, КрАЗ-255Б, гусеничные транспортные средства ПТГ-251, БТ-61А и гусеничные транспортеры при наличии временных дорог.

Перевозку труб и секций длиной 12 и 24 м в горной и предгорной местности на участках с продольными уклонами до  $10^\circ$  следует выполнять трубоплетевозами на базе автомобилей.

На участках с частым чередованием подъемов и спусков с продольными уклонами  $10\text{--}20^\circ$  следует применять поезда на гусеничном ходу или использовать автомобили высокой проходимости.

На особо трудных участках трассы с подъемами более  $20^\circ$  следует использовать дежурные тягачи или тракторные самоходные лебедки.

В песчано-пустынной местности должны использоваться полноприводные автомобили и гусеничные поезда. Для повышения проходимости поездов в песках на прицепах следует применять арочные шины и пневмокотки.

В барханных песках трубы и секции следует перевозить тракторными поездами, состоящими из гусеничного трактора и двухколесных роспусков. Поезда должны работать колоннами в составе не менее двух тракторов. Секции труб длиной до 36 м от трубосварочных баз до трассы строительства трубопровода следует перевозить трубоплетевозами на базе автомобилей типа КрАЗ-255Б, Урал-4320, Урал-375Е, колесных тракторов К-701 и гусеничных тракторов.

В качестве трубовозов в основном применяются автопоезда, а в качестве плетевозов – как автомобильные, так и тракторные поезда.

Трубы длиной до 12 м, трубные сварные секции (из двух, трех и четырех труб) перевозят трубоплетевозами (автомобильными и тракторными). Предельное число перевозимых труб и секций зависит от грузоподъемности трубоплетевоза, массы труб и допустимых габаритов автопоезда. При перевозке изолированных труб и секций, во избежание повреждения изоляции, опорные элементы трубоплетевозов оснащают деревянными подкладками (ложементами) с выемками под трубы, а между трубами укладывают мягкие прокладки, например из отрезков резиновых шин.

Трубы и секции малых диаметров (до 219 мм) для сокращения времени погрузки-выгрузки, обеспечения сохранности покрытия, исключения провисания труб между тягачом и прицепом и повышения безопасности следует перевозить в пакетах. Перевозка секций труб представлена на рис. 3.2 [4].

Перемещение труб и секций на короткие расстояния производится трубоукладчиком, оснащенным мягкими полотенцами или торцевыми захватами с мягкими вкладышами. Транспортировка труб трубоукладчиком представлена на рис. 3.3 [4]. При транспортировке труб и секций по строительной полосе расстояние от следа движения транспортного средства до бровки разработанной траншеи не менее 3 м.

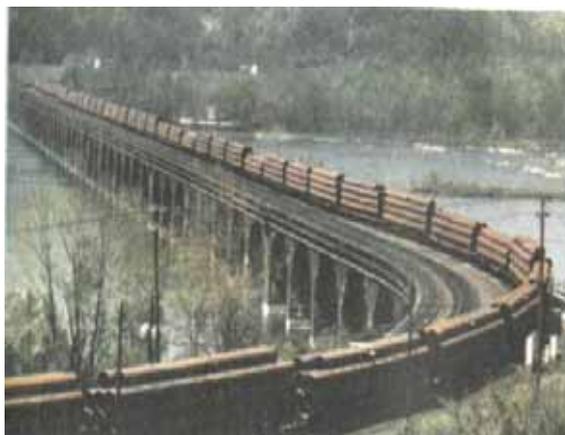


*Рис. 3.2. Перевозка секций труб*



*Рис. 3.3. Транспортировка труб трубоукладчиком*

Дороги со сборно-разборным покрытием используют в качестве транспортных подъездных путей, сооружаемых на болотах I и II типов, на многолетнемерзлых и мелкодисперсных, сильно увлажненных грунтах (ВСН 51-1-97) (рис. 3.4 [4]).



*Рис. 3.4. Перевозка труб железнодорожным транспортом*

На переувлажненных минеральных и многолетнемерзлых грунтах, на обводненных и заболоченных участках трассы сооружают грунтовые дороги без покрытия.

Таблица 3.1

*Основные технические данные транспортных  
и грузоподъемных средств*

Используемые виды транспорта	Грузоподъемность, т
<b>Транспортные средства:</b>	
железнодорожные полувагоны	60–75
железнодорожные платформы	60–75
трубоплетевозы (колесные и гусеничные)	9–40
баржи-площадки	300–2800
вертолеты	0,4–12
<b>Грузоподъемные средства:</b>	
автомобильные, пневмоколесные и гусеничные краны	10–40
краны-трубоукладчики с грузовым моментом	10–115
козловые краны	7,5–20

При низкой несущей способности грунтов отсыпку насыпи производят непосредственно на материковый грунт. При строительстве дорог на грунтах с низкой несущей способностью устраивают искусственное основание из деревянного настила, хворостяной выстилки, нетканого синтетического материала (НСМ), резиновых матов и т. д.

Грунт для сооружения грунтовых дорог разрабатывают в карьерах одноковшовыми экскаваторами и транспортируют к месту отсыпки дорожной насыпи. Отсыпка насыпи производится с послойным разравниванием и уплотнением грунта бульдозерами и дорожными катками.

Переезды транспортной и специальной строительной техники через действующие коммуникации допускаются только в специально оборудованных местах, расположение и конструкция которых определяются проектом производства работ и согласовываются с организациями, эксплуатирующими данные коммуникации.

Для обеспечения производства ремонтно-строительных работ в зимний период в условиях болот и многолетнемерзлых грунтов прокладывают временные зимние подъездные дороги и вдольтрассовые технологические проезды.

Зимние дороги и проезды могут быть:

- снежно-уплотненными, образованными в процессе движения автотранспорта и строительных машин;
- снежно-ледяными, образованными на сильно обводненных болотах, водных переправах путем естественного промерзания или путем постепенной поливки небольших участков дорог.

Зимние дороги сооружают на поверхности земли и в снежных насыпях.

Основанием дорог на нулевых отметках является промерзший грунт. На слабых, плохо промерзающих грунтах основание дороги армируют лесными материалами, в безлесных районах – неткаными синтетическими материалами.

Зимние дороги в снежных насыпях устраивают в районах с большим снегопереносом (более  $200 \text{ м}^3/\text{м}$ ), а также в случаях, когда необходимо сглаживание продольного профиля дороги в местах пересечения оврагов, балок и резких понижений. На участках, где объема снега недостаточно, для возведения насыпи используют грунты.

Откосы снежной насыпи не должны быть круче, чем 1 : 3.

В зависимости от вида основания и срока действия зимние дороги подразделяют на четыре типа:

I – дороги, сооружаемые на нулевых отметках и в насыпях на промерзающих болотах I и III типов;

II – дороги, сооружаемые на плохо промерзающих увлажненных участках и болотах;

III – ледовые переправы;

IV – дороги с продленным сроком эксплуатации.

### **3.2. Тракторы и автомобили**

В строительстве для перевозки грузов используются надземный, водный и воздушный виды транспорта, причем более 90 % перевозок осуществляется наземным транспортом: автомобильным, железнодорожным и трубопроводным. И все же наиболее мобильным и массовым транспортом в строительстве является автомобильный. С его помощью строительные грузы доставляются без перегрузок непосредственно на строительные объекты.

Базовыми машинами всех самоходных специальных строительных машин, как правило, являются тракторы и автомобили, которые широко используются также для перевозки различных грузов. Выбор транспортного средства для доставки грузов на строительную площадку, перевозки их в пределах этой площадки или по трассе трубопровода обуславливается характером и количеством перемещаемых грузов, временем, отведенным на их доставку, состоянием дорог и другими обстоятельствами.

Различают автомобильный транспорт общего назначения и специализированный (рис. 3.5). К транспортным средствам (машинам) общего назначения относятся грузовые автомобили, прицепы, полуприцепы с бортовыми, не опрокидывающимися открытыми платформами, а также тягачи.

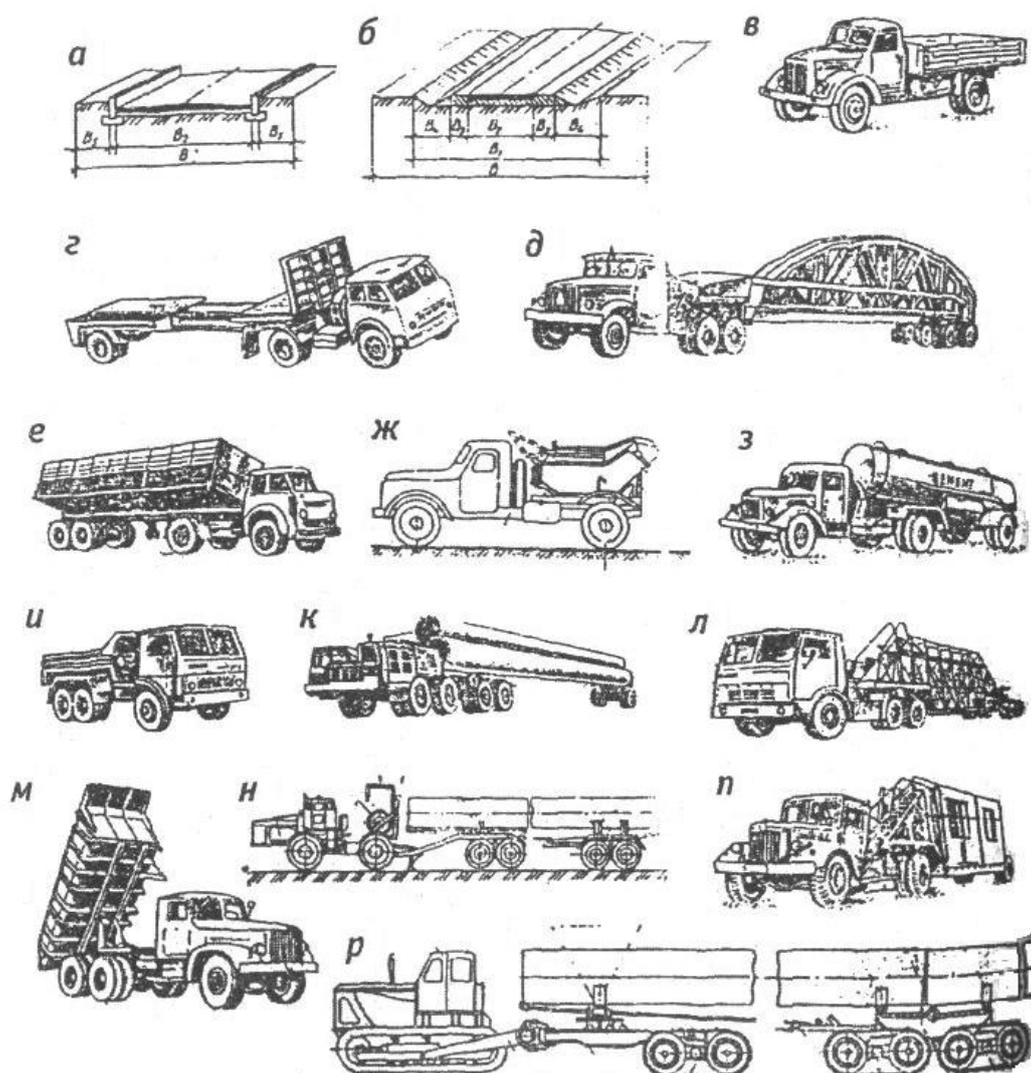


Рис. 3.5. Средства автомобильного транспорта в строительстве:  
 а, б – детали устройства временных дорог; в – грузовой бортовой автомобиль общего назначения; г – плитовоз; д – фермовоз; е – самосвал с боковой разгрузкой; ж – бетоновоз; з – цементовоз; и, м – самосвалы с разгрузкой назад; к – трубоплетевоз; л, п – панелевозы; н – тракторный пневмоколесный трубоплетевоз; р – тракторный гусеничный трубоплетевоз

Специализированными транспортными средствами являются грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы, предназначенные для перевозки определенного вида груза (бетона, раствора, цемента, панелей, ферм, плит, труб и т. п.). Использование специализированных транспортных средств обеспечивает высокую эффективность перевозок, сохранность качества грузов.

### 3.2.1. Грузовые автомобили

Современные грузовые автомобили обладают хорошей маневренностью, сравнительно большой скоростью передвижения, достаточно проходимы, пригодны для работы с прицепами и полуприцепами, могут быть оснащены специальными кузовами для перевозки различных грузов, в том числе контейнеров, и дополнительными механизмами, облегчающими их погрузку и разгрузку. В современных автомобилях применяются карбюраторные, газовые, дизельные и газотурбинные двигатели.

Одним из основных параметров автомобиля, определяющим конструкцию его основных узлов, является нагрузка на ведущий мост (ось). Грузоподъемность при нормальной эксплуатации меняется в зависимости от числа осей и составляет от осевой нагрузки при двухосном автомобиле 85–100 %, для трехосного – 150–220 %, для четырехосного – 170–250 %. Собственная масса современных грузовых автомобилей колеблется в среднем в пределах 0,45–0,85 % от грузоподъемности.

Для характеристики грузовых автомобилей принята так называемая колесная формула, соединяющая знаком умножения две цифры: первая – общее число колес, вторая – число ведущих колес (двойные скаты считаются за одно колесо). Обычный грузовой автомобиль (например, ГАЗ-53) имеет формулу  $4 \times 2$ , трехосный с двумя ведущими осями –  $6 \times 4$ , а со всеми ведущими осями (например, ЗИЛ-131) –  $6 \times 6$  и т. д.

По назначению автомобили разделяются на бортовые, автосамосвалы, тягачи и специализированные (автоцистерны, битумовозы, автоцементовозы и т. д.).

Для доставки строительных материалов в строительстве часто используют бортовые грузовые автомобили как общего пользования, так и повышенной проходимости.

Грузоподъемность бортовых автомашин – от 8 до 12 т, автомашин повышенной проходимости – до 20 т, автомобилей-тягачей – до 30 т, самосвалов – от 2,3 до 120 т, трайлеров – от 18 до 120 т, прицепов – от 1 до 23 т, панелевозов – от 7 до 21 т, фермовозов – от 10 до 30 т, автомобильных и тракторных трубоплетевозов – от 9 до 40 т.

Бортовые автомобили снабжаются кузовом в виде деревянной или металлической платформы с откидными бортами и предназначаются для перевозки преимущественно штучных грузов (рис. 3.6, а).

Широко применяемые в строительстве автосамосвалы имеют кузов корытообразной, полуовальной или другой удобной для разгрузки формы. Они разгружаются в основном назад при помощи гидроцилиндров,

но есть конструкции с разгрузкой на три стороны. Наибольший преодолеваемый угол подъема самосвалами – от 14 до 26 %. Для предохранения от примерзания к кузову влажных сыпучих или жидких грузов в самосвалах предусмотрен подогрев кузова выхлопными газами двигателя. Для предохранения кабины водителя от повреждения в период загрузки кузов снабжен защитным козырьком (рис. 3.6, б).

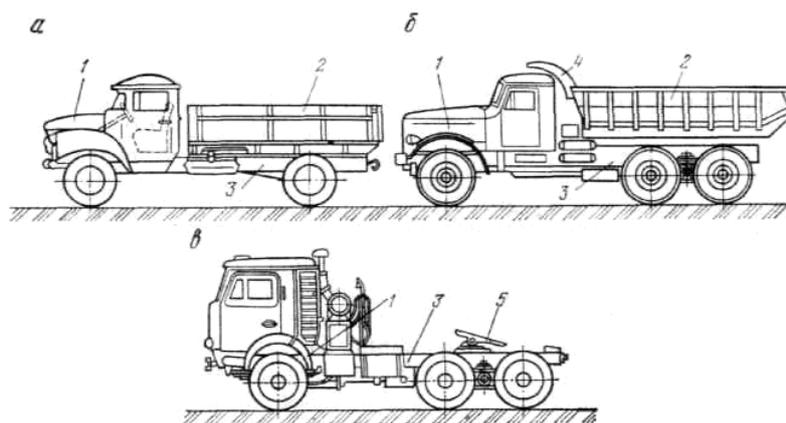


Рис. 3.6. Типы грузовых автомобилей:

а – бортовой;

б – самосвал; в – седельный тягач; 1 – двигатель; 2 – кузов;

3 – рама; 4 – защитный козырек; 5 – седельно-сцепное устройство

На базе стандартных шасси промышленность выпускает автомобильные тягачи седельного типа, работающие в сцепе с одноосными и двухосными полуприцепами (рис. 3.6, в). Полуприцепом называется грузовая платформа, передающая свой вес на дорогу частично посредством собственной ходовой части, а частично через ходовую часть тягача, на которую эта платформа опирается. На раме шасси седельного тягача крепятся опорная плита и седельно-сцепное устройство, воспринимающее часть силы тяжести груженого полуприцепа и служащее для передачи ему тягового усилия, развиваемого автомобилем. Автомобильные тягачи, к раме которых вместо седельно-сцепного устройства крепится балласт, повышающий сцепление колесного движителя с дорогой, используются для буксировки многоосных прицепов-тяжеловозов (трейлеров) грузоподъемностью от 20 до 120 т, предназначенных для перевозки тяжеловесных крупногабаритных грузов, а также гусеничных строительных машин.

Прицепы подразделяются на два вида – общего назначения и прицепы-самосвалы (табл. 3.2).

Таблица 3.2

*Технические характеристики прицепов общего назначения*

Параметры	Модели			
	ГКБ-817	ГКБ-8350	ГКБ-8352	МАЗ с различным прицепом
Число колес, шт.	4 + 1	8 + 1	8 + 1	4 + 1
Грузоподъемность, кг	5500	8000	10000	8000
Собственная масса, кг	2540	3500	3700	3810

Для транспортировки бетонных смесей применяют автобетоновозы, автобетоносмесители, автобадьевозы и автомобили-самосвалы.

Для обозначения модели отечественного автомобиля пишут сокращенно название завода-изготовителя (ЗИЛ, БелАЗ, ГАЗ, КамАЗ, КраЗ и т.д.), а затем через дефис – данные самой модели. Базовая модель имеет индекс, образованный четырьмя цифровыми знаками, а для обозначения модификаций и вариантов используется пятый и шестой знаки. Первая цифра указывает класс автомобиля (всего их семь). Для грузовых и специальных автомобилей классы отличаются полной массой. К первому классу относятся автомобили, масса которых составляет до 1,2 т, ко второму – от 1,2 до 2 т, к третьему – от 2 до 8 т, к четвертому – от 8 до 14 т, к пятому – от 14 до 20 т, к шестому – от 20 до 40 т и к седьмому – свыше 40 т. Второй цифровой знак характеризует вид автомобилей: 1 – легковой автомобиль, 2 – автобус, 3 – бортовой грузовой, 4 – тягач, 5 – самосвал, 6 – цистерна, 7 – фургон, 8 – резерв (пока не используется) и 9 – специальный. Третий и четвертый знаки обозначают номер модели автомобиля (от 01 до 99). Пятый знак обозначает номер модификации базовой модели автомобиля (от 1 до 9). При отсутствии модификации пятым знаком будет 0. Шестой знак присваивается экспортным вариантам исполнения.

Например: КамАЗ-5320, КамАЗ – Камский автомобильный завод, цифра 5 обозначает, что полная масса от 14 до 20 т, цифра 3 – автомобиль бортовой, 20 – номер модели автомобиля.

### **3.2.2. Тракторы**

Тракторы используются преимущественно для работы в тяжелых грунтовых (бездорожье и малая несущая способность грунта) и рельефных условиях (пересеченная местность, крутые склоны), где не может пройти автомобиль. В зависимости от конструкции ходовой части они подразделяются на гусеничные и колесные.

Гусеничные тракторы (рис. 3.7) широко применяют в строительстве благодаря значительному тяговому усилию на крюке (3–20 т), на-

дежному сцеплению гусеничного хода с грунтом и сравнительно малому удельному давлению на грунт (0,02–0,06 МПа), что и обеспечивает им повышенную проходимость. Основным недостатком гусеничных тракторов является их тихоходность (в основном не более 12 км/ч). В тракторах применяются дизельные и карбюраторные двигатели. В зависимости от общей компоновки машины двигатель может быть расположен в ее передней, средней или задней части. Гусеничные тракторы оснащаются механическими, гидромеханическими и электромеханическими трансмиссиями.

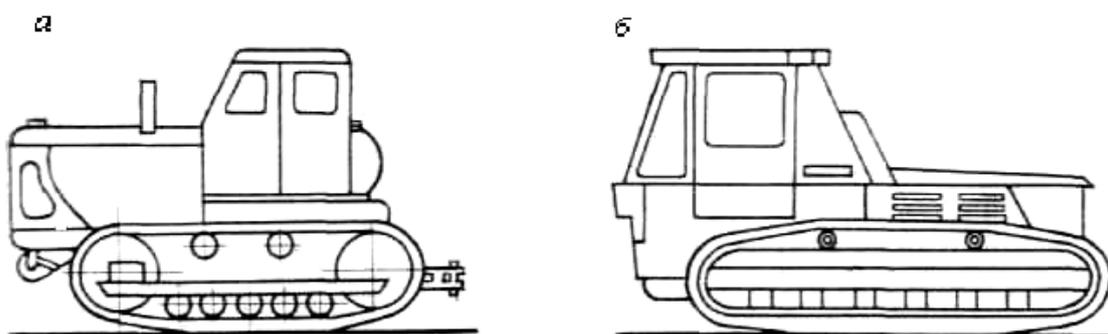


Рис. 3.7. Гусеничные тракторы с передним (а) и задним (б) расположением двигателя

Пневмоколесные тракторы (рис. 3.8) обладают большими (по сравнению с гусеничными) скоростями передвижения (до 40 км/ч), могут перемещаться по дорогам с твердым покрытием, не повреждая их, однако их проходимость ниже гусеничных из-за более высокого давления на грунт (0,2–0,4 МПа). Пневмоколесные тракторы оснащаются дизельными и карбюраторными двигателями, механическими и гидромеханическими трансмиссиями.

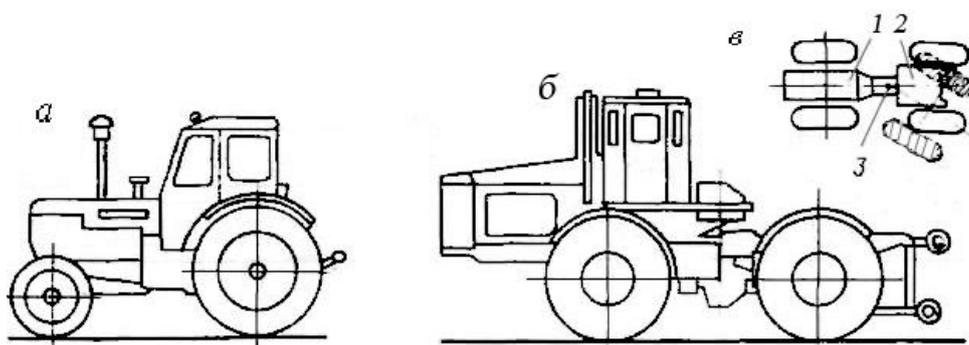


Рис. 3.8. Пневмоколесные тракторы с передними поворотными колесами и шарнирно-сочлененной рамой

По типу системы управления поворотом различают тракторы с передними управляемыми колесами (рис. 3.8, а), со всеми управляемыми колесами и с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 3.8, б). Тракторы, оснащенные системой управления шарнирно-сочлененного типа, обладают наиболее высокой маневренностью в тяжелых грунтовых условиях, так как взаимный разворот полурам 1 и 2 относительно друг друга вокруг шарнира 3 (рис. 3.8, в) облегчает поворот трактора и уменьшает пробуксовку колес.

### 3.2.3. Пневмоколесные тягачи

Пневмоколесные тракторы, предназначенные для работы с различными видами сменного навесного и прицепного строительного оборудования, получили название «пневмоколесные тягачи». Различают одноосные и двухосные тягачи. На обоих типах тягачей применяют дизельные двигатели, механическую, гидромеханическую и электромеханическую трансмиссии. Мощность дизельного двигателя тягачей достигает 1000 кВт. Наиболее распространены тягачи с гидромеханической трансмиссией. В конструкциях тягачей большой мощности (свыше 400 кВт) применяют электромеханические трансмиссии с мотор-колесами. Одноосный пневмоколесный тягач имеет два колеса (рис. 3.9). Оба колеса ведущие. Самостоятельно передвигаться или стоять на двух колесах без полуприцепного рабочего оборудования одноосный тягач не может. В сочетании с полуприцепом образует самоходную строительную машину с передней ведущей осью.

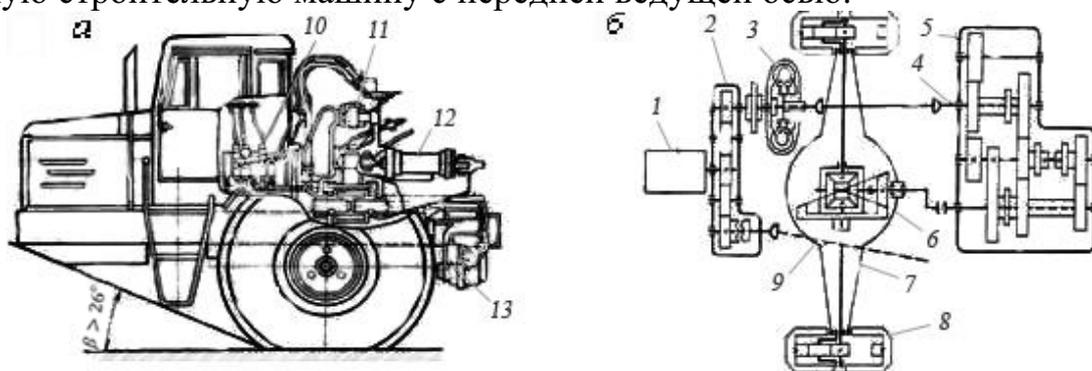


Рис. 3.9. Одноосный тягач:

а – общий вид; б – кинематическая схема:

1 – двигатель; 2 – раздаточная коробка; 3 – гидротрансформатор; 4 – карданный вал; 5 – коробка передач; 6 – главная передача с дифференциалом; 7 – полуось; 8 – конечная планетарная передача; 9 – карданный вал для привода прицепного рабочего оборудования; 10 – распределитель; 11 – шкворень (сцепное устройство); 12 – гидроцилиндр поворота; 13 – насос

Управление сцепом тягач – полуприцеп осуществляется путем поворота тягача вправо и влево относительно полуприцепа с помощью

гидроцилиндров двухстороннего действия. Двухосные тягачи, в отличие от одноосных, способны перемещаться самостоятельно и работать в паре с двухосным прицепным рабочим оборудованием. Двухосные четырехколесные тягачи имеют один или два ведущих моста и шарнирно-сочлененную раму.

### 3.3. Трубовозы

**Трубовозом** называется автопоезд, предназначенный для перевозки труб длиной до 12 м (рис. 3.10–3.12).

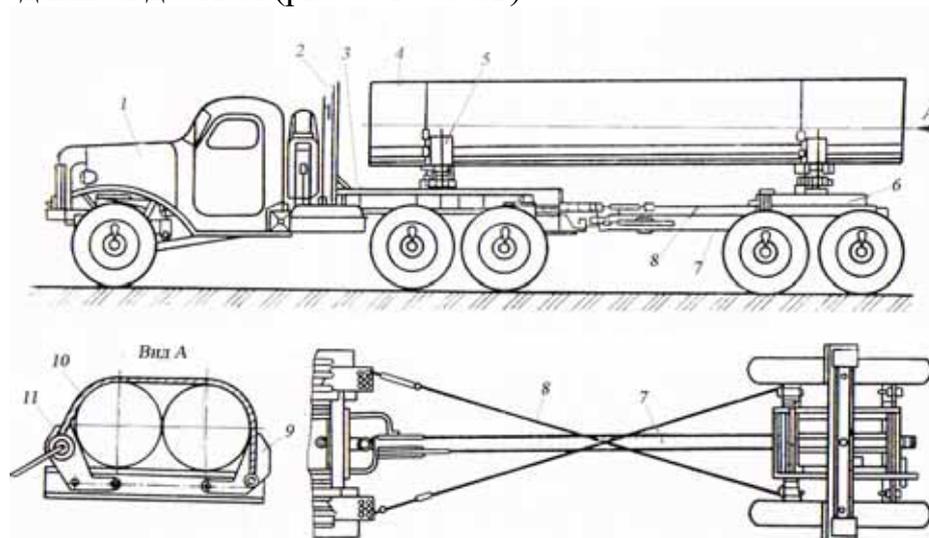


Рис. 3.10. Схема трубовоза



Рис. 3.11. Автопоезд трубоплетевозный 6021



Рис. 3.12. Автопоезд трубовозный 6000-010

Трубовозы в основном перевозят трубы от мест их разгрузки из железнодорожного или водного транспорта до механизированных трубосварочных баз, где отдельные трубы сваривают в плети длиной до 48 м. Дорожные условия в этих случаях, как правило, лучше, чем на последующем этапе – перевозке плетей от сварочной базы до строительной полосы, совершаемой плетевозами.

Поэтому трубовозы могут передвигаться с большими скоростями, чем плетевозы, должны быть более маневренны в нагруженном состоянии и занимать меньшую полосу движения, чтобы не затруднять движение встречного транспорта.

Трубовоз состоит из тягового автомобиля 1 и роспуска 6, соединенных дышлом 7 и канатами крестовой сцепки 8 (рис. 3.10). На раме тягового автомобиля вместо кузова укреплено специализированное навесное оборудование. Оно включает в себя сварной надрамник 3 с предохранительным щитом 2 в передней части, предохраняющим кабину водителя от повреждения трубами 4. Надрамник крепится к лонжеронам рамы автомобиля стремянками (равномерно с каждой стороны). В местах их установки для предохранения рамы автомобиля от смятия положены деревянные бруски. На надрамнике укреплен поворотный коник 5, представляющий собой вращающуюся на вертикальной оси горизонтальную балку с деревянным брусом, на который укладывают перевозимые трубы. На балке коника устанавливаются и закрепляются упорные стойки 9, удерживающие трубы от скатывания с коника.

В зависимости от числа и размера перевозимых труб стойки могут переставляться в различные положения, в которых фиксируются пальцами, для чего в балке коника и ребордах стоек имеются отверстия. Чтобы предотвратить сползание труб вперед, в отверстиях балки коника устанавливаются строповые приспособления, крепящиеся другим концом к торцу каждой трубы. Во избежание боковых перемещений трубы увязываются канатом 10 при помощи ручной лебедки 11, смонтированной в одну из стоек коника. На конце рамы автомобиля закреплена балка крестовой сцепки.

Роспуском называется транспортная тележка, предназначенная для перевозки длинномерного груза. Подвеска роспуска по своей конструкции и основным деталям аналогична задней подвеске тягового автомобиля. На раме роспуска установлен полноповоротный коник, конструктивно не отличающийся от коника тягового автомобиля. Роспуск соединен с автомобилем дышлом и канатами крестовой сцепки.

Назначение дышла – передача на роспуск тягового усилия и обеспечение необходимого интервала.

Крестовая сцепка состоит из двух регулируемых по длине переключивающихся канатов, каждый из которых крепится передним концом к балке автомобиля, а задним – к противоположной балке роспуска. Назначение крестовой сцепки – обеспечить совпадение колеи роспуска и базового автомобиля при поворотах.

Наличие поворотных коников на базовой машине и на роспуске позволяет трубе избежать возникновения изгибающих моментов при повороте автопоезда.

Турбовозы выпускают различных модификаций и на базе различных грузовых автомобилей, колесных, гусеничных машин (табл. 3.3).

Таблица 3.3

*Технические характеристики турбовозов*

Параметры	Тип турбовоза	
	6021	6000-010
Масса перевозимого груза автопоездом, кг	14000	14000
Масса снаряженного автопоезда, кг	8800	12 100
Длина перевозимого груза, м	12–36	6–12
Диаметр перевозимых труб, мм	530–1420	–
Количество колес на прицепе, шт.	4	4
Подвеска прицепа	–	Балансирная
База автомобиля	«Урал-4320», «КамАЗ-43101»	«Урал-43204», «КамАЗ-43114».
Габаритные размеры, мм:		
длина	16270-40270	min 14145
высота до коника	–	1820
погрузочная высота	2645	2870
Способ разгрузки	С помощью сторонних грузоподъемных механизмов	

Автопоезд турбовозный электрифицированный с двухсторонней самопогрузкой выпускается на базе автомобиля «Урал-4320» («КамАЗ-43101») с прицепом 9851-013 (рис. 3.13).



*Рис. 3.13. Автопоезд турбовозный электрифицированный 6019*

### 3.4. Плетевозы

**Плетевозом** называется автопоезд, предназначенный для транспортировки плетей длиной до 48 м. Плетевозы перевозят плети от трубосварочных баз до строительной полосы и раскладывают вдоль трассы будущего трубопровода. Они передвигаются в плохих дорожных условиях, а иногда и по бездорожью.

Различают автомобильные и тракторные плетевозы.

Плетевоз первого типа состоит из тягового автомобиля и роспуска. Устройство тягового автомобиля принципиально не отличается от устройства тягового автомобиля трубовоза. В качестве его базы стремятся использовать автомобиль повышенной грузоподъемности и проходимости.

Роспуск плетевоза отличается от роспуска трубовоза наличием двух жестко закрепленных (неповоротных) коников и короткого дышла, оборудованного откидной стойкой. Такое конструктивное отличие объясняется тем, что передача тягового усилия на роспуск осуществляется непосредственно перевозимыми трубами, которые прочно увязываются канатами на кониках тягового автомобиля и роспуска. Дышло служит для непосредственной сцепки роспуска с автомобилем во время порожних рейсов.

Погрузка на плетевоз осуществляется по следующей схеме: дышло отсоединяется от тягового автомобиля, роспуск выставляется на откидную стойку, автомобиль отводится от него на необходимое расстояние в зависимости от длины погружаемых плетей. Только после этого можно производить погрузку.

При порожнем рейсе дышло устанавливается на короткий зацеп, для избежания повреждения дышла, плетевоз становится маневреннее, и сокращается время порожнего рейса.

Необходимость неповоротных коников на роспуске плетевоза объясняется тем, что поворот роспуска должен осуществляться транспортируемыми трубами.

В последнее время для унификации выпускают автопоезда, выполненные только по схеме плетевоза, и комплектуют их страховыми канатами разной длины. Роспуски плетевозов оборудуют необходимыми внешними световыми приборами, а в случае плетевозов грузоподъемностью 30 т и более – тормозами.

В труднопроходимых для автомобильного транспорта местах применяются тракторные плетевозы, состоящие из тягового трактора и двух прицепов: переднего и заднего. Передний прицеп оснащен двумя кониками поворотного типа (ось поворота общая) и дышлом, посредством которого прицеп крепится к трактору. Задний прицеп оснащен двумя кони-

ками неповоротного типа и коротким дышлом, служащим для сцепления с передним прицепом при порожних рейсах. Тяговое усилие заднему прицепу передается через перевозимые трубы. В нагруженном состоянии прицепы соединяются между собой также страховым канатом.

Коники прицепов оснащены канатными стопорными устройствами, удерживающими трубы от сползания вперед или назад. Увязка труб на кониках производится лебедкой, вмонтированной в одну из стоек каждого коника.

### **3.5. Саморазгружающиеся плетевозы**

*Известны две схемы саморазгрузки:*

а) в сторону, противоположную движению машины (задняя выгрузка);

б) перпендикулярно движению машины в боковую сторону (боковая выгрузка).

Саморазгрузка по первой схеме осуществляется следующим образом. После остановки плетевоза и освобождения трубы от увязки роспуск, снабженный сзади специальной наклонной плоскостью, начинают подтягивать к тяговому автомобилю при помощи лебедки. По мере сближения роспуска с автомобилем сначала один конец трубы касается земли, а затем второй.

Недостатками этой схемы являются одновременная разгрузка всех нагруженных труб, в результате чего требуется дополнительная операция по их растаскиванию, и необходимость съезда при разгрузке с колеи на обочину (в противном случае разгрузка произойдет в колею на пути следования последующих машин, что в условиях бездорожья затруднит их передвижение).

Принцип саморазгрузки по второй схеме реализован в конструкции плетевоза, коники которого выполнены наклонными, а стойки одной из сторон опрокидывающимися. Плетевоз останавливается под разгрузку, не съезжая с колеи. Защелка, предохраняющая откидную стойку коника от опрокидывания при движении машины, отпирает стойку, которая под действием веса трубы начинает медленно опрокидываться в сторону. Скорость ее опрокидывания регулируется специальным амортизатором, расположенным на раме роспуска и базового автомобиля. Труба скатывается по стойке, как по наклонной плоскости, на землю. Остальные трубы лежат неподвижно, задерживаемые защелкой-фиксатором, имеющейся на конике. После разгрузки первой трубы стойка под действием того же амортизатора, использующего энергию разгрузившейся трубы, возвращается в первоначальное положение и запирается защелкой.

Машина проезжает вперед на длину разгрузившейся трубы, промежуточный фиксатор-защелка утапливается внутрь коника при помощи рычага, рукоятка которого выведена на противоположную сторону коника, и новая труба скатывается к откидной стойке для разгрузки в той же последовательности.

### **Перевозка труб в сложных дорожных условиях (ВСН 004–88)**

Для перевозки труб в сложных дорожных условиях (с учетом заболоченных участков и болот I типа) следует использовать гусеничный транспорт, в том числе снегоболотоходы типа Хаски-8, Урал-5920, БТ-361А.

На болотах I, II и III типов допускается использовать автомобили типа Урал-375Е, ЗИЛ-131, КрАЗ-255Б, гусеничные транспортные средства ПТГ-251, БТ-61А и гусеничные транспортеры при наличии временных дорог.

Перевозку труб и секций длиной 12 и 24 м в горной и предгорной местности на участках с продольными уклонами до 10° следует выполнять трубоплетевозами на базе автомобилей.

На участках с частым чередованием подъемов и спусков с продольными уклонами 10–20° следует применять поезда на гусеничном ходу или использовать автомобили высокой проходимости.

На особо трудных участках трассы с подъемами более 20° следует использовать дежурные тягачи или тракторные самоходные лебедки.

В песчано-пустынной местности должны использоваться полноприводные автомобили и гусеничные поезда. Для повышения проходимости поездов в песках на прицепах следует применять арочные шины и пневмокатики.

В барханных песках трубы и секции следует перевозить тракторными поездами, состоящими из гусеничного трактора и двухколесных роспусков. Поезда должны работать колоннами в составе не менее двух тракторов.

Секции труб длиной до 36 м от трубосварочных баз до трассы строительства трубопровода следует перевозить трубоплетевозами.

### **Прицеп-тяжеловес ПТТ 701**

Прицеп-тяжеловес ПТТ 701 предназначен для перевозки крупногабаритной техники и других грузов по дорогам всех типов (рис. 3.14).

Полуприцеп оснащен лебедкой с гидравлическим приводом от трактора с тяговым усилием 6 т без полиспаста и 12 т с полиспастом.

Лебедка применяется при погрузке несамоходной техники и других грузов.



*Рис. 3.14. Прицеп-тяжеловес ПТТ 701*

Габаритные размеры платформы позволяют перевозить длинномерные грузы: трубы, прокат, лес и пиломатериалы, для чего на полуприцепе предусмотрены места для установки стоек.

Рядное консольное расположение сдвоенных колес полуприцепа, идущих по колею тягача, повышает проходимость и улучшает условия замены колес.

Высокие тяговые характеристики полноприводного тягача позволяют транспортировать грузы без использования дополнительного тягача на уклонах  $8^\circ$  с грузом 74 т.

Подъем-опускание заднего трапа осуществляется гидроцилиндрами.

### **Низкорамные прицепы-тяжеловесы ПТТ 602, ПТТ 601**

Поезда предназначены для перевозки крупногабаритной техники и других грузов в городских условиях, они могут эксплуатироваться на дорогах всех типов (рис. 3.15).



*Рис. 3.15. Низкорамный прицеп-тяжеловес ПТТ 601*

Поезд ПТТ 602 оснащен поворотной задней тележкой, управляемой из кабины водителя, что улучшает маневренность поезда.

В конструкции поездов впервые в отечественной практике применен механизм сцепки тягача и полуприцепа, позволяющий опускать переднюю часть грузовой платформы на землю и расцеплять с передним гуськом.

Погрузка самоходной техники осуществляется с торца платформы прямым заездом без дополнительных приспособлений.

Применение быстроразъемных соединений гидropневмопроводов и электропроводки позволяет в течение 3–5 мин произвести стыковку и расстыковку, погрузку техники, что важно при частых перевозках техники с объекта на объект.

Высокие тяговые характеристики полноприводного тягача позволяют транспортировать тяжеловесные грузы без использования дополнительного «толчка» (табл. 3.4).

Таблица 3.4

*Основные технические характеристики*

Наименование	Значение		
	ПТТ 602	ПТТ 601	ПТТ 701
Грузоподъемность, кг	60 000	60 000	70 000
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	246 (305)	246 (305)	246 (335)

### 3.6. Снегоболотоходы

Снегоболотоходы предназначены для транспортировки грузов по дорогам с твердым покрытием, по бездорожью в условиях болотистой местности, снежной целине и на акваториях внутренних водоемов (рис. 3.16–3.18).



*Рис. 3.16. Самоходное транспортное средство на воздушной подушке САВР-2*



*Рис. 3.17. Снегоболотоход на цилиндрических колесах*

Снегоболотоходы выпускаются различных конструкций:

- 1) на воздушной подушке;
- 2) на резинометаллических гусеницах;
- 3) на пневматических цилиндрических колесах;
- 4) роторно-винтовой.

### Снегоболотоход гусеничный ШГС-401



Рис. 3.18. Снегоболотоход ШГС-401

Снегоболотоход ШГС-401 предназначен для перевозки грузов массой до 40 т по снежной целине и грунтам с низкой несущей способностью, а также для использования в качестве базы для установки различного технологического оборудования, эксплуатируемого при температуре окружающего воздуха от  $-50$  до  $+40$  °С.

**Двигатель** – ЯМЗ-240НМ2 дизель.

**Проект реализован совместно:** «Завод «УНИВЕРСАЛМАШ» Кировского завода «ГАЗСТРОЙМАШИНА», г. Москва.

### Ишимбайские болотоходы



Рис. 3.19. ДТ-30

Сегодня ОАО «Витязь» выпускает три базовых семейства транспортеров: ДТ-10П, ДТ-30П и ДТ-30, на основе которых создана широкая гамма модификаций, приспособленных для размещения на них различных комплексов вооружений, грузоподъемного, погрузочно-го, землеройного и другого технологического оборудования (рис. 3.19). Конструкция транспортеров позволяет создавать специальные транспортные средства для перевозки неделимых грузов длиной до 13 м и массой до 30 т.

### Вездеход на воздушной подушке «Сибирь»

УП «Омский завод нефтедобывающего оборудования ГН ПО «Полет», 644021, г. Омск-21, ул. Б. Хмельницкого, 226. Факс: (3812) 579-000, тел.: (3812) 577-087.

Вездеход на воздушной подушке (ВВП) предназначен для перевозки грузов и пассажиров по снежной целине, болоту, суше с травянистым покровом и по чистой воде на дальность до 1200 км (рис. 3.20).

Вездеход предназначен для проведения визуальных и инструментальных исследований объектов нефтегазодобычи, трасс нефтепродук-

тов, линий электропередач и связи. Может использоваться для оперативной доставки бригад специалистов и оборудования к местам аварий, эвакуации персонала и других работ в труднодоступной местности.



*Рис. 3.20. Вездеход на воздушной подушке «Сибирь-2»*

### **Контрольные задания**

1. Погрузочно-разгрузочные работы при строительстве и обслуживании трубопроводного транспорта.
2. Автомобильный транспорт.
3. Тракторы: колесные, гусеничные. Их конструкции, технические характеристики.
4. Тягачи: виды, характеристики, область применения.
5. Трубовозы и плетевозы: назначение, конструкции, технические характеристики.
6. Снегоболотоходы для строительства, ремонта и обслуживания трубопроводов.

### **Список литературы**

1. Будзуляк Б.В., Халлыев И.Х., Гютчнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов / под общ. ред. И.Х. Халлыева: учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.
2. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.
3. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
4. Промысловые трубопроводы и оборудование: учеб. пособие для вузов / Ф.И. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гумеров и др. – М.: Недра, 2004. – 662 с.
5. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
6. Ведомственные строительные нормы 52-1-95.

## 4. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

В данной главе приведены сведения о современных машинах для производства земляных работ. Дано описание и технические характеристики оборудования, применяемого на подготовительных работах при строительстве магистральных нефтегазопроводов и нефтепромысловых трубопроводов: бульдозеров, кусторезов, корчевателей, рыхлителей, скреперов. Также приведены классификации машин прерывного и непрерывного действия: одноковшовых и роторных экскаваторов, специальных вскрывных экскаваторов, машин для очистки траншей от снега, машин для засыпки траншей, которые активно используются в настоящее время для подготовки к нормальной работе специальных строительных машин. Даны основные технические характеристики отечественных и зарубежных машин, применяемых при строительстве и ремонте трубопроводов.

### Основные термины и понятия

**Бульдозер** (англ. bulldozer) – землеройная машина для срезания и перемещения грунта, сыпучих стройматериалов, горных пород и т. п. на расстояние до 200 м при строительстве дорог, гидротехнических сооружений и т. п. Рабочий орган – отвал (длина до 5,5 м) – расположен на гусеничном тракторе или колесном тягаче [7].

**Рыхлитель**, служит для рыхления плотных и мерзлых грунтов. Основные типы: статический (рабочий орган – стальные стойки высотой до 1,5 м, навешиваемые обычно на трактор) и динамический (рабочий орган – клин, забиваемый в грунт или погружаемый вибраторами) [7].

**Скрепер** (англ. scraper, от scarp – скрести) – прицепная, полуприцепная или самоходная землеройно-транспортная машина, которая рабочим органом – ковшом вместимостью до 25 м<sup>3</sup> – послойно срезает грунт с поверхности, транспортирует его и разгружает в отвал или разравнивает [7].

**Экскаватор** (англ. excavator, от лат. excavo – долблю) – основной тип землеройных машин, главным образом, для разработки мягких горных пород в массиве или скальных в раздробленном состоянии. Различают одноковшовые (механическая лопата, драглайн и др.) и многоковшовые (цепные и роторные) экскаваторы [7].

**Драглайн** (англ. dragline) – одноковшовый экскаватор с гибкой канатной связью стрелы и ковша. Длина стрелы достигает 100 м, вместимость ковша – 80 м<sup>3</sup>. Оборудуется, как правило, шагающим ходом. Применяется на карьерах, в гидротехническом и мелиоративном строительстве и др. [7].

**Котлован** – выемка в грунте для устройства основания и фундамента здания (сооружения) [7].

**Траншея** (от франц. tranchée – ров, канава) – открытая горная выработка трапециевидного сечения. Различают траншеи капитальные (соединяют забои карьера с поверхностью), разрезные (создают первоначальный фронт работ в карьере), дренажные и разведочные, траншеи для прокладки трубопроводов [7].

В состав работ по подготовке строительной полосы вдоль трассы будущего магистрального трубопровода входят валка леса, корчевка пней и кустарника, удаление крупных камней, срезка бугров и засыпка впадин земель, сооружение полок на склонах, возведение насыпей на болотах и т. д. Это делается для того, чтобы обеспечить последующую нормальную работу специальных строительных машин. Сейчас наиболее трудоемкие из этих видов строительных работ механизированы и выполняются при помощи высокопроизводительных машин, представляющих собой навесное оборудование на тракторы: бульдозеров, кусторезов, корчевателей-собирателей и рыхлителей. Эти строительные машины общего назначения применяются также при строительстве дорог, прокладке просек, мелиоративных работах и т. д.

#### 4.1. Земляные работы

Параметры земляных сооружений, применяемых при строительстве промышленных трубопроводов (ширина, глубина и откосы траншеи, сечение насыпи и крутизна ее откосов и др.), устанавливаются в зависимости от диаметра прокладываемого трубопровода, способа его закрепления, рельефа местности, грунтовых условий и определяются проектом. Размеры траншеи (глубина, ширина по дну, откосы) устанавливаются в зависимости от назначения и диаметра трубопровода, характеристики грунтов, гидрогеологических и других условий.

Перед разработкой траншеи воспроизводят разбивку ее оси, а на вертикальных кривых – разбивку глубины через каждые 2 м геодезическим инструментом.

Глубину траншеи устанавливают из условий предохранения трубопровода от механических повреждений при переезде через него автотранспорта, строительных и сельскохозяйственных машин.

Крутизну откосов траншеи под трубопровод и котлованы под трубопроводную арматуру устанавливают в соответствии со СНиП 3.02.01–87.

Методы разработки грунтов определяют в зависимости от параметров земляного сооружения и объемов работ, геотехнических характеристик грунтов, классификации грунтов по трудности разработки, местных условий строительства, наличия землеройных машин в строительных организациях.

В РФ при сооружении трубопроводов большого диаметра (1020, 1220, 1420 мм) для разработки траншей применяется в основном импортная мощная техника – трубоукладчики, бульдозеры, рыхлители, одноковшовые экскаваторы фирм «Komatsu», «Caterpillar», «Kato», «Hitachi», «Fiat-Allis» и др. И только роторные траншейные экскаваторы используются отечественного производства [4].

Дно траншеи под укладку трубопровода тщательно планируют, убирают твердые комья земли, камни, ветки деревьев, лед и прочие предметы, в скальных и каменистых грунтах необходима подсыпка из мягкого грунта.

Для разработки траншеи в нормальных условиях применяют в основном одноковшовые универсальные и (или) роторные экскаваторы (рис. 4.1, 4.2) [8]. Для разработки широких траншей с откосами (в сильно обводненных, сыпучих, неустойчивых грунтах) на сооружении трубопроводов используются одноковшовые экскаваторы, оборудованные драглайном.



*Рис. 4.1. Разработка траншеи одноковшовым экскаватором в горах [8]*



*Рис. 4.2. Разработка траншеи роторным экскаватором [8]*

На участках со спокойным рельефом местности, на отлогих возвышенностях, на мягких подножьях и на мягких затяжных склонах гор работы выполняются роторными траншейными экскаваторами.

В илистых и плавунных грунтах, не обеспечивающих сохранение откосов, траншеи разрабатывают с креплением и водоотливом. Виды крепления и мероприятия по водоотливу для конкретных условий должны устанавливаться проектом.

Разработку траншей на болотах осуществляют по следующим схемам ведения землеройных работ в зависимости от типа болота, способа прокладки, времени строительства и используемой техники:

- с предварительным выторфовыванием;
- с применением специальной техники, щитов или сланей, снижающих удельное давление на поверхность грунта;
- взрывом в зимнее время.

При глубине торфяного слоя до 1 м с подстилающим основанием, имеющим высокую несущую способность, используется разработка траншей с предварительным выторфовыванием. Предварительное удаление торфа до минерального грунта осуществляется бульдозером или экскаватором. От ширины образуемой при этом выемки зависит нормальная работа экскаватора, перемещающегося по поверхности минерального грунта и разрабатывающего траншею на полную глубину. Траншея устраивается глубиной на 0,15–0,2 м ниже проектной отметки с учетом возможного оплывания откосов траншеи в период от момента разработки до укладки трубопровода. При использовании экскаватора для выторфовывания протяженность создаваемого фронта работ должна составлять 40–50 м.

Для разработки траншей на слабых грунтах используются болотные экскаваторы, оборудованные обратной лопатой или драглайном. Разработку траншеи также можно осуществлять экскаватором, расположенным на пеносанях, которые перемещаются по болоту с помощью лебедки, установленной на плотном минеральном грунте.

Разработка траншей в летнее время должна опережать изоляцию трубопровода, если она выполняется полевым способом. Время опережения зависит от характеристики грунтов и не должно превышать 3–5 дней.

Болота глубокие и большой протяженности с низкой несущей способностью торфяного покрова разрабатывают зимой, а мелкие небольшие болота и заболоченные участки – в летний сезон.

В зимний период в результате промерзания грунта на полную (проектную) глубину разработки траншеи значительно увеличивается несущая способность грунта, что позволяет использовать обычную землеройную технику (роторные и одноковшовые экскаваторы) без применения сланей. На участках с глубоким промерзанием торфа работы выполняют комбинированным способом: разрыхление мерзлого слоя с использованием бульдозера-рыхлителя или буровзрывным методом; разработку грунта до проектной отметки – одноковшовым экскаватором.

В случае проведения земляных работ в условиях вечной мерзлоты с глубиной промерзания на 0,4 м и более в зимний период предусматриваются мероприятия по предохранению грунта от промерзания (рыхление поверхностного слоя, устройство снежного валика, утепление древесными остатками и др.). Для сокращения продолжительности оттаивания мерзлого грунта в теплое время необходимо к периоду установления положительных температур удалить снег с полосы будущей траншеи.

Для разработки траншей трубопроводов диаметром до 100 мм в мерзлых грунтах применяют фрезерные экскаваторы с глубиной копания 1,3 м. Ширина траншей, разрабатываемых этими экскаваторами, может быть увеличена до 400 мм изменением расстановки зубьев на фрезе.

Траншеи большей ширины в мерзлых грунтах разрабатывают с использованием роторных экскаваторов с глубиной копания до 2,5 м и шириной рабочего органа 1,2 м.

В немерзлых, частично мерзлых грунтах (рис. 4.3) и в грунтах с включениями валунов траншеи целесообразно разрабатывать одноковшовыми экскаваторами с ковшом вместимостью 0,5–1,0 м<sup>3</sup>, а также экскаватором со сменным узким ковшом.

С целью разработки мерзлых грунтов используются рыхлители на базе одноковшовых экскаваторов со сменным оборудованием, бульдозеры-рыхлители, фрезерные экскаваторы для нарезания щелей и последующей разработки оставшегося целика. При этом предполагается

предварительная засыпка щелей для обеспечения прохождения землеройных машин.

При осуществлении земляных работ по устройству траншеи в скальных грунтах с ее полосы снимают вскрышной слой рыхлого грунта на всю глубину до обнажения скального грунта при толщине вскрышного слоя до 0,5 м. При меньшей толщине вскрышного слоя его можно не удалять. Снятый вскрышной грунт укладывают на берме траншеи и используют при необходимости для подсыпки и присыпки трубопровода.

Разрабатывают траншеи в скальных грунтах после предварительного рыхления скального грунта механическим или буровзрывным способом и грубой его планировки (рис. 4.3) [8].



*Рис. 4.3. Разработка траншеи в частично мерзлых грунтах одноковшовым экскаватором*

## **4.2. Бульдозеры**

Бульдозер – основная машина для подготовительных работ. Он применяется для планировки местности, срезки бугров, засыпки ям и траншей, перемещения грунта на небольшие расстояния (до 100 м) и т. д. (рис. 4.4). Бульдозер может быть использован для валки деревьев с корнями, корчевания пней и кустарников. В зимнее время его применяют для расчистки дорог и площадок от снега.

Возможность выполнения бульдозером многих трудоемких работ наряду с простотой, прочностью и надежностью конструкции сделали его самой широко распространенной общестроительной машиной (табл. 4.1).

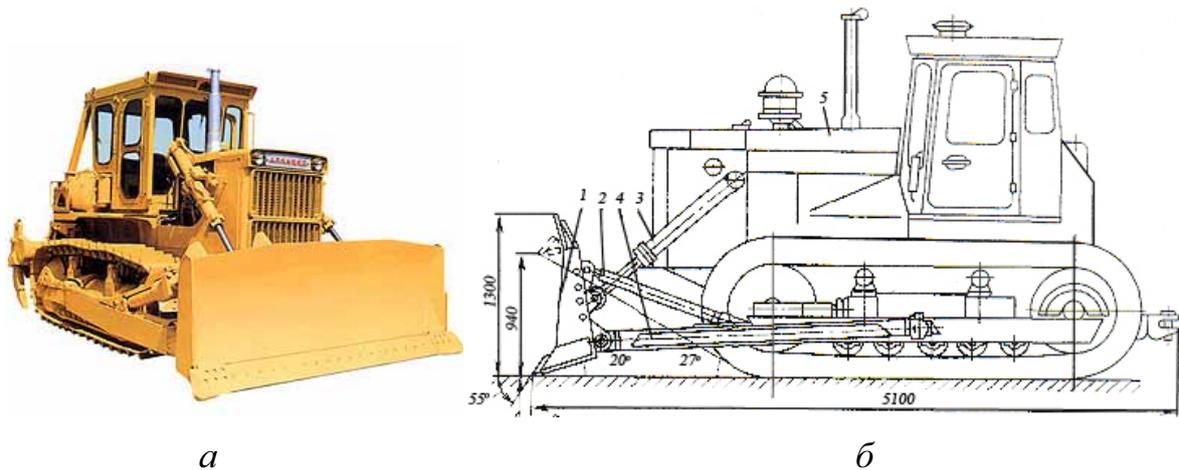


Рис. 4.4. Бульдозер:  
 а – общий вид; б – схема: 1 – отвал; 2 – подкос;  
 3 – гидроцилиндр; 4 – толкающая балка; 5 – базовый трактор

Таблица 4.1

*Бульдозеры производства KOMATSU*

Параметры	Модели					
	D575A-3	D475A-2	D375A-2	D275A-5	D85A-21	D37E-5
Масса, т	131,5	97,4	66,6	48,8	26,9	6,9
Мощность двигателя, л.с	1050	770	525	405	225	80
Башмак, мм	810	810	710	610	560	330
Исполнение, гр.	30	30	50	50	50	20

Бульдозер состоит из базовой машины (трактора) и специального навесного рабочего оборудования (отвала с рамой или толкающими балками).

По способу установки отвала относительно оси трактора различают бульдозеры неповоротные и универсальные (поворотные).

**Неповоротными** называются бульдозеры, у которых отвал располагается только перпендикулярно оси трактора, а **универсальными** – когда отвал может быть установлен как перпендикулярно оси трактора, так и под другим углом к ней, а также повернут в вертикальной плоскости под углом 5–6° (изменение угла резания).

Бульдозеры представляют собой гусеничный или колесный трактор, оборудованный впереди рабочим органом – управляемым отвалом с ножом в нижней части. По ходовой части различают бульдозеры гусеничные и колесные.

### **4.2.1. Конструкции бульдозеров**

**Отвал** бульдозера представляет собой металлический вогнутый скребок сложного профиля, расположенный впереди трактора. Нижняя часть скребка плоская, а верхняя образует участок цилиндрической поверхности. Сопряжение поверхностей выполнено по касательной.

Вогнутая форма отвала заставляет поднимающийся по нему грунт опрокидываться вперед, не допуская переваливания через отвал. Отвал состоит из передней стенки, изготавливаемой из листовой стали, верхней и нижней балок, придающих ему необходимую жесткость, и боковых стенок, или щек. В некоторых конструкциях отвалов щеки несколько выступают вперед за переднюю стенку.

К нижней части отвала болтами с потайными головками крепятся ножи. Их, как правило, три: два боковых и средний. Ножи изготавливаются из высококачественной полосовой стали и имеют в большинстве случаев двустороннюю заточку. По притуплении одной режущей кромки нож переворачивают для работы другой.

К верхней части отвала иногда приваривают козырек, усиленный ребрами жесткости, а к боковым щекам прикрепляют уширители.

Козырек служит для предотвращения переваливания грунта через отвал. Совместно с уширителями он также увеличивает объем грунта, перемещаемого бульдозером.

Отвал неповоротного типа монтируется к двум толкающим балкам при помощи раскосов и подкосов, образуя с ними жесткую пространственную конструкцию. Свободные концы толкающих балок шарнирно крепятся к рамам гусеничных тележек трактора, обеспечивая тем самым вертикальные перемещения отвала при сохранении прямого угла между ним и осью трактора.

Отвал поворотного типа устанавливается шарнирно к универсальной толкающей раме и двум толкателям. Свободные концы брусьев толкающей рамы крепятся, как и в первом случае, к рамам гусеничных тележек. Передний конец толкающей рамы снабжен оголовком с шаровой опорой, входящей в шаровое гнездо, расположенное в центре нижней балки отвала. Полученный таким образом шаровой шарнир позволяет устанавливать отвал под различным углом к оси трактора. Фиксация необходимого положения отвала относительно толкающей рамы производится толкателями. Они представляют собой регулируемые кронштейны, шарнирно крепящиеся к боковым щекам отвала и брусью толкающей рамы. На каждом бруссе предусмотрено несколько положений крепления каждого толкателя, что обеспечивает изменение угла установки отвала от прямого ( $90^\circ$ ) до острого ( $60\text{--}62^\circ$ ) вправо или влево, а

также наклон отвала в вертикальной плоскости на 5–6°. Толкающая рама называется универсальной, так как она может быть использована для установки вместо отвала оборудования кустореза или корчевателя.

В процессе работы бульдозер, двигаясь вперед, опускает отвал, ножи которого, врезаясь в грунт, срезают его поверхностный слой. Разрушенный грунт поднимается по отвалу и перемещается перед ним в виде призмы волочения. Набрав определенное количество грунта, бульдозер приподнимает отвал, прекращая тем самым процесс резания, и толкает перед собой срезанный ранее грунт до места разгрузки. Затем он останавливается и начинает движение назад с поднятым отвалом, оставив грунт. При необходимости разровнять транспортируемый грунт бульдозер продолжает двигаться вперед с приподнятым на некоторую высоту отвалом, разглаживая доставленный грунт, затем возвращается назад для повторения цикла.

Специфика работы бульдозера, заключающаяся в толкании транспортируемого грунта перед собой, позволяет использовать бульдозеры для выполнения таких работ, как возведение насыпей на болотах, сооружение подъездов к мостам, выполнение которых другими машинами невозможно или весьма затруднено.

По роду управления отвалом (поднимание и опускание) все бульдозеры можно разделить на две группы: с канатно-блочным и гидравлическим управлением.

В настоящее время канатно-блочное управление отвалом использовать нецелесообразно.

При гидравлическом управлении отвал бульдозера поднимается гидроцилиндрами, питаемыми рабочей жидкостью под давлением от насоса, приводимого в действие двигателем трактора, а опускается под действием своего веса и напорного усилия гидроцилиндров, передающих на отвал часть веса трактора. Поэтому заглубление отвалов одинакового веса и конфигурации при гидравлической системе управления будет проходить более интенсивно и возможно в более плотных грунтах.

Интенсификации процесса заглубления во всех случаях содействует также сила тяги трактора (при условии, конечно, что начальное заглубление состоялось).

Командоаппарат управления отвалом бульдозера (золотник или рычажная система управления муфтой включения лебедки) находится в кабине тракториста, управляющего одновременно трактором и бульдозером.

#### 4.2.2. Производительность бульдозера при резании и разрушении

$$П_{р.п.} = \frac{3600V \cdot k_g}{t \cdot k_p},$$

где  $k_g$  – коэффициент бульдозера по времени ( $k_g = 0,85–0,9$ );  $t$  – продолжительность одного цикла, с;  $k_p$  – коэффициент разрыхления грунта (для гр. 1-й и 2-й категорий  $k_p = 1,12–1,2$ ; для 3-й и 4-й  $k_p = 1,25–1,3$ );  $V$  – объем призмы волочения;  $V \approx \frac{IH^2}{2tg\varphi} \cdot k_{ном.}$ ,  $k$  – коэффициент потерь ( $k_{ном.} = 1–0,005L_n$ );  $L_{II}$  – расстояние, на которое перемещается грунт, м.

$$\text{Длительность цикла } t = \frac{L_P}{V_P} + \frac{L_{II}}{V_{II}} + \frac{L_{II} + L_P}{V_{O.X}} + t_{п.п.} + t_0,$$

где  $L_P$ ,  $L_{II}$  – длины путей резания и перемещения, м;  $V_P$ ,  $V_{II}$ ,  $V_{O.X}$  – скорость при резании, перемещении грунта и обратном ходе;  $t_{п.п.}$  – время переключения передач ( $t_{п.п.} \approx 5 \text{ с}$ );  $t_0$  – время опускания отвала.

### 4.3. Кусторезы

#### 4.3.1. Конструкции кусторезов

Кусторезы предназначены для срезки кустарника и мелколесья при подготовке строительной полосы.

Наибольшее распространение получили кусторезы отвально-ножевого типа с прямыми ножами (рис. 4.5). Их конструкция характеризуется простотой, прочностью и надежностью в работе. Кусторез этого типа состоит из базовой машины трактора и навесного рабочего оборудования. Навесное оборудование аналогично бульдозеру состоит из универсальной толкающей рамы, на которой вместо отвала бульдозера крепится отвал кустореза. Механизм управления отвалом тот же, что и у бульдозера. На кабину водителя и капот двигателя надевается решетчатое ограждение, сваренное из труб, для предохранения от повреждения падающими деревьями.

Остовом отвала кустореза является треугольная сварная рама, в центре которой имеется кронштейн с шаровым гнездом, в которое входит шаровая опора универсальной толкающей рамы.

Сверху к раме приваривается жесткий каркас из уголков, к которому с боков крепятся два вертикальных, а сверху – два наклонных щита из листовой стали, образуя клин с углом при вершине  $60^\circ$ . К нижней части рамы приварены три лыжи: одна спереди треугольника рамы, выступая вперед отвала, две другие – сзади по бокам отвала. Для того чтобы при переднем или заднем движении кустореза отвал не зарывался в грунт, у передней лыжи отогнут кверху передний конец, а у задних – задние концы.

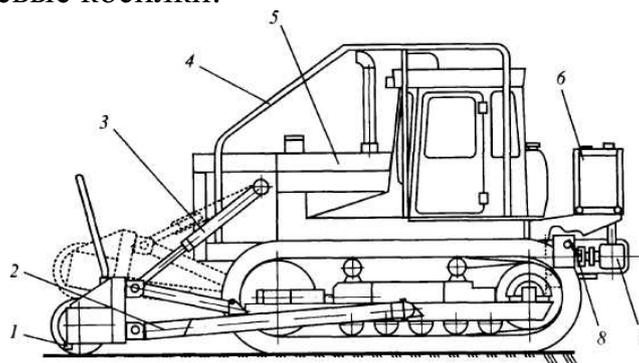


*Рис. 4.5. Кусторез*

Для того чтобы предотвратить наезд отвала на срезанные ранее деревья, передняя лыжа снабжена колунном, представляющим собой клинообразную металлическую пластину, приваренную к отогнутому концу лыжи и соединенную с каркасом вертикальным и наклонным ребрами жесткости. Соприкасаясь с поваленным отвалом дерева, колун поднимает его на отвал, который, благодаря своей клиновидной форме, отодвигает дерево в сторону.

К нижней части рамы отвала приварены горизонтальные полосы, к которым прикрепляются болтами ножи – по три с каждой стороны отвала. Режущие кромки передних ножей образуют в плане угол  $90^\circ$  (между правой и левой стороной отвала), а кромки задних ножей – угол  $60^\circ$ .

Иногда для срезки растительности при подготовительных работах используются машины с активными рабочими органами, такими как горизонтальные дисковые и цепные пилы, фрезерно-резные измельчители (рис. 4.6) и ножевые косилки.



*Рис. 4.6. Кусторез с фрезерным рабочим органом:*

*1 – ротор-измельчитель в кожухе; 2 – толкающие бруссы; 3 – гидроцилиндры подъема-опускания ротора; 4 – защитная конструкция FOPS; 5 – базовая машина; 6 – гидросистема; 7 – насос; 8 – ходоуменьшитель*

## 4.4. Корчеватели

### 4.4.1. Конструкции корчевателей

Корчеватели предназначены для очистки участков, отведенных под земляные работы, от оставшихся после кусторезов корней и пней, а также для извлечения из грунта крупных камней (рис. 4.7, 4.8). Они подразделяются на корчеватели и корчеватели-собиратели (рис. 4.7), различающиеся рабочим оборудованием и технологией работы. В обоих случаях в качестве базовой машины используется промышленный гусеничный трактор.

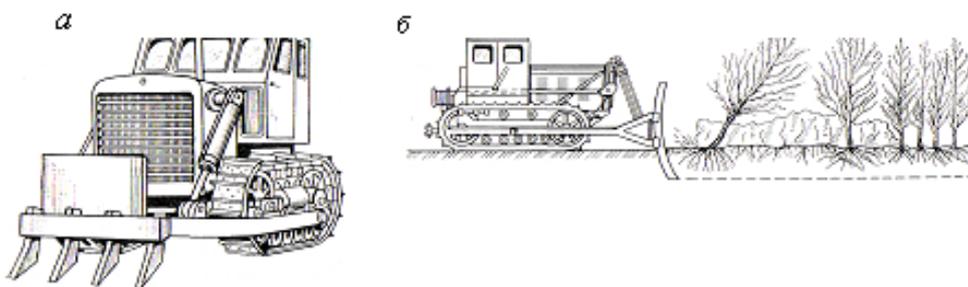


Рис. 4.7. Корчеватель-собиратель: а – общий вид; б – схема работы



Рис. 4.8. Подготовленный участок для разработки траншей

Рабочее оборудование корчевателя представляет собой шарнирно-рычажную систему (рис. 4.9, а), установленную в задней части тягача.

Рабочие рычаги оканчиваются зубьями, заводимыми под корчующий объект и извлекающими его на поверхность при повороте рычагов. Во время корчевания рама прижимается к земле, ее клыки погружаются в грунт вместе с зубьями рабочих рычагов и усилия корчевания не передаются на конструкцию базовой машины.

Корчеватели-собиратели оснащаются рабочим оборудованием отвального типа, установленным перед тягачом и использующим его тягу. Оборудование состоит из сменных корчующих зубьев, закрепленных на рабочей балке, отвальной поверхности (рис. 4.9), боковых косынок, защитной решетки и толкающей рамы.

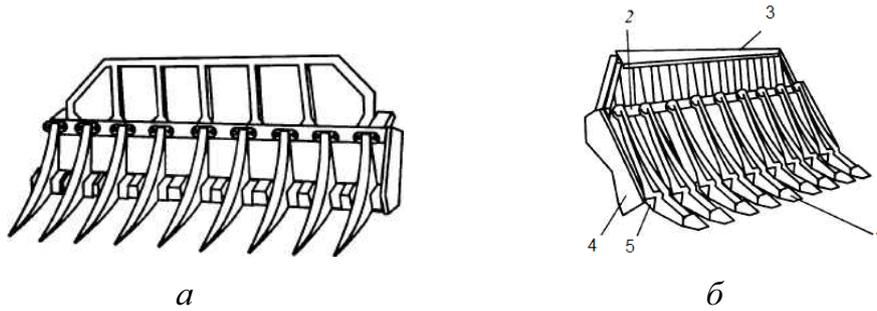


Рис. 4.9. Отвальные рабочие органы корчевателя и корчевателя-собиранеля:  
 1 – зубья; 2 – несущий брус; 3 – защитная решетка;  
 4 – боковые косынки; 5 – рабочая балка

#### 4.5. Рыхлители

Предназначены для послойного разрыхления прочных талых и мерзлых грунтов, горных пород и дорожных покрытий с целью их последующей разработки и/или перемещения.

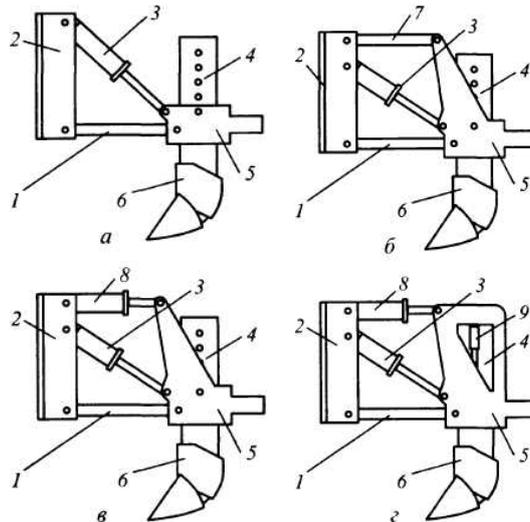
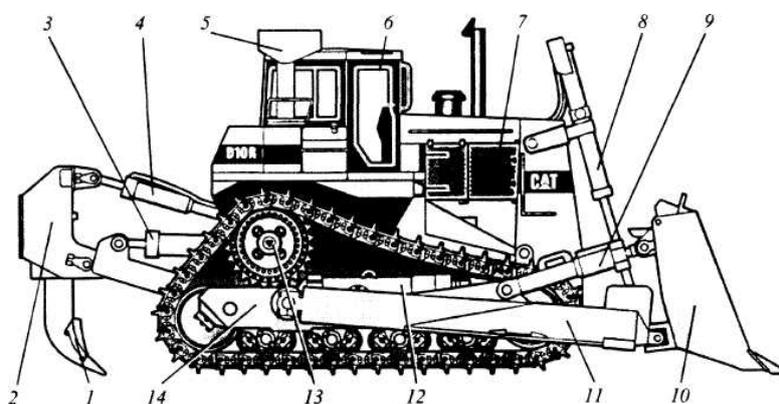


Рис. 4.10. Варианты компоновки и элементы рыхлительного оборудования:  
 а – трехточечная подвеска; б, в – параллелограммная подвеска;  
 1 – нижняя тяговая рама; 2 – опорная рама; 3 – гидроцилиндр подъема/опускания зуба;  
 4 – стойка зуба; 5 – рабочая балка; 6 – наконечник зуба; 7 – верхняя тяговая рама;  
 8 – гидроцилиндр наклона рабочей балки; 9 – гидроцилиндр изменения вылета зуба

Рыхлительное оборудование монтируется на тягаче (как правило, промышленном гусеничном тракторе) и состоит из одного или нескольких рыхлительных зубьев, несущей металлоконструкции, воспринимающей рабочие усилия, и рычажного механизма (подвески), фиксирующего положение узлов рыхлителя относительно тягача (рис. 4.10). Обычно рыхлители устанавливают в задней части тягачей, оснащенных бульдозерным оборудованием (рис. 4.11). Такая компоновка выравнивает давление гусениц бульдозерно-рыхлительного агрегата на опорную

поверхность, что улучшает его тяговые характеристики и позволяет обойтись одной машиной при совмещении бульдозерных и рыхлительных работ на одном объекте. Заглубление зубьев рыхлителя в грунт начинается после движения тягача. Этим обеспечивается лучшее использование его силы тяги на начальном этапе процесса рыхления, когда сопротивление заглублению снижает сцепную массу машины. При взламывании прочной корки (замерзший грунт, твердое покрытие), покрывающей менее прочное основание, практикуется работа из приямка – предварительно отрытой выемки, достаточной для погружения зубьев рыхлителя и по глубине соответствующей заданной глубине рыхления. Глубина рыхления должна минимум на 20 % превышать глубину копания следующих за рыхлителем машин, чтобы исключить соприкосновение их рабочих органов с неразрыхленным грунтом.



*Рис. 4.11. Гусеничный бульдозерно-рыхлительный агрегат с треугольным контуром гусениц:*

- 1 – зуб рыхлителя; 2 – рама рыхлителя; 3 – гидроцилиндр подъема-опускания рыхлителя; 4 – гидроцилиндр наклона зуба рыхлителя; 5 – конструкция ROPS;*
- 6 – кабина; 7 – моторный отсек; 8 – гидроцилиндр подъема/опускания отвала;*
- 9 – гидравлический подкос; 10 – бульдозерный отвал; 11 – толкающий брус;*
- 12 – гидроцилиндр натяжения гусеницы; 13 – ведущая звездочка;*
- 14 – рама гусеничной тележки*

#### **4.6. Скреперы**

Скреперы – ковшовые землеройно-транспортные машины, предназначенные для послойной разработки грунта, перемещения его на расстояние от нескольких сотен метров до нескольких километров (3–5 км) и укладки в другом месте слоями заданной толщины с частичным уплотнением (рис. 4.12–4.16). Благодаря значительной производительности и небольшой удельной металлоемкости скреперы получили широкое применение в строительстве при выполнении больших объемов земляных работ. Они используются для устройства насыпей из боковых

резервов, отрытия котлованов с вывозом грунта, планирования трассы, производства вскрышных и других работ.

Скреперами можно разрабатывать грунты прочностью до IV категории, при этом плотные грунты (обычно III и IV категории) предварительно разрыхляют при помощи рыхлителей или бульдозеров с отвалами корчевателей.



Рис. 4.12. Скрепер самоходный (МоАЗ-6014)

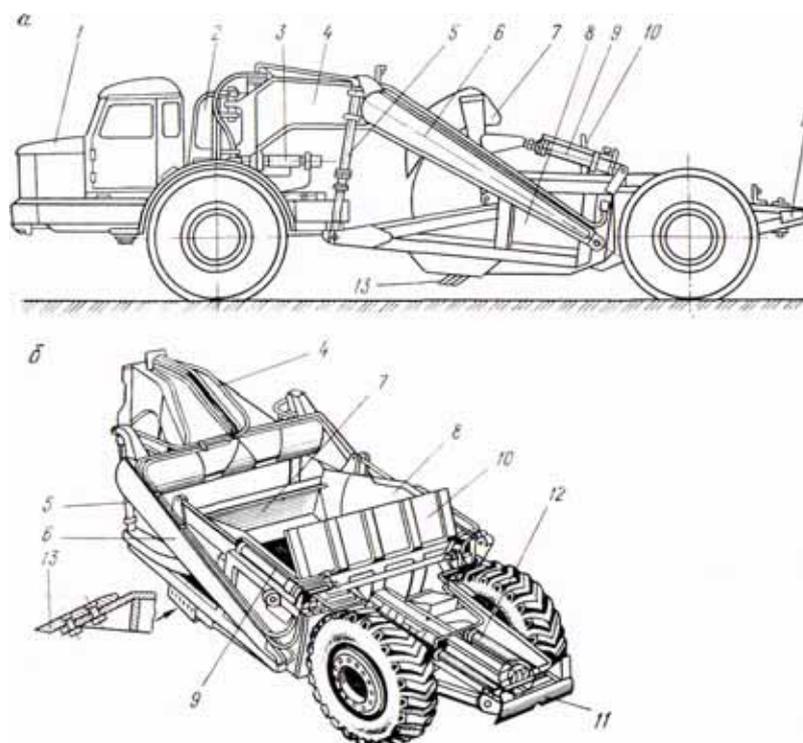


Рис. 4.13. Самоходный скрепер с ковшом вместимостью  $8 \text{ м}^3$ :  
 а – общий вид; б – рабочий орган; 1 – тягач; 2 – седельно-цепное устройство;  
 3 – гидроцилиндр поворота; 4 – хобот; 5 – гидроцилиндр подъема ковша;  
 6 – тяговая П-образная рама; 7 – заслонка; 8 – ковши; 9 – гидроцилиндр привода заслонкой; 10 – задняя стенка; 11 – буфер; 12 – гидроцилиндры перемещения задней стенки; 13 – сменные ножи

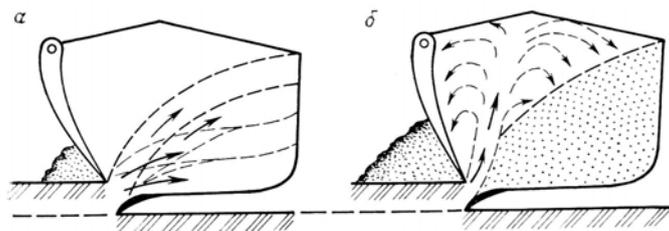


Рис. 4.14. Схема процесса заполнения ковша скрепера

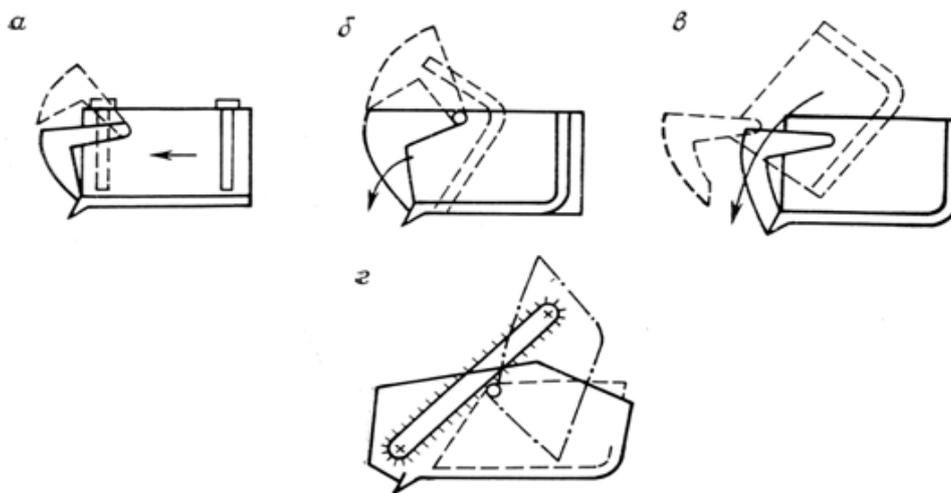


Рис. 4.15. Способы разгрузки ковша скрепера:  
 а – принудительный; б – полупринудительный; в – свободный;  
 г – скребковый свободный

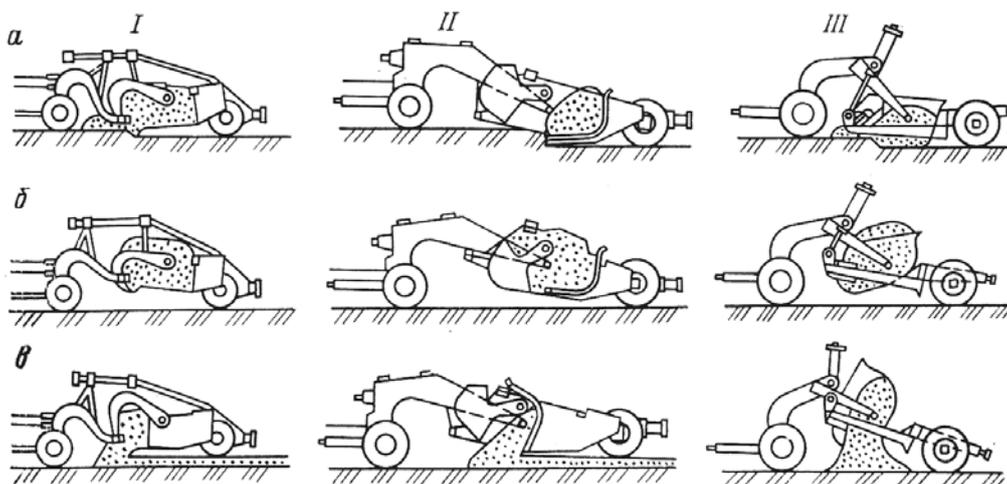


Рис. 4.16. Схема работы скрепера:  
 1 – с принудительной разгрузкой; 2 – с полупринудительной;  
 3 – со свободной разгрузкой; а – загрузка; б – транспортное положение;  
 в – разгрузка

Скреперы бывают прицепные и самоходные полуприцепные. Прицепные скреперы буксируются гусеничными тракторами, а само-

ходные – колесными тягачами. Наиболее распространенная схема, по которой выполняются самоходные полуприцепные скреперы: одноосный тягач – одноосный ковш. Скреперы, выполненные по этой схеме, отличаются повышенной маневренностью и быстроходностью. Однако в связи с тем, что на ведущую ось тягача передается только 52–55 % веса груженой машины (в случае, если ее ведущими колесами являются только колеса тягача), тяговые возможности скрепера могут быть недостаточными для эффективной загрузки его ковша грунтом, что заставляет в ряде случаев прибегать к помощи дополнительных тягачей-толкачей, подталкивающих его сзади при копании (табл. 4.2).

Таблица. 4.2

*Основные технические и технологические характеристики скреперов  
CATERPILLAR*

Параметры	Модели					
	611	615C Series II	623G	631G	637G	657E
Двигатель	3306 T	3116 T	3406E	3408E	3408E <sup>2</sup> 3306 T <sup>3</sup>	3412 TA <sup>2</sup> 3408TA <sup>3</sup>
Мощность на маховике, кВт/л.с.	197/265	197/265	246/330– 272/365 <sup>1</sup>	336/451– 365/490 <sup>1</sup> 186/250	336/451– 365/490 <sup>1</sup>	410/550– 452/605 <sup>1</sup> 298/400– 328/440 <sup>1</sup>
Вместимость ковша с «шапкой»	11,0	13,0	17,6	23,7	23,7	33,6
Макс. скорость с грузом, км/ч	44,4	44,4	51,5	53,5	54,9	53,0

*Примечания:* <sup>1</sup> Сдвоенный привод.

<sup>2</sup> Двигатель тягача.

<sup>3</sup> Двигатель скрепера.

Рабочий орган скрепера – ковш. Он состоит из тяговой рамы, собственно ковша, заслонки, задней стенки, рычагов и тяг управления. В свою очередь, собственно ковш состоит из боковых стенок, днища, буферной части и передней балки.

Рабочий процесс скрепера протекает следующим образом: подъехав к месту набора грунта, машинист включает пониженную передачу и одновременно опускает ковш, приподнимая заслонку. Ковш, врезаясь в грунт под действием собственного веса, части веса тягача и силы его тяги, а также тяги толкача, срезает стружку грунта, которая постепенно наполняет ковш. Толщина срезаемой стружки определяется

прочностью грунта и тяговым усилием скрепера (или скрепера в паре с толкачом) и обычно составляет 0,1–0,35 м. Машинист следит за наполнением ковша, регулируя его вертикальным перемещением толщину стружки в зависимости от загрузки двигателя. Обычно ковш быстро заглубляют на максимальную глубину, а затем постепенно поднимают для того, чтобы поддерживать силу тяги на наиболее эффективном уровне. Когда новый грунт перестает поступать в ковш из-за возросшего сопротивления ранее заполнившего его грунта, машинист поднимает ковш, закрыв его заслонкой от самопроизвольного опорожнения, и направляет скрепер к месту разгрузки. У большинства скреперов разгрузка ковша осуществляется принудительным наклоном его по ходу вперед с регулировкой толщины разгружаемого слоя грунта при помощи заслонки в пределах 0,2–0,6 м. Путь скрепера при операции загрузки ковша составляет от 8 до 35 м, а при выгрузке – 15–40 м. Процесс работы скрепера происходит непрерывно. При больших объемах работ в процессе участвуют группы скреперов по 10–30 машин, которые движутся по замкнутой линии от места загрузки до места разгрузки и обратно.

Применяются три основных способа разгрузки ковша: свободный, полупринудительный и принудительный.

При свободном способе разгрузки грунт может выгружаться вперед или назад. Для этого ковш поворачивается вокруг оси, лежащей вблизи центра тяжести ковша с грунтом. Этот способ пригоден для работы в сыпучих грунтах. Он обеспечивает достаточно точную регулировку толщины разгружаемого слоя. Таким способом можно разгружать грунт под откос (при одноосном выполнении скрепера). Ковши со свободной разгрузкой применяются у скреперов малой вместимости, используемых для вспомогательных работ. При полупринудительном способе грунт выгружается поворотом днища или задней стенки вместе с днищем относительно боковых стенок ковша, и при этом грунт частично выталкивается.

#### **4.7. Машины циклического действия для разработки траншей и котлованов**

##### **4.7.1. Общие сведения об одноковшовых универсальных экскаваторах**

Одноковшовые экскаваторы представляют собой машины, предназначенные для разработки траншей и котлованов. Одноковшовые экскаваторы являются машинами общестроительного назначения. Они широко применяются при строительстве магистральных трубопроводов.

Рабочий процесс экскаватора состоит из следующих операций: рабочего хода (копания) ковша, поворота стрелы и выгрузки ковша, холостого (обратного) хода ковша и перемещения самого экскаватора по мере разработки траншеи. Рабочее, силовое и вспомогательное оборудование, основная часть трансмиссии, механизмы управления, а также кузов экскаватора расположены на платформе. Она опирается на ходовую часть экскаватора при помощи опорно-поворотного устройства и может поворачиваться в горизонтальной плоскости.

Большинство одноковшовых экскаваторов выпускается полноповоротными. В последнее время получили широкое применение также неполноповоротные экскаваторы малой мощности, выполненные как оборудование с гидравлическим приводом на гусеничных и колесных тракторах.

По конструкции ходового оборудования экскаваторы, применяемые для строительства магистральных трубопроводов, разделяются на гусеничные и пневмоколесные, по силовому оборудованию – на дизельные и комбинированные: дизель-электрические и дизель-гидравлические (рис. 4.17–4.21).

Главным параметром экскаватора принят объем его ковша. На строительстве трубопроводов в основном получили распространение экскаваторы с емкостью ковша от 0,3 до 2 м<sup>3</sup>, при ремонтных работах – 0,3–0,8 м<sup>3</sup>.

Одноковшовые экскаваторы общестроительного назначения получили название универсальных потому, что кроме рытья траншей и котлованов ими при соответствующем переоборудовании производят погрузочно-разгрузочные и монтажные работы, забивку свай, корчевку леса, рыхление мерзлоты, трамбовку, планировку и многие другие работы. Для этого одноковшовые строительные экскаваторы снабжаются сменным рабочим оборудованием. Под сменным рабочим оборудованием подразумеваются те части экскаватора, посредством которых производятся копание и рыхление грунта, подъем грузов, зачерпывание и перегрузка сыпучих материалов и т. д. (рис. 4.17).

Современные универсальные одноковшовые экскаваторы имеют до 15 видов сменного оборудования.

Для экскаваторов с емкостью ковша выше 0,5 м<sup>3</sup> основным видом рабочего оборудования является прямая лопата. Экскаватор, оборудованный прямой лопатой, ведет разработку забоя выше уровня опорной поверхности. Ковш совершает при копании движение снизу вверх «от себя». Такой экскаватор применяется для работы в карьерах.

Для экскаваторов с емкостью ковша до 0,5 м<sup>3</sup> основным видом рабочего оборудования является обратная лопата. Экскаватор, оборудован-

ный обратной лопатой, предназначен для разработки траншей и небольших котлованов и разрабатывает грунт ниже уровня своей опорной поверхности, при этом ковш совершает движение снизу вверх «на себя».

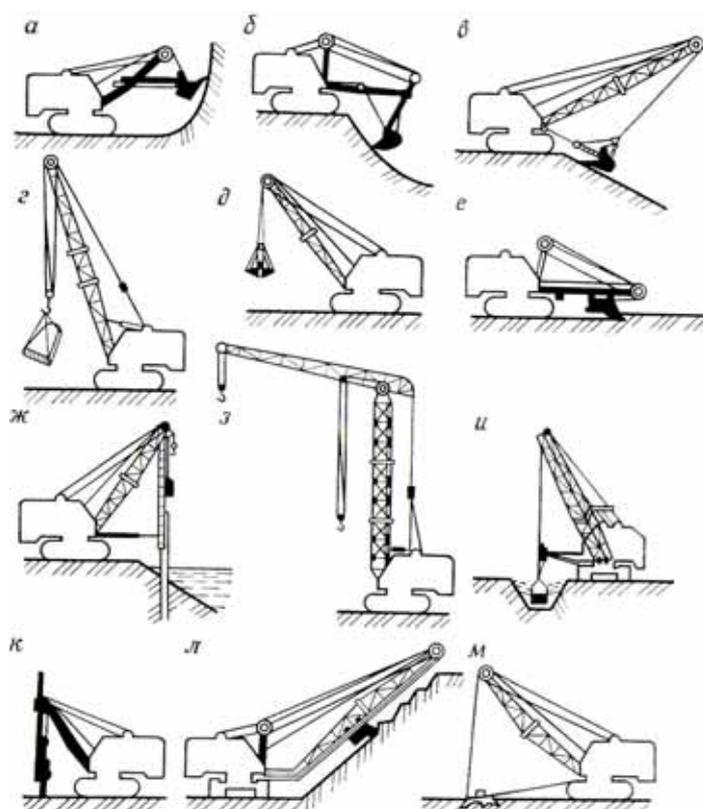


Рис. 4.17. Виды навесного оборудования одноковшового универсального экскаватора с канатной системой управления:

*a* – прямая лопата; *б* – обратная лопата; *в* – драглайн; *г* – кран; *д* – грейфер;  
*е* – струг; *ж* – копер; *з* – башенный кран; *и* – боковой драглайн; *к* – клин-баба;  
*л* – планировщик откосов; *м* – корчеватель

Экскаватор, снабженный рабочим оборудованием драглайна, применяется для разработки траншей и каналов, открытия больших и глубоких котлованов, отсыпки насыпей, возведения плотин и дамб, производства вскрышных работ. При использовании экскаватора на погрузочно-разгрузочных и монтажных работах применяют крановое оборудование, снабженное крюком или грейфером.

Экскаватор, оборудованный грейфером, применяется для рытья нешироких, но глубоких котлованов, для работ под водой и при погрузке или разгрузке сыпучих материалов.

Экскаватор, оборудованный стругом или скребковым засыпателем, используется для планировочных работ и засыпки траншей.

Экскаватор с оборудованием копра применяется для забивки свай и шпунта. С целью использования экскаватора на монтаже сооружений из сборных конструкций его снабжают оборудованием башенного крана.

Оборудование бокового (косоуго) драглайна используется для очистки траншей от снега или обвалившегося грунта.

Экскаватор, оборудованный клин-бабой и дизель-молотом с клином, применяется для рыхления мерзлого грунта при земляных работах в зимнее время.

Экскаватор с оборудованием планировщика откоса предназначен для планировки откосов насыпей автомобильных и железных дорог.

Экскаватор, оборудованный корчевателем, используется для корчевки пней при подготовительных работах по подготовке строительной полосы.

Таким образом, область возможного применения одноковшовых универсальных экскаваторов далеко выходит за пределы чисто земляных работ и превращает их в универсальные строительные машины.

Рабочее оборудование прямой лопаты, драглайна, обратной лопаты, грейфера и крана считается основным. При строительстве трубопроводов прямая лопата используется редко. Применение остальных (не основных) типов рабочего оборудования целесообразно только при небольшом объеме выполняемых работ, когда доставка для этой цели специализированной машины нерентабельна.

Высокая маневренность и приспособляемость к меняющимся условиям работы является главным преимуществом одноковшовых экскаваторов, определившим их широкое применение в строительных работах. Благодаря этим качествам экскаваторы способны разрабатывать разнообразные, в том числе плотные и неоднородные, а также взорванные скальные грунты.

Основной недостаток универсальных одноковшовых экскаваторов, с точки зрения их применения при строительстве магистральных трубопроводов, – недостаточная производительность, являющаяся следствием циклического рабочего процесса, трудности автоматизации, а также повышенной утомляемости машиниста при производстве линейных работ.

Работа механизмов экскаваторов этого типа отличается ярко выраженным динамическим характером приложения нагрузок к его деталям и узлам. Например, если встреча рабочего органа любой другой землеройной машины с непреодолимым препятствием является аварийной, то внезапное стопорение ковша универсального экскаватора при разработке неоднородных и взорванных скальных грунтов является одним из нормальных расчетных режимов его работы.



*Рис. 4.18. Одноковшовый экскаватор [5]*



*Рис. 4.19. Разработка траншеи одноковшовыми экскаваторами [5]*

### **Экскаватор гусеничный гидравлический ET-16**



*Рис. 4.20. Экскаватор гусеничный гидравлический ET-16*

### **Комплектация:**

Экскаватор ЕТ-16–20 имеет уширенный удлиненный гусеничный ход, 16 т, ковш  $V = 0,65 \text{ м}^3$ ;

Экскаватор ЕТ-16–30 – уширенный удлиненный гусеничный ход, 16 т, ковш  $V = 0,65 \text{ м}^3$ , импортная гидравлика.

Техническая производительность одноковшовых экскаваторов определяется по формуле

$$\Pi_{\text{ТХ}} = 3600 \times q \times K_{\text{н}} / K_{\text{р}} \times t_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $q$  – вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $K_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления породы;  $K_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша;  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла.

Техническая производительность является возможной максимальной производительностью для данных условий и технологии работ. Кроме нее следует различать теоретическую и эксплуатационную производительность.

Эксплуатационная производительность учитывает потери времени на запланированные простои (профилактика, перерывы при подаче транспортных средств и т. п.), которые не должны превышать 20 %, и определяется по формуле

$$\Pi_{\text{э}} = \Pi_{\text{ТХ}} \times K_{\text{у}} \times K_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $\Pi_{\text{э}}$  – эксплуатационная производительность,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $K_{\text{у}}$  – коэффициент зависящий от уровня квалификации машиниста экскаватора,  $K_{\text{у}} = 0,89–0,98$ ; (низкая – 0,89; средняя – 0,94; высокая – 0,98);  $K_{\text{в}}$  – использование экскаватора в смену,  $K_{\text{в}} = 0,64$  при нагрузке в транспортные средства,  $K_{\text{в}} = 0,75$  при отсыпке в отвал.

Теоретическая производительность одноковшовых экскаваторов применяется только как часовая и определяется по формуле

$$\Pi_{\text{т}} = 3600 \times q / t_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Производительность экскаваторов находится в прямой зависимости от содержания валунно-галечниковых включений в разрабатываемых породах.

#### **4.7.2. Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием (экскаваторы-планировщики)**

В последнее время получают все большее распространение экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием. Основным рабочим движением их являются выдвигание и втягивание телескопической стрелы при копании, планировании и транспортировании грунта в ковше после экскавации (табл. 4.3). Гидравлический привод рабочего оборудования обеспечивает прямолинейное движение рабочего органа при изменении длины телескопической стрелы, подъем и опускание стрелы,

поворот ковша относительно оси его подвески и вокруг продольной оси стрелы, поворот стрелы с рабочим органом в плане.

Таблица 4.3

*Гидравлические экскаваторы «HITACHI»*

Параметры	Модели						
	ZX-450	ZX-330	ZX-270	ZX-230	ZX-200	ZX-120	ZX-70
Масса, т	42,5	31,0	27,0	23,0	19,4	12,0	6,3
Ковш, м <sup>3</sup>	1,9	1,4	1,1	1,0	0,8	0,5	0,28
Глубина копания, м	7,9	7,4	7,2	7,0	6,7	5,6	4,17
Двигатель	Isuzu, т-диз., 320 л. с.	Isuzu, т-диз., 250 л. с.	Isuzu, т-диз., 180 л. с.	Isuzu, т-диз., 170 л. с.	Isuzu, т-диз., 150 л. с.	Isuzu, т-диз., 90 л. с.	Isuzu, т-диз., 52 л. с.

*Примечание.* Данные экскаваторы имеют различные модификации.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием (рис. 4.21) предназначены для производства земляных работ в грунтах I–IV категорий и имеют несколько видов быстросъемных рабочих органов и приспособлений. К основным видам сменного рабочего оборудования относятся экскавационные ковши вместимостью 0,25; 0,4 и 0,65 м<sup>3</sup>, планировочные и погрузочные ковши, отвалы, двухчелюстные захваты и удлинители стрелы.

Подъем (опускание) телескопической стрелы производится двумя параллельно установленными гидроцилиндрами двустороннего действия. Корпуса гидроцилиндров шарнирно крепятся к поворотной платформе, а штоки – к стреле при помощи сферических подшипников. Максимальные углы наклона стрелы вверх и вниз у отечественных экскаваторов соответственно равны 22–25 и 45–50°.



*Рис. 4.21. Универсальный экскаватор на шасси автомобиля КАМАЗ*

## 4.8. Машины непрерывного действия для разработки траншей

### 4.8.1. Обзор и классификация машин непрерывного действия

Рассмотренный в п. 4.1 одноковшовый экскаватор, являясь по существу универсальной землеройной машиной, малопроизводителен при разработке многокилометровых траншей, служащих для укладки магистральных трубопроводов. Для этой цели необходимы специализированные машины непрерывного действия. К таким машинам относятся цепные и роторные траншейные экскаваторы, составляющие класс многоковшовых экскаваторов (рис. 4.22, 4.23).

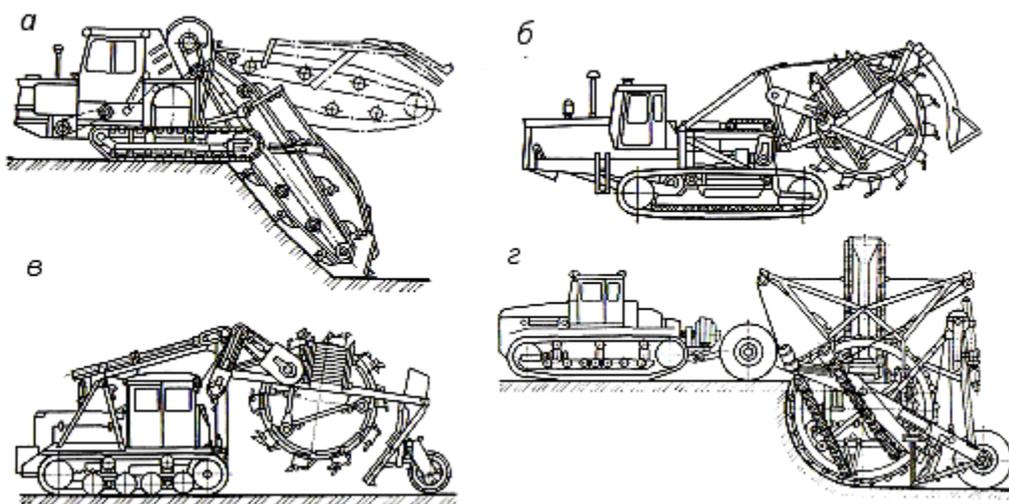


Рис. 4.22. Типы траншейных экскаваторов:  
а – цепной; б – роторный с рабочим органом навесного типа;  
в – роторный с рабочим органом полуприцепного типа;  
г – роторный с рабочим органом прицепного типа [3]

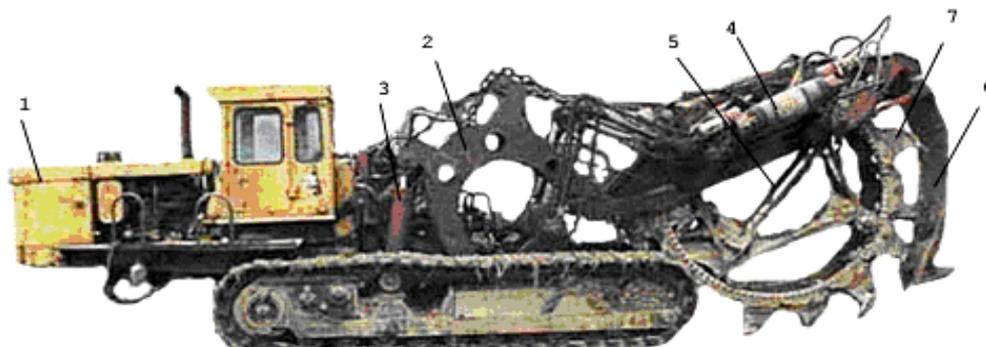


Рис. 4.23. Роторный траншейный экскаватор ЭТР-224:  
1 – тягач; 2 – рама экскаватора; 3 – механизм подъема рабочего органа;  
4 – транспортер; 5 – рама ротора; 6 – подборный щит; 7 – ротор

**Цепной траншейный экскаватор** – самоходная землеройная машина непрерывного действия, снабженная рабочим органом в виде бес-

конечной цепи с навешенными на нее на определенном расстоянии друг от друга ковшами.

В связи с тем что цепные экскаваторы имеют меньшую производительность и надежность, а также менее маневренны в рабочем положении по сравнению с роторными траншейными экскаваторами, они не нашли применения при строительстве магистральных трубопроводов.

**Роторным траншейным экскаватором** называется самоходная землеройная машина, оснащенная рабочим органом в виде жесткого колеса (ротора) с расположенными по его периметру ковшами и предназначенная для рытья траншей определенного профиля.

Роторные траншейные экскаваторы благодаря жесткой конструкции своего рабочего органа способны разрабатывать более плотные грунты (например, разборную скалу), чем цепные.

Роторный траншейный экскаватор формирует траншею прямоугольного сечения с вертикальными стенками; при оснащении его рабочего органа двумя наклоненными ножами-откосниками может разрабатывать траншею трапецеидального сечения. Производительность экскаваторов этого типа (при одних и тех же размерах траншеи и одинаковой установленной мощности двигателя) в два раза выше производительности цепных и в пять-шесть раз выше производительности одноковшовых экскаваторов.

Роторный траншейный экскаватор состоит из двух основных частей: тягача и рабочего органа, шарнирно соединенных между собой. Различают роторные экскаваторы с рабочим органом навесного, полуприцепного и прицепного типа. Навесной рабочий орган в транспортном положении забрасывается на тягач, полностью передавая свой вес на его ходовую часть. Полуприцепной рабочий орган крепится передней частью к раме тягача, а задней опирается на дополнительную опору в виде колеса.

Применение навесного рабочего органа повышает маневренность экскаватора и позволяет заглублять и выглублять рабочий орган, когда машина стоит на месте, тогда как аналогичные операции с рабочим органом полуприцепного типа происходят постепенно в процессе движения тягача. В то же время нагрузка на ходовую часть экскаватора с полуприцепным рабочим органом меньше, чем с навесным.

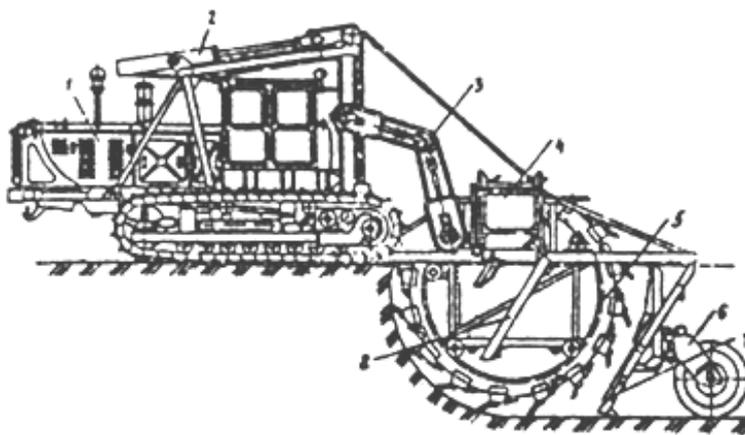
Роторные экскаваторы с рабочим органом прицепного типа при строительстве магистральных трубопроводов не применяются. Они используются при строительстве оросительных каналов.

Кроме экскаваторов, выполненных по схеме полуприцепного рабочего органа, имеются и экскаваторы с рабочим органом навесного типа (ЭР-10В).

Для круглогодичной разработки грунтов различной прочности выпускаются экскаваторы со сменными рабочими органами (летним и зимним). Специфические условия строительства трубопроводов в нашей стране определили появление моделей роторных траншейных экскаваторов, существенно отличающихся от зарубежных машин аналогичного назначения. Созданы модели экскаваторов, способные работать в условиях низких температур и разрабатывать мерзлые грунты при промерзании на полную глубину траншеи.

#### **4.8.2. Конструкция основных агрегатов роторного траншейного экскаватора**

Тягач любого современного отечественного роторного траншейного экскаватора выполнен на базе трактора (рис. 4.24–4.27).



*Рис. 4.24. Конструктивная схема роторного экскаватора:  
1 – тягач; 2 – механизм подъема рабочего органа; 3 – цепная передача;  
4 – транспортер; 5 – ротор; 6 – задняя опора; 7 – подборный щит;  
8 – ножи-откосники*

В зависимости от типа рабочего органа и силовой установки трактор подлежал определенному переоборудованию.

При навесном рабочем органе остов тягача используется в качестве противовеса, поэтому переделки здесь были наиболее значительными.

Во всех случаях тягач отличается от трактора тем, что лонжероны его рамы удлинены и двигатель вынесен вперед; коробка передач заменена или дополнена новой, имеющей большее количество понижающих передач; гусеничный ход расширен по колею и удлинён; увеличена длина гусеничных тележек; полужесткая подвеска заменена жесткой, а в бортовую передачу введен ходоуменьшитель.

## Экскаватор траншейный роторный ЭТР-309



Рис. 4.25. Экскаватор ЭТР-309



Рис. 4.26. Быстроходная траншейная



Рис. 4.27. ЭТР-254 машина БМТ-3

У подавляющего большинства зарубежных машин и у некоторых отечественных кабина машиниста вынесена на одну из боковых сторон машины, что облегчает одновременный контроль машинистом правильности направления отрываемой траншеи и работы рабочего органа.

Ротор представляет собой жесткое металлическое колесо, состоящее из двух параллельных плоских колец-дисков, соединенных между собой ковшами и поперечинами. Крепление ковшей и поперечин к дискам производится болтами. К наружной стороне каждого диска на всем протяжении его окружности приклепывается из сегментов замкнутая концентричная рейка, входящая в зацепление с шестерней привода ротора.

Ножи-откосники представляют собой плоские металлические пластины с симметричной заточкой режущей кромки, установленные и закрепленные на раме рабочего органа с двух ее сторон с боковым развалом и наклоненные верхней частью вперед по ходу экскаватора.

Транспортер располагается в верхней части полости ротора и служит для удаления разработанного и извлеченного из траншеи грунта в отвал (бруствер).

Предназначен для разработки траншей под магистральные трубопроводы диаметром до 1420 мм в мерзлых и вечномёрзлых грунтах V–VIII категорий в условиях Крайнего Севера. Экскаватор может применяться и для разработки траншей в талых грунтах I–IV категорий (табл. 4.4).

Таблица 4.4

*Технические характеристики роторных экскаваторов*

Параметры	Модели					
	ЭТР-134	ЭТР-204А	ЭТР-223А	ЭТР-224А	ЭТР-253А	ЭТР-254А
Наибольшая глубина копания, м	1,3	2,0	2,2	2,2	2,5	2,5
Ширина копания по дну, м	0,28	1,2	1,5	0,8	2,1–3,2	1,8–2,1
Базовая ширина	Трактор ТТ-4	Тягач с использованием узлов трактора Т-130МГ			Трактор ДЭТ-250М	Тягач с использованием узлов трактора К-701, Т-130

**Экскаваторы траншейные роторные ЭТР-140 и ЭТР-110**

Экскаваторы траншейные роторные ЭТР-140 и ЭТР-110, мощностью 165 и 85 л.с. предназначены для рытья траншей в грунтах с каменными включениями размером не более 100 мм (немерзлых и мерзлых сезонного промерзания на глубину не более 0,8 (0,5) м), а также для проведения вспомогательных бульдозерных работ (расчистка и планировка площадок, засыпание траншей, выемок и пр.).

Навесное рабочее оборудование экскаватора ЭТР-140 установлено на тягаче повышенной проходимости с двумя ведущими мостами (Т-150), что придает маневренность и удобства в эксплуатации (рис. 4.28).

Базой для экскаватора ЭТР-110 служит колесный трактор ЮМЗ-6АКЛ (ЮМЗ-6АКМ).

Все указанные работы выполняются в любых климатических зонах в интервале температур от –30 °С до +40 °С.



Рис. 4.28. Экскаватор траншейный роторный колесный ЭТР

*Технические характеристики экскаваторов типа ЭТР*

Параметры	Модели	
	ЭТР-140	ЭТР-110
Производительность при выкапывании траншей, пог.м, м/ч:		
в немерзлых грунтах	до 260	до 240
в мерзлых грунтах сезонного промерзания на глубину, м, не более:		
0,8	до 65	
0,5		до 50
Профиль траншей, м:		
ширина не менее	0,4	0,25
глубина не более	1,4	1,1
Масса (эксплуатационная), кг	12700	6220

Выбор экскаваторов производится в соответствии с глубиной промерзания грунтов:

Экскаваторы	Глубина промерзания, м, не более
ЭР7-АМ, ЭР7-Е, ЭР7-Т	0,8
ЭР7-П, ЭТР-204, ЭТР-223	1,0
ЭТР-224, ЭТР-304, ЭТР-231, ЭТР-231А	1,2
ЭТР-253, ЭТР-253А	1,5
ЭТР-254	2,5

**4.8.3. Вскрышные экскаваторы**

Вскрышные экскаваторы, благодаря специальному следящему устройству и трехсекционному ротору, позволяют вскрывать трубопроводы с трех сторон в непосредственной близости от верхней и боковых образующих трубы. Однако такие экскаваторы выпускаются малыми сериями и только для труб определенных диаметров. В табл. 4.5 приведены основные данные по вскрышным экскаваторам.

Таблица 4.5

*Техническая характеристика вскрышных экскаваторов*

Параметры	Марка экскаватора	
	СВР-377	ЭТР-720РС
База машины	Экскаватор ЭР-7А	Экскаватор ЭР-7А
Диаметр вскрываемого газопровода, мм	377–529	720–820
Глубина траншеи, м	До 2,0	До 2,0
Ширина траншеи, м	1,5	2,0
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	160	470
Рабочие скорости, м/ч	31–310	31–310

**Экскаватор роторно-фрезерный (ЭВРФ 1)  
для вскрытия трубопроводов**

Экскаватор предназначен для вскрытия трубопроводов диаметром от 1020мм до 1420 мм, находящихся под землей, при их текущем и капитальном ремонте (рис. 4.29).

Для исключения повреждений трубопроводов экскаватор оборудован двумя системами слежения и системой управления по их сигналам.

Экскаватор способен работать в талых и сезонно-мерзлых грунтах в интервале температур от +40 С до –40 С. С небольшим переоборудованием может быть использован для присыпки уложенного в траншею трубопровода, а также для рекультивации земель.



*Рис. 4.29. Экскаватор ЭВРФ 1*

#### **4.9. Машины для очистки траншей от снега**

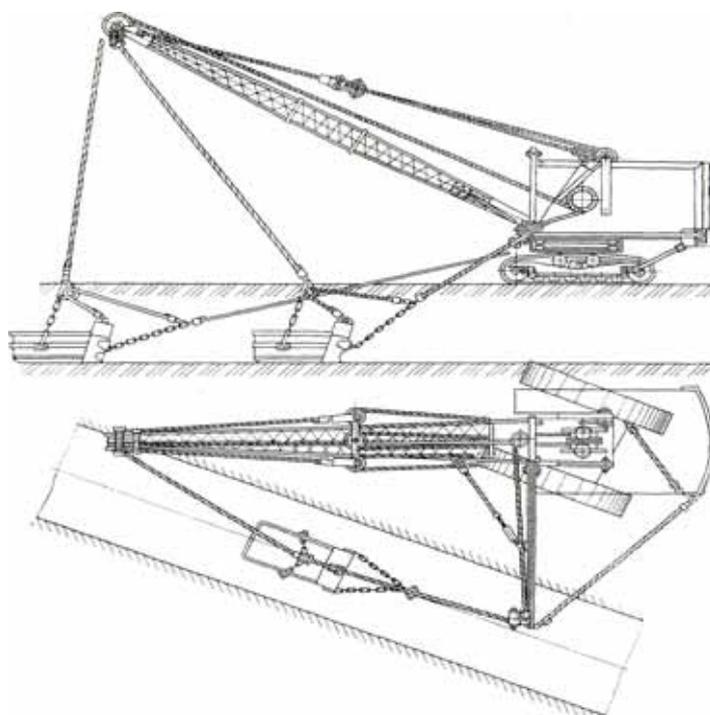
Для расчистки траншей от снега применяют обычные роторные траншейные экскаваторы, оснащенные скребковыми транспортерами, однокорпусные экскаваторы с несколько измененным оборудованием (косой драглайн) и специальные траншейные снегоочистители роторного типа.

#### **4.9.1. Оборудование к драглайну для очистки траншей (ОТ)**

Оборудование ОТ предназначено для очистки траншей от обвалов грунта и снега (рис. 4.30). Оно устанавливается на одноковшовых экскаваторах с драглайном и является дополнительным к нему сменным рабочим оборудованием, состоящим из следующих узлов: боковой стрелы, обоймы с блоком, кронштейна с отклоняющим блоком, растяжек стрелы, качающегося устройства, тросовой растяжки и ковша увеличенной емкости ( $1,2 \text{ м}^3$ ).

#### **4.9.2. Траншейный снегоочиститель роторного типа**

Траншейный роторный снегоочиститель ТРС-1 предназначен для очистки сильно заснеженных траншей, разработанных роторными или одноковшовыми экскаваторами. Он представляет собой навесное оборудование с собственным приводом на серийный трубоукладчик.



*Рис. 4.30. Дополнительное оборудование к драглайну для очистки траншей от снега и обвалившегося грунта*

### **4.10. Машины для засыпки траншей**

#### **4.10.1. Классификация машин для засыпки траншей**

Обычно требуется, чтобы засыпку трубопровода в траншее выполняли сразу же за его укладкой. В некоторых странах существуют правила, ограничивающие длину незасыпанного трубопровода. Например, во Франции требуется, чтобы расстояние между местом производства этих

двух видов работ не превышало одного километра или одного-двух рабочих дней.

При засыпке траншей бульдозеры применяют не во всех странах. Более широко используются шнековые траншеезасыпатели. Траншеезасыпатели передвигаются по отвалу грунта и сдвигают его в траншею.

В Западной Европе бульдозеры применяются редко; в некоторых странах (например, во Франции) их использование на засыпке запрещено. Наибольшее распространение получили скребковые траншеезасыпатели (бэкфиллеры), представляющие собой экскаватор с удлиненной стрелой и широким ковшом (скребком) или трубоукладчик с удлиненной стрелой, к которой подвешивается скребок, подтягивающийся по направлению к гусеницам быстродействующей лебедкой. Бэкфиллеры при работе передвигаются по монтажной полосе.

Если прокладка трубопровода осуществляется проточно-совмещенным методом, т.е. его укладывают в траншею непосредственно после ее разработки, обратную засыпку талым грунтом производят бульдозером, как и в обычных условиях. В случае смерзания грунта в отвале, например при нарушении поточности, трубопровод во избежание повреждения изоляции присыпают вначале на высоту не менее 0,2 м выше трубы талым грунтом. Дальнейшую засыпку можно осуществлять мерзлым грунтом, не содержащим комьев более 5–10 см, причем также бульдозерами.

Применяемый для засыпки траншеи тип машин определяет не только ее качество, но и оказывает существенное влияние на технологию работ и ширину полосы, отведенной для строительства.

До сих пор для засыпки траншей широко используются бульдозеры, а на некоторых труднопроходимых или лесистых участках трассы – одноковшовые экскаваторы. Применение таких универсальных машин, как одноковшовые экскаваторы, является неэкономичным при производстве линейных работ, а использование бульдозеров хотя и обеспечивает требуемый темп работ, но не отвечает перечисленным выше технологическим требованиям к процессу засыпки.

Использование бульдозеров для засыпки траншей при строительстве вторых и третьих ниток трубопроводов, расположенных параллельно первой, уже действующей нитке, осложнено ввиду того, что наезд на проложенную и находящуюся под давлением линию может вызвать ее повреждение.

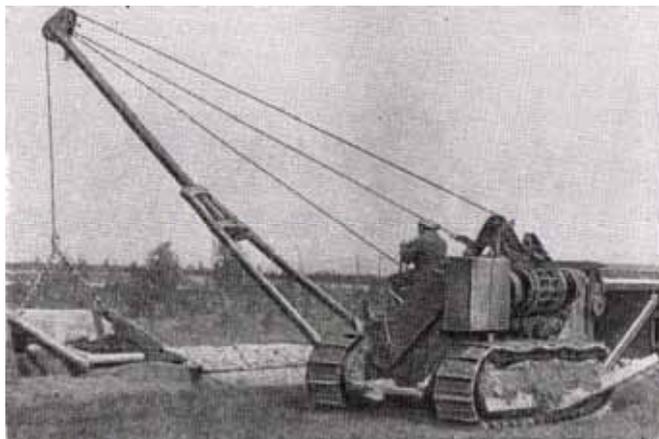
В случае засыпки бульдозером нельзя производить предварительный отлив воды из траншеи за брусстер, так как в процессе засыпки вода снова сольется в траншею.

Одним из самых крупных недостатков процесса засыпки траншеи бульдозером является то, что сбрасываемый в траншею грунт предварительно не разрыхляется, а это может, как уже говорилось, привести к повреждению изоляции уложенного трубопровода и смещению его с оси траншеи.

Все вышесказанное обусловило появление специальных машин для засыпки траншей – траншеезасыпателей. Нашей промышленностью были созданы следующие типы траншеезасыпателей: скребковый, шнековый и роторный.

#### **4.10.2. Скребковый траншеезасыпатель**

Траншеезасыпатель скребковый (ТС) предназначен для засыпки траншеи с уложенным в нее трубопроводом на заболоченных участках трассы с грунтами, обладающими низкой несущей способностью, а также в лесистой и горной местности, где размеры строительной полосы не позволяют производить работу бульдозером (рис. 4.31).



*Рис. 4.31. Засыпка траншеи траншеезасыпателем скребкового типа*

Так же, как ковш драглайна, скребок при помощи круглых цепей соединен с подъемным и тяговым канатами, первый из которых, огибая блок, укрепленный на голове стрелы, идет на барабан подъемной лебедки, а второй через находящееся в средней части левой гусеничной тележки трактора направляющее устройство – на барабан тяговой лебедки. Управление лебедками – гидравлическое насосное.

Для изменения наклона стрелы на тракторе установлена стреловая лебедка.

Процесс работы траншеезасыпателя несколько напоминает процесс работы экскаватора с оборудованием драглайна. Передвигаясь вдоль траншеи по стороне, противоположной брустверу, траншеезасыпатель сгребаёт в нее грунт, путем забрасывания скребка за бруствер подъемным канатом и подтягивания его с грунтом к траншее тяговым канатом. Над траншеей грунт высыпается из скребка и заполняет ее.

#### **4.10.3. Шнековый траншеезасыпатель**

Для непрерывной засыпки траншеи размельченным грунтом был создан траншеезасыпатель с рабочим органом в виде горизонтального шнека.

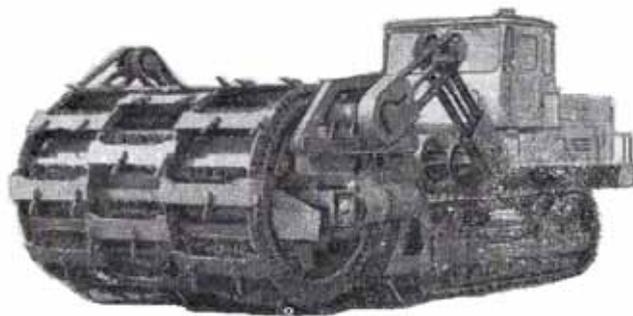
Вал шнека вращается в подшипниковых опорах, укрепленных по краям отвала, напоминающего бульдозерный. Отвал вместе со шнеком, цепной передачей и редуктором привода шнека, которые тоже крепятся к отвалу (с левой его части по ходу движения), представляет собой навесное оборудование, навешиваемое на базовый трактор, аналогично отвалу бульдозера.

Траншеезасыпатель шнекового типа имеет весьма ограниченную область применения.

#### **4.10.4. Роторный траншеезасыпатель**

Траншеезасыпатель роторного типа так же, как и шнекового, является машиной непрерывного действия и предназначен для засыпки траншеи (после укладки в нее трубопровода) разрыхленным грунтом. Он может быть использован также для присыпки дна траншеи с целью создания мягкой подушки перед укладкой трубопровода в траншею (рис. 4.32).

Принцип действия роторного траншеезасыпателя аналогичен принципу действия роторного экскаватора. Разница состоит лишь в том, что экскаватор отрывает траншею и эвакуирует из нее грунт транспортером на поверхность, образуя бруствер, а траншеезасыпатель разрабатывает бруствер, перемещая его транспортером обратно в траншею и засыпая ее.



*Рис. 4.32. Траншеезасыпатель роторного типа*

Траншеезасыпатель, аналогично роторному траншейному экскаватору, состоит из двух основных частей: тягача и рабочего органа.

#### **4.10.5. Экскаваторы-трубозаглубители для укладки трубопроводов бесподъемным способом**

В работе [3] описан способ укладки магистральных трубопроводов, получивший название бесподъемного. Сущность бесподъемного способа землеройно-укладочных работ состоит в том, что трубопровод монтируют и сваривают из труб с выкладкой на землю по оси трассы. Затем вдоль трубопровода движется специализированный экскаватор-трубозаглубитель, отрывающий траншею непосредственно под трубопроводом, в которую последний постепенно (по мере продвижения экскаватора-трубозаглубителя) опускается под действием собственного веса.

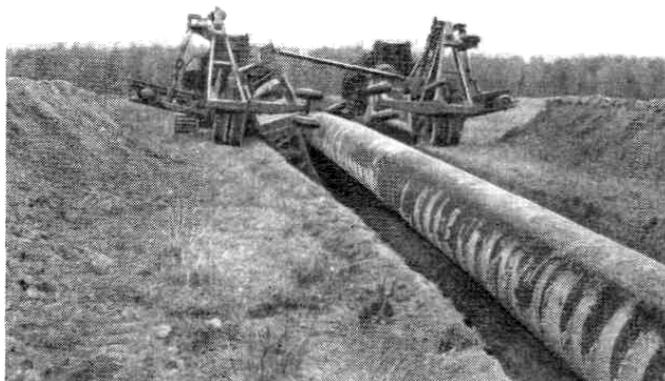
Известно несколько схем землеройно-укладочных комплексов для укладки трубопроводов бесподъемным способом, в которых применены экскаваторы-трубозаглубители продольного и поперечного копания.

##### **Экскаваторы-трубозаглубители продольного копания**

В экскаваторах-трубозаглубителях продольного копания основные рабочие движения грунторазрабатывающих органов выполняются в плоскостях, параллельных оси укладываемого трубопровода.

Для отрытия траншеи непосредственно под выложенным трубопроводом такой экскаватор имеет два наклонных зеркально расположенных по отношению друг к другу рабочих органа, разрабатывающих и извлекающих грунт из-под трубопровода с двух его сторон.

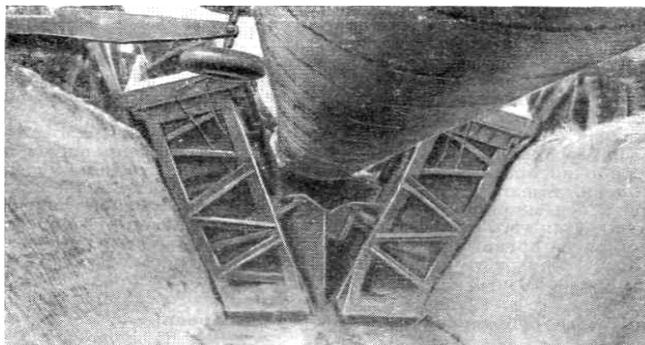
На практике получила распространение схема трубозаглубителя, состоящая из двух экскаваторов: правого и левого, движущихся по обеим сторонам трубопровода, отрывающих под ним траншею и выкладывающих извлеченный грунт в два валика-отвала по обеим ее сторонам (рис. 4.33) [3].



*Рис. 4.33. Укладка трубопровода бесподъемным способом*

Процесс копания экскаватора-трубозаглубителя существенно отличается от аналогичного процесса, осуществляемого обычным экскаватором, так как экскаватор-трубозаглубитель разрабатывает в грунте две

наклонные щели, а расположенная над ними грунтовая призма разрушается сама под действием собственного веса и веса трубопровода, выбивается ковшами рабочих органов и поднимается ими на поверхность (рис. 4.34).



*Рис. 4.34. Разработка траншеи под трубопроводом двухсторонним экскаватором-трубозаглубителем продольного копания*

Бесподъемный способ позволяет полностью автоматизировать землеройно-укладочные работы. Трубопровод является не только продуктом строительства, но и основным программирующим элементом.

В экскаваторах-трубозаглубителях поперечного копания основные рабочие движения грунторазрабатывающих органов выполняются в плоскости, перпендикулярной к оси укладываемого трубопровода или под углом к ней.

#### **4.10.6. Машина послойной разработки грунта (МПРГ-1)**

Машина типа МПРГ-1 предназначена для послойной разработки немерзлых грунтов I–IV категорий, а также мерзлых грунтов и может выполнять работы при температуре окружающей среды от  $-20$  С до  $+40$  С (рис. 4.35, табл. 4.6).

Машина типа МПРГ-1М обеспечивает:

- рытье выемок на продольных уклонах до  $15^\circ$  и поперечных до  $12^\circ$ ;
- эвакуацию грунта в бруствер в правую или левую сторону от продольной оси выемки;
- рытье траншеи над трубопроводом симметрично относительно его продольной оси с погрешностью не более 150 мм;
- контроль положения шасси машины и рабочего органа в вертикальной и горизонтальной плоскостях независимо от поперечного уклона местности.

Машина может быть использована для снятия как плодородного, так и минерального слоя грунта над трубопроводом.



Рис. 4.35. Машина типа МПРГ-1

Таблица 4.6

*Технические характеристики МПРГ-1М*

Параметры	Значения
Наибольшая глубина копания, м за один проход:	
в не мерзлых грунтах	0,8
в мерзлых грунтах	0,4
Ширина разрабатываемой выемки, м	3–5
Производительность, пог. м/ч:	
при глубине копания 0,4 м:	
в грунтах I категории	200
в мерзлых грунтах	50
при глубине копания 0,8 м в грунтах I категории	100
Погрешность автоматического поддержания заданной глубины копания, мм	Не более 100
Погрешность автоматического поддержания заданного поперечного уклона дна траншеи от горизонтальной плоскости, град.	Не более 1,5
Мощность двигателя шасси, кВт	364
Давление на грунт в рабочем положении, МПа	Не более 0,07
Транспортная скорость, км/ч	Не менее 4,2
Габариты (длина × высота × ширина), мм, не более:	
в транспортном положении	8420 × 4600 × 3350
в рабочем положении	13860 × 3500 × 4570
Масса, т	не более 39

#### 4.10.7. Машина для вскрытия трубопроводов (МВТ)

Машина, представляющая собой многоковшовый экскаватор с двумя рабочими органами, предназначена для рытья траншей в мерзлых грунтах I–IV категории при ремонте трубопроводов диаметром от 530 мм до 1220 мм (рис. 4,36, табл. 4,7). Профиль траншеи П-образный. Трубопровод вскрывается сверху и с боковых сторон глубже нижней образующей трубы. Эвакуация грунта в отвал производится с помощью метателя. Разработчик – НИТЦ «Ротор» (Украина).



Рис. 4.36. Машина для вскрытия трубопроводов

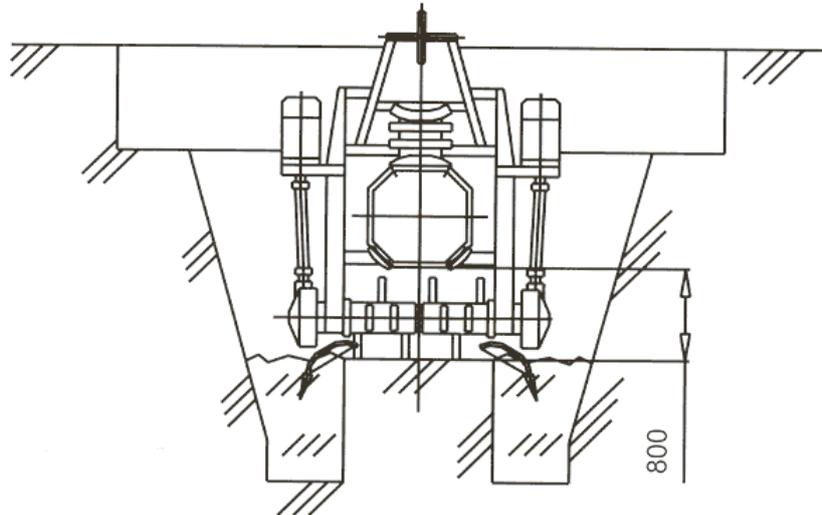
Таблица 4.7

#### Технические характеристики МВТ-М

Параметры		Значения	
Производительность, пог. м/ч, в грунтах I категории при диаметре труб:			
530,630 мм		150	
720, 820 мм		100	
1020,1220 мм		80	
Профиль траншей, м:			
ширина по верху		3,5–4,5	
ширина по дну		2,2–2,7	
глубина		До 3,6	
Погрешность автоматического контроля положения шасси относительно оси трубопровода в горизонтальной и вертикальной плоскостях, мм		Не более 100	
Мощность двигателя шасси, кВт		364	
Давление на грунт в рабочем положении, МПа		Не более 0,07	
Транспортная скорость, км/ч		Не менее 4,2	
Габариты, мм, не более:			
в транспортном положении	длина 8850	высота 4700	Ширина 3350
в рабочем положении	длина max 13570	ширина с откосниками max 5200	
Масса, т		Не более 46	

#### **4.10.8. Машина подкапывающая роторная МПР (МПР-1)**

Машины МПР и МПР-1 предназначены для разработки и удаления грунта I–IV категории из-под трубопроводов диаметром 530–820 мм (МПР) и 1020–1220 мм (МПР-1) при проведении ремонта (рис. 4.37). Создатель – НИТЦ «Ротор» (Украина).



*Рис. 4.37. Схема работы машины МПР-1М*

Машина подкапывающая роторная МПР-1М предназначена для механизированного удаления грунта из-под трубопроводов диаметром от 530 мм до 1220 мм по технологии без подъема трубы.

Конструкция машины обеспечивает ее установку на трубопровод и снятие с него без дополнительных монтажных работ. Заглубление рабочего органа под трубопровод производится в механизированном режиме.

Машина имеет две модификации по типоразмерам трубопроводов:

- 1-й тип – для трубопроводов диаметром 530, 630, 720 и 820 мм;
- 2-й тип – для трубопроводов диаметром 1020 и 1220 мм.

Разработка грунта под трубопроводом и транспортирование его в прямки обеспечиваются двумя роторными механизмами шнеко-фрезерного типа.

Машина приводится в действие электродвигателями. Энергоснабжение осуществляется от внешнего источника электроэнергии (передвижная электростанция) напряжением 380 В частотой 50 Гц.

#### **4.10.9. Подкапывающие машины МПТ (МПА)**

Подкапывающая машина МПТ (МПА) предназначена для разработки и удаления грунта из-под ремонтируемого трубопровода диаметром от 530 до 1420 мм, предварительно вскрытого сверху и с боковых сторон (рис. 4.38, табл. 4.8). По желанию заказчика подкапывающая

машина может изготавливаться с ручным, полуавтоматическим или автоматическим управлением.

Ходовой механизм шагающего типа, с устройством фиксации на трубе, создает напорное усилие, позволяющее машине перемещаться по поверхности трубы. Двухроторный рабочий орган разрабатывает грунт под трубопроводом и перемещает его в боковые приямки.



Рис. 4.38. МПА-1020 (1220) [9]

Таблица 4.8

*Краткая техническая характеристика*

Параметры	Модели				
	МПТ(МПА) 530 М	МПТ(МПА) 720/820 М	МПТ(МПА) 1020 М	МПТ(МПА) 1220 М	МПТ(МПА) 1430 М
Диаметр трубопровода, мм	530	720/820	1020	1220	1420
Глубина под-копа, мм	600	700	600	600	700

**4.10.10. Подбивочная машина (МП)**

Машина МП предназначена для подсыпки минерального грунта под трубопроводы диаметром от 530 мм до 1220 мм и уплотнения его с целью исключения просадки трубопроводов после капитального ремонта (рис. 4.39).



*Рис. 4.39. МП-530М [9]*

Управление машиной осуществляется машинистом из кабины шасси и оператором с выносного пульта, между которыми имеется радиосвязь.

#### **4.11. Машины и оборудование для уплотнения грунтов**

Машины и оборудование для уплотнения грунтов (рис. 4.40) предназначены для восстановления плотности и прочности грунтов, уложенных в инженерные сооружения, придания им необходимой устойчивости, несущей способности и водонепроницаемости. Качество уплотнения оценивается отношением фактической плотности грунта к его максимальной стандартной плотности, определяемой методом стандартного уплотнения. Плотность верхних слоев насыпи автомобильной дороги должна быть не менее 98 % стандартной, нижних слоев – не менее 95 %. Достижение такой высокой плотности возможно только при выдерживании технологических требований к свойствам уплотняемого грунта и правильном подборе уплотняющей техники.

Грунты уплотняются укаткой, трамбованием, вибрацией, виброукаткой и вибротрамбованием, которые вызывают пластическую и упругую деформацию грунта. Для достижения необходимого эффекта требуется несколько циклов приложения нагрузки, причем по мере роста плотности грунта величина уплотняющей нагрузки также должна повышаться. Суть уплотнения состоит в сближении частиц грунта до состояния, когда они соприкасаются между собой большей частью поверхности и дальнейшей деформации грунта в уплотненной области не происходит.



Рис. 4.40. Классификация оборудования для уплотнения грунтов

Катки самоходные с гладкими вальцами (двух- и трехвальцовые, статического и вибрационного действия) и с пневматическими шинами применяются главным образом для уплотнения дорожных покрытий. Сегодня большинство катков на дорогах России отечественные. Стоят они в несколько раз меньше импортных, не требовательны к топливу и маслам, подлежат ремонту (рис. 4.41).

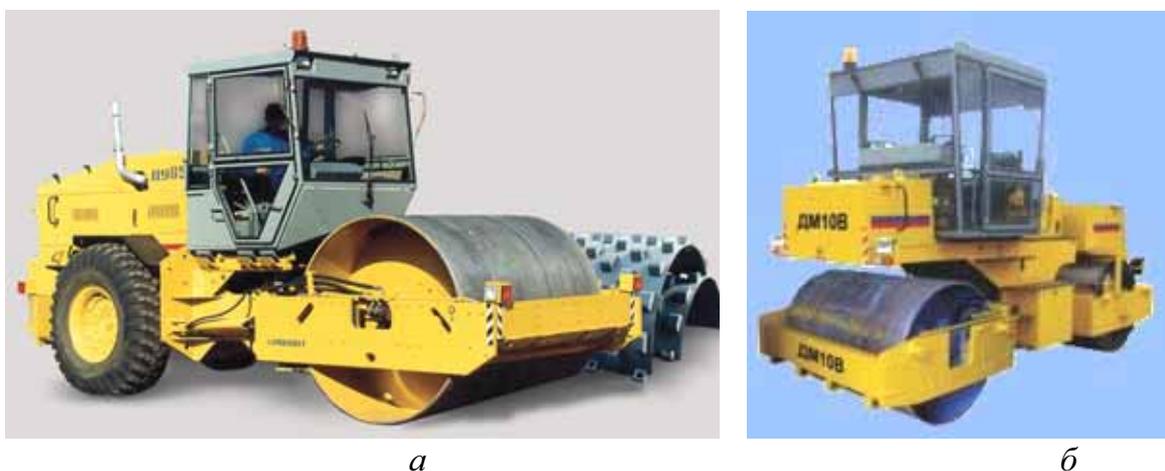


Рис. 4.41. Самоходные комбинированные катки:  
 а – с одним жестким ведущим вальцом (гладким или кулачковым),  
 ведущими пневмоколесами и шарнирно-сочлененной рамой;  
 б – каток комбинированный вибрационный дорожный двухвальцовый

При выборе дорожного катка необходимо учитывать тип материала (грунт или асфальтобетонная смесь), характеристики материала, толщину

ну уплотняемого слоя, заданную плотность или степень уплотнения, объем работ и климатические условия (табл. 4.9).

Таблица 4.9

*Технические характеристики катков грунтовых*

Марка	Тип	Масса, т	Ширина уплотняемой полосы, мм	Мощность, кВт
ДУ-70	Прицепной	5,9	2000	57,4
ДУ-70-1		6,5	2000	121,4
ДУ-94		7,5	2000	121,4
ДУ-94-1		8,0	2000	121,4
ДУ-74	Комбинированный	9,0	1700	57,4
ДУ-74-1		9,5	1700	57,4
ДУ-62А		13,0	2000	93,5
ДУ-85		13,0	2000	110,4
ДУ-85-1		13,5	2000	110,4
ДУ-84		14,0	2000	110,4
ДУ-58Л		16,0	2000	93,5
ДУ-57Л		20,2	2400	147,0

Каток комбинированный вибрационный дорожный двухвальцовый ДМ-10В предназначен для уплотнения асфальтобетонных покрытий, щебеночных, песчано-гравийных оснований.

Вибрационные катки предназначены для послойного уплотнения предварительно спланированных насыпных грунтов и нижних слоев дорожных оснований из различных дорожно-строительных материалов. Они имеют полный гидростатический привод.

Каток статический дорожный ДМ-10П предназначен для уплотнения асфальтобетонных покрытий, щебеночных, песчано-гравийных оснований.

### **Контрольные задания**

1. Земляные работы при строительстве и ремонте трубопроводов: значение, состав.
2. Бульдозеры: конструкции, назначение, производительность.
3. Кусторезы, корчеватели, рыхлители: конструкции, назначение, производительность.
4. Скреперы: конструкции, область применения, производительность.
5. Одноковшовые экскаваторы: конструкции, основные параметры, область применения.

6. Классификация машин непрерывного действия для разработки траншей и область их применения.
7. Общее устройство роторного траншейного экскаватора.
8. Вскрышные экскаваторы: назначение, конструкции.
9. Машины для очистки траншей от снега: типы, конструкции.
10. Машины для засыпки траншей: типы, конструкции.
11. Экскаваторы-трубозаглубители для укладки трубопроводов бесподъемным способом.
12. Машины послойной разработки грунта (МПРГ-1): назначение, устройство.
13. Машины для уплотнения грунта: типы, область применения.
14. Машины для вскрытия трубопроводов МВТ: конструкция, основные параметры.
15. Машины подкапывающие: конструкции, основные параметры.

### **Список литературы**

1. Будзуляк Б.В., Халлыев Н.Х., Тютнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н.Х. Халлыева. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.
2. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.
3. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
4. Нефтегазовое строительство: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся на специальности «Менеджмент организаций» специализация «Менеджмент в отраслях нефтегазового комплекса» / Беляев В.Я. и др.; под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. – М.: ОМЕГА-Л, 2005. – 774 с.
5. Трубопроводный транспорт нефти / Вайншток С.М., Новоселов В.В., А.Д. Прохоров и др.; под ред. С.М. Вайнштока: учеб. для вузов: в 2 т. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – Т. 2. – 621 с.
6. Горелов С.А. Машины и оборудование для сооружения газонефтепроводов: учеб. пособие. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. – 122 с.
7. Толковый словарь русского языка / Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. – М.: Азбуковник, 1999. – 944 с.
8. Промысловые трубопроводы и оборудование: учеб. пособие для вузов / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гуммеров и др. – М.: Недра, 2004. – 662 с.
9. Каталог выпускаемого специализированного оборудования. – М.: ОАО «АК «Транснефть», 2005. – 72 с.
10. [www. HITACHI-TSK. ru](http://www.HITACHI-TSK.ru)

## 5. ГРУЗОПОДЪЕМНО-МОНТАЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Рассмотрены современные отечественные и зарубежные грузоподъемно-монтажные машины и оборудование такие, как строительные, башенные, стреловые самоходные краны, трубоукладчики, трубогибы и др. Выявлены наиболее современные грузоподъемно-монтажные машины и оборудование, которые отличаются функциональностью, более высокой производительностью, удобством и качеством исполнения.

### Терминология

**Кран** – это самоходная металлическая конструкция, оборудованная подъемной лебедкой (иногда несколькими). Краны могут перемещать груз по произвольной траектории, находящейся внутри зоны его действия.

**Трубоукладчик** – самоходная грузоподъемная машина, способная перемещаться с грузом на крюке и служащая для подъема и укладки трубопровода в траншею, а также для выполнения различных грузоподъемных и монтажных работ (погрузка и разгрузка труб и плетей, центровка труб при сварке и пр.).

**Трубогибочные станки** – предназначены для изготовления криволинейных вставок (колен) из стальных тонкостенных труб методом холодного гнутья.

### 5.1. Строительные краны и их основные параметры

На строительно-монтажных работах при сооружении объектов нефтяной и газовой промышленности применяются грузоподъемные машины различных видов, что обусловлено номенклатурой возводимых зданий и сооружений. На строительных площадках наибольшее распространение получили башенные и стреловые самоходные краны, а на линейном строительстве – краны-трубоукладчики. Краны представляют собой грузоподъемные машины циклического действия, предназначенные для перемещения грузов как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Для подъема груза они могут оснащаться сменными грузозахватными рабочими органами в виде крюковой обоймы (крюка), грейфера, магнитной шайбы и т. д. Преимущественное применение получили крюковые обоймы (крюки).

Технико-эксплуатационные возможности кранов, как и других строительных машин, определяются рядом параметров, составляющих техниче-

скую характеристику машины. Основные параметры строительных кранов регламентированы требованиями государственных стандартов.

### Основные параметры кранов, индексация и характеристика типоразмерных рядов кранов

Величины, характеризующие конструкцию и технологические возможности машины, называются *параметрами* (рис. 5.1).

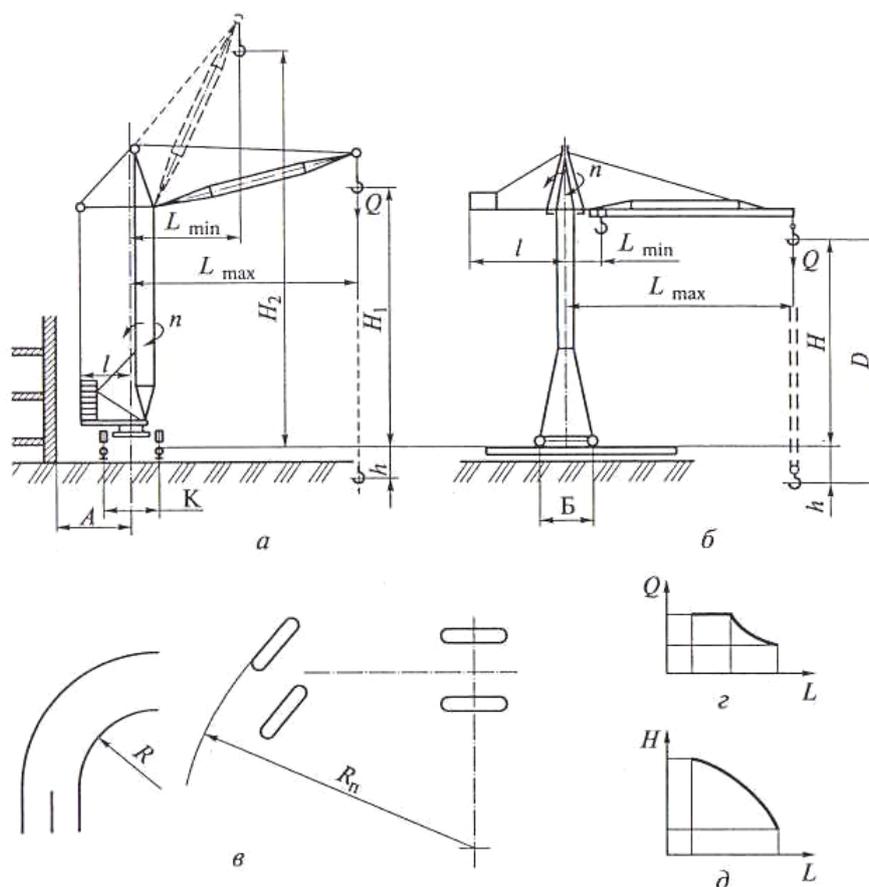


Рис. 5.1. Схемы и характеристики для определения основных параметров кранов:  
 а – схема для кранов с поворотной башней и подъемной стрелой;  
 б – схема для кранов с неповоротной башней и балочной стрелой;  
 в – схемы к определению радиусов закругления и поворота крана;  
 з – грузовая характеристика; д – высотная характеристика; А – удаление

*Вылет*  $L$  – расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до вертикальной оси грузозахватного органа при установке крана на горизонтальной площадке. Различают *вылет проектный*, определенный без нагрузки на крюк, и *вылет рабочий*, определенный с грузом на крюке. Перемещение грузозахватного органа путем подъема, опускания стрелы или передвижения грузовой тележки называется *из-*

*менением вылета.* Изменение вылета с грузом на крюке называется маневровым, без груза – установочным.

*Грузоподъемность нетто  $Q$*  представляет собой груз массой  $Q$ , поднимаемый краном и подвешенный при помощи несъемных грузозахватных приспособлений. В грузоподъемность нетто входят масса полезного груза и масса съемных грузозахватных приспособлений (стропы, траверсы, грейфер), навешиваемых на крюк крюковой подвески крана. Грузоподъемность крана зависит от вылета, эта зависимость называется грузовой характеристикой (рис. 5.1, *з*).

*Грузовой момент  $M$*  – произведение грузоподъемности на соответствующий вылет – учитывает два основных параметра, поэтому его часто используют в качестве главного обобщающего параметра башенного крана.

*Высота подъема  $H$*  – расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем рабочем положении (рис. 5.1, *д*):

для крюков – до их опорной поверхности;

для грейферов – до их нижней точки в замкнутом положении.

Под уровнем стоянки понимается горизонтальная поверхность основания (например, поверхность головок рельсов для рельсовых кранов, нижняя опора самоподъемного крана), на которую опирается неповоротная часть крана. Высота подъема зависит от вылета. В характеристике кранов указывается либо высота подъема для двух крайних вылетов: минимального  $H_1$ , и максимального  $H_2$  (рис. 5.1, *а*), либо приводится график  $H-L$  (рис. 5.1, *д*).

*Глубина опускания  $h$*  – расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в нижнем рабочем положении (рис. 5.1, *а, б*).

*Диапазон подъема  $D$*  – расстояние по вертикали между верхним и нижним рабочими положениями грузозахватного органа, определяется как сумма высоты подъема и глубины опускания (рис. 5.1, *б*).

*Колея  $K$*  – расстояние по горизонтали между осями рельсов или колес ходовой части крана (рис. 5.1, *а*). При наличии сдвоенных рельсовых путей (например, для мощных кранов БК-1000А) колея измеряется по осям сдвоенных нитей пути. Для грузовых тележек колея – это расстояние между осями рельсов (ездовых балок) для передвижения грузовой тележки по стреле.

*База  $B$*  – расстояние между вертикальными осями передних и задних колес (или балансирных ходовых тележек) крана (рис. 5.1, *б*).

*Задний габарит  $I$*  – наибольший радиус поворотной платформы со стороны, противоположной стреле (рис. 5.1, *а, б*). От величины заднего

габарита зависит удаление  $A$  рельсового пути кранов от возводимого здания. Расстояние  $A$  должно быть на 700 мм больше заднего габарита или наиболее удаленной (от оси вращения) части крана.

*Скорость подъема  $V_{\text{п}}$  груза*, равного максимальной грузоподъемности крана, – скорость вертикального перемещения груза в установившемся режиме движения.

*Скорость посадки  $V_{\text{м}}$*  – наименьшая скорость плавной посадки рабочего груза при его монтаже и укладке в установившемся режиме движения.

*Частота вращения  $n$*  поворотной части крана в установившемся режиме движения определяется числом оборотов крана в минуту с рабочим грузом на крюке при минимальном вылете и при установке крана на горизонтальной площадке при скорости ветра не более 3 м/с на высоте 10 м (рис. 5.1, а, б).

*Скорость передвижения крана  $V_{\text{д}}$*  – рабочая скорость передвижения крана по горизонтальному пути с рабочим грузом в установившемся режиме движения и при скорости ветра не более 3 м/с на высоте 10 м.

*Скорость передвижения тележки  $V_{\text{т}}$*  – скорость передвижения грузовой тележки с наибольшим рабочим грузом по горизонтально расположенной балочной стреле в установившемся режиме движения.

*Скорость изменения вылета  $V_{\text{р}}$*  – средняя скорость горизонтального перемещения рабочего груза при изменении вылета от наибольшего до наименьшего (у кранов с подъемной стрелой). Часто вместо скорости изменения вылета в характеристике крана указывается время изменения вылета, т. е. время, необходимое для полного изменения вылета от наибольшего до наименьшего.

*Установленная мощность  $N$*  – суммарная мощность электродвигателей рабочих механизмов на кране, которые возможно включить одновременно.

*Радиус закругления  $R$*  – наименьший радиус закругления оси внутреннего рельса на криволинейном участке кранового пути (рис. 5.1, в).

*Радиус поворота  $R_{\text{п}}$*  – наименьший радиус окружности, описываемый внешним передним колесом автомобиля крана или тягача при изменении направления движения (рис. 5.1, в).

*Конструктивная масса* – масса крана без балласта и противовеса, съемных монтажных и транспортных устройств.

*Общая масса* – полная масса крана вместе с балластом и противовесом в заправленном состоянии.

*Нагрузка от колеса на рельс* – наибольшая вертикальная нагрузка от общей массы крана и рабочего груза, передающаяся от колеса на рельс, в наиболее неблагоприятном положении крана.

*Допустимая скорость ветра* – максимальная скорость ветра, при которой кран сохраняет прочность и устойчивость. По максимальной скорости ветра на высоте 10 м от земли вся территория России разделена на семь ветровых районов (ГОСТ 1451–77):

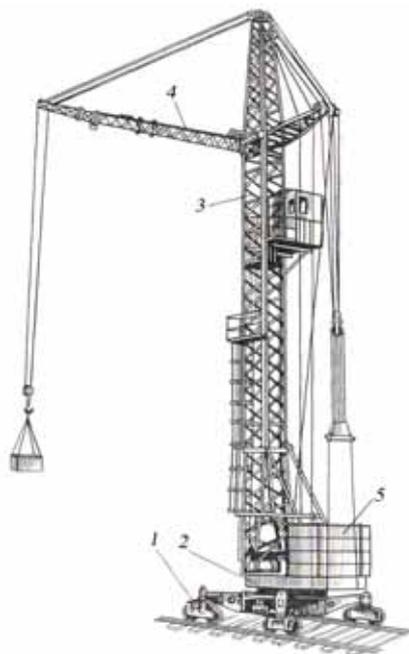
Ветровой район .....	I	II	III	IV	V	VI	VII
Скорость ветра, м/с, не более .....	21	24	27	30	33	37	40

В паспорте каждого крана указано, на установку в каком ветровом районе рассчитан данный кран, что определяет допустимую скорость ветра для крана в нерабочем состоянии. Кроме того, в паспорте приводится допустимая скорость ветра при работе крана (скорость ветра рабочего состояния). При скорости ветра рабочего состояния выше допустимой эксплуатацию крана прекращают, а кран устанавливают на захваты. Скорость ветра прямо пропорциональна высоте, поэтому в паспорте указывают допустимую при эксплуатации скорость ветра на уровне установленного на кране датчика ветра – анемометра.

Режим работы крана определяет степень загрузки крана и его механизмов в условиях эксплуатации.

## 5.2. Башенные краны

Башенным краном называют поворотный кран со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни. Вследствие Г-образной компоновки кран этого типа полностью охватывает строящееся здание, обеспечивая подачу материалов и оборудования в любую его точку (рис. 5.2) [5]. Груз поднимают с помощью грузовой лебедки, грузового каната и крюковой подвески, являющейся грузозахватным органом крана. Кран выполняет следующие движения: подъем груза, изменение его вылета по отношению к башне, передвижение и поворот. Сочетание этих движений позволяет не только подавать груз в любую точку строящегося здания, но и обслуживать территорию склада, разгружать материалы с транспортных средств. Передвигается кран на строительной площадке обычно с помощью ходовых тележек по рельсовым крановым путям. Для связи поворотной и неповоротной частей крана служит опорно-поворотное устройство. Различают два основных типа башенных кранов – с поворотной и неповоротной башней.



*Рис. 5.2. Общий вид башенного крана:  
1 – ходовая тележка; 2 – поворотная платформа; 3 – башня;  
4 – стрела; 5 – противовес*

Башенные краны оборудуют стрелой подъемного типа или балочного с грузовой тележкой. Для уравновешивания массы стрелы и частично массы груза башенные краны оборудуются противовесами. В кранах с неповоротной башней противовесы располагают на уровне закрепления стрелы в виде противовесной консоли с чугунными грузами или железобетонными плитами. В кранах с поворотной башней противовес располагают внизу, снижая тем самым центр тяжести крана. Для осуществления каждого рабочего движения башенные краны оборудуются самостоятельными механизмами. При этом механизм передвижения во всех случаях располагается у ходовых колес, механизм поворота – у опорно-поворотного устройства, а механизмы подъема груза, изменения вылета стрелы и передвижения грузовой тележки – в различных местах в зависимости от компоновки кранов. У кранов с поворотной башней эти механизмы, как правило, располагаются внизу на поворотной платформе.

Металлоконструкции башен и стрел кранов выполняют в большинстве случаев сплошными трубчатыми или решетчатыми из труб. Краны со сплошными трубчатыми металлоконструкциями характеризуются меньшим аэродинамическим сопротивлением, что позволяет использовать их в районах с сильными ветрами.

Управление всеми механизмами башенных кранов осуществляется из специально оборудованной кабины. От ее расположения в значи-

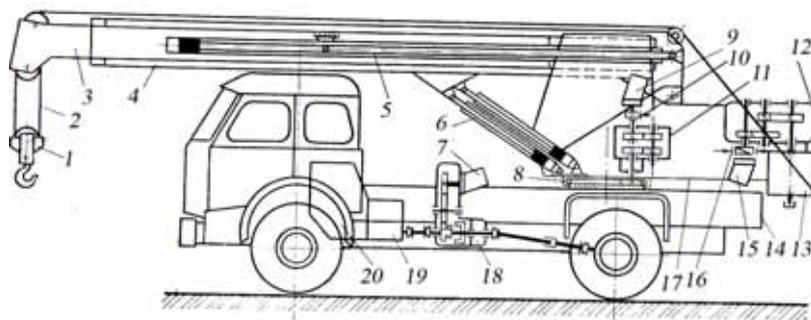
тельной степени зависят удобство управления краном и его производительность. Установка кабины в верхней части башни обеспечивает хороший обзор фронта работ сверху, но при этом ухудшается наблюдение за складской зоной и подкрановыми путями. При расположении кабины в нижней части крана на поворотной платформе или в средней части при значительной высоте подъема груза крановщик не видит место установки груза и пользуется для управления механизмами сигналами такелажника. Для связи с такелажником часто применяют телефонную или радиосвязь. Из-за недостатков, связанных с постоянным местом расположения кабины (так как само возводимое сооружение растет), в некоторых случаях предусматривают дистанционное управление кранов с любой точки строящегося сооружения. Однако использование переносного пульта управления ухудшает условия работы оператора, особенно в зимнее время. Заслуживает внимания управление крана с использованием телевизионной связи с передатчиком на стреле и приемником в кабине. Наилучшим конструктивным решением является такое конструктивное решение, которое позволяет передвигать по башне хорошо оборудованную кабину управления и закреплять ее по высоте в положении, наиболее удобном для работы в данный период. Такое решение не исключает применение вспомогательных и дублирующих систем в виде выносного пульта и телесвязи в зависимости от конкретных условий строительства.

### **5.3. Стреловые самоходные краны**

Стреловые самоходные краны представляют собой стреловое крановое оборудование (чаще всего полноповоротного типа), смонтированное на самоходном гусеничном или пневмоколесном ходу. Широкое распространение на строительных площадках краны этого типа получили вследствие автономности привода, большой грузоподъемности, высокой маневренности, возможности работать с различными видами сменного рабочего оборудования, легкости переброски с объекта на объект.

По способу подвески стрелового оборудования различают краны с гибкой подвеской при помощи канатного полиспаста и с жесткой подвеской при помощи гидроцилиндров (рис. 5.3) [5].

По типу ходового оборудования краны классифицируют на гусеничные и пневмоколесные. По своему устройству стреловой самоходный кран имеет много общего с универсальным экскаватором, так как стрела с грузоподъемным оборудованием часто является одним из видов сменного рабочего оборудования экскаватора.



*Рис. 5.3. Кинематическая схема автокрана с гидравлическим приводом:*  
 1 – крюковая обойма полиспаста; 2 – грузовой канат; 3 – выдвижная секция стрелы;  
 4 – стрела; 5 – гидроцилиндр выдвижения секции стрелы;  
 6 – гидроцилиндры подъема стрелы; 7 – гидронасос, питающий гидромоторы  
 кранового оборудования; 8 – опорно-поворотное устройство;  
 9–11 – гидромотор, тормоз и редуктор механизма поворота;  
 12, 13, 15, 16 – барабан, редуктор, гидромотор и тормоз грузовой лебедки;  
 14 – рама автомобиля; 17 – поворотная платформа; 18 – редуктор отбора мощности;  
 19, 20 – коробка перемены передач и двигатель

Основное оборудование автокранов – сплошные телескопические или жесткие решетчатые стрелы. При использовании их на некоторых видах строительно-монтажных работ автокраны оборудуют сменными удлиненными решетчатыми стрелами различных конструкций.

Управление крановыми механизмами осуществляется из кабины машиниста, расположенной на поворотной платформе, а их привод – от двигателя автомобиля.

Все большее распространение получают автокраны с многомоторным приводом крановых механизмов. Им свойственны следующие преимущества: способность совмещать любые рабочие операции, обеспечение малых скоростей посадки груза, простота и легкость управления краном.

#### **5.4. Краны гусеничные**

**Гусеничный плавающий специальный кран КС-5771** (рис. 5.4, табл. 5.1) грузоподъемностью 25 тонн на унифицированном гусеничном двухзвенном плавающем транспортёре «Витязь» предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных, строительно-монтажных, аварийных работ на рассредоточенных объектах при температуре окружающей среды от +40 С до –40 С.



Рис. 5.4. Гусеничный плавающий специальный кран КС-5771

Двухзвенный плавающий транспортер «Витязь» ДТ-30П относится к принципиально новому типу быстроходных транспортных машин – сочлененным гусеничным машинам, с высокими показателями проходимости и маневренности в особо тяжелых дорожно-климатических условиях на грунтах с низкой несущей способностью (болото, снежная целина, бездорожье, пересеченная лесистая местность).

Таблица 5.1

Технические характеристики КС-5771

Наименование характеристики	Значение
Грузоподъемность максимальная, т	25
Высота подъема максимальная, м	25
Максимальный вылет стрелы, м	21

Особенность гусеничных кранов заключается в том, что в некоторых ситуациях их невозможно заменить другими подъемными механизмами. Они представляют собой идеальное сочетание максимальной грузоподъемности, высоты подъема и мобильности. Поэтому некоторые компании – Demag, Hitachi, Kobelco, Liebherr, Link-Belt, Manitowoc, Sennebogen, Sumitomo, Terex – продолжали совершенствовать эти механизмы и за последние 10 лет представили потребителям новейшие разработки моделей с гидравлической и решетчатой стрелой.

## 5.5. Трубоукладчики

Одной из основных специализированных машин, работающих на строительстве магистральных трубопроводов, является трубоукладчик (рис. 5.5, табл. 5.2).



Рис. 5.5. Трубоукладчик колесный ТК 61(ТК 81) [1]

Таблица 5.2

Техническая характеристика колесных трубоукладчиков [1]

Параметры	Значение	
	ТК 61	ТК 81
Трубоукладчик	ТК 61	ТК 81
Грузоподъемность, т	6,3	8,0
Масса, т	14,0	15,0

*Трубоукладчиком* называется самоходная грузоподъемная машина, способная перемещаться с грузом на крюке и служащая для подъема и укладки трубопровода в траншею, а также для выполнения различных грузоподъемных и монтажных работ (погрузка и разгрузка труб и плетей, центровка труб при сварке и пр.).

Основное назначение трубоукладчика – сопровождение очистных и изоляционных машин и укладка изолированного трубопровода в траншею.

Рабочими движениями трубоукладчика являются подъем и спуск груза, перемещение трубоукладчика вместе с грузом и изменение вылета стрелы с грузом.

Основные технико-эксплуатационные показатели трубоукладчиков: грузоподъемность грузовая, собственная и продольная устойчивость, тяговое усилие, удельное давление на грунт, вес и некоторые другие – во многом зависят от технических показателей тех баз, на которых они созданы.

Трубоукладчики на пневмоколесном ходу предназначены для укладки в траншею труб и выполнения различных подъемно-транспортных операций при строительстве и ремонте различных трубопроводов в городских условиях.

Основные технические характеристики гусеничных кранов-трубоукладчиков приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

*Техническая характеристика трубоукладчиков [6]*

Параметры	Модели				
	ТГ 61	ТГ 62	ТГ-201	Т 3560М	589 (Caterpillar)
Грузоподъемность, т	6,3	6,3	20,0	35,0	104,33
Вылет крюка (максимальный), м	5,0	5,0	6,0	6,5	8,76
Масса крана, т	14,10	15,15	28,00	37,00	68,456

Правильный выбор максимальной грузоподъемности имеет очень большое значение для расчета элементов навесного оборудования, в первую очередь канатов, крюков, тормозов, барабанов лебедок и др. Ее завышение неизбежно приведет к увеличению диаметра канатов, блоков и барабанов, утяжелению и усложнению деталей лебедки и ее привода.

Проведенные исследовательские работы, а также большой объем непосредственных замеров нагрузок на крюке трубоукладчиков в трассовых условиях позволяют тщательно обосновать максимальные грузоподъемности трубоукладчиков.

Другой важный показатель трубоукладчика – максимально допустимый грузовой момент – характеризует возможный вылет при работе с данным грузом или максимальный груз при работе с данным вылетом (рис. 5.6). Этот показатель равен произведению максимально допустимых величин вылета стрелы и веса груза на этом вылете. Рабочий вылет стрелы равен расстоянию от вертикальной оси подвески груза до ребра опрокидывания трубоукладчика (внешней реборды ходовых катков его левой гусеницы). Его величина определяется местом трубоукладчика в колонне, размерами траншеи и способом производства работ.

Наибольший вылет стрелы  $L$  имеет последний по счету трубоукладчик в колонне при работе совмещенным способом. Этот вылет может быть определен по формуле

$$L = a (B/2 + H), \quad (5.1)$$

где  $B$  – ширина траншеи;  $H$  – глубина траншеи;  $a$  – коэффициент, учитывающий, что ребром опрокидывания является не внешний край левой гусеницы, а ребра ходового катка ( $a = 1,1$ ). Тогда максимальный грузовой момент

$$M_T = PL, \quad (5.2)$$

где  $P$  – максимальная нагрузка на последний трубоукладчик.

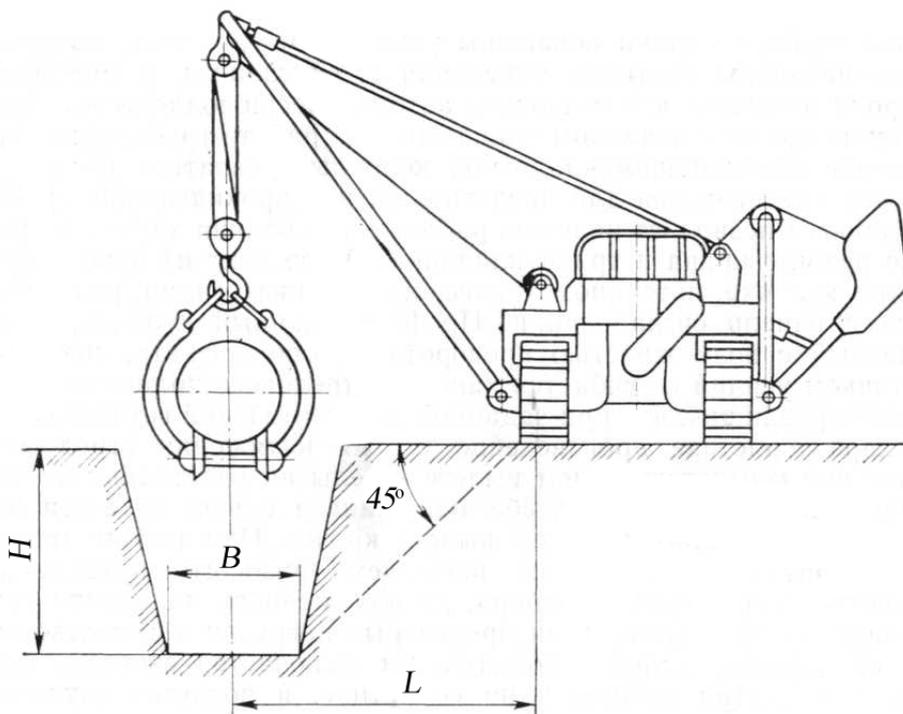


Рис. 5.6. К определению максимального вылета стрелы трубоукладчика

Важным условием надежной работы трубоукладчика является обеспечение его устойчивости, т.е. способность работать без опрокидывания. Различают грузовую, собственную и продольную устойчивость трубоукладчика. Под грузовой понимают устойчивость против опрокидывания в сторону стрелы (груза), под собственной – в сторону контргруза, а под продольной – в зад или вперед по ходу. Показателем этого важного параметра является коэффициент запаса устойчивости.

Равновесие трубоукладчика достигается тем, что момент его опрокидывания в рабочих условиях должен быть меньше восстанавливающего момента. Коэффициентом запаса устойчивости называется отношение восстанавливающего момента к моменту опрокидывания:

$$K_y = M_{\text{восст}}/M_{\text{опр}}. \quad (5.3)$$

Наибольшее значение имеет коэффициент запаса грузовой устойчивости.

Условия эксплуатации трубоукладчиков при изоляционно-укладочных работах существенно отличаются от условий эксплуатации грузоподъемных машин общестроительного назначения и накладывают определенный отпечаток на выбор коэффициента запаса грузовой устойчивости. Возникает иногда возможность полного использования максимального грузового момента трубоукладчика и исключается необходимость работы только при больших значениях коэффициента запаса грузовой устойчивости (1,4, согласно правилам Госгортехнадзора).

Поэтому необходимый коэффициент запаса устойчивости при работе на горизонтальной площадке определяется возможностью производства работ на поперечном уклоне в сторону груза, равном  $10^\circ$ , с коэффициентом запаса, равным 1,15 [5].

### **5.5.1. Конструкции трубоукладчиков**

Трубоукладчик состоит из базовой машины и навесного оборудования. В состав базовой машины (базы) входит двигатель, трансмиссия, ходовая часть и нижняя рама (шасси) трубоукладчика.

Нижняя рама (шасси) трубоукладчика состоит из рам гусеничных тележек и жестких поперечных балок (в том числе и корпуса заднего моста трактора), соединяющих между собой рамы тележек и служащих для крепления к ним двигателя, трансмиссии и навесного оборудования трубоукладчика. Как и у большинства специальных строительных машин, передняя рессора, соединяющая рамы гусеничных тележек и служащая опорой для двигателя, заменена жесткой поперечной связью. Такая конструкция нижней рамы вместо полужесткой тракторной подвески способствует восприятию значительных нагрузок и повышению устойчивости трубоукладчика.

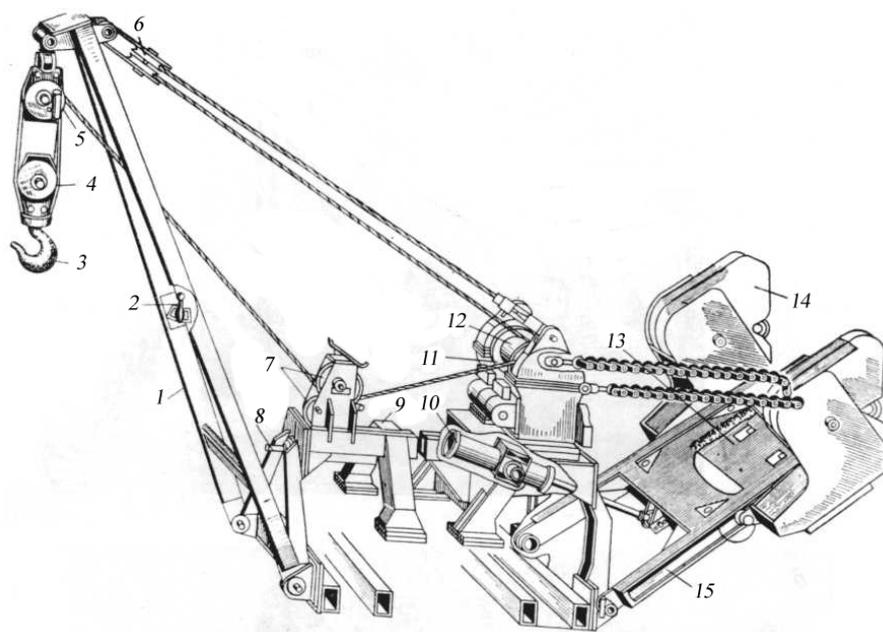
Навесное оборудование трубоукладчика состоит из верхней рамы, стрелы, лебедки с трансмиссией, блочно-талевого системы, крюка и контргруза с механизмом откидывания его (рис. 5.7).

Верхняя рама представляет собой пространственную сварную ферму, которая крепится к рамам тележек и раме трактора болтами и служит основанием для установки навесного оборудования.

Стрела трубоукладчика – А-образная, сварная, состоит из двух балок (подкосов) коробчатого сечения, соединенных в верхней и нижней частях поперечными связями.

Расположение стрелы – боковое, что диктуется технологией производства работ. Стрела крепится при помощи двух пальцев к кронштейнам, приваренным к тележке левой гусеницы. Таким образом, усилие от

навешенного груза передается непосредственно каткам гусеницы, минуя раму трактора.



*Рис. 5.7. Навесное оборудование трубоукладчика Т 3560 [2]:  
1 – стрела; 2 – указатель грузоподъемности; 3 – крюк; 4 – крюковой (талевый) блок; 5, 6 – подвесные блоки соответственно грузового и стрелового канатов; 7 – отклоняющие блоки грузового каната; 8 – шток ограничителя подъема стрелы; 9 – верхняя рама; 10 – гидроцилиндр откидывания контргруза; 11 – грузовой барабан лебедки; 12 – стреловой барабан лебедки; 13 – рама контргруза; 14 – контргруз; 15 – стрела контргруза*

Такая конструкция шарнира, жесткая в плане, дает возможность стреле наклоняться в вертикальной плоскости.

К оголовку стрелы приварены косынки, образующие с двух ее сторон кронштейны («гусек»). К одному из них шарнирно крепится подвесной блок стрелового каната, а к другому – подвесной блок грузового. На стреле устанавливается указатель грузоподъемности, показывающий водителю, какой максимальный груз можно поднимать на данном вылете стрелы (крюка). Контргруз (противовес) служит для увеличения устойчивости трубоукладчика при подъеме груза. На современных трубоукладчиках применяется контргруз откидного типа для создания переменного вылета (как и стрела). На всех моделях, отечественных трубоукладчиков контргрузы выполняются по одной схеме, хотя и имеют разный вес и конфигурацию.

Откидывание контргруза и возвращение его в исходное положение производится гидроцилиндром, который шарнирно крепится к верхней раме трубоукладчика.

Лебедка трубоукладчика служит для подъема груза и изменения вылета (наклона) стрелы. В большинстве случаев лебедка имеет два барабана, сидящих на одной оси. Один барабан предназначен для навивки грузового каната, другой – стрелового. Если наклон стрелы производится гидроцилиндрами, то лебедка имеет только один барабан – грузовой. Лебедки отечественных трубоукладчиков двухбарабанные, с расположением барабанов на общей неподвижной оси, устанавливаются над правой гусеницей и обеспечивают совмещение всех рабочих грузоподъемных операций и выполнение их только на режиме двигателя. Каждый барабан имеет собственный двухступенчатый или трехступенчатый редуктор с косозубыми передачами и индивидуальным ленточным тормозом. Шкивы тормозов установлены на ведущих валах редукторов, в местах действия минимальных крутящих моментов, что обеспечивает им наименьшие размеры.

Привод каждого редуктора производится от индивидуального гидродвигателя или фрикционными муфтами от общего вала, приводимого во вращение цепной передачей от двигателя трубоукладчика при помощи редуктора отбора мощности.

Все трубоукладчики оснащены указателем грузового момента, обеспечивающим контроль изменения его величины, и прибором контроля нагрузки, что позволяет автоматически поддерживать нагрузку на крюке в заданном диапазоне при работе трубоукладчика в составе изоляционно-укладочной колонны. Указатель грузового момента предназначен для предотвращения опрокидывания трубоукладчика и позволяет надежно машине работать на характеристиках в режиме крана и трубоукладчика. Он состоит из профилированного кулачка, потенциометрического датчика усилия, релейного блока и панели сигнализации. Профилированный кулачок, установленный с возможностью проворота на оси портала, соединен с датчиком усилий и огибается канатом стрелового полиспаста. Он спрофилирован так, что при заданной заградительной грузоподъемной характеристике произведение усилия натяжения стрелового каната при соответствующем вылете стрелы на расстоянии от оси поворота кулачка до точки сбегания каната с него остается постоянным при любом рабочем вылете крюка. При работе машинист следит за фактическим значением грузового момента по показаниям стрелочного прибора, расположенного на панели сигнализации, а при достижении предельных нагрузок для соответствующей характеристики автоматически включается световая сигнализация внутри кабины и на ее крыше и подается звуковой сигнал.

Все современные отечественные и зарубежные трубоукладчики (рис. 5.8–5.10) оснащены утепленными и вентилируемыми кабинами с

хорошим обзором фронта работ, удобным сиденьем и санитарно-гигиеническим оборудованием (табл. 5.4).



*Рис. 5.8. Трубоукладчик ТБ-4*



*Рис. 5.9. Трубоукладчик LIEBHERR RL-22 B Litronic*



*Рис. 5.10. Трубоукладчик ТГ-503*

## Техническая характеристика трубоукладчиков

Тип трубоукладчика	Грузоподъемность, т
ТО-12-24Г ТГ-124	12
Т-15-30, ТГ-126	15
Т-35-60	35
ТГ-321	32
Komatsu-D85C Cat-572G	70
Komatsu-D155C	90
ТБГ-20.01.9	20
Трубоукладчик козловой [1]	8

## Техническое описание и работа трубоукладчика ТБ-4

## Назначение

Трубоукладчик ТБ-4 (рис. 5.8) предназначен для выполнения:

- работ по укладке трубопроводов в траншеи и на эстакады;
- грузоподъемных операций и перемещений с грузом до 16 т на строительно-монтажных работах;
- грузоподъемных работ при ремонте трубопроводов с грузами массой до 40 т с применением выносной опоры с опорной пятой.

Стрела-опора СО-2 предназначена для поддержания совместно с трубоукладчиком «KOMATSU» марки D155C магистральных трубопроводов диаметрами 1020 мм и 1220 мм при капитальном ремонте (рис. 5.11).

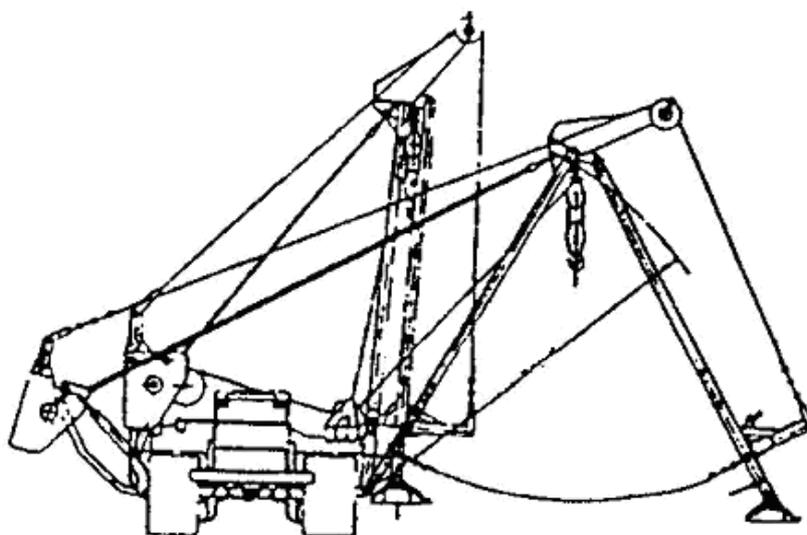
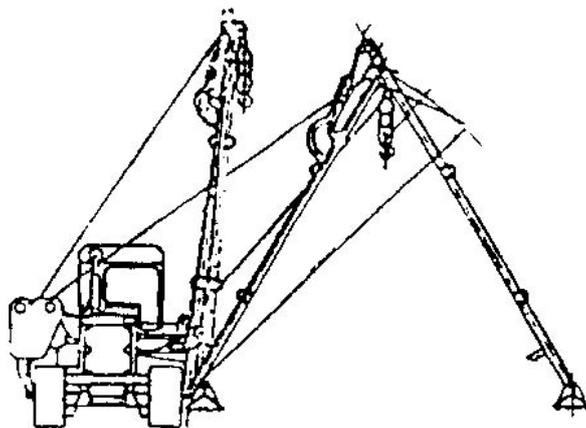


Рис. 5.11. Стрела-опора СО-2

Стрела-опора комплектуется к трубоукладчику «KOMATSU» для расширения возможности работы трубоукладчика при поддержании

трубопровода. Разведение стрелы-опоры производится опусканием рамы контргруза и стрелы трубоукладчика. Сведение стрелы-опоры со стрелой трубоукладчика производится в обратном порядке.

Стрела-опора СО-4 предназначена для поддержания совместно с трубоукладчиком «KOMATSU» марки Д85С магистральных трубопроводов диаметрами 720–1220 мм при капитальном ремонте (рис. 5.12).



*Рис. 5.12. Стрела-опора СО-4*

Трубоукладчик «KOMATSU» марки Д85С комплектуется стрелой-опорой СО-4 взамен штатной стрелы для расширения возможности работы трубоукладчика при поддержании трубопровода. Разведение стрелы-опоры производится при помощи гидропривода, включенного в гидросистему трубоукладчика (рис. 5.13) [1].



*Рис. 5.13. Трубоукладчик с опорой СО-4*

*Технические характеристики*

Грузоподъемность, т	25
Пролет, м	10–18
Высота грузового крюка, м	2,9
Глубина опускания грузового крюка, м	0,3

## 5.5.2. Строительные подвески и устройства

### 5.5.2.1. Подвески троллейные

Подвески троллейные (рис. 5.14, табл. 5.5) [4] предназначены для удержания при подъеме, перемещении и непрерывной укладке в траншею изолированных и неизолированных трубопроводов при их раздельном и совмещенном способах строительства [1].

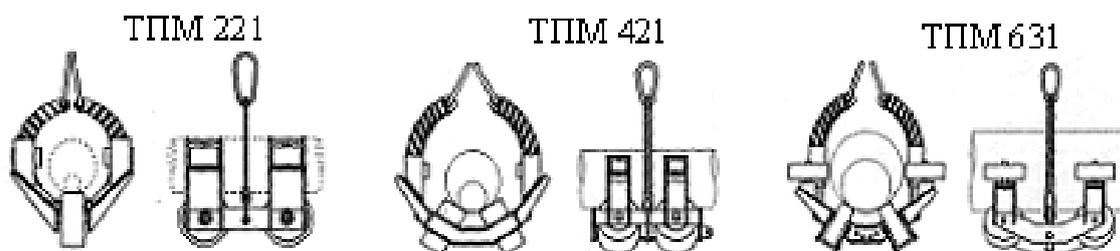


Рис. 5.14. Подвески троллейные

Таблица 5.5

Техническая характеристика подвесок троллейных

Параметры	Модели			
	ТПМ 221 П	ТПМ 421 П	ТПМ 631 П	ТПП 631 М
Грузоподъемность, кг	2000	6300	12500	12500
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	57–219	219–426	426–630	219–630
Масса, кг, не более	125	490	1085	665

### 5.5.2.2. Троллейные подвески на авиашинах

Троллейные подвески на авиашинах (рис. 5.15, табл. 5.6) [4] предназначены для подъема, перемещения и непрерывной укладки в траншею изолированного и неизолированного трубопровода. Благодаря способности увеличивать контактную площадь в зависимости от нагрузки, обеспечивают снижение возможности излома трубопроводов и образование местных вмятин, исключают повреждение изоляционного покрытия любого типа с сохранением плавности хода под нагрузкой [1].

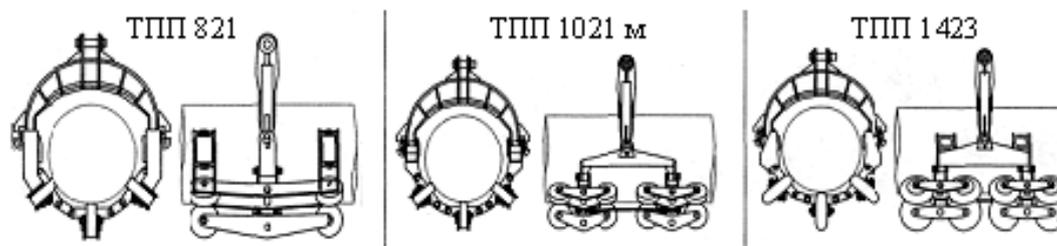


Рис. 5.15. Троллейные подвески на авиашинах

Таблица 5.6

Техническая характеристика подвесок троллейных на авиашинах [4]

Параметры	Модели				
	ТПШ 821 м	ТПА 1021	ТПШ 1021 м	ТПШ 1421 м	ТПШ 1423
Грузоподъемность, кг	20000	32000	32000	63000	60000
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	720–820	1016–1067	1020	1220–1420	1220–1420
Масса, кг, не более	780	1200	1155	1400	2750

### 5.5.2.3. Подвески троллейные роликоканатные

Подвески троллейные роликоканатные (рис. 5.16, табл. 5.7) [4] предназначены для подъема и поддержания действующих магистральных трубопроводов в траншее при капитальном ремонте без остановки перекачки, а также при строительстве новых магистральных трубопроводов (конструкция разработана «ИПТЭР», г. Уфа).

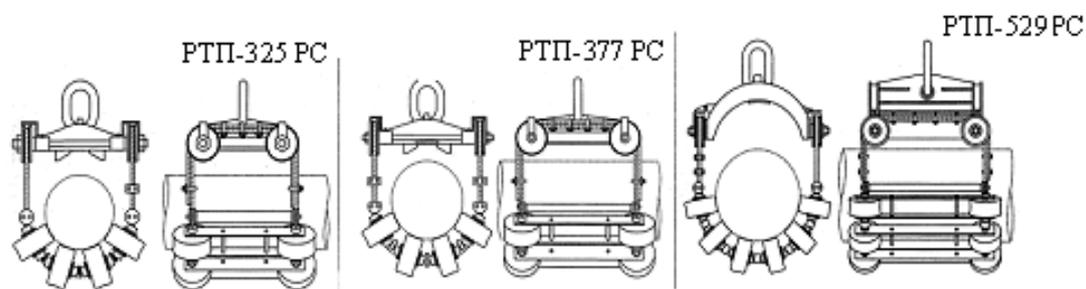


Рис. 5.16. Троллейные подвески роликоканатные

Таблица 5.7

Техническая характеристика подвесок троллейных роликоканатных

Параметры	Модели			
	РТП-325 РС	РТП-377 РС	РТП-529 РС-М	РТП-720 РС
Грузоподъемность, кг	10000	12500	15000	35000
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	219–325	325–377	508–529	720–820

#### 5.5.2.4. Троллейные подвески-опоры типа ТПО

Троллейные подвески-опоры типа ТПО предназначены для повышения безопасности выполнения работ при ремонтах трубопроводов и временного размещения трубных плетей при бестраншейном строительстве переходов под водными преградами методом горизонтально-направленного бурения (рис. 5.17, табл. 5.8).



Рис. 5.17. Подвеска-опора типа ТПО [4]

Таблица 5.8

Техническая характеристика подвесок-опор типа ТПО [1]

Параметры	Модели				
	ТПО-421	ТПО-631	ТПО-821	ТПО-1024	ТПО-1421
Грузоподъемность, т	6,3	12,5	20	32	60
Диаметры поднимаемых труб, мм	219–426	530–630	720–820	1020	1220–1420
Масса, кг	700	1200	1500	3500	4000

#### 5.5.2.5. Захваты клещевые автоматические

Захваты клещевые автоматические (рис. 5.18, табл. 5.9) предназначены для подъема, перемещения и стыковки труб при сварке на строительстве трубопроводов. Автоматические захваты работают без участия стропальщика.



Рис. 5.18. Захваты клещевые автоматические

Таблица 5.9

Техническая характеристика захватов клещевых автоматических [4]

Параметры	Модели					
	КЗ-531 А	КЗ-721 А	КЗ-821 А	КЗ-1022 А	КЗ-1223 А	КЗ-1422 А
Грузоподъемность, кг	5000	8000	10000	12500	16000	32000
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	530	720	820	1020	1220	1420

#### 5.5.2.6. Полотенца мягкие

Полотенца мягкие (рис. 5.19, табл. 5.10) предназначены для удержания при подъеме, перемещении и укладки в траншею изолированного трубопровода методом периодического перехвата, а также труб и секций длиной до 36 м при сварке трубопровода «в нитку». Полотенца мягкие также используются при монтаже и демонтаже трубопровода для поднятия труб Ду 89-1220 мм без нарушения изоляционных покрытий при аварийных, плановых работах.

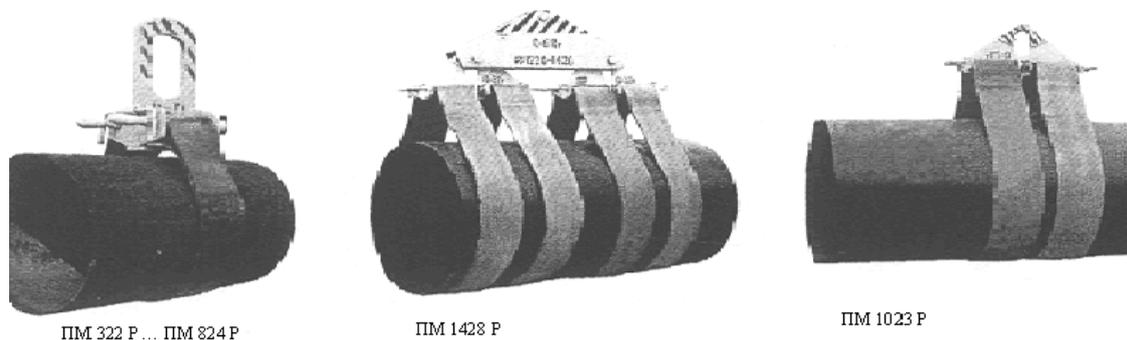


Рис. 5.19. Полотенца мягкие

Таблица 5.10

Техническая характеристика полотенцев мягких [4]

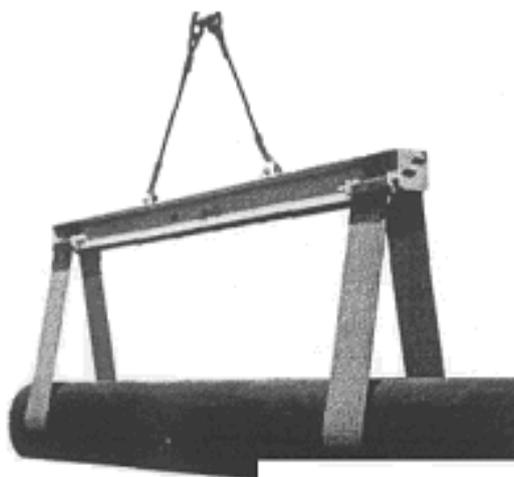
Параметры	Модели				
	ПМ 322 Р	ПМ 524 Р	ПМ 824 Р	ПМ 1023 Р ПМ 1023 Р1	ПМ 1428 Р
Грузоподъемность, кг	8000	16000	25000	32000	60000
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	89–325	377–530	630–820	1020	1220–1420
Масса, кг, не более	25	58	117	155/230	560

Самозажимные полотенца предназначены в основном для монтажа и укладки участков трубопровода с кривыми вставками или для обслуживания трубогибочных станков. Применение таких устройств на трассе позволяет более качественно осуществлять сборку стыков, не опасаясь за возможные искажения проектной оси трубопровода.

Особое место в разработках зарубежных специалистов занимают вопросы создания специальной технологической оснастки для выполнения укладочных и монтажных работ. Хорошо известна такая продукция фирмы CRC «Croese», как катковые полотенца (канатно-роликовые подвески), самозажимные полотенца, различные траверсы и захваты. Основное преимущество катковых полотенцев (по сравнению с традиционно используемыми в нашей стране трехрядными троллейными подвесками) состоит в том, что при наличии множества широких катков (их число составляет от 24 до 40) обеспечиваются более благоприятные условия опирания трубопровода на захватное приспособление, и за счет этого снижается риск повреждения трубы изоляционного покрытия [2].

#### *5.5.2.7. Траверсы*

Среди других видов технологической оснастки необходимо отметить траверсы, используемые при монтаже и укладке труб со специальным покрытием (теплоизолированных, обетонированных и т.п.), для погрузки стальных труб в железнодорожные полувагоны и на платформы, их разгрузки, складирования и погрузки на трубовозы при помощи автокранов, а также для разгрузки труб с трубовозов и их штабелирования на трубосварочных базах с помощью трубоукладчиков (рис. 5.20, табл. 5.11).



*Рис. 5.20. Траверса*

Таблица 5.11

Техническая характеристика траверс типа ТРВ [4]

Параметры	Модели			
	ТРВ 61	ТРВ 182	ТРВ 162	ТРВ 81-ПМ
Грузоподъемность, кг	6000	18000	16000	8000
Диаметр поднимаемого трубопровода, мм	377–820	1020–1420	1420	1020
Длина поднимаемого трубопровода, мм	8–12	8–12	10–18,6	12–36
Максимальная толщина стенки поднимаемых труб, мм	12	2Г/32	16–25	21
Габаритные размеры, мм	9116×520×450	9900×550×606	12400×550×710	5000×400×600
Масса, не более, кг	945	1530	2090	700

#### 5.5.2.8. Стропы кольцевые

Стропы кольцевые (рис. 5.21, табл. 5.12) предназначены для удержания при подъеме, перемещения и погрузки на трубовоз, стыковки и сварки «в нитку» изолированных труб и трубных секций при строительстве магистральных трубопроводов.

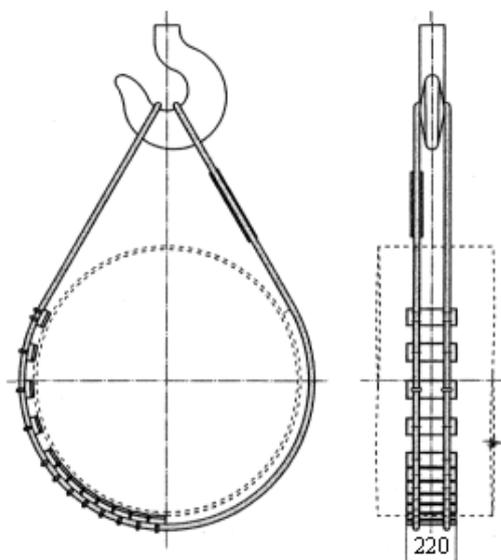


Рис. 5.21. Стропа кольцевая

Таблица 5.12

*Техническая характеристика строп кольцевых [4]*

Параметры	Модели			
	СК-531	СК-821	СК-1221	СК-1421
Грузоподъемность, кг	5000	10000	16000	32000
Диаметр поднимаемых труб, мм	530	720–820	1020–1220	1420
Среднее удельное давление на изоляцию, кг/см <sup>2</sup>	10	10	10	10
Масса, кг, не более	65	75	90	120

**5.6. Машины для гнутья труб**

Магистральный трубопровод прокладывается по местности с различным характером рельефа и имеет многочисленные изгибы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Вследствие этого при его монтаже приходится сваривать значительное число криволинейных вставок. Их изготовление из труб диаметром 219–1420 мм производится при помощи специальных трубогибочных станков УГТ и ГТ в холодном, а из труб меньшего диаметра (89–325 мм) – при помощи различных приспособлений в холодном и горячем состояниях.

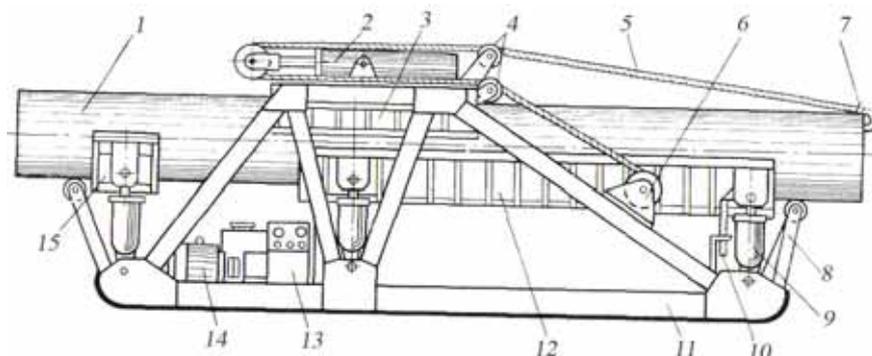
Трубогибочные станки предназначены для изготовления криволинейных вставок (колен) из стальных тонкостенных труб методом холодного гнутья (гнутья без нагрева).

Конструктивная схема всех станков, применяемых при строительстве магистральных трубопроводов, одинакова (рис. 5.22). Базой станка служит пространственная сварная металлическая рама, состоящая из двух параллельных плоских ферм, соединенных между собой в верхней части литым башмаком, а в нижней – поперечинами. Рабочими органами трубогибочного станка являются неподвижно соединенный с его рамой башмак, а также гибочный и упорный ложементы. Башмак имеет седлообразную форму и служит формирующим лекалом с торцевой рабочей поверхностью отрицательной гауссовой кривизны, по которому формируется при гнутье вогнутая поверхность трубы.

Обкатка трубы по лекалу производится гибочным ложементом, а свободный конец трубы поддерживается ложементом упора. Ложементы выполнены в виде полуцилиндрического ложа и соединены с рамой станка посредством гидравлических домкратов, изменяющих в процессе работы их положение относительно формирующего лекала.

Передвижение трубы по ложементам в исходное положение перед каждым гибочным циклом осуществляется с помощью гидроцилиндра 2 (рис. 5.22), установленного в верхней части станка, каната 5 с крюком 7 на конце для зачаливания за край трубы 1 и лебедки 6 с храповым меха-

низмом. Для перемещения трубы шток гидроцилиндра выдвигают и вы-бирают лебедкой слабины каната. Затем барабан лебедки стопорят хра-повым механизмом и выдвиганием штока гидроцилиндра перемещают трубу. Если хода штока недостаточно для обеспечения требуемой дли-ны передвижки, то перечисленные операции повторяют.



*Рис. 5.22. Схема трубогибочного станка:*

- 1 – изгибаемая труба; 2 – гидроцилиндр подачи трубы; 3 – башмак;  
4 – отклоняющие блоки; 5 – канат; 6 – лебедка; 7 – крюк; 8 – роликовая опора;  
9 – силовой гидроцилиндр; 10 – указатель угла гiba; 11 – рама станка;  
12 – гибочный ложемент; 13 – пульт управления; 14 – электродвигатель привода  
насосной установки; 15 – упорный ложемент*

Для снижения усилия перемещение трубы производится по роликовым опорам 8, установленным на раме станка и ложемента упора. Во время гнутья трубы роликовая опора, установленная на ложемента упора, опускается и, таким образом, не воспринимает реактивных нагрузок. Фиксация положения ложемента упора 15 по высоте производится подведением под корпуса его гидроцилиндров металлических вкладышей. В результате этого реактивные усилия, возникающие в процессе гнутья, воспринимаются жесткой металлоконструкцией, а не гидроприводом, что повышает надежность и долговечность оборудования.

Последовательность операций при гнутье труб изображена на рис. 5.23, а. Подготовленную для гнутья трубу 4 или плетть укладывают на упорный и гибочный ложементы при помощи трубоукладчика. Подняв упорный ложемент 2 в рабочее положение первого гибочного цикла и закрепив его (рис. 5.23, а), поднимают гибочный ложемент 3, обкатывая его вместе с трубой (плетью) вокруг формирующего лекала 1 (рис. 5.23, б). По окончании первого гiba опускают гибочный и упорный ложементы в исходное положение. Труба при этом несколько уменьшает свою кривизну за счет восстановления упругой деформации. Затем трубу перемещают в сторону упорного ложемента, выводя ее изогнутый участок за пределы рабочей зоны формирующего лекала, и, подняв и закрепив упорный ложемент в рабочем положении второго гибочного

цикла (рис. 5.23, в), производят второй гиб (рис. 5.23, з). Циклы повторяются (рис. 5.23, д) до получения необходимого угла изгиба трубы. При этом рабочее положение упорного ложеента изменяется в течение трех первых гибочных циклов, оставаясь в дальнейшем постоянным. По окончании гнутья трубу снимают со станка с помощью трубоукладчика.

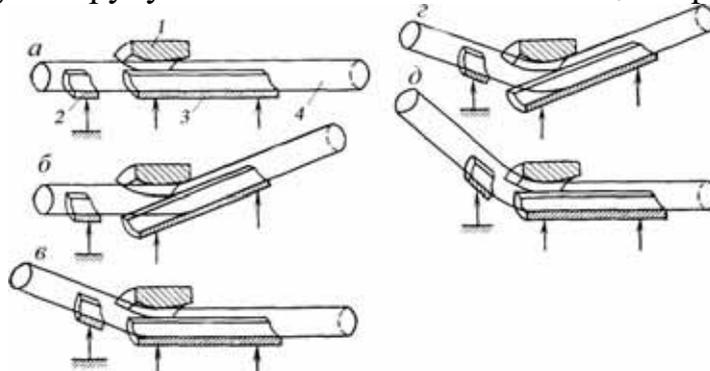


Рис. 5.23. Схема гнутья трубы

Для предохранения участка тонкостенной трубы, находящегося в зоне ложеента упора, от возможной деформации (сплющивания) при гибке упорные ложементы станков последних моделей оборудуются специальными захватами с круговыми опорными контурами, шарнирно соединенными с ложементом. После установки упорного ложеента в рабочее положение труба зажимается на нем захватами с помощью гидравлических цилиндров.

### Станки серии ГТГ для холодной гибки труб диаметром 15–530 мм

Станки предназначены для использования широким кругом потребителей (строители, машиностроители, ремонтные и коммунальные службы) как в полевых условиях, на открытых площадках, так и в помещениях (табл. 5.13, рис. 5.24, 5.25).

Таблица 5.13

#### Техническая характеристика ГТГ

Параметры	Модели					
	ГТГ 71	ГТГ 101	ГТГ 111	ГТГ 211	ГТГ 321	ГТГ 531
Диаметр изгибаемых труб, мм	15; 25; 32; 57; 76	57; 76; 89; 102; 108	32; 57; 76; 89; 102; 114	114; 159; 168; 219	219; 273; 395	159; 168; 219; 273; 325; 377; 426; 530
Максимальный угол гибки, град	180	180	180	180	100	180
Минимальный радиус гибки номинальных диаметров труб, $D_H$	4,5	4,5	45	4,5	7,5	4,5

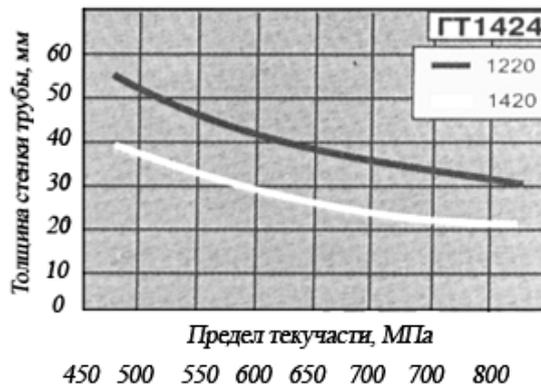
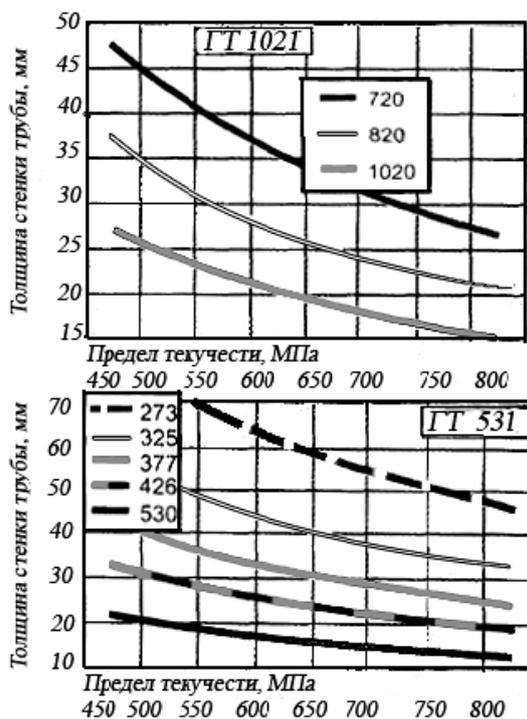


Рис. 5.24. Техническая характеристика трубогибочных станков типа ГТ [3]



Рис. 5.25. Трубогибочная машина ГТ

### Трубогибочные станки ГТ532, ГТ1022, ГТ1424

Станки предназначены для холодной гибки в полевых условиях прямошовных и бесшовных труб длиной от 8 до 24 м с наружным диаметром 219–1420 мм. Станки могут применяться при строительстве трубопроводов на трубосварочных базах. Гибка производится путем обкатки трубы по лекалу (башмаку) с помощью гибочного ложементта и системы гидроцилиндров. Станки комплектуются штатными угломерами. По дополнительной заявке возможна поставка цифровых угломеров. Для определения предельной толщины стенки изгибаемых труб в зависимости от прочности материала трубы можно использовать приведенные диаграммы. Основное отличие представленных моделей от их предшественников – трубогибов известных марок ГТ531, ГТ1021, ГТ1421 и ГТ1422 – возможность гнутья труб более высоких классов прочности и с большей толщиной стенки (табл. 5.14). Также новые мо-

дели имеют более высокую производительность, короткий гибочный ложемент, что позволяет получать отводы с меньшими радиусамигиба, особенно при использовании дорнов. Вкладыши изготавливаются на диаметры труб, необходимые заказчику [3].

Таблица 5.14

*Техническая характеристика трубогибочных станков типа ГТ [3]*

Параметры	Модели		
	ГТ 532	ГТ 1022	ГТ-1424
Наружный диаметр изгибаемых труб, max, мм	530	1020	1420
Прочие диаметры (из стандартного ряда), мм	219; 273; 325; 426	530; 720; 820	1220

В станках использован принципгиба «прямым нажатием» в горизонтальной плоскости.

Важным вопросом остается подход к «вписываемости» уложенного трубопровода в продольный профиль дна траншеи. В зарубежной практике практически все кривые вставки в нитке трубопровода изготавливаются «по месту» с помощью передвижной трубогибочной установки. Это обеспечивает полное прилегание трубопровода к дну траншеи по всей ее длине.

Кроме того, в этом случае отпадает необходимость оставлять в нитке трубопровода так называемые технологические разрывы (предназначенные для последующего монтажа кривых или варки «катушек») [2].

Гибка производится путем обкатки трубы по формирующему лекалу (башмаку) с помощью гибочного ложемента и системы гидроцилиндров. Для увеличения угла гибки, предотвращения гофрообразования и уменьшения овальности в процессе гибки применяются дорны (рис. 5.26).



*Рис. 5.26. Дорн Д1023*

Привод дорнов осуществляется от гидросистем станков. Управление дорнами дистанционное. Конструкция дорнов обеспечивает их высокую жесткость под нагрузкой. Рабочие элементы дорнов, соприкасающиеся с трубой, покрыты полиуретаном. В процессе работы комплекса после ус-

тановки трубы в трубогиб с помощью гидроцилиндров происходит ввод дорна в трубу и затем разжатие дорна и непосредственно гибка.

В процессе гибок за счет своей конструкции дорн находится постоянно в поджатом к трубе состоянии, что приводит к перераспределению усилий, возникающих при гибок, и позволяет значительно снизить гофрообразование и остаточную овальность получаемого отвода.

Управление всеми рабочими органами трубогибочного комплекса производится с пульта управления станка-трубогиба.

### Комплексы для холодного гнутья труб $\varnothing 57\text{--}1420$ мм

Трубогибочные комплексы предназначены для холодной гибок стальных спиральношовных, прямошовных и бесшовных труб с изоляцией и без нее длиной от 10 м до 24 м (рис. 5.27).

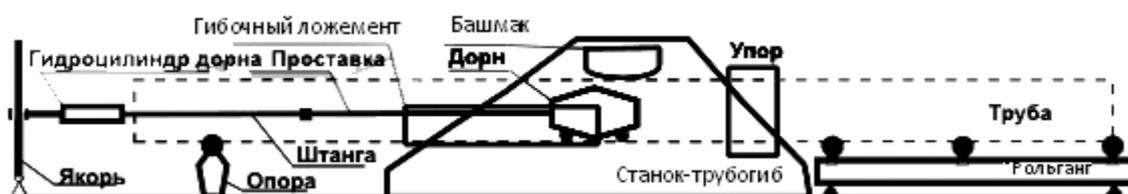


Рис. 5.27. Схема трубогибочного станка

В состав трубогибочного комплекса входит *трубогиб* с дополнительными комплектами вкладышей, *дорны* для каждого из диаметров труб и комплект вспомогательного оборудования.

Комплектация комплексов может быть различной.

В качестве базовых моделей в трубогибочных комплексах используются следующие трубогибы:

- для труб диаметром до 530 мм (или 20") – трубогиб ГТ532;
- для труб диаметром от 508 мм до 1023 мм (20"–40") – трубогиб ГТ1022;
- для труб диаметром от 914 мм до 1420 мм (36"–56") – трубогиб ГТ1424 (или ГТ1422 для  $\varnothing 1220\text{--}1420$  мм).

### Заключение

Проведен анализ грузоподъемно-монтажных машин и оборудования отечественного и зарубежного производства, рассмотрена современная продукция наиболее известных отечественных и зарубежных компаний и фирм, что позволило получить достоверную информацию о состоянии и уровне развития производства грузоподъемно-монтажных машин и оборудования в современном мире.

Современная отечественная промышленность грузоподъемно-монтажных машин и оборудования в данный момент не способна пол-

ностью обеспечить спрос своей продукции. Это побуждает отечественных потребителей закупать оборудование за рубежом, что, естественно, повышает его себестоимость. Однако уровень развития производства грузоподъемно-монтажных машин и оборудования довольно высок. Продукция отечественных производителей по качеству позволяет успешно конкурировать на мировом рынке с самыми известными зарубежными фирмами.

### **Контрольные задания**

1. Строительные краны и их основные параметры.
2. Башенные краны: конструкции, назначение.
3. Стреловые самоходные краны.
4. Трубоукладчики пневмоколесные: конструкции, область применения, основные параметры.
5. Строительные подвески, эластичные и клещевые захваты.
6. Трубоукладчики гусеничные: конструкции, область применения, основные параметры.
7. Подвески троллейные: виды, область применения.
8. Подвески-опоры типа ТПО.
9. Машины для гнутья труб.
10. Полотенца мягкие, траверсы.
11. Гусеничные плавающие краны: конструкции, область применения, основные параметры.

### **Список литературы**

1. Будзуляк Б.В., Халлыев Н.Х., Тютнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных трубопроводов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н.Х. Халлыева. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.
2. Нефтегазовое строительство: учеб. пособие для студентов вузов / Беляев В.Я. и др.; под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. – М.: ОМЕГА–Л, 2005. – 774 с.
3. Прайс-лист ОАО «Кропоткинский машиностроительный завод», 2005.
4. Прайс-лист ЗАО «Дизель-Ремонт», Брянск, 2006.
5. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
6. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.
7. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.

## 6. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Для того чтобы обеспечить длительный безаварийный срок службы трубопровода, его наружную поверхность перед укладкой в траншею и засыпкой землей покрывают изоляционным покрытием, предохраняющим металл трубопровода от коррозии. В качестве изоляционного покрытия применяются битумная мастика, наносимая на поверхность трубопровода в расплавленном виде с последующей обмоткой лентами из бумаги, стеклохолста или бризола, полимерные пленки и др. С целью обеспечения лучшей прилипаемости изоляционного покрытия к трубопроводу его поверхность перед нанесением изоляции подвергается очистке от грязи, окалины и продуктов коррозии.

Изоляционные работы следует осуществлять в соответствии с требованиями проекта, СНиП 111-42-80, СНиП 2.05.06-85, СНиП 3.04.03-85, СНиП 2.03.11-85, ГОСТ 12.3.016-87, СНиП 111-4-80, СНиП 3.01.01-85, СНиП 2.014-88, ГОСТ 25812-83 и ГОСТ 16381-77 и ВСН 004-88.

Технология изоляционных работ в трассовых условиях включает:

- подготовку изоляционных материалов;
- сушку или подогрев изолируемой поверхности;
- очистку;
- нанесение грунтовки и (или) покрытия;
- контроль качества покрытия.

Очистку поверхности трубопроводов производят самоходными очистными машинами (ВСН-008-88) (табл. 6.1).

Таблица 6.1

*Самоходные очистные машины*

Марка	Диаметр труб, мм
ОМ-113	89-168
ОМЛ-8А	168-325
ОМ-521	325-529
ОМЛ-4	631-820
ОМ-121	1020-1220
ОМ-1422	1420

Клеевые грунтовки, изоляционные ленты и обертки наносят на поверхность трубопровода, как правило, за один проход самоходными изоляционными машинами (ВСН-008–88) (табл. 6.2), комбайнами ОМ-522П, ОМ-1221П, ОМ-1423П.

Таблица 6.2

*Самоходные изоляционные машины*

Марка	Диаметр труб, мм
ИЛ-521	325–529
ИЛ-821	631–820
ИЛ-1422	1020–1420

На трубы диаметром 57–114 мм ленты и обертки наносят приспособлением ПИЛ-1, причем в этом случае поверхность подготавливают и огрунтовывают с помощью очистной машины ПО-1.

Можно применять такие импортные машины, обеспечивающие необходимую степень очистки и качественное нанесение лент и обертки.

Существуют современные машины как для выполнения отдельных операций по очистке и изоляции трубопроводов (ручные и механизированные), так и для выполнения нескольких операций, а также комплексные машины – комбайны, которые выполняют все необходимые процессы, определяемые соответствующими нормативными документами. Анализ технических средств по очистке и изоляции трубопроводов по данным [1–6], а также проспектов предприятий-изготовителей, показывает их многообразие. Основные их виды по степени выполнения различных операций приведены ниже. Машины и оборудование приведено по маркам, обозначенным разработчиками или изготовителями.

Для всего диапазона нефтепромысловых труб (диаметр 57–700 мм) существуют различные средства для очистки и изоляции.

Очистные машины в основном используют технологию механических способов очистки с помощью различных проволочных щеток, скребков, дисков. Институтом транспортно-энергетических систем Украины (ИТЭСУ) «Нефтегазстройизоляция» разработаны новые машины на основе таких методов, как водоструйная, пескоструйная и дробеструйная очистка в трассовых условиях. Качество очистки этими методами значительно выше по сравнению с традиционными механическими методами, т. е. с использованием скребков и проволочных щеток.

Примером машин, выполняющих несколько операций, являются комбайны типа ОМ. Эти самоходные машины (комбайны) для очистки и изоляции труб предназначены для одновременного удаления скребками и приводными круглыми щетками грязи, ржавчины, рыхлой окалины

с наружной поверхности трубопроводов от 89 мм до 1220 мм, нанесения грунтовки (праймера) и последующей изоляции по винтовой линии трубопроводов необходимым количеством слоев липкой полимерной ленты и защитной обертки. Машины работают в составе изоляционно-укладочной колонны на строительстве трубопроводов, имеют двигатель внутреннего сгорания и механическую трансмиссию для привода ходовых колес, ротора очистки, ротора изоляции и вентилятора, предназначенного для удаления пыли.

Машины имеют специальные площадки и лестницы для обеспечения удобства работы оператора и повышения безопасности работ. Комбайны могут комплектоваться подъемником для принятия с бровки траншеи рулонов ленты и их установки на шпули. Собственный привод от двигателя внутреннего сгорания обеспечивает автономность машины в работе, исключает необходимость использования дизельных электростанций и питающих кабелей или шлангов, исключает обрыв кабелей, порыв шлангов, повышает безопасность работы и минимизирует зависимость работы машины от работоспособности внешних источников питания. Машины способны преодолевать подъемы трубы не более 15°, проходить без ухудшений наносимой изоляции сварные стыки.

Выбор технических средств и технологий зависит от объемов и условий работ, а также поставленных задач. Многооперационные машины целесообразны для выполнения больших объемов работ при строительстве и ремонте трубопроводов (табл. 6.3).

## **6.1. Очистные машины**

### ***6.1.1. Назначение и классификация очистных машин***

Очистные машины (рис. 6.1) предназначены для удаления с поверхности трубопровода грязи, окалины и ржавчины, а также для нанесения на нее грунтовки.

Грунтовка (праймер) представляет собой раствор битума в бензине (в весовом отношении 1:2,5), наносимый на только что очищенную поверхность для предотвращения ее от окисления и обеспечения лучшей прилипаемости изоляционного покрытия.

Различают машины для очистки наружной и внутренней поверхности трубопровода. Сейчас на трассе применяются только первые, так как состояние наружной поверхности имеет решающее влияние на общую долговечность трубопровода.

Таблица 6.3

*Современные машины и оборудование для очистки и изоляции  
промысловых трубопроводов [1, 2, 3, 6]*

Группы машин	Примеры машин	Диаметр труб, мм	Выполняемые операции	Примечание
Машины, выполняющие отдельные операции	OMP724 OMP1224 OMP1223  Ручного типа: УРН-1 ПО82 OM161 OM323 OM533 ПТ-НН1220 Водоструйная Пескоструйная Дробеструйная	630, 720, 820, 1020, 1220 1020–1220  159–1020 32–89 114–168 219–325 325–530 1220	Черновая очистка от старой изоляции Снятие старых битумных и полимерных покрытий  Нанесение на трубопровод изоляционных покрытий, состоящих из полимерных лент  Нанесение изоляционного материала, защитная обертка	НПО «Август»  Завод «Транснефтемаш»  ИТЭСУ «Нефтегазстрой-изоляция» Обеспечивает качество очистки выше по сравнению с механическими методами
Машины, выполняющие несколько операций	МГ-530 МГ-820 МГ-1020 (1220) МИАБ  Машины Горячего Самоходные: ИМ151 ИМ271 ИМ531 ИМ821 ЛИТ1 ПТЛ-2 ЛИТ 531	530 820, 720 1020,1220 530, 1220  89, 108, 114, 127,  140, 159 168, 219, 254, 273, 325, 355, 377, 400, 426, 450, 480, 500, 530, 630, 710, 720, 820 114–325 57–426 57–530	Очистка наружной поверхности трубы от пыли и грязи, грунтовок Зачистка и пленочная изоляция  Наложение слоя мастики, обмотка по винтовой линии защитным материалом	«Транснефтемаш»  «Газстроймашина»
Комбайны	OM151ПАД OM321ПМ OM523ПМ OM821ПА OM1221П	89, 108, 114 168, 219, 254 325, 355, 377 630, 710 1020, 1220	Очистка, изоляция, нанесение грунтовок	«Транснефтемаш»
Комплекты машин	ИЗУК-200Г	273–325, 377–530, 720–820, 1020–1220  108–219	Очистка, изоляция, укладка в траншею	Комплект состоит из двух машин: очистной и изоляционной; НПО «Август»  ОАО «Баштрансгаз»

В зависимости от того, в каких условиях работают машины: на трассе при очистке непрерывной нитки трубопровода или на базе при очистке отдельных труб и плетей, – различают самоходные и стационарные очистные машины.

По характеру и траектории движения рабочих инструментов относительно очищаемой поверхности различают машины с поступательным, возвратно-поступательным, круговым и вращательным движением инструмента.



*Рис. 6.1. Очистная машина типа ОМ-Э*

Наибольшее распространение получили машины с поступательным движением рабочего инструмента, характеризующиеся наиболее простой кинематикой. Очистные машины должны обеспечивать высокое качество очистки, иметь высокую производительность, не оставлять на трубе риски и надрезов, не срезать здорового металла, так как это приводит к утоньшению стенок трубопровода и уменьшению сечения сварочных швов, удалять продукты очистки с поверхности трубопровода, не допускать загрязнения ими рабочего места машиниста очистной и сопутствующих машин.

Используются также гидроочистные машины (рис. 6.2).



*Рис. 6.2. Гидроочистная машина*

**Машины МГ-530, МГ-820(720), МГ-1020(1220)** [4] предназначены для очистки наружной поверхности трубы от пыли и грязи вращающимися щетками и для грунтовки нефтепроводов праймером при капитальном ремонте (табл. 6.4).

## Техническая характеристика

Основные параметры	Модели		
	МГ-530	МГ-820	МГ-1020
Диаметр изолируемого трубопровода, мм	530	720, 820	1020, 1220
Масса, кг	1180	1600	2050

**6.1.2. Рабочие инструменты трубоочистных машин**

Трубоочистные машины обрабатывают поверхность трубопровода с помощью специального очистного инструмента. Его тип и траектория движения относительно очищаемой трубы определяют конструкцию соответствующей трубоочистной машины (рис. 6.3, 6.4).

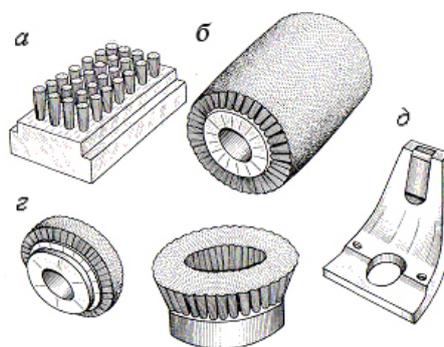


Рис. 6.3. Типы очистного инструмента:

*а – плоская щетка; б – цилиндрическая щетка; в – дисковая щетка;  
г – чашеобразная щетка; д – скребок*

Преимущественное распространение получили два типа очистного инструмента: скребки и плоские металлические щетки с проволочным ворсом. На первых очистных машинах в качестве рабочего инструмента применялись также шарошки, на которые возлагалась задача раскалывать слой плотной окалины. Однако ввиду малой долговечности и незначительной эффективности от шарошек со временем отказались.

Применение двух типов очистного инструмента обусловлено различиями в прочностных характеристиках удаляемых загрязнений. Твердые и плотные образования разрушаются и удаляются с поверхности трубы скребками, а более мягкие и рыхлые – металлическими щетками. Вследствие упругости и большого числа ворсинок щетки способны удалять загрязнения из углублений шероховатой поверхности трубопровода.

Скребок представляет собой изогнутую стальную пластину, суженную со стороны рабочей поверхности и расширенную в месте крепления. Для увеличения эффективности очистки и долговечности рабочая поверхность скребка армируется более твердым материалом, чем материал самого скребка. Армирование производится наплавкой или напайкой износостойких материалов.



*Рис. 6.4. Очистной инструмент*

Были проведены экспериментальные работы по использованию в качестве армирующего материала пластинок металлокерамических твердых сплавов. Несмотря на то, что твердость этих пластинок ниже твердости зерен литых карбидов, многие из них вследствие присущей им мелкозернистой структуры обладают гораздо меньшей склонностью к выкрашиванию и излому зерна, чем наплавляемые материалы типа релита.

Экспериментальные работы подтвердили целесообразность оснащения скребков пластинами твердых сплавов группы ВК. Соответственно была изменена конструкция самого скребка. В его рабочей части фрезеруется паз, в который заподлицо с торцевой и внутренней поверхности скребка устанавливается и припаивается пластина твердого сплава. Такая конструкция предохраняет пластину от скола и предотвращает возможность повреждения тела трубы углом пластины (появление глубоких рисок).

Эксплуатация скребков нового типа (марки СПС), оснащенных пластинами металлокерамического твердого сплава марки ВК-8, показала, что их стойкость во много раз превышает стойкость скребков, наплавленных релитом.

Для очистки внешней поверхности трубопроводов кроме скребков применяют плоские и круглые металлические щетки. Плоские щетки получили преимущественное распространение на самоходных трубоочистных машинах, а круглые – на стационарных.

Плоская щетка представляет собой пластмассовую или металлическую колодку, в которую заделывается ворс из стальной закаленной проволоки.

Так как для всех серийно выпускаемых машин характерно поступательное движение очистного инструмента, щетка движется относительно очищаемой поверхности в одном направлении. Это приводит к одностороннему искривлению (залеганию) ворса, в результате чего он изнашивается с одной стороны и качество последующей очистки ухудшается. Увеличение прижима щетки к поверхности способствует еще большему залеганию ворса, износу его по боковой поверхности с увеличенным расходом мощности на трение, приводящее к нагреву и отпуску проволоки, что, в свою очередь, ускоряет износ.

Более эффективна работа плоских щеток при возвратно-поступательном или круговом характере их движения, так как периодическое изменение наклона ворса приводит к меньшему и более равномерному износу щетки и улучшению степени очистки трубопровода, что позволяет ворсу очищать любые неровности.

Круглые щетки подразделяются на цилиндрические, дисковые и чашеобразные.

Цилиндрические щетки характеризуются значительной шириной и имеют длинный ворс. Они устанавливаются попарно на шпинделе стационарной очистной машины и приводятся во вращение от электродвигателя через клиноременную или другую передачу. Труба медленно поворачивается во вращателях навстречу движениям щетки. Подача щеток производится медленным перемещением очистной машины вдоль трубы по рельсовому пути. Цилиндрические щетки обеспечивают качественную очистку при хорошей износостойкости самого инструмента, что объясняется, в частности, благоприятными условиями для охлаждения ворса щеток.

Дисковые щетки (иглофрезы) характеризуются незначительной шириной и коротким жестким ворсом. Щетки этого типа не получили распространения при очистке трубопроводов, так как производят излишнюю механическую обработку очищаемой поверхности, срезая здоровый металл и сварочные швы.

Чашеобразные (торцевые) щетки, применяемые некоторыми зарубежными фирмами, также не получили распространения в связи с усложнением кинематики трубоочистных машин.

### **6.1.3. Машины для очистки в комплекте с ручными приспособлениями**

ОАО «СКБ «Газстроймашина» (г. Санкт-Петербург) разработало и изготавливает ручные приспособления типа РПИ для изоляции труб. Размерный ряд приспособлений обеспечивает возможность изоляции труб всего диапазона диаметров в пределах от 32 мм до 530 мм включительно (табл. 6.5).

Таблица 6.5

*Область применения приспособлений типа РПИ*

Параметры	Тип ручного приспособления			
	РПИ81М	РПИ 161М	РПИ 321М	РПИ531М
Рекомендуемый тип приспособления или машины для очистки труб для совместной работы с РПИ	ПО 82	МО 161, ОМ 161	ОМ 323	ОМ 533
Диаметр обрабатываемых труб, мм	32–89	114–168	219–325	325–530
Масса, кг	23	25	59	59

Приспособления предназначены для нанесения на трубопроводы изоляционных покрытий, состоящих из полимерных лент. Используя приспособление, можно нанести на трубопровод однослойное или двухслойное покрытие.

Эксплуатация приспособлений РПИ совместно с очистными машинами разработки ОАО дает ряд преимуществ по сравнению с технологией укладки трубы изоляционно-укладочной колонной:

1. Отпадает необходимость в нескольких трубоукладчиках сопровождения – в одном или двух, в зависимости от диаметра изолируемого трубопровода.
2. Сокращается количество работающих.
3. Достигается оптимальное использование технических и трудовых ресурсов.

ОАО «СКБ «Газстроймашина» имеет лицензию Госгортехнадзора России за номером 10П–99/5017 на право проектирования данного типа техники.

### **Приспособление ремонтное ГАРС 1223**

Применяется при производстве ремонтно-восстановительных работ на действующих трубопроводах без прекращения подачи газа с применением гибких анизотропных стеклопластиков.

## **6.2. Изоляционные машины**

### **6.2.1. Назначение и общее устройство изоляционных машин**

Машины изоляционные предназначены для нанесения грунтовок, липких лент и комбинированных покрытий типа «Пластобит» на наружную поверхность магистральных трубопроводов диаметрами 317–1220 мм при капитальном ремонте с заменой изоляции и ремонте с заменой труб (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Изоляционная машина типа МИАБ

**Изоляционные машины типа МИАБ** [4] предназначены для нанесения пластичного изоляционного материала (мастики на основе битумов) на наружную поверхность трубы методом экструдирования с одновременным нанесением защитной пленки. Используются при капитальном ремонте по замене изоляционного покрытия на действующем нефтепроводе в условиях траншеи (табл. 6.6).

Таблица 6.6

*Техническая характеристика*

Основные параметры	Модели	
	МИАБ-530	МИАБ-1220
Диаметр изолируемого трубопровода, мм	530	1220
Масса, кг	1450	1850

**Изоляционная машина для нанесения битумно-мастичной изоляции ПТ-НН 1220И**

Назначение машины – нанесение пластичного изоляционного материала (на основе битумов) методом экструдирования с одновременным нанесением защитной ленточной обертки на поверхность трубопровода диаметром 1220 мм при капитальном ремонте по замене изоляционного покрытия на действующих трубопроводах.

Машина применяется в комплексе с грунтоочной машиной, автоматизированным плавильным электрическим котлом, а также с другими машинами, выполняющими комплекс работ, связанных с капитальным ремонтом в условиях траншеи.

Технические характеристики машины

Масса, кг, не более .....	2980
Диаметр изолируемой трубы, мм .....	1220

### 6.2.2. Изолировочно-очистные комбайны [3]

Самоходные машины (комбайны) для очистки и изоляции труб (рис. 6.6) предназначены для одновременного удаления скребками и приводными круглыми щетками грязи, ржавчины, рыхлой окалины с наружной поверхности трубопроводов диаметром от 89 мм до 1220 мм, нанесения грунтовки (праймера) и последующей изоляции по винтовой линии трубопроводов необходимым количеством слоев липкой полимерной ленты и защитной обертки (табл. 6.7). Машины работают в составе изоляционно-укладочной колонны на строительстве трубопроводов. Машины имеют двигатель внутреннего сгорания и механическую трансмиссию для привода ходовых колес, ротора очистки, ротора изоляции и вентилятора, предназначенного для удаления пыли. Трансмиссия машин – механическая.



Рис. 6.6. Очистная машина ОМ523ПМ

Таблица 6.7

Техническая характеристика комбайнов серии ОМ  
(Кропоткинский машиностроительный завод)

Параметры	Модели				
	ОМ151ПАД	ОМ321ПМ	ОМ523ПМ	ОМ821 ПА	ОМ1221П
Диаметр обрабатываемых труб, мм	89; 108; 114	168; 219; 2544	325; 355; 377	630; 710	1020; 1220
	127; 140; 159	273; 325	426; 480; 500; 53030	720; 820	
Двигатель:	ТМЗ-50Д	Д144	А41	А41	А01М
мощность, кВт (л.с.)	8 (11)	37 (50)	70 (100)	70 (100)	96 (130)
масса, кг	600	2350	5100	6200	12500

При использовании специальной конструкции шпульт на комбайнах также могут использоваться материалы с удаляемой подложкой (типа «ЛИАМ» и др.)

### 6.2.3. Самоходные изоляционные машины [3]

Самоходные изоляционные машины предназначены для наложения слоя битумно-резиновой мастики, в т. ч. покрытий типа «Пластобит» на наружную поверхность трубопровода с обмоткой по винтовой линии защитным рулонным материалом (табл. 6.8).

Таблица 6.8

#### Техническая характеристика

Параметры	Модели			
	ИМ 151	ИМ 271	ИМ 531	ИМ 821
Диаметр обрабатываемых труб, мм	89; 108; 114; 127; 140; 159	168; 219; 254; 273	325; 355; 377; 400; 426; 450; 480; 500; 530	630; 710; 720; 820
Двигатель:	Д-300	УД-25С	Д144	Д144
Мощность, кВт (л. с.)	4,8(6,5)	5,9(8)	37(50)	37(50)
Скорость, км/ч	0,4–0,8	0,4–0,88	0,17–0,8	0,2–1,0
Частота вращения, об/мин	1000	3000	1800	1800
Ширина рулонного материала, мм	100–200	200–250	350–500	350–500
Нахлест, мм	20–30	20–30	30–50	30–50
Количество шпульт	2	2	4	4
Параметры	Модели			
	ИМ 151		ИМ 151	
Объем битумной ванны, л	200	300	1200	1200
Габаритные размеры, мм:				
длина	2350	2350	3600	3700
ширина	1000	1040	1800	2200
высота	1600	1880	3400	3700
Масса, кг	398	745	3450	6000

#### 6.2.4. Технологические линии для изоляции труб

Технологические линии предназначены для предварительной сушки труб, удаления грязи, ржавчины и рыхлой окалины с наружных поверхностей стальных труб и нанесения на них защитных покрытий из липких полимерных лент, битумно-резиновых или других видов защитных покрытий. Основное назначение линий – для обустройства нефтяных и газовых промыслов, а также при прокладке трубопроводов в промышленном и гражданском строительстве (рис. 6.7, табл. 6.9).

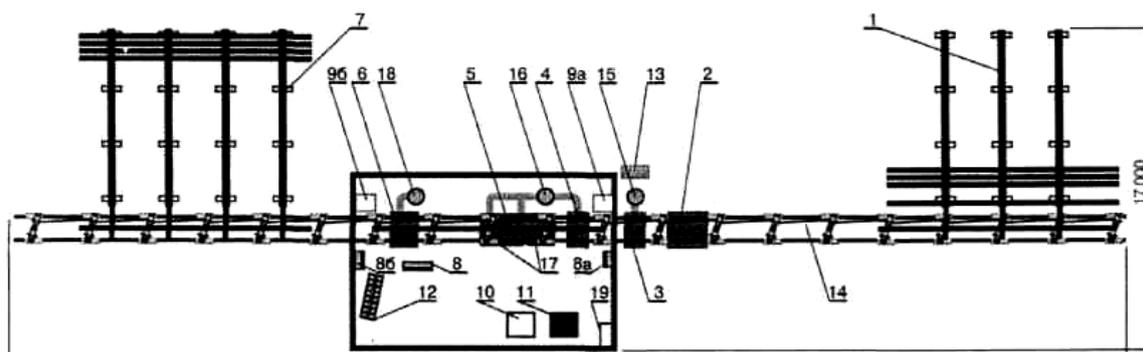


Рис. 6.7. Схема ЛИТ-531:

- 1 – стеллаж неизолированных труб; 2 – печь нагрева; 3 – установка очистки;  
 4 – пост нанесения праймера; 5 – пост подсушивания праймера;  
 6 – пост нанесения пленочной изоляции; 7 – стеллаж изолированных труб;  
 8 – главный пост управления; 8а – пост управления; 8б – пост управления;  
 9а – гидростанция; 9б – гидростанция; 10 – станок резки рулонов пленки;  
 11 – стеллаж для рулонов пленки; 12 – стеллаж для рулонов пленки;  
 13 – бак с дизельным топливом; 14 – рольганг подачи трубы;  
 15 – циклон с вытяжным устройством; 16 – вытяжное устройство;  
 17 – обогреватели; 18 – вытяжное устройство; 19 – электрошкаф

Таблица 6.9

Техническая характеристика ЛИТ-531

Диаметр изолируемых труб, мм	57–530
Длина обрабатываемых труб, м*	12
Масса, кг	39500

Примечание. \* По требованию заказчика возможно изготовление линии для трубных секций длиной до 36 м.

Оборудование для строительства и ремонта нефтегазопроводов выпускаемое ОАО Кропоткинский машиностроительный завод, 2007 г.

## **Заключение**

В настоящее время накоплен определенный опыт в разработке оборудования различного типа для очистки и изоляции трубопроводов.

Существуют современные машины как для выполнения отдельных операций по очистке и изоляции трубопроводов, так и комплексные машины – комбайны. Последние целесообразны для выполнения больших объемов работ при строительстве трубопроводов.

Разработаны проекты различных мобильных линий. Оборудование просто в эксплуатации, для запуска его в работу необходим минимум капитальных затрат.

Новые мобильные линии обеспечивают:

- высокое качество очистки поверхности изолируемых труб под изолирующие материалы;
- удобство монтажа и демонтажа оборудования;
- возможность доставки оборудования к месту производства работ любыми транспортными средствами.

## **Контрольные задания**

1. Назначение и классификация очистных машин.
2. Рабочие инструменты (органы) очистных машин.
3. Очистные машины.
4. Назначение и общее устройство изоляционных машин.
5. Изолировочно-очистные комбайны.
6. Самоходные изоляционные машины.
7. Линии для изоляции труб.

## **Список литературы**

1. Нефтегазовое строительство: учеб. пособие / Беляев В.Я. и др.; под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. – М.: Омега-Л, 2005. – 774 с.
2. Будзуляк Б.В., Халлыев Н.Х., Тютнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов: учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004.
3. Каталог выпускаемого специализированного оборудования. – ОАО «АК «Транснефть», 2005.
4. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
5. Проспект. Оборудование для строительства и ремонта нефтегазопроводов. – Крпоткинск: ОАО «Крпоткинский машиностроительный завод», 2006.
6. Промысловые трубопроводы и оборудование: учеб. пособие для вузов / Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Гумеров А.Г. и др. – М.: Недра, 2004. – 662 с.

## 7. МАШИНЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ ТРАНШЕЙНЫМ И БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ

Предлагаются для рассмотрения машины для сооружения подводных переходов траншейным и бестраншейным способом.

Бестраншейный способ при строительстве подводных переходов предполагает использование метода наклонно-направленного бурения, имеющего ряд несомненных достоинств. Бестраншейная прокладка трубопроводов методом направленного бурения является наиболее перспективной в технико-экономическом и экономическом аспектах. Метод бестраншейной проходки направленным бурением может быть применен при прокладке трубопроводов и коллекторов под реками, озерами, болотами, различными инженерными сооружениями, в том числе под другими трубопроводами при обустройстве нефтегазопромыслов, при прокладке трубопровода с берега в открытое море под полосой прибоя, при соединении шельфового трубопровода с береговым и т. д.

Строительство подводных переходов траншейным способом можно разделить на четыре основных вида работ: рытье подводной траншеи, монтаж и изоляция трубопровода, укладка трубопровода в траншею, засыпка траншеи.

Все эти операции выполняются специальными машинами и механизмами. Существующие машины по роду работы можно разделить на следующие четыре группы: машины для производства земляных работ, машины для изоляции и утяжеления труб, оборудование для укладки трубопроводов в траншею, вспомогательное оборудование.

### Терминология

**Земснаряды** – специально оборудованные самоходные и несамоходные суда, предназначенные для разработки грунта на дне водоема.

**Подводные трубозаглубители** – машины, предназначенные для разработки подводных траншей непосредственно под выложенным по дну трубопроводом.

**Рабочие органы земснарядов** – сложные агрегаты, включающие несколько самостоятельных устройств для разрушения (разрыхлители) и эвакуации грунта, имеющих общий или индивидуальный привод.

**Папильонирование** – движение земснарядов с боковыми перемещениями.

### 7.1. Оборудование для бестраншейной прокладки трубопроводов под водными преградами методом наклонно-направленного бурения (ННБ)

За рубежом сооружение магистральных нефтегазопроводов через водные преграды осуществляется в основном **бестраншейным способом с применением установок направленного бурения** (рис. 7.1). Его преимущества перед традиционными технологиями неоспоримы. Среди них следует выделить:

- наименьший экологический ущерб окружающей среде;
- исключение работ по разработке подводных траншей, их засыпке, устройству берегового укрепления;
- увеличение надежности за счет того, что труба укладывается в массив ненарушенного грунта на большую глубину;
- сокращение эксплуатационных затрат за счет исключения водолазных обследований и необходимости периодических работ по ликвидации размывов трубопроводов;
- сохранение естественного ландшафта и многое другое.



*Рис. 7.1. Установка наклонного бурения Vermeer D24 × 40 Series II Navigator*

В настоящее время уже около 30 зарубежных фирм выпускают целый ряд установок для направленного бурения. Более 20 тыс. таких установок находятся в эксплуатации. Самая мощная из них обеспечивает бурение скважин под трубопровод диаметром 1400 мм на расстояние до 1,5 км (табл. 7.1).

Таблица 7.1

## Техническая характеристика буровых установок

Параметры	Тип установки						
	8/60 JetTrac	DD-40	DD-160T	3000.9	Cherrington 60/300R	УББПТ-1	Д-450А
Ширина, м	1,8	1,38	2,44	3,3	Модульного исполнения (по станине 2,4 × 13)	3,6	3,2
Длина, м	5,9	5,5	14,68	16		19,4	18
Масса, т	4,6	3,65	36,5	70	18	84	56
Тяговое (тол- кающее) уси- лие, т	10,2	18,2	72,6	300	320	2000	100
Диаметр про- ходки, мм	57– 175	100– 500	200– 800	800– 1400	200–1400	1000	114– 219
Макс. длина бурения, м	280	500	900	1800	2000	2000	800
Макс. расши- рение, мм	440	600	1500	14000	1600	800	530
Глубина изме- рения прибо- ром от по- верхности, м	До 10	До 10			До 20	–	–
Давление бу- рового раство- ра, кгс/см <sup>2</sup>	103	85	65– 105		1–350	–	–
Удельный рас- ход бурового раствора, л/мин	115	340	760– 1250		185–460	–	–
Объем резер- вуара бурово- го раствора, м <sup>3</sup>	3,5– 4,0	4,5	19		36,6	20	10
Расширители	160– 500	200– 600	400– 800	600– 1800	711–1600	300–800	200– 530
Двигатель, л.с.	2 × 80				3 × 577	–	–

При выполнении трубопроводного перехода процесс ННБ состоит из трех основных этапов (рис. 7.2–7.4). Во-первых, бурится пилотная скважина уменьшенного диаметра с входной стороны на выходную. Затем ствол скважины расширяется с тем, чтобы в нее можно было затащить дюкер увеличенного диаметра. И на последнем этапе дюкер протаскивается через скважину с выходной стороны на входную.



Рис. 7.2. Бурение пилотной (лидерной) скважины

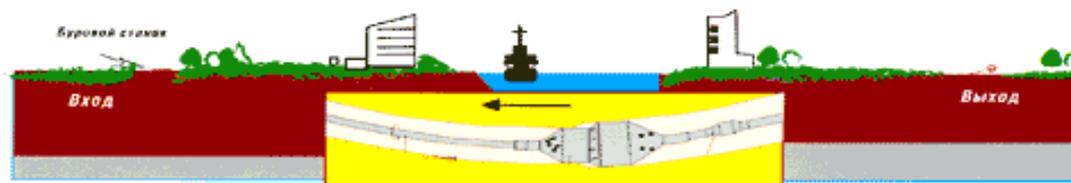


Рис. 7.3. Расширение скважины

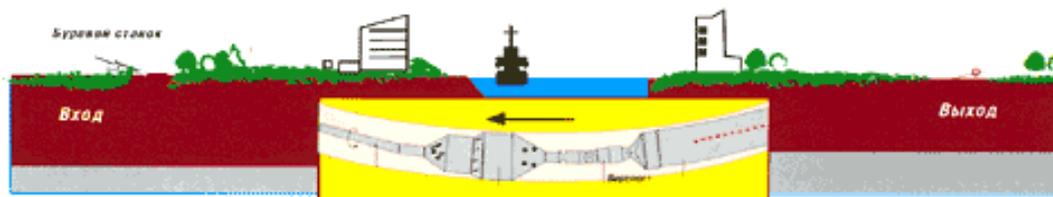


Рис. 7.4. Протаскивание трубопровода

## 7.2. Машины для подводно-технических работ

При строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов, кроме требований проекта и ВСН 010–88, должны соблюдаться требования СНиП 2.05.06–85, СНиП III-42–80, СНиП 3.02.01–87, СНиП IV–5–84, СНиП 3.01.01–85, СНиП 3.01.03–84, а также стандартов и инструкций, утвержденных или согласованных Госстроем СССР, регламентирующих производство и приемку отдельных видов общестроительных и специальных работ в комплексе строительства магистрального трубопровода. При производстве работ в охранной зоне действующих магистральных трубопроводов работы должны вестись с соблюдением требований «Правил безопасности при эксплуатации магистральных трубопроводов», утвержденных Мингазпромом СССР, и «Инструкции по производству строительных работ в охранных зонах магистральных трубопроводов» ВСН 51-1–80 / Мингазпром.

Перед началом земляных работ необходимо обследовать участки дна реки или водоема. Обнаруженные препятствия в виде топляков и отдельных валунов следует устранить отмывкой гидромониторами (грунтососами) с последующим подъемом плавучими грузоподъемными средствами при участии водолазов.

При устройстве подводной траншеи участок, подвергающийся интенсивному заносу, разрабатывают в последнюю очередь, непосредственно перед укладкой трубопровода.

Для устройства подводных траншей можно применять:

- землечерпательные ковшовые снаряды;
- землесосные рефулерные снаряды;
- гидромониторно-эжекторные снаряды;
- канатно-скреперные установки;
- взрывной способ.

Тип механизма для выемки подводного грунта следует выбирать в зависимости от его физико-механических свойств, объема выемки, гидрологического режима, условий судоходства, глубины водоема, периода (времени года) производства работ.

Плавучие грунторазрабатывающие снаряды следует выбирать с учетом продолжительности навигационного периода и времени буксировки снаряда на объект.

В случае разработки траншей через судоходные реки и водохранилища (при больших объемах и глубинах) рекомендуется совмещать работу высокопроизводительных земснарядов, имеющих недостаточную глубину опускания рамы, с работой специальных земснарядов меньшей производительности, но с большей глубиной опускания рамы для разработки подводных траншей до проектных отметок.

Разработку траншей на прибрежных участках следует выполнять бульдозерами и экскаваторами с учетом обводненности грунтов и правил техники безопасности.

Разработку траншей на заболоченных поймах следует, как правило, начинать с урезной части перехода для обеспечения стока воды в реку и дренирования пойм.

После выполнения земляных работ к наряд-заданию следует прилагать план подводного перехода.

Для разработки и извлечения тяжелых и скальных грунтов при строительстве подводных переходов следует применять:

- на береговых и урезных участках русел рек – сухопутную землеройную технику с навесным оборудованием (экскаваторы и бульдозеры);

- на русловых участках – плавучие одночерпаковые земснаряды (штанговый, гидравлический), многочерпаковые земснаряды.

Подводная разработка тяжелых грунтов различной прочности может производиться земснарядами, КСУ (канатно-скреперные установки) и грейферами с предварительным рыхлением (частичным или сплошным) механическим или взрывным способами в обоснованных проектом случаях.

На крупных переходах с большим объемом разработки тяжелых и скальных грунтов работу земснарядами необходимо выполнять в соответствии с проектом производства работ или индивидуальной технологической картой, которую разрабатывает строительная организация перед началом работы с учетом фактических условий на переходе.

При строительстве переходов с большим объемом разработки тяжелых и скальных грунтов тип механизмов для работы на береговых и русловых участках следует выбирать на основании технико-экономических расчетов, с учетом себестоимости рыхления, извлечения и удаления грунта различными механизмами, которые использованы на данном переходе (табл. 7.1).

Необходимость производства взрывных работ при устройстве подводных траншей на переходах устанавливает проектная организация с учетом требований по охране окружающей среды и техники безопасности.

Подводные взрывные работы могут быть выполнены методами накладных, шпуровых и скважинных зарядов. При выборе способа взрывных работ следует учитывать:

- сохранность расположенных рядом сооружений;
- гидрологические и геологические условия на участке подводной траншеи;
- расчетную глубину подводной траншеи;
- влияние взрывов на ихтиофауну.

Методы взрывных работ, максимальную массу взрывааемых зарядов и безопасное расстояние определяет проектная организация и указывает их в проекте организации строительства подводного перехода.

Заряды следует укладывать на скальное дно водоема, очищенное от илистых и песчаных наносов. Очистку от наносов выполняют гидромониторами или грунтососами. Рекомендуется использовать заряды взрывчатых веществ направленного действия.

При разработке подводных траншей осуществляют постоянный метрологический контроль качества выполнения работ.

### 7.2.1. Машины для производства земляных работ

По производительности оборудование для подводных земляных работ подразделяют на средства малой (до 10 м<sup>3</sup>/ч), средней (до 100 м<sup>3</sup>/ч) и большой (свыше 100 м<sup>3</sup>/ч) производительности.

Широко используются при выполнении ремонтно-восстановительных работ механизмы, к которым относятся гидравлические и пневматические грунтососы. Они конструктивно просты и удобны в эксплуатации, недостатком является небольшой КПД (до 25 %).

Для отсасывания ила, мелкого гравия, рыхлой глины, песка и даже небольших камней используют гидроэлеваторы. Они имеют значительные преимущества при проведении подводных работ, особенно в стесненных условиях. Гидроэлеватор состоит из смесительной камеры (чаще всего цилиндрической формы), к которой с обеих сторон крепятся два полых элемента в виде усеченных конусов – диффузор и конфузор. Гидроэлеватор с кольцевой насадкой позволяет отсасывать крупные включения – небольшие камни и гальку.

При выполнении земляных работ на глубинах свыше 3 м целесообразно применять эрлифты (табл. 7.2). Наиболее производительны они работают на глубинах более 8 м.

Таблица 7.2

*Техническая характеристика эрлифтов*

$H + h$ , м	$H$ , м	Скорость выхода пульпы, м/с	Производительность по грунту, м <sup>3</sup> /ч
3	2	3,46	2,0
4	3	4,35	2,65
5	4	5,00	3,05
6	5	5,50	3,35
7	6	5,95	3,60

*Примечания:* 1. Диаметр всасывающей трубы 75 мм.

2. Уровень выброса пульпы превышает уровень воды на 1 м.

Под машинами для производства земляных работ здесь подразумеваются машины для разработки и засыпки подводных траншей. Подводные траншеи разрабатываются земснарядами, скреперными установками, экскаваторами, подводными трубозаглубителями и другими механизмами. Выбор применяемого оборудования определяется характером водной преграды: типом разрабатываемого грунта, глубиной и шириной водоема, параметрами подводной траншеи, гидрологическим режимом водной преграды и т. д. Земснаряды используются при сооружении переходов трубопроводов через судоходные реки, при строитель-

ве переходов через несудоходные реки часто применяются канатно-скреперные установки, а также более производительные скреперно-землесосные установки.

Разработка подводных траншей по дну малых рек часто выполняется спаренными одноковшовыми экскаваторами или независимыми экскаваторами с предварительным сужением русла реки с обоих берегов при помощи бульдозера путем перемещения в русло земляных насыпей с последующим размещением на них экскаваторов.

Разработка подводных траншей в неглубоких водоемах может вестись также экскаваторами, смонтированными на баржах, расчаленных заякоренными канатами и перемещаемых при помощи выбирания и травления соответствующих канатов.

**Земснаряд (землесосный снаряд)** – плавучее средство для подводной разработки грунтов и добычи нерудных материалов (песка, гравия) со дна водоемов. Земснаряд оборудуется средствами для рабочих перемещений, транспортировки гидросмеси (пульпы) по пульпопроводам к месту укладки.

**Земснаряды подразделяются на следующие типы:**

- по рабочему органу – на землесосные, эжекторные, шнековые, эрлифтные;
- по рабочим перемещениям – якорно-тросовые, свайно-тросовые, свайные и с помощью двигателей;
- по типу рыхлителя грунта на землесосных, эжекторных и эрлифтных – фрезерный, гидравлический или фрезерно-гидравлический (редко применяются шнековые, вибрационные и другие рыхлители грунта);
- по способу транспортирования грунта – в собственном трюме (трюмный земснаряд), по плавучему и береговому пульпопроводам, по подвесному пульпопроводу, по лонгкулуару (длинному лотку), в шаландах, в бункерных баржах;
- по типу привода рабочего органа – дизельные, дизель-электрические, электрические дизель-гидравлические, дизель-электрогидравлические.

**Область применения земснарядов:**

- дноуглубительные работы;
- намыв плотин, дамб и пляжей;
- добыча строительных материалов и полезных ископаемых;
- разработка золо- и шлакохранилищ ТЭЦ;
- очистка каналов, рек и различных водоемов, промышленных и сельскохозяйственных отстойников;

- разработка подводных траншей под закладку трубопроводов (дюкеров) и кабелей, а также их замыв;
- намыв дорог и площадей под промышленное и гражданское строительство.

Технические средства для разработки подводных траншей, предусмотренные в ППР, рекомендуется выбирать с учетом группы грунтов, глубины водоема, объемов земляных работ согласно ВСН 010–88 (табл. 7.3).

Таблица 7.3

*Технические характеристики землесосных снарядов*

Механизмы	Рекомендуемая группа разрабатываемого грунта	Максимальная глубина, м	Рекомендуемый объем, тыс. м <sup>3</sup>
Землесосные снаряды типа:			
«Ямал», «Крым»	I–IV	20–25	300
«Подводник-2»	I–IV	25	100
ТЗР-251, ТЗР-151	I–IV	15–25	50
ЗРС-Г; ЛС-27	I–IV	9	До 50
ДГС-150	I–IV	12	5
Грунтососы и гидромониторы	I–IV	40	До 5
Одноковшовые и многочерпаковые земснаряды типа:			
«Самотлор»	I–VII	20	100
«Байкал»	I–VII	23	30
«Подводник-I»	I–VII	20	50
«Подводник-III»	I–VII	18	30
Канатно-скреперные установки	Не ограничена		До 10

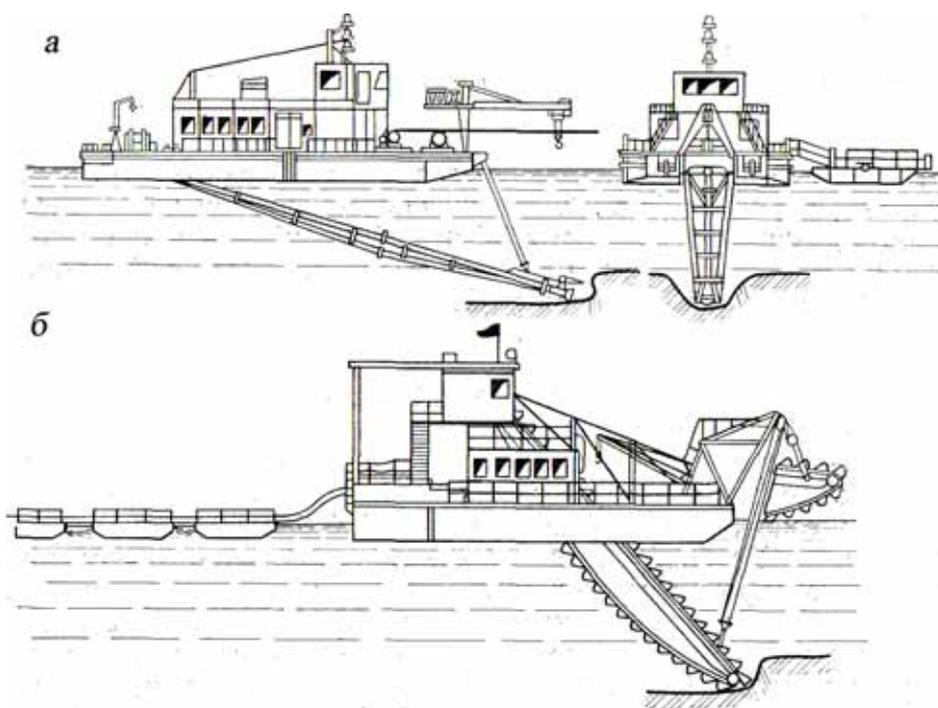
По принципу разработки и эвакуации грунта земснаряды подразделяются на землесосные и землечерпательные снаряды, схематично указанные на рис. 7.5.

Землесосные снаряды (землесосы) всасывают грунт вместе с водой (пульпу) через трубу, грунтозаборный наконечник которой располагается в непосредственной близости от разрабатываемого участка дна.

Землечерпательные снаряды представляют собой устройства с механическим способом отделения и подъема грунта с помощью черпаков (ковшей и грейферов) и бывают одночерпаковые и многочерпаковые.

К земснарядам, предназначенным для разработки траншей, предъявляются следующие основные требования:

- земснаряды должны быть работоспособными на больших и малых глубинах;
- земснаряды должны быть разборной конструкции, допускающей их транспортировку автомобильным или железнодорожным транспортом;
- важна высокая производительность земснарядов, так как кроме необходимости сохранять общий темп строительства трубопровода имеется также опасность быстрого заноса траншеи илом.



*Рис. 7.5. Земснаряды:  
а – землесосный; б – землечерпательный*

Обычно земснаряды строят отдельно для речных, озерных, и морских условий работы. Они отличаются друг от друга очертаниями, прочностью и высотой борта.

### **Последовательность выполнения работы**

Земснаряд устанавливается в начале участка. Его рабочий орган опускается на дно и по мере разработки грунта все глубже погружается в образуемую воронку до отметки, называемой величиной заглубления (от поверхности дна), после чего весь земснаряд начинает двигаться вперед, в результате на дне образуется уже не воронка, а траншея.

Разрушенный грунт, смешиваясь с водой, образует пульпу, которая сбрасывается по течению или грузится в баржи и увозится.

Чтобы траншея дольше сохраняла свою форму, не обваливалась и в определенной степени противостояла течению, ее стенки должны быть

пологими. Формирование траншеи необходимого профиля производится не только продольными, но и поперечными движениями земснаряда. Он движется поступательно, совершая одновременно последовательные перемещения вправо и влево.

Рабочие перемещения земснаряда осуществляются при помощи якорей, якорных канатов и оперативных лебедок.

Типичная схема раскладки рабочих якорей изображена на рис. 7.6. Передний становой якорь 4 заводится вперед, по направлению хода земснаряда, задний становой якорь 1 – в противоположном направлении. Правые папильонажные якоря 5 и 6 сбрасываются за правой боковой границей участка, а якоря 2 и 3 (левые папильонажные) – за другой боковой границей участка. Слабина канатов выбирается вращением барабанов оперативных лебедок. Выбирая и стравливая соответствующие якорные канаты, можно совершить все необходимые рабочие перемещения. Управление лебедками – дистанционное и сосредоточено в багерской.

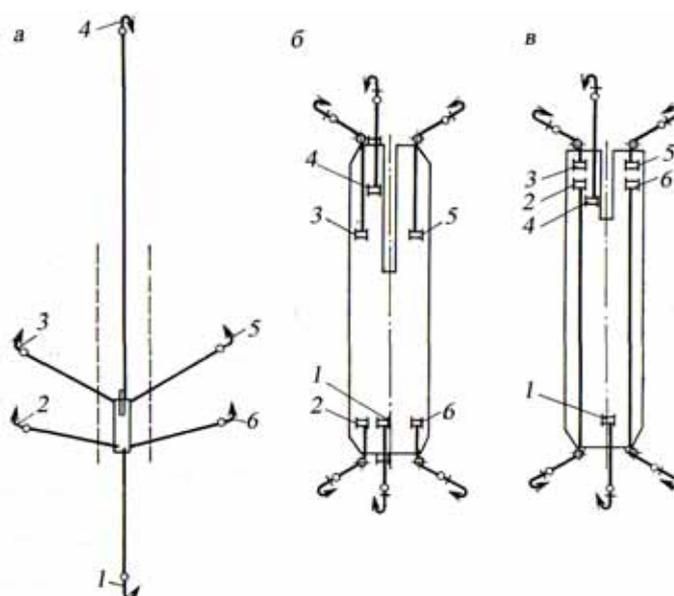


Рис. 7.6. Схема раскладки якорей и расположения оперативных лебедок

Схемы размещения лебедок на палубе снаряда могут быть различными. Из них наиболее распространенными являются изображенные на рис. 7.6, б, в. Схема на рис. 7.6, б характерна тем, что все передние лебедки (становая 4, правая папильонажная 5 и левая папильонажная 3) сосредотачиваются на носовой оконечности снаряда, а все задние (становая 1, правая папильонажная 6 и левая папильонажная 2) располагаются в корме.

Как показал опыт эксплуатации земснарядов, очень важно, чтобы багермейстер держал в поле зрения все папильонажные лебедки. Поэтому на больших земснарядах часто применяется вторая схема расстановки (рис. 7.6, в), по которой на корме остается только задняя стантовая лебедка. Некоторым недостатком такой схемы является то, что проводку канатов задних папильонажных лебедок приходится тянуть почти по всей длине корпуса снаряда.

### ***Рабочее оборудование земснарядов***

Назначение рабочего оборудования земснаряда – разрушение грунта, удаление его из забоя и формирование траншеи. Существуют следующие способы разрушения и транспортирования грунта: гидравлические, механические, комбинированные. Наиболее эффективным является применение комбинированных способов, например механическое разрушение грунта и гидравлическое его транспортирование из зоны забоя.

#### ***7.2.2. Подводные трубозаглубители***

Для ускорения темпа строительства подводных переходов, уменьшения объема земляных работ и увеличения глубины прокладки трубопроводов возникает необходимость их укладки непосредственно на дно с последующей разработкой траншеи под трубопроводом и постепенным спуском в нее трубопровода.

Машины, предназначенные для разработки подводных траншей непосредственно под выложенным по дну трубопроводом, называются *подводными трубозаглубителями*. Для успешной работы подводного трубозаглубителя поверхность уложенного по дну трубопровода должна быть обетонирована. При заглублении трубопровода одной и той же длины и диаметра на одну и ту же глубину при прочих равных условиях трубозаглубители должны вынуть грунта в четыре-пять раз меньше, чем земснаряды.

Подводный трубозаглубитель (рис. 7.7) состоит из энергетической базы и рабочего органа. Энергетическая база предназначена для снабжения энергией рабочего органа и обеспечения передвижения по трубопроводу.

На рис. 7.7, а изображен трубозаглубитель, энергобазой которого является земснаряд ТЗР-25. Рабочий орган трубозаглубителя предназначен для выполнения основной операции – заглубления трубопровода. Применяются два типа рабочих органов – фрезерно-гидравлический и гидроэжекционный. Рабочий орган фрезерно-гидравлического типа (рис. 7.7, б) представляет собой подводный траншеекопатель, разрабатывающий траншею под выложенным по дну трубопроводом при помощи специальных фрез. Расположение фрез выполнено таким образом,

чтобы агрегат имел двусторонний рабочий ход. Рабочий орган выполняется из двух одинаковых поворотных половин, соединенных шарнирно с центральной частью и охватывающих трубопровод. Гидроэжекционный рабочий орган (рис. 7.7, в) представляет собой подводный механизм порталного типа на салазках, охватывающий трубопровод сверху и снабженный гидравлическими рыхлителями и гидроэлеваторами, расположенными симметрично по обеим его сторонам. Рабочий орган любого типа соединяется с энергетической базой при помощи стальных тросов и гибких шлангов. В процессе заглубления трубопровода рабочий орган передвигается по нему на роликах при помощи энергетической базы, которая перемещается поверху водоема с помощью оперативных лебедок. Передвигаясь по трубопроводу, трубозаглубитель разрабатывает под ним траншею, в которую тот опускается под действием собственной массы, массы трубозаглубителя и пригрузки, равномерно расположенной вдоль трубопровода. По окончании трубозаглубительных работ рабочий орган поднимают на поверхность.

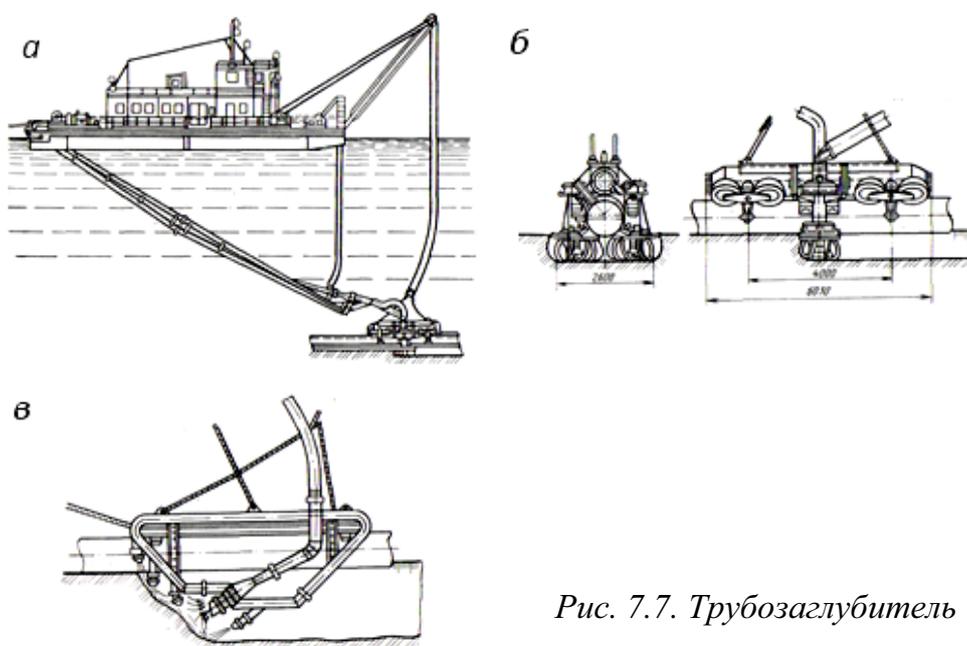


Рис. 7.7. Трубозаглубитель

### 7.2.3. Оборудование для укладки трубопроводов на дно водоемов

Различают следующие основные способы укладки подводных трубопроводов: опускание с опорных устройств; свободное погружение с заливом воды в трубопровод; укладка секций трубопровода с их буксировкой; протаскивание по дну водоема; укладка с плавучих средств последовательным наращиванием. В первых трех способах применяются, как правило, такие широко распространенные средства механизации,

как тракторы, краны, лебедки, понтоны, баржи и другие средства общего назначения. Опишем средства механизации последних двух способов ввиду их явной специфичности.

1. В качестве тяговых средств для протаскивания подводного трубопровода в зависимости от необходимого тягового усилия рекомендуется применять специальные тяговые лебедки серии ЛП (лебедка протаскивания), тягачи, оборудованные лебедками, а также однотипные тракторы, работающие в сцепе.

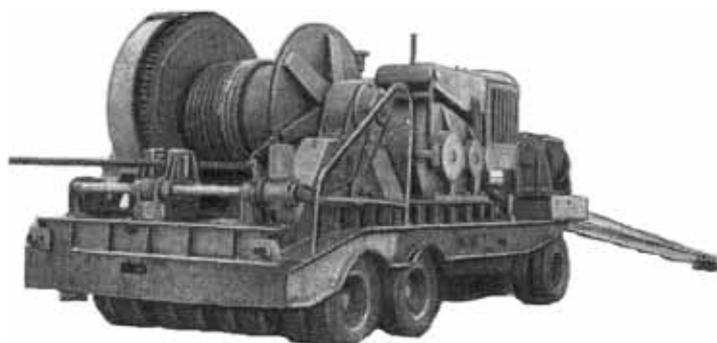
Тракторы следует использовать при строительстве небольших переходов и тяговых усилий до 20–30 т.

Если тракторы не могут перемещаться в створе перехода, то допускается их перемещение вдоль берега с закреплением на берегу блока для изменения направления тягового троса.

2. При протаскивании трубопровода, если мощность тяговых средств недостаточна, можно использовать трубоукладчики для подъема отдельных участков трубопровода, находящегося на берегу. Для трубопроводов диаметром менее 1020 мм нельзя прикладывать к трубопроводу дополнительные толкающие усилия, при диаметре 1020 мм и более – величина толкающих усилий и необходимость их приложения должны быть обоснованы расчетом в проекте производства работ.

### **Лебедка для протаскивания трубопроводов по дну водоема**

Лебедки предназначены для протаскивания трубопроводов при строительстве подводных переходов через водные преграды большой протяженности. Лебедка базируется на тяжеловозном прицепе и состоит из двигателя, трансмиссии, барабана, канатоукладчика, систем управления и якорения.



*Рис. 7.8. Лебедка типа ЛП 151*

Тяговое усилие лебедок можно увеличить, применяя полиспасты. Автомобильный прицеп служит основанием лебедки. На его специально усиленной для этой цели раме размещено все оборудование, включаю-

щее тяговый барабан с канатоукладчиком, трансмиссию, двигатель и якорную лебедку с динамометром (рис. 7.8).

Наличие в трансмиссии гидротрансформатора обеспечивает бесступенчатое автоматическое регулирование скорости протаскивания трубопровода в зависимости от нагрузки. В отличие от ранее выпускавшейся модели ЛП 151 трансмиссия лебедки ЛП 152 обеспечивает максимальное тяговое усилие на всех слоях намотки барабана. Также дополнительно лебедка модели ЛП 152 имеет дистанционное управление и ограничитель тягового усилия (табл. 7.4). Ходовая база лебедок – тяжеловозный прицеп ЧМЗАП-5208 или В-340. В комплект поставки лебедки входят собственно лебедка, якорное устройство, тяговый и якорный полиспасты, тяговая и якорная канатные вставки, оголовки, более 1500 м тягового каната, зажимы и т. п.

Допускается использование каната диаметром 43 мм с увеличением канатоемкости барабана до 800 м и ограничением тягового усилия до 100 т.

Таблица 7.4

*Техническая характеристика лебедки ЛП 152*

Параметры	Значение
Тяговое усилие без полиспаста, кН (тс)	1470 (150)
Максимальное тяговое усилие с полиспастом, кН (тс)	2940 (300)
Канатоемкость барабана, м	500
Масса лебедки в полной комплектации, кг	71000

Лебедка комплектуется якорной системой, служащей для удержания ее от перемещения под действием сил сопротивления протаскиванию. Якорная система состоит из якоря, его полиспаста, якорного каната, якорной лебедки, прижимов и динамометра. Основным элементом лебедки является тяговый барабан. Тяговый канат наматывается на барабан в несколько слоев. Перед начальным наматыванием канат пропускают через отверстие во внутреннюю полость зубчатого колеса, делают там три страховочных витка и только после этого крепят конец каната к спице зубчатого колеса жимками.

Правильная намотка на барабан обеспечивается канатоукладчиком, приводимым в действие дополнительной передачей от трансмиссии привода барабана. Канатоукладчик состоит из реверс-редуктора, ходового винта, двух направляющих, роликовых опор, каретки, системы рычагов и храпового механизма.

При протаскивании трубопровода первоначальное тяговое усилие, необходимое для трогания с места, часто бывает в полтора-два раза больше усилия, необходимого для обеспечения самого процесса протаскива-

ния. Поэтому желательна такая схема лебедки, которая обеспечивает после трогания трубопровода с места увеличение скорости протаскивания для использования полной мощности установленного на ней двигателя.

Примером лебедки с повышенными показателями тягового усилия и канатоемкости является лебедка ЛП 301. Она обеспечивает постоянный режим протаскивания неизменным тяговым усилием и скоростью и состоит из двух последовательно соединенных лебедок, каждая из которых смонтирована на тяжелом автомобильном прицепе и имеет собственный якорь (табл. 7.5).

Таблица 7.5

*Лебедки тяговые и скреперные усилием от 1 до 300 т  
(ОАО «Кропоткинский машиностроительный завод»)*

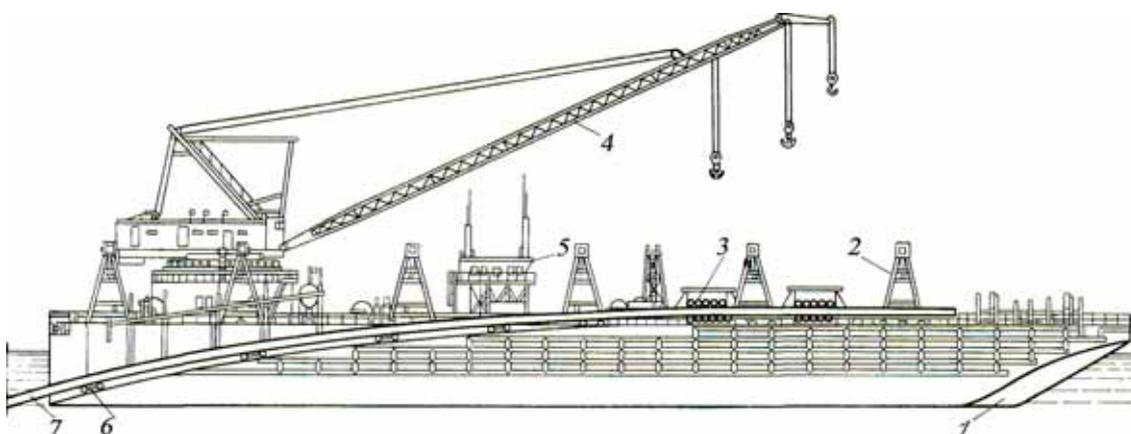
Наименование лебедки	Описание	Технические характеристики
Лебедки различного назначения и применения	Различные виды лебедок, различного тягового усилия	
Лебедка тяговая ЛП 152	Предназначена для протягивания трубопроводов (дюкеров) через водные и другие препятствия большой протяженности	Усилие до 300 т
Лебедка тяговая ЛТ 302	Предназначена для использования в качестве тягового средства для протягивания трубопроводов и внутритрубных устройств при строительстве, ремонте и диагностировании подводных переходов магистральных трубопроводов	Усилие до 30 т
Лебедка скреперная ЛС 302	Предназначены для использования в качестве тягового средства при скрепировании траншей и протаскивания трубопроводов при строительстве переходов через водные преграды	Усилие до 50 т
Лебедка скреперная ЛС 1001		Усилие до 100 т

#### **7.2.4. Суда-трубоукладчики**

Укладка трубопроводов с плавучих средств способом последовательного наращивания в единую нить применяется для прокладки подводных трубопроводов через водоемы большой протяженности и осуществляется при помощи специально оборудованного судна-трубоукладчика. Оно представляет собой плавучую строительно-монтажную

площадку, на которой осуществляется монтаж звеньев труб в непрерывную нитку укладываемого трубопровода.

На рис. 7.9 изображен общий вид изготовленного в Голландии судна-трубоукладчика. Судно имеет две палубы: верхняя представляет собой монтажную площадку, а на нижней расположены все жилые и вспомогательные помещения, а также помещения якорных лебедок. Рабочие перемещения судна осуществляются аналогично земснарядам при помощи лебедок, якорей и якорных канатов. Управление лебедками централизовано и осуществляется из капитанской рубки. Наблюдение за лебедками производится при помощи телевидения. Якоря, расчаливающие судно, перекадываются буксиром, с которым поддерживается радиосвязь.



*Рис. 7.9. Судно-трубоукладчик:*

*1 – корпус судна; 2 – кран-балка; 3 – валковый захват; 4 – поворотный кран;  
5 – капитанская рубка; 6 – лотковый рольганг; 7 – укладываемый трубопровод*

Укладка подводного трубопровода производится следующим образом. Готовая к прокладке секция трубопровода подается на рабочий участок, стыкуется и сваривается с находящимся на судне концом проложенной по дну плети. После сварки, контроля, изоляции и обетонирования стыка секция освобождается и продвижением судна-трубоукладчика плавно погружается в воду. При этом плеть уходит с кормы под воду наклонно и во избежание появления в ней опасных напряжений в процессе укладки на дно поддерживается в воде специальным хоботом, прикрепленным к корме и состоящим из инвентарной колонны труб. По окончании укладки трубопровода конечная его ветвь опускается за борт с помощью шести кран-балок, расположенных вдоль правого борта.

## **Заключение**

Ежегодно в России происходит не менее 20 тыс. разливов нефти, в результате чего концентрация нефтепродуктов в водных акваториях при густонаселенных городах в 9–15 раз превышает предельно допустимые нормы. Но и это, увы, не предел в показателях столь мрачной статистики. Так, например, по оценкам специалистов Министерства по чрезвычайным ситуациям, число аварийных ситуаций на трубопроводах будет прогрессировать и дальше, а степень износа нефтяных и газовых артерий в ближайшем будущем достигнет 50–70 %.

О том, что решать эту проблему, особенно в масштабах России, надо не методом латания дыр в действующих трубопроводах, как это в основном принято сейчас, не говорит только ленивый. Во всяком случае подавляющее большинство специалистов видят решение этой проблемы в применении различного рода современных технологий.

Преимущества бестраншейного способа строительства подводного перехода перед траншейным способом очевидны. Во-первых, такое строительство причиняет наименьший экологический ущерб окружающей среде, во-вторых, сохраняется естественный ландшафт, в-третьих, увеличивается надежность за счет того, что труба укладывается в массив ненарушенного грунта на большую глубину, в-четвертых, исключаются работы по разработке подводных траншей, их засыпке, устройству берегового укрепления и т. д.

В настоящее время уже около 30 зарубежных фирм выпускают целый ряд установок для направленного бурения. Более 20 тыс. таких установок находятся в эксплуатации. Учитывая современные далеко не утешающие показатели, для России будет целесообразно приобретать такие установки, а также разрабатывать и выпускать отечественные.

## **Контрольные задания**

1. Технологии бестраншейной прокладки трубопроводов под искусственными и естественными преградами.
2. Оборудование для бестраншейной прокладки трубопроводов методом наклонно-направленного бурения.
3. Буровые установки для ННБ.
4. Машины для разработки подводных траншей.
5. Земснаряды: конструкции, область применения.
6. Рабочее оборудование земснарядов.
7. Трубозаглубители подводные: конструкции, область применения.
8. Лебедки для протаскивания трубопроводов по дну водоемов: назначение, технические характеристики.
9. Суда-трубоукладчики: назначение, область применения, схема применения.

## Список литературы

1. Забела К.А., Красков В.А., Сощенко А.Е. Безопасность пересечений трубопроводами водных преград / под общ. ред. К.А. Забелы. – М.: ООО «Недра–Бизнесцентр», 2001. – 195 с.
2. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
3. Спектер Ю.И., Мустафин Ф.М., Лаврентьев А.Е. Строительство подводных переходов трубопроводов способом горизонтально направленного бурения: учеб. пособие. – Уфа: ООО «Дизайн Полиграф Сервис», 2001. – 208 с.
4. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М., 2002. – 320 с.
5. Промысловые трубопроводы и оборудование: учеб. пособие для вузов / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гумеров и др. – М.: Недра, 2004. – 662 с.
6. Строительство подводных переходов нефте- и газопроводов методом горизонтального направленного бурения. – Томск: Управляющая компания ТОМСКПОДВОДТРУБОПРОВОДСТРОЙ. – 2005. – 8 с.
7. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.
8. [miniboat@internet2.ru](mailto:miniboat@internet2.ru).
9. ВСН 010–88 Строительство магистральных трубопроводов. Подводные переходы. – М.: Миннефтепроводстрой, 1990. – 103 с.

## **8. МАШИНЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРАНШЕЙ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ И ОБВОДНЕННЫХ УЧАСТКАХ ТРАССЫ**

Строительство магистральных трубопроводов на болотах и многолетних грунтах характеризуется как сложностью выполнения определенных видов работ, так и необходимостью выполнения различных технологических схем и специальных машин, механизмов и оборудования. Это оборудование имеет ряд особенностей.

Для рытья траншей на заболоченных и обводненных участках трассы применяются машины, специально оборудованные для работы в этих условиях. Их можно разделить на две основные группы. К первой группе относятся машины, располагающиеся при работе вне заболоченного участка (или внутри него, но поставленные на специальный настил из бревен, понтон и т. д.) и оснащенные рабочим органом, вынесенным в зону этого участка. Эту группу представляют канатно-скреперные установки различной конструкции. Ко второй группе относятся машины, оказывающие на грунт малое удельное давление и вследствие этого свободно перемещающиеся в процессе работы по заболоченному участку. Эту группу представляют экскаваторы с сильно развитой опорной поверхностью (типа ЭПГ-1 и ЭКБ-1). В свою очередь, экскаваторы с сильно развитой опорной поверхностью подразделяются на одноковшовые экскаваторы на уширенных гусеницах; одноковшовые экскаваторы на сланях, пенно-волокушах и плавающих на понтонах.

### **8.1. Канатно-скреперные установки**

Канатно-скреперные установки могут использоваться для разработки траншей на болотах, строительстве переходов через небольшие реки и водоемы, а также в горной местности на уклонах более  $20^\circ$  (рис. 8.1).

Примером канатно-скреперной установки служит установка КСУ-1. Самоходная канатно-скреперная установка КСУ-1 предназначена для рытья траншей на болотах, при строительстве переходов через небольшие реки и водоемы, а также в горной местности на уклонах более  $20^\circ$ .

Установка состоит из тягача (трактор Т-100), двухбарабанной лебедки (Л 51), смонтированной на заднем мосту и прицепном устройстве трактора, комплекта скреперных ковшей и якорного приспособления с

блоком. В качестве такого приспособления могут применяться крюковой анкер, прилагаемый к установке, закопанные в грунт или уложенные поперек траншеи бревна или трубы, а также трактор. Для пневматического управления включением барабанов и тормозов лебедки на дизеле трактора установлен компрессор автомобиля ЗИЛ-164 с приводом от шкива тракторного вентилятора. При работе трактор с лебедкой располагается по одну сторону заболоченной зоны (или водоема), а якорь устраивают на другой ее стороне. На якоре имеется обойма с неподвижным блоком, через который пропускают канат. Канатов два. Каждый из них крепится одним концом к своему барабану лебедки, а вторым – к ковшу.

Канат, прикрепленный к передней части ковша, называется тяговым, а к задней – холостым. Как правило, тяговый канат непосредственно соединен с барабаном лебедки и подтягивает ковш к трактору, а холостой сначала перекинут через неподвижный блок якоря, а потом идет на барабан и подтягивает ковш к якорю. Поочередно включая барабаны лебедки на наматывание и сматывание каната, перемещают ковш к трактору – рабочий ход (скреперование) или к якорю – холостой ход.

Ковши, которыми снабжается установка, – волокушного типа. Они отличаются от ковшей других типов тем, что не имеют дна. Это необходимо для разгрузки ковша в начале холостого хода без его подъема и опрокидывания.

Нижняя режущая кромка ковша снабжена зубьями, которые предназначены для разрушения (резания) грунта. В задней части ковша сверху имеется стойка с роликами, между которыми проходит холостой канат. Ролики предохраняют канат от трения о ковш, снижая тем самым его износ и уменьшая возникающее при этом дополнительное сопротивление перемещению ковша. Внизу задней части ковша иногда делают откидной зуб, служащий для рыхления грунта во время холостого хода.

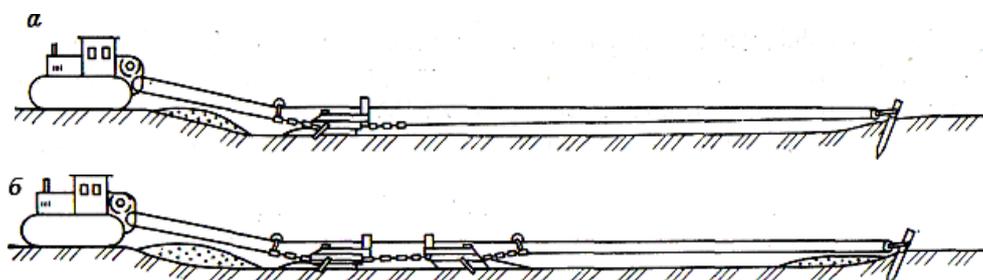


Рис. 8.1. Схема работы канатно-скреперной установки:  
а – с одним ковшом; б – с двумя ковшами

В процессе рабочего хода ковш врезается зубьями в грунт, разрушает его, перемещаясь вперед, наполняется разрушенным грунтом и

транспортирует его к трактору (подобно отвалу бульдозера). На некотором расстоянии от трактора ковш останавливается и начинает перемещаться назад – холостой ход. При этом он опорожняется от грунта, который остается перед трактором. По мере накопления грунт периодически сдвигается в сторону бульдозером. В результате таких перемещений ковша вдоль траектории его движения постепенно образуется траншея. Для того чтобы при работе канатно-скреперных установок использовать холостой ход ковшей в качестве рабочего, иногда применяют два ковша, скрепленные друг с другом своей задней частью. Тогда оба ковша работают попеременно: когда у одного из них рабочий ход – у другого холостой, и наоборот.

Канатно-скреперные установки просты, дешевы, удобны в транспортировке, но обладают малой производительностью и неспособны разрабатывать плотные и мерзлые грунты. Ввиду этого они получили ограниченное применение.

Однако иногда такие установки незаменимы, например, при разработке траншей на крутом склоне. В этом случае трактор с лебедкой располагают внизу склона, а якорь – наверху [5].

Еще одним примером канатно-скреперных установок может служить скреперные лебедки ЛС-302 и ЛС-1001 (рис. 8.2, табл. 8.1). Эти лебедки предназначены для исполнения в качестве тягового средства при скреперовании траншей и протаскивания трубопроводов при строительстве переходов через водные преграды. Лебедки ЛС-302 и ЛС - 1001 состоят из силовой установки, трансмиссии и двух барабанов, которые смонтированы на общей раме, а у ЛС-1001 – на прицепе-тяжеловозе. Управление лебедкой осуществляется из кабины или с выносного пульта (у ЛС-1001) [1].



Рис. 8.2. Схема работы ЛС-302 и ЛС-1001

Таблица 8.1

*Характеристики канатно-скреперных установок ЛС-302 и ЛС-1001*

Параметры		Модели	
		ЛС-302	ЛС-1001
Тяговое усилие, кН (тс)		294 (30)	680 (70)
Максимальное тяговое усилие на одном слое, кН (тс)		490 (50)	980 (100)
Скорость выбирания каната, м/мин		0–68	0–58
Канатоемкость каждого барабана, м		500	500
Диаметр тягового каната, мм		32,5	42
Двигатель	тип	А41	Д180
	мощность, кВт (л.с.)	70 (100)	132 (180)
	частота вращения, об/мин	1750	1250
Габаритные размеры, мм: длина × ширина × высота		4015 × 2200 × 2605	9270 × 3200 × 3790
Масса собственно лебедок, кг		14200	45000

## 8.2. Конструкции и применение экскаваторов с сильно развитой опорной поверхностью

В настоящее время известны следующие методы разработки траншей с помощью экскаваторов с сильно развитой опорной поверхностью: одноковшовым экскаватором ТЭ-3М на уширенных гусеницах; одноковшовым экскаватором Э-652Б на сланях, пенно-волокушах и плавающих понтонах; болотными экскаваторами МТП-71 (ЭО-4221) или ЭКБ; экскаваторами ТЭ-3М, МТП-71 (ЭО-4221) и ЭКБ и некоторыми др. (рис. 8.3, 8.4).

Стоит также отметить, что в различных типах болот, о которых упоминалось ранее, используют разные виды экскаваторов. Например, экскаваторы ТЭ-3М, МТП-71 (ЭО-4221) и ЭКБ наиболее целесообразно разрабатывать траншеи на болотах I и II типов; рыть траншею с использованием экскаватора Э-652Б, установленного на сланях, рекомендуется на болотах I типа. Земляные работы на болотах III типа целесообразно выполнять земляными механизмами, установленными на плавучих средствах, или взрывным способом. К сожалению, у всех этих экскаваторов был большой недостаток – они были приспособлены лишь к определенным условиям работы, а некоторые располагались на сланях или понтонах, что, в свою очередь, уменьшало скорость проведения работ. Это и подтолкнуло ученых к созданию экскаваторов с сильно развитой опорной поверхностью (рис. 8.3 в).



*Рис. 8.3. Экскаваторы с сильно развитой опорной поверхностью:  
 а – с резинометаллической гусеницей; б – с уширенной гусеницей и катками-понтонами; в – с пневматическими катками-понтонами; г – плавающий экскаватор с удлиненными стрелой и рукоятью*



*Рис. 8.4. Плавающий экскаватор [1]*

Экскаватор-кран болотный ЭКБ-1 является одноковшовым полноповоротным экскаватором, предназначенным, как и ЭПГ-1, для земляных и погрузочных работ на сильно заболоченных участках трассы.

Снабженный различными видами сменного оборудования экскаватор может выполнять следующие виды работ:

1) драглайном – открытие траншей и котлованов на болотах, заболоченных поймах рек, а также реках и водоемах глубиной не более 0,9 м;

2) грейфером – разработка траншей и котлованов в болотах, реках и водоемах с высотой уровня воды более 0,9 м. Экскаватор при этом находится на плаву, удерживаясь от произвольного перемещения или сноса течением с помощью канатной расчалки;

3) обратной лопатой – отрывание траншей и котлованов в обычных грунтовых условиях;

4) краном – навеска утяжеляющих грузов на трубу, производство погрузочно-разгрузочных и монтажных работ на болотах, а также поймах рек и реках с высотой уровня воды не более 0,9 м.

Развитая опорная поверхность катков-понтонных и наличие плавучести обеспечивают проходимость и работу экскаватора на болотах всех типов. Централизованная система подкачки шин с пультом управления в кабине машиниста обеспечивает необходимое увеличение давления в шинах при передвижении и работе на твердых грунтах и снижение его на болотистых и мягких грунтах.

При движении по болоту избыточное давление в шинах устанавливается в интервале 0,2–0,3 кгс/см<sup>2</sup>, а при движении по дорогам и твердым грунтам – 0,7–0,8 кгс/см<sup>2</sup>.

Машинист экскаватора устанавливает и контролирует давление в шинах по показаниям манометра, расположенного в кабине.

Пневматический ход экскаватора обеспечивает перегон его своим ходом на расстояние до 200 км без заметного износа узлов ходовой части (в отличие от гусеничных экскаваторов).

Конструкция ходовой части в сочетании с применением специального дышла делают возможным транспортировку экскаватора на большие расстояния на тягаче или за ним со скоростью 20–25 км/ч. При этом дышло устанавливается вместо передних катков экскаватора.

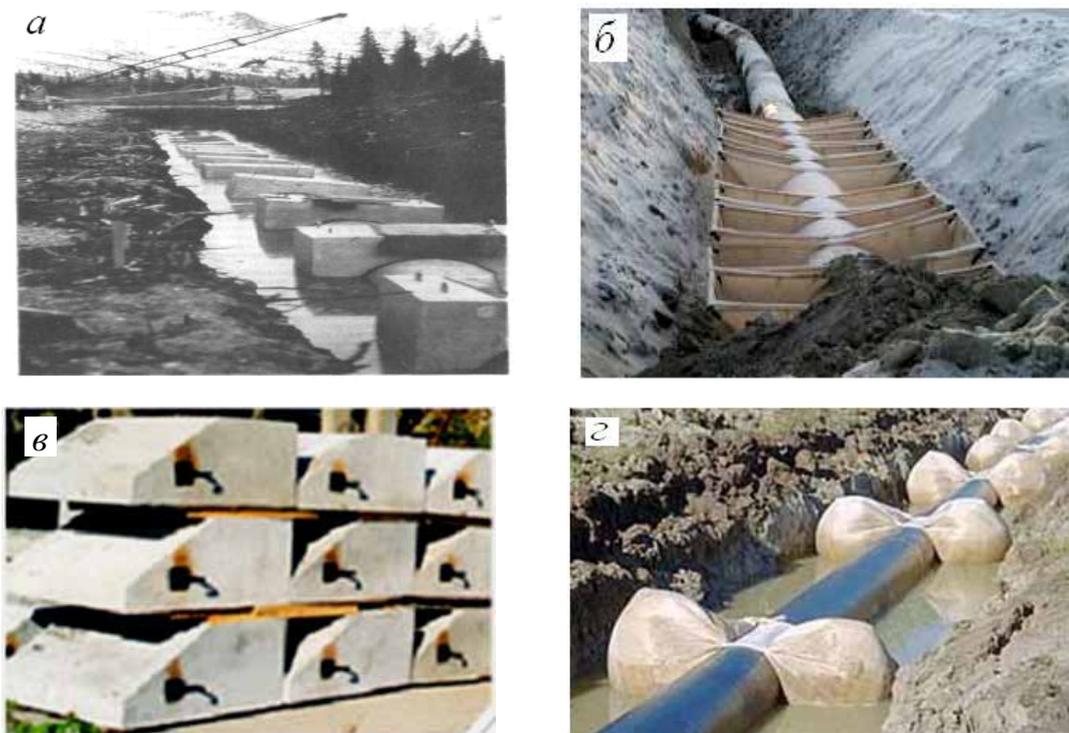
### **8.3. Оборудование и способы, применяемые при закреплении магистральных трубопроводов**

Балластировка и закрепление трубопроводов на проектных отметках могут осуществляться одним из следующих способов: засыпкой трубопровода минеральным грунтом; обетонированием трубопровода; установкой на трубопровод одиночных железобетонных грузов различных конструкций; закреплением трубопроводов анкерными устройствами; заполнением внутренней полости трубы водой, нефтью или нефтепродуктами (для нефтепроводов и для нефтепродуктопроводов) (рис. 8.5).

Все средства балансировки можно разделить на две основные группы.

К первой группе относятся устройства, воздействующие на трубопровод собственной массой:

- а) одиночные железобетонные грузы;
- б) групповая установка одиночных железобетонных грузов;
- в) одиночные чугунные грузы;
- г) минеральный грунт засыпки (обычно используется при повышенном заглублении трубопровода);
- д) закрепленные гидрофобизированные грунты;
- е) полимерно-контейнерные балластирующие устройства (ПКБУ), заполненные местным или привозным грунтом или щебнем;
- ж) минеральный грунт в оболочке из нетканых синтетических материалов;
- з) сплошное обетонирование труб;
- и) анкерные плиты;
- к) комбинированные способы и др.



*Рис. 8.5. Пригрузки:*

*а – железобетонные; б – полимерно-контейнерное балластирующее устройство;  
в – утяжелители железобетонные болотные клиновидные;  
г – контейнер текстильный КТБ*

Ко второй группе относятся анкерные устройства, несущую способность которых определяют свойствами грунтов:

- а) винтовые анкерные устройства (ВАУ);
- б) раскрывающегося типа;

- в) выстреливаемые;
- г) взрывные;
- д) вмораживаемые;
- е) свайные консольного типа;
- ж) якорные анкерные устройства;
- з) козловые анкерные устройства;
- и) винтовые анкерные устройства с повышенной удерживающей способностью;
- к) анкер-инъекторы и т. д.

### **Контрольные задания**

1. Машины для разработки траншей на заболоченных и обводненных участках трассы.
2. Канатно-скреперные установки для разработки траншей.
3. Конструкции и применение экскаваторов с сильно развитой опорной поверхностью.
4. Средства закрепления трубопроводов.
5. Анкерные устройства для закрепления трубопроводов.
6. Оборудование, применяемое при закреплении анкеров.

### **Список литературы**

1. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
2. Дерцакян А.К., Васильев Н.П. Строительство трубопроводов в заболоченных или многолетних грунтах. – М.: Недра, 1978. – 167 с. (Библиотека строителя магистральных трубопроводов).
3. Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 3.
4. Будзуляк Б.В., Халлыев Н.Х., Тютюнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных трубопроводов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н.Х. Халыева. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.
5. Горелов С.А. Машины и оборудование для сооружения газонефтепроводов: учеб. пособие. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. – 122 с.
6. Промысловые трубопроводы и оборудование: учеб. пособие для вузов / Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков, А.Г. Гумеров и др. – М.: Недра, 2004. – 662 с.
7. РД 39Р-001147105-029–02. Инструкция по балластировке трубопроводов с применением вантовых анкерных устройств с повышенной удерживающей способностью. – Уфа: Монография, 2002. – 66 с.
8. РД 39Р-001147105-028–02. Инструкция по балластировке трубопроводов с применением анкер-инъекторов. – Уфа: Монография, 2002. – 64 с.
9. Кулагин В.П. Балластировка трубопроводов с использованием грунта засыпки и геосинтетических материалов. – Изд-во Спутник, 1998. – 220 с.

## 9. МАШИНЫ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ ПОД ДОРОГАМИ

### Терминология

**Бестраншейная проходка** (закрытый способ) применяется без ограничений. Существует три метода бестраншейной проходки: прокол, горизонтальное бурение и продавливание.

**Метод прокола** применяют для прокладки защитных кожухов диаметром до 530 мм, в суглинистых и глинистых грунтах нормальной влажности, не содержащих твердых включений. При этом прокладываемый кожух, снабженный наконечником, вдавливается в грунт под воздействием напорных усилий.

**Метод продавливания** характеризуется тем, что прокладываемые защитные кожухи вдавливают в массив грунта открытым концом, снабженным кольцевым ножом с наружными или внутренними скосами. При этом грунт, поступающий в полость кожуха, разрабатывают и удаляют ручным или механическим способами. Как правило, продавливание кожухов осуществляют с помощью гидродомкратов.

**Горизонтальное бурение** применяют для трубопроводов средних и больших диаметров (530–1420 мм) в грунтах I – IV категорий. Проходку скважин ведут установками горизонтального бурения.

Прокладывать трубопроводы под автомобильными и железными дорогами, реками и другими искусственными и естественными препятствиями можно двумя способами: обычным (открытым) и бестраншейным (закрытым).

Разработка скважин (горных выработок) и прокладка трубы-патрона занимает подавляющую долю в общем объеме сооружения перехода.

По типу разработки скважины можно разделить все имеющиеся методы горизонтальной проходки на три основные группы:

- 1) проходка путем радиального уплотнения грунта;
- 2) проходка с разрушением (размельчением) и эвакуацией грунта из зоны забоя;
- 3) смешанная проходка.

Существуют такие методы бестраншейной прокладки трубопроводов, как прокол, продавливание, горизонтальное бурение, прокладка рабочего трубопровода в футляре, применение метода наклонно-направленного бурения, «штольневой (щитовой)», геовинчестерный.

В данном разделе не рассматривается прокладка трубопроводов с применением метода наклонно-направленного бурения.

### 9.1. Общие сведения о бестраншейных способах прокладки трубопроводов. Назначение, область их применения и выбор

При прокладке трубопроводов под дорогами и другими препятствиями в принципе возможны два основных способа производства работ – открытый и закрытый. При открытом способе требуется разрытие поперек дороги траншеи. Это неудобно для пассажиров, транспорта и, кроме того, влечет за собой удорожание работ, так как возникает необходимость восстановления дорожного покрытия и элементов благоустройства в месте перехода.

Более перспективными являются закрытые методы прокладки труб под дорогами, не требующие устройства траншей. При прокладке труб бестраншейными способами вначале под дорогами устраивают защитные кожухи или футляры, а затем в них прокладывают сами рабочие трубопроводы. Чтобы это стало возможным, диаметр кожуха (футляра) должен быть большим, чем диаметр прокладываемого трубопровода (табл. 9.1) [4].

Таблица 9.1

*Диаметр и толщина стенок защитного кожуха (футляра)*

Наружный диаметр, мм		Толщина стенки защитного кожуха, мм, при способе прокладки			Наружный диаметр, мм		Толщина стенки защитного кожуха, мм, при способе прокладки		
Рабочего трубопровода	Защитного кожуха	Открытым	Бестраншейном		Рабочего трубопровода	Защитного кожуха	Открытым	Бестраншейном	
			горизонтальное бурение	продавливании и прокол				горизонтальное бурение	продавливании и прокол
159	325	8	8	9	720	920	10	10	12
219	377	9	9	10	820	1020	10	11	14
273	426	9	9	11	920	1220	10	11	14
325	530	9	10	12	1020	1220	10	11	14
426	630	10	10	12	1220	1420	11	12	14
530	720	10	10	12	1420	1720	16	16	16
630	820	10	10	12					

Закрытую прокладку труб кожухов (футляров) выполняют в основном способами прокола, продавливания, горизонтального бурения, а для

прокладки коллекторов и тоннелей применяют щитовой и штольневый способы подземных проходов.

**Прокол** лучше применять для прокладки труб малых и средних диаметров (не более 400–500 мм) в глинистых и суглинистых (связных) грунтах (рис. 9.1).

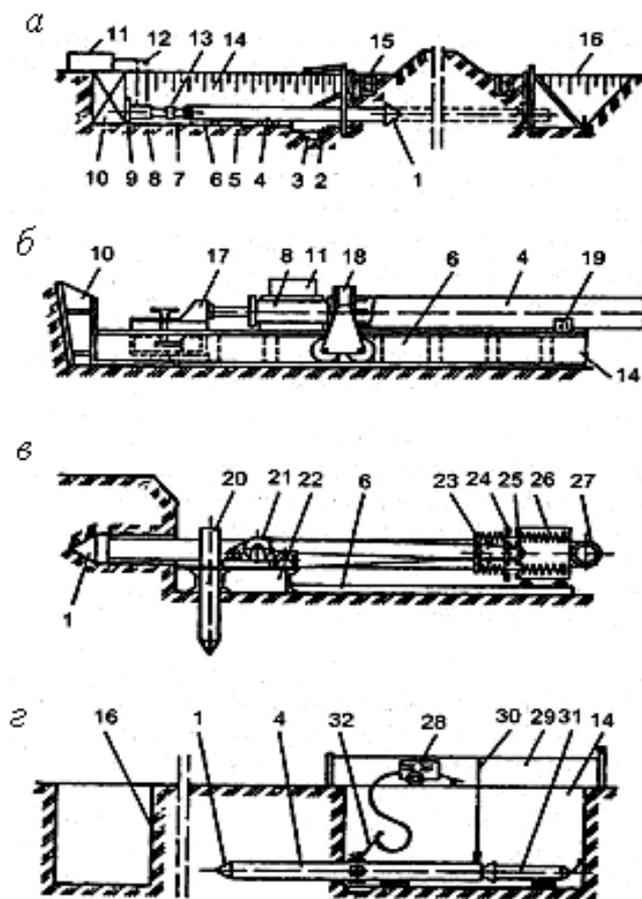


Рис. 9.1. Способы прокола труб:

- а – общая схема работ; б – прокол установкой ГПУ-600;  
 в – вибропрокол установкой УВВП-400; г – прокол труб с помощью вибропробойников;  
 1 – наконечник; 2, 3 – прямки; 4 – прокалываемая труба; 5 – шпалы;  
 6 – направляющая рама; 7 – нажимной патрубок; 8 – гидродомкраты; 9 – упорный башмак;  
 10 – упорная стенка; 11 – насосная станция; 12 – маслопроводы;  
 13 – нажимная заглушка; 14, 16 – рабочий и приемный котлованы;  
 15 – обводной лоток; 17 – подвижный упор; 18 – нажимная плита на тележке;  
 19 – фиксатор; 20 – свая; 21 – лебедка; 22 – рама; 23 – планка;  
 24 – ударная приставка; 25 – направляющие стержни; 26 – вибрационный механизм;  
 27 – электродвигатель; 28 – электросварочный агрегат; 29 – причалка;  
 30 – отвес; 31 – пневмопробойник; 32 – сварка труб [6]

**Способ продавливания** с извлечением из трубы грунтовой пробки или керна можно применять практически в любых грунтах I–IV групп, он пригоден для труб диаметром 800–1720 мм при длине прокладки до 100 м.

**Горизонтальное бурение** предусматривает опережающую разработку грунта в забое с устройством скважины в грунте большого диаметра, чем прокладываемая труба. Этим способом можно устраивать подземные переходы трубопроводов диаметром до 1720 мм на длину 70–80 м. Однако способ этот недостаточно эффективен в обводненных и сыпучих грунтах.

**Щитовой и штольневый способы** применяются при необходимости устройства переходов трубопроводов, коллекторов и тоннелей значительных диаметров и длины.

При любом из бестраншейных способов прокладки труб вначале по обе стороны дороги отрывают рабочий и приемный котлованы, а затем монтируют соответствующие механизированные установки.

Основным оборудованием при проколе и продавливании труб являются направляющие рамы, гидравлические домкраты, нажимные патрубки, шомполы, наконечники, грунтозаборные ковши, пневмопробойники, насосы, компрессоры и т. п., а при горизонтальном бурении – установки, включающие двигатели внутреннего сгорания, шнеки, режущие головки и др.

**Выбор бестраншейного способа прокладки труб** зависит от диаметра и длины трубопровода, физико-механических свойств и гидрогеологических условий разрабатываемых грунтов. Выбор способа также зависит от наличия в строительных организациях соответствующих трубопрокалывающих, продавливающих и бурильных агрегатов, установок и оборудования. Для облегчения выбора можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в табл. 9.2 [2].

Гидропроколом трубы прокладывают с использованием кинетической энергии струи воды. Струя воды, выходящая из насадки под давлением, размывает в грунте отверстие диаметром до 500 мм, в котором прокладывают трубы. Удельный расход воды при этом зависит от скорости струи, напора воды и категории проходимых грунтов.

**Преимущества гидропрокола** – относительная простота ведения работ и довольно высокая скорость образования скважины (до 30 м в смену). Существенными его недостатками являются сравнительно небольшая протяженность проходки (до 20–30 м), возможные отклонения от проектной оси и сложные условия работы вследствие загрязненности рабочего котлована. Бестраншейную прокладку трубопровода в несвязных песчаных, супесчаных и плывунных грунтах ускоряют способом вибропрокола. Способом вибропрокола можно не только прокладывать трубопроводы диаметром до 500 мм на длину 35–60 м при скорости проходки до 20–60 м/ч, но и извлечь их из грунта (табл. 9.3).

Таблица 9.2

*Рекомендуемые способы бестраншейной прокладки трубопроводов [3]*

Способ	Трубопровод		Наилучшие грунтовые условия применения	Скорость проходки, м/ч	Необходимое усилие вдав- ливания, кН	Ограничения к применению способа
	диаметр, мм	длина, м				
Механиче- ский прокол с помощью домкратов	50– 500	80	Песчаные и глинистые без твер- дых вклю- чений	3–6	148–2450	В скальных и кремнистых грунтах не применяется
Гидропро- кол	100– 200 400– 500	30–40 20	Песчаные и супесчаные	1,6–14	250–1600	Способ воз- можен при на- личии источ- ников воды и мест для сбро- са пульпы
Вибропро- кол	500	60	Несвязные песчаные, супесчаные и пливунны	3,5–8	5–7,5	В твердых и скальных грунтах не применяется
Грунтопро- кальвателя- ми	89– 108	50–60	Глинистые	2,5–2	–	То же
Пневмопро- бойниками	300– 400	40–50	Мягкие грунты до III группы	30–40 (без рас- шири- телей)	0,75–25	В грунтах с повышенным водонасыще- нием и с ма- лым сцепле- нием не приме- няется
Продавли- вание	400– 2000	70–80	В грунтах I–III групп	0,2–1,5	4500	В пливунных грунтах способ не применим. В твердых по- родах может быть приме- ним лишь для продавливания труб макси- мального диа- метра
Горизон- тальное бу- рение	325– 1720	40–70	В песчаных и глини- стых грун- тах	1,5–19	–	При наличии грунтовых вод способ не при- меняется

Для бестраншейной закрытой прокладки труб диаметром 63–400 мм широко применяются механические грунтопрокалыватели и пневматические пробойники типов ПР-60 (СО-144), ИП-4605, ИП-4603, ПР-400 (СО-134) и М-130. С помощью пневмопробойника можно заменять старые трубы подземной прокладки новыми того же или большего диаметра. При извлечении труб из грунта пневмопробойник используют в качестве ударного механизма, прикрепленного к переднему торцу трубы с помощью специального приспособления [3].

Таблица 9.3

*Машины и оборудование для прокола труб*

Марка машины	Диаметр трубы, мм	Длина прокладки труб, мм	Грунты	Характер силового воздействия на трубу	Средняя скорость прокладки, м/смену		Мощность привода, кВт	Состав бригады, чел.	Разработчик и завод-изготовитель
					техническая	эксплуатационная			
ГПУ-600	114–630	80	Грунты I–IV групп без твердых включений	Статическое усилие 3000 кН	до 24	до 10	15	3	Львовский трест №1
Установка Главмосстроя	219–426	45	то же	то же	18	до 10	22,5	3	НИИММосстроя, Главмосстрой
Пневмопробойники (ИП-4603, СО-134, М-130)	219	60		Ударная энергия удара до 130 кгс/м	до 50	10–15	Компрессор 60	3	ИГД СО АН РФ, Одесский завод отделочных машин
УВВГП-400	273; 426	40	Грунты I–IV групп без твердых включений	Ударное воздействие вибромолота и статическое усилие 3000 кН	до 50	до 25	22	3	ВНИИГС, Люберецкий 3-д буровых машин и инструмента
УВГ-51	до 530	50		то же, 500 кН	то же	до 30	75	3	МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, завод Гостроймаш

## Пневмоударные молоты типа «Тайфун»

Новые пневмоударные молоты типа «Тайфун» предназначены для забивания в грунт стальных труб-кожухов при бестраншейной прокладке подземных коммуникаций, а также шпунта, двутавра, швеллера и т. п. при проведении специальных строительных работ (табл. 9.4) [8].

Таблица 9.4

*Технические характеристики пневмоударных молотов*

Параметры	Модели									
	«Тайфун» 40	«Тайфун» 80	«Тайфун» 100	«Тайфун» 130	«Тайфун» 190	«Тайфун» 320	«Тайфун» 500	«Тайфун» 740	«Тайфун» 1000	«Тайфун» 1500
Энергия удара при давлении 0,6 МПа, Дж	400	800	1000	1300	2000	3000	4000	6000	9000	12000
Частота ударов, мин	180–300	150–300	120–240	120–240	120–290	90–150	60–100	60–90	50–75	60–90
Расход воздуха, м/мин.	2–3,5	3–6	3–6	4–8	5–8	6–9	6–10	8–12	10–15	16–24
Рабочее давление воздуха, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Масса ударника, кг	40	80	100	130	190	320	500	740	1000	1500
Масса машины, кг	80	200	230	280	370	650	1350	1750	2500	3500
Габариты машины, мм:										
длина	800	900	1150	1330	1700	1920	2000	2650	2670	2700
диаметр	155	235	235	235	235	270	400	400	450	600
Наибольший диаметр забивных труб, мм	159	273	325	325	530	630	820	1020	1220	1420

### 9.2. Прокладка труб способом продавливания

Бестраншейная прокладка труб продавливанием отличается тем, что прокладываемую трубу открытым концом, снабженным ножом, вдавливают в массив грунта, а грунт, поступающий в трубу в виде плотного керна (пробки), разрабатывают и удаляют из забоя. При продвижении трубы преодолевают усилия трения грунта по наружному ее контуру и врезания ножевой части в грунт.

Для продавливания труб применяют нажимные насосно-домкратные установки из двух-, четырех-, восьми- и более гидродомкратов усилием по 500–3000 кН каждый с ходом штока 1,1–2,1 м, работающие от насосов высокого давления. Способ продавливания бывает с ручной разработкой грунта и механической (рис. 9.2).

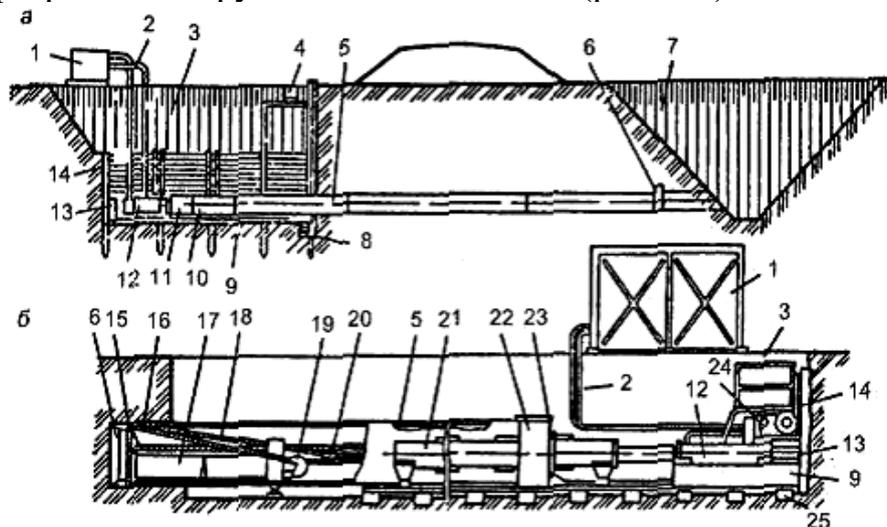


Рис. 9.2. Установки для прокладки труб методом продавливания:  
*а* – продавливание с ручной разработкой грунта; *б* – продавливание установкой СКВ Главмосстроя с механизированной разработкой грунта;  
 1 – насосная станция; 2 – трубопровод; 3 – рабочий котлован; 8 – приямок для сварки труб; 9 – направляющая рама; 10 – нажимной патрубок; 11 – нажимная заглушка; 12 – гидродомкраты; 13 – башмак; 14 – упорная стенка; 15, 18 – канаты; 16 – ролики; 17 – ковш; 19 – барабан-накопитель; 20 – уравниватель; 21 – нажимные штанги; 22 – траверса; 23 – поворотные фланцы; 24 – лебедка; 25 – шпалы направляющей рамы [5]

Применение ручной разработки грунта при продавливании мало эффективно. Поэтому для бестраншейной прокладки трубопроводов чаще всего применяют установки с механизированной разработкой и удалением грунта, в том числе установки типов СКВ Главмосстроя и ПУ-2 конструкции ЦНИИПодземмаша.

Для устройства тоннелей и коллекторов по указанной технологии создан специальный проходческий комплекс УПК-3, применение которого, по данным треста № 2 Главмосинжстроя, повышает производительность труда в 1,5–2 раза и одновременно позволяет улучшить качество сооружаемых коллекторов, а также условия работы проходчиков [3].

### 9.3. Прокладка труб способом горизонтального бурения

Для прокладки трубопроводов способом горизонтального бурения применяют бурильно-шнековую установку типа ДМ-1 с механическим приводом. Более производительными и распространенными являются унифицированные шнековые установки горизонтального бурения (УГБ

или ГБ), в которых совмещаются процессы бурения, прокладки труб с непрерывным удалением грунта из забоя (рис. 9.3, а). С помощью установок УГБ и ГБ можно прокладывать трубопроводы в грунтах до IV группы диаметром 325–1420 мм протяженностью 40–60 м при скорости бурения от 1,5–1,8 до 12,7–19 м/ч.

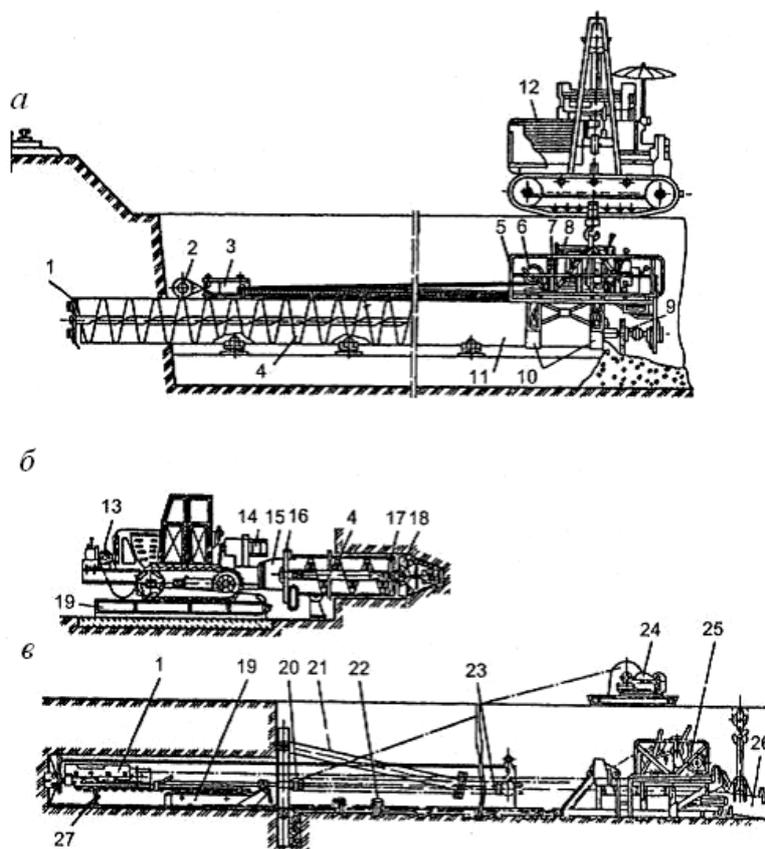


Рис. 9.3. Бестраншейная прокладка труб способом горизонтального бурения установками типа УГБ и ГБ (а), УГБ на тракторе (б) и ПМ-800-1400 (в):

- 1 – режущая головка; 2 – упорный якорь; 3 – полиспасть; 4 – шнек; 5 – рама;  
 6 – лебедка; 7 – карданный вал; 8 – двигатель внутреннего сгорания;  
 9 – вал привода шнека; 10 – хомуты; 11 – прокладываемая труба;  
 12 – кран-трубоукладчик; 13 – тяговое устройство на тракторе;  
 14 – сварочный генератор; 15 – коробка отбора мощности; 16 – опорная плита;  
 17 – люнет; 18 – рабочий орган; 19 – совок; 20 – обойма блока; 21 – опорная стенка;  
 22 – направляющая рама; 23 – захват; 24 – лебедка подачи; 25 – загрузочное тяговое устройство; 26 – емкость; 27 – разгрузочный обратный клапан [4]

Бестраншейную прокладку трубопроводов большого диаметра горизонтальным бурением осуществляют еще путем расширения пионерной скважины.

Способом горизонтального бурения можно проходить выработки для бестраншейной прокладки трубопроводов практически любых диаметров с относительно меньшими усилиями, чем при проколе или про-

давливания. Однако существенным недостатком при этом остается необходимость удаления из пробуренной скважины грунта.

На рис. 9.3, в, показана машина ПМ-800-1400 общей массой 11,2 т, предназначенная для прокладки труб диаметром 830, 920, 1020, 1120, 1220, 1320 и 1420 мм в любых грунтовых условиях, кроме плывунов и скальных пород. Установка при установленной мощности электродвигателей 24,6 кВт может прокладывать трубы на длину до 120 м при средней производительности до 15 м в смену. Грунт в процессе продвижения трубы извлекают из нее с помощью совка, который после загрузки вытягивают из трубы с помощью специальных устройств, разгружают либо в приямок, либо в емкость.

#### 9.4. Щитовая проходка тоннелей и коллекторов

Щитовая проходка, применяемая при устройстве коллекторов и тоннелей, предусматривает разработку грунта под прикрытием щита и закрепление коллектора или тоннеля сборными чугунными, железобетонными тубингами или монолитным бетоном, а также керамическими блоками. Щитовую проходку ведут обычно с помощью проходческого щита, изготовленного в виде металлической оболочки, диаметр которой равен наружному диаметру сооружаемого тоннеля.

##### Геовинчестерная технология проходки

Геовинчестерная технология (ГВТ) – процесс механизированного проведения горных выработок с формированием и использованием системы законтурных винтовых и продольных каналов, в котором операции по разработке забоя, уборке горной массы, креплению выработанного пространства и перемещению всей проходческой системы на забой осуществляются в совмещенном режиме.

Технология основана на движении твердого тела (оборудования) в среде вмещающих пород, приконтурный массив которого можно использовать как опорный элемент, воспринимающий реакции при выполнении основных технологических операций (рис. 9.4).

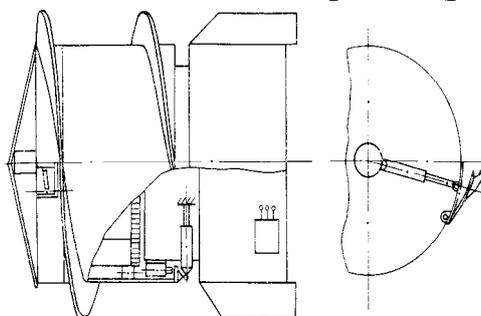


Рис. 9.4. Схема рабочего органа винтоповоротного проходческого агрегата

Возможности наклонно-направленного бурения при использовании винтоповоротного проходческого агрегата (ВПА):

- удержание стенок скважины осуществляется протаскиванием плети трубопровода, непосредственно присоединенной к ВПА;
- исключается использование дорогостоящего бентонитового раствора;
- удаление из пробуренной скважины грунта уже учтено техническими и технологическими характеристиками ВПА;
- высокая степень маневренности остается неизменной;
- применение данной технологии возможно и в прямом направлении выработки, так как перемещение проходческого агрегата не связано с необходимостью возведения мощной постоянной крепи;
- значительное увеличение диаметра и длины проходки.

### **Контрольные задания**

1. Оборудование для прокладки труб методом прокола.
2. Машины и оборудование для продавливания труб.
3. Техника и технология бурения горизонтальных скважин для прокладки трубопроводов.
4. Оборудование для проталкивания рабочего трубопровода в футляр.
5. Оборудование для щитовой проходки тоннелей и коллекторов.

### **Список литературы**

1. Промысловые трубопроводы и оборудование: учеб. пособие для вузов / Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Гумеров А.Г. и др. – М.: Недра, 2004. – 662 с.
2. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н.Х. Халлыева. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.
3. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
4. [uss.kharkov.ua](http://uss.kharkov.ua).
5. [www.ssa.ru](http://www.ssa.ru).
6. [www.umsr-2.ru](http://www.umsr-2.ru).
7. Справочник современного строителя / Маилян Л.Р. и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.
8. Институт Горного дела СО РАН; г. Новосибирск, 91, E-mail: [bsmol@misd.nsc.ru](mailto:bsmol@misd.nsc.ru)

## 10. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ И ИСПЫТАНИЯ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ

### 10.1. Устройства для очистки внутренней полости трубопроводов

Качество очистки, несомненно, положительно влияет на пропускную способность трубопроводов и продолжительность их безаварийной работы. Если бы не производилась очистка трубопроводов, то состояние транспортируемого продукта могло бы значительно ухудшиться. Поэтому ее применяют постоянно, через небольшой интервал времени. Существует множество способов для произведения очистки газонефтепроводов: с помощью очистных поршней, поршней-разделителей, скребков и т. д. Каждое из этих устройств имеет свое предназначение: промывка, продувка и др.

Структура основных комплексных процессов очистки полости, испытания и удаления жидкости из трубопроводов при различных условиях строительства приведена в табл. 10.1 [7].

Таблица 10.1

*Структура основных процессов очистки полости трубопроводов*

Структура комплексных процессов	Основная область применения
<b>При положительной или отрицательной температуре на уровне трубопровода</b>	
1. Продувка газом (воздухом) с пропуском поршня	Трубопроводы диаметром более 219 мм
Испытание газом (воздухом)	
2. Протягивание очистного устройства или продувка скоростным потоком газа (воздуха)	Трубопроводы диаметром менее 219 мм
	Трубопроводы с компенсаторами диаметром до 1420 мм
Испытание газом (воздухом)	Участки трубопроводов протяженностью менее 1 км
<b>При положительной температуре на уровне трубопровода</b>	
3. Заполнение водой	Трубопроводы любого диаметра
Испытание водой	
Очистка полости, совмещенная с удалением воды газом (воздухом) – по пп. 2.58, 4.3, 4.5	

Окончание табл. 10.1

Структура комплексных процессов	Основная область применения
4. Промывка	Трубопроводы любого диаметра
Испытание водой	
Удаление воды газом (воздухом) по пп. 4.3, 4.5	
5. Заполнение газом и водой	Трубопроводы любого диаметра, проложенные в горной местности
Испытание комбинированное	
Удаление воды газом (воздухом) по п. 4.7	
При отрицательной температуре на уровне трубопровода	
6. Заполнение и предварительный прогрев трубопровода прокачкой воды, имеющей естественную температуру водоема	Подземные трубопроводы диаметром 530–1420 мм
Испытание водой	
Очистка полости, совмещенная с удалением воды газом (воздухом) – по пп. 2.58, 4.3	
7. Заполнение и предварительный прогрев трубопровода прокачкой подогретой воды (подтоварной воды)	Подземные трубопроводы диаметром 219–530 мм Надземные теплоизолированные трубопроводы диаметром 219–720 мм
Испытание подогретой водой (подтоварной водой)	
Очистка полости, совмещенная с удалением воды газом (воздухом) – по пп. 2.58, 4.3	
8. Продувка газом (воздухом) или протягивание очистного устройства	Подземные трубопроводы диаметром 219–530 мм
Заполнение и предварительный прогрев трубопровода прокачкой подогретой воды	Надземные теплоизолированные трубопроводы диаметром 219–720 мм
Испытание подогретой водой	
Удаление воды газом (воздухом) по п. 4.3	
9. Протягивание очистного устройства или продувка скоростным потоком газа (воздуха)	Трубопроводы диаметром менее 219 мм
Испытание жидкостями с пониженной температурой замерзания	
Удаление жидкости газом (воздухом) по п. 4.5	

### 10.1.1. Устройства для очистки полости и удаления воды

Рациональные области применения очистных и разделительных устройств на строящихся трубопроводах приведены в табл. 10.2 [7].

Таблица 10.2

#### Применение очистных и разделительных устройств

Очистное или разделительное устройство	Очистка полости трубопроводов				Удаление воды из трубопроводов	
	протягивание	продувка	промывка	вытеснение	предварительное	окончательное
Очистные поршни ОП	+	+	–		–	–
Очистные поршни с кардной лентой ОПКЛ	–	–	+	–	+	–
Поршни-разделители ДЗК	–	–	–	–	–	+
Поршни-разделители эластичные монтажные ДЗК-РЭМ	–	–	+	–	–	+
Очистные поршни-разделители ОПР-М	–	–	+	+	+	–
Поршни-разделители манжетные ПР	–	–	+	+	+	+

*Примечание.* Знаками «+» обозначены наиболее эффективные области применения очистных и разделительных устройств.

Основные технологические параметры очистных и разделительных устройств даны в табл. 10.3.

Таблица 10.3

#### Технологические параметры

Очистное или разделительное устройство	Условный диаметр, мм	Максимальная скорость перемещения, км/ч	Минимальный перепад давления на устройстве, МПа	Предельная длина участка одного пропуска устройства, км
Очистные поршни ОП	250–1400	70	0,1	40
Очистные поршни с кардной лентой ОПКЛ	150–700	10	0,03–0,05	100
Поршни-разделители ДЗК	100–700	10	0,02–0,03	30
Поршни-разделители эластичные манжетные ДЗК-РЭМ	500–1400	10	0,03–0,05	100
Очистные поршни-разделители ОПР-М	300–1420	10	0,04–0,05	100
Поршни-разделители манжетные ПР	100–1420	15	0,04–0,05	200

*Примечание.* Допускается применение очистных и разделительных устройств других типов, рекомендованных актами приемки для проведения конкретных технологических процессов.

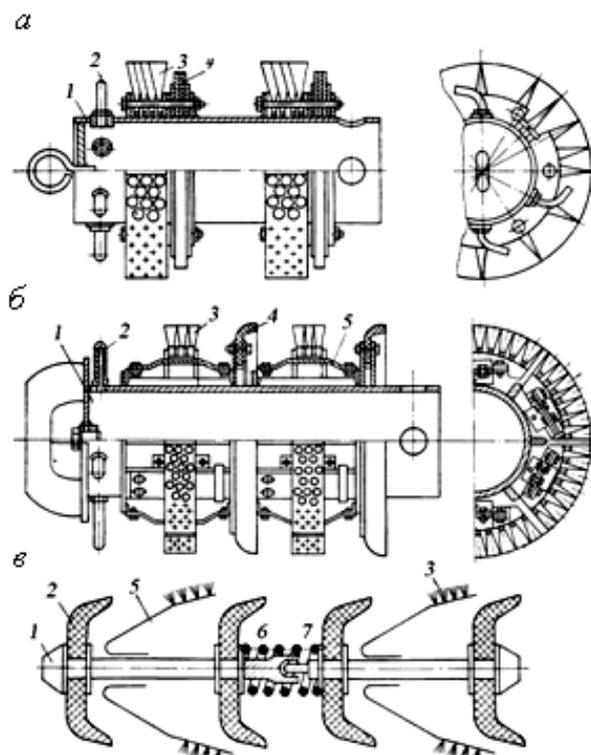
### **10.1.2. Очистные поршни**

Одним из основных наиболее распространенных способов очистки полости строящихся трубопроводов является продувка с пропуском поршней под давлением воздуха или природного газа. Пропуск очистных поршней по трубопроводу под давлением сжатого воздуха – наиболее совершенный и безопасный метод продувки. Продувку проводят с подачей воздуха от ресивера, создаваемого на прилегающем участке трубопровода. Применение ресивера позволяет аккумулировать необходимое количество сжатого воздуха для поддержания в процессе продувки оптимальных скоростей движения поршней по всей длине очищаемого участка. Воздух закачивается в трубопровод передвижными компрессорными станциями, используемыми также для пневматических испытаний трубопроводов.

В настоящее время имеются различные конструктивные решения очистных поршней, поршней-разделителей и поршней комбинированного типа. Очистные поршни состоят из следующих основных частей: корпуса, уплотнительных элементов и металлических щеток (рис. 10.1). Корпусы, как правило, выполняют из труб, заглушенных переборкой в передней части.

Уплотнительные элементы обеспечивают плотность посадки поршней в трубопроводе, а металлические щетки очищают внутреннюю поверхность трубопровода. Уплотнительные элементы могут быть выполнены в виде прямых и самоуплотняющихся манжет, а также горизонтальных оболочек (типа автопокрышек). Прямые манжеты быстро изнашиваются и начинают пропускать сжатый воздух через образуемый зазор между стенками трубы и поршнем в полость перед ним. Это приводит к повышенному расходу воздуха и снижению скорости продвижения поршня, а иногда и к его остановке. Поэтому уплотнительные элементы поршней, используемых при продувке трубопроводов, выполняют в виде упругих самоуплотняющихся манжет чашеобразной формы, обеспечивающих надежную герметизацию поршня и относительно небольшое усилие перемещения его по трубопроводу. Герметизация достигается за счет равномерного прижатия их воздухом к внутренней поверхности трубопровода, причем она не нарушается даже при значительном износе отбортованных частей манжет.

Уплотнительные элементы поршней, используемых при промывке трубопроводов водой, выполнены в виде упругих тороидальных оболочек. Они эффективнее удаляют из трубопровода грязевую пульпу, чем чашеобразные манжеты, и достаточно герметично разобщают напорную и очищаемую полости трубопровода.



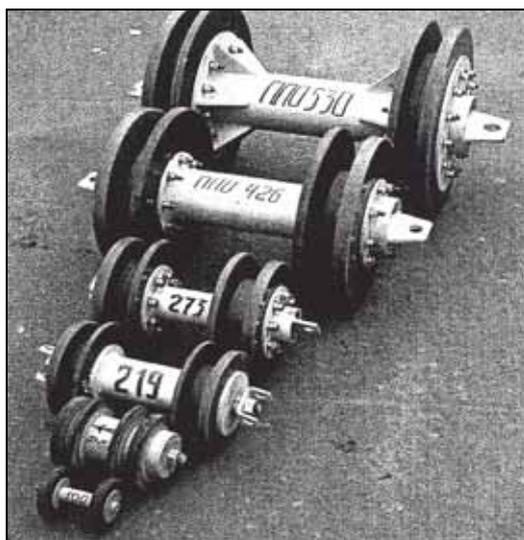
*Рис. 10.1. Конструктивные схемы очистных поршней:*

- а – с прямыми манжетами и жестким креплением металлических щеток;  
 б – с самоуплотняющимися манжетами и упругим креплением металлических щеток;  
 в – сочлененного типа; 1 – корпус; 2 – реактивная труба;  
 3 – металлические щетки; 4 – манжета; 5 – упругая пластина;  
 б – пружина цилиндрическая; 7 – шарнирное сочленение*

Металлические щетки очистных устройств располагаются в виде замкнутого концентричного пояса в основном в передней части поршня, что повышает эффективность очистки при значительных загрязнениях полости трубопровода и улучшает условия работы уплотнительных элементов, снижая их износ. Применяется также расположение щеток в виде двух концентричных поясов, разнесенных по длине поршня, что позволяет центрировать поршень по оси трубопровода без специального разгрузочного ходового механизма. Элементы, расположенные во втором ряду, смещены по окружности относительно первого таким образом, что ворс щеток второго ряда перекрывает промежутки в ворсе щеток первого ряда, полностью обрабатывая внутреннюю поверхность трубопровода по всему периметру. На поршнях для очистки трубопроводов большого диаметра щетки устанавливают на индивидуальных плоских пружинах, что обеспечивает постоянное усилие прижатия к стенке трубы по всей длине очищаемого участка, а также компенсирует износ ворса щеток. При неподвижном креплении очистных элементов

на корпусе поршней, предназначенных для трубопроводов малого диаметра, необходимое усилие прижатия достигается за счет упругости ворса щеток.

Очистной поршень (ОП) (рис. 10.2) предназначен для очистки полости трубопровода D 159–1420 мм от строительного мусора, грунта, поверхности рыхлого слоя ржавчины и окалины, нефтяных отложений методом протягивания и продувки.



*Рис. 10.2. Очистной поршень с полиуретановыми дисками*

На данный момент разработаны и серийно выпускаются в ОАО «АК Транснефть» скребки нескольких типов (рис. 10.3):

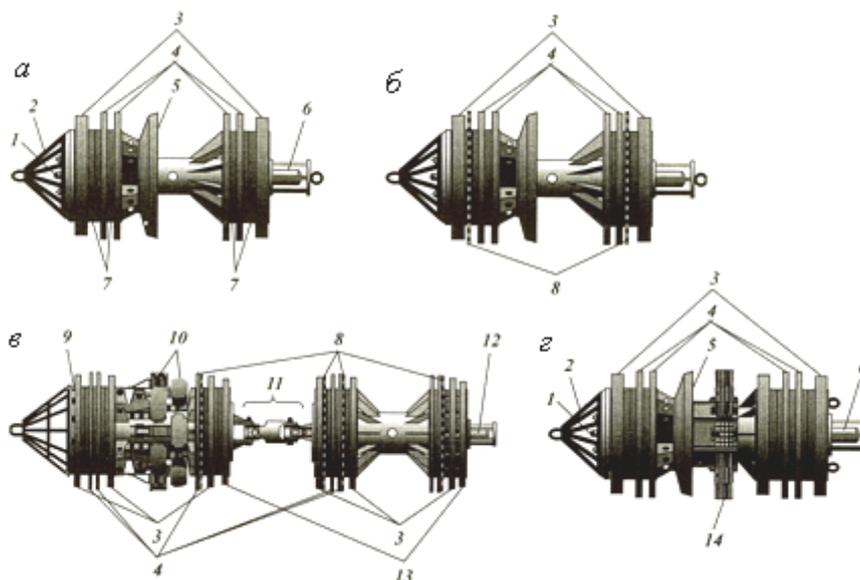
- стандартные типа СКР1 с чистящими дисками;
- щеточные типа СКР1-1 с чистящими и щеточными дисками;
- двухсекционные типа СКР2 с чистящими и щеточными дисками и подпружиненными щетками;
- магнитные скребки типа СКР3 с чистящими дисками и магнитными щетками, предназначенными для сбора металлических предметов из полости трубы.

Основные очистные скребки, используемые в производственных объединениях, – типа СКР1. Этими скребками периодически очищают нефтепровод от парафиносмолистых отложений, а также перед пропуском внутритрубных инспекционных приборов.

Перед пропуском дефектоскопов необходима также очистка нефтепровода от металлических предметов (огарки электродов и т. п.), которая проводится при помощи магнитного скребка типа СКР3.

На заключительной стадии очистки, непосредственно перед пропуском дефектоскопа, очищают трубу путем пропуска не менее двух

специальных (щеточных) скребков типа СКР1-1 или двухсекционными СКР2, которые обеспечивают очистку и коррозионных карманов на внутренней поверхности трубы.



*Рис. 10.3. Серийные скребки типа СКР:*

- а – СКР1; б – СКР1-1; в – СКР2; г – СКР3; 1 – байпас-отверстия;*
- 2 – бампер; 3 – ведущие диски; 4 – чистящие диски; 5 – манжета;*
- 6 – трансмиттер в защитной раме; 7 – прокладочные диски;*
- 8 – щеточные диски; 9 – прокладки с радиальными соплами;*
- 10 – подпружиненные щетки; 11 – карданное соединение;*
- 12 – передатчик для скребка в защитной раме;*
- 13 – ведущий диск уменьшенного диаметра; 14 – щетки на магнитах*

Объем работ по очистке нефтепровода зависит от типа перекачиваемой нефти и чистоты внутренней поверхности. В частности, при дефектоскопии нефтепроводов Западной Сибири, транспортирующих малопарафинистую нефть, в большинстве случаев достаточно использовать штатные средства очистки, позволяющие получать вполне удовлетворительные результаты. Для трубопроводов, транспортирующих парафинистую нефть с высоким содержанием асфальтосмолистых веществ, приходится прибегать к неоднократным очисткам и использовать при этом специальные устройства.

Перед проведением работ по очистке нефтепровода персонал, непосредственно участвующий в работе, должен пройти обучение по технологии очистки.

Бригады, сопровождающие очистные скребки по трассе трубопровода, должны быть обучены принципам работы и обращения с низко-

частотными передатчиками и локаторами, используемыми для контроля прохождения очистных скребков по трубопроводу.

Лупинги, резервные нитки и перемычки между параллельными трубопроводами должны быть отключены от основного трубопровода в течение всего периода от запуска первого прибора до приема последнего.

Пропуск очистных скребков допускается при скорости потока перекачиваемого продукта свыше 0,2 м/с. Наилучшие условия очистки обеспечиваются при скорости потока около 2 м/с.

Минимальное время между запусками двух очистных скребков не регламентируется и определяется технологическими возможностями узлов запуска и приема очистных устройств.

Допускается одновременный прием двух очистных скребков в камеру приема при наличии конструктивных и технологических возможностей узла приема очистных устройств.

Рекомендуемый порядок пропуска очистных скребков:

- первый очистной скребок пропускается с открытыми байпас-отверстиями для размыва парафиносмолистых отложений и предупреждения образования парафиновой пробки;
- второй очистной скребок пропускается с закрытыми байпас-отверстиями и обязательно оснащается передатчиком.

При проведении внутритрубных инспекций в течение пропусков всех снарядов должны быть приняты меры для предотвращения попадания осадка из резервуаров в диагностируемые трубопроводы.

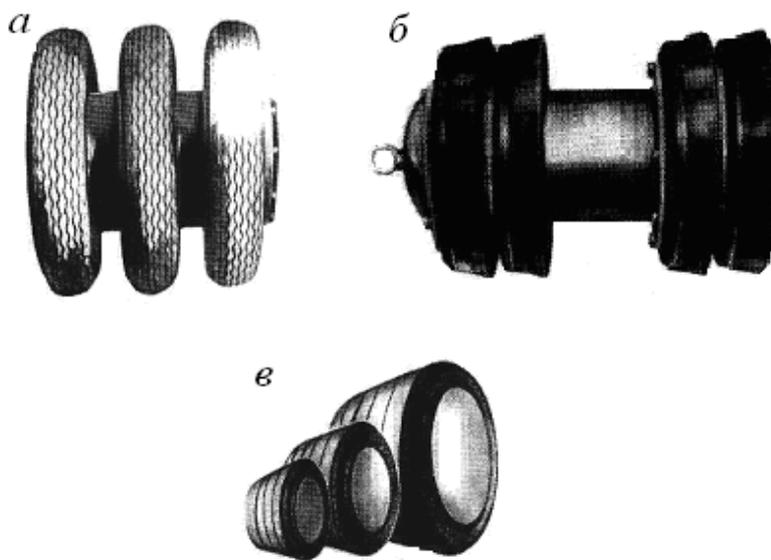
### **10.1.3. Поршни-разделители**

Получил распространение метод очистки полости трубопровода путем промывки с пропуском поршней-разделителей. В этом случае поршни-разделители перемещаются по трубопроводу в потоке воды, закачиваемой насосами для его гидравлического испытания, и одновременно с загрязнениями удаляют воздух. Последующее за испытаниями вытеснение из трубопровода воды производится также поршнями-разделителями под давлением сжатого воздуха или природного газа.

Для продувки трубопроводов, проходящих по сильно пересеченной местности или прокладываемых по способу «змейка», применяются поршни, выполненные из двух частей, соединенных между собой шарнирно. Такая конструкция позволяет поршню вписываться в многочисленные кривые вставки, не создавая значительных динамических нагрузок на трубопровод. Иногда в передней части корпуса поршня монтируют по окружности загнутые в одном направлении трубки для создания скоростных воздушных или водяных струй, обеспечивающих одно-

временно с поступательным движением поршня его вращение реактивными силами, что способствует более эффективной очистке внутренней поверхности трубопровода и более равномерному износу щеток, однако приводит к повышенному износу манжетных уплотнений и увеличивает расход воздуха или воды.

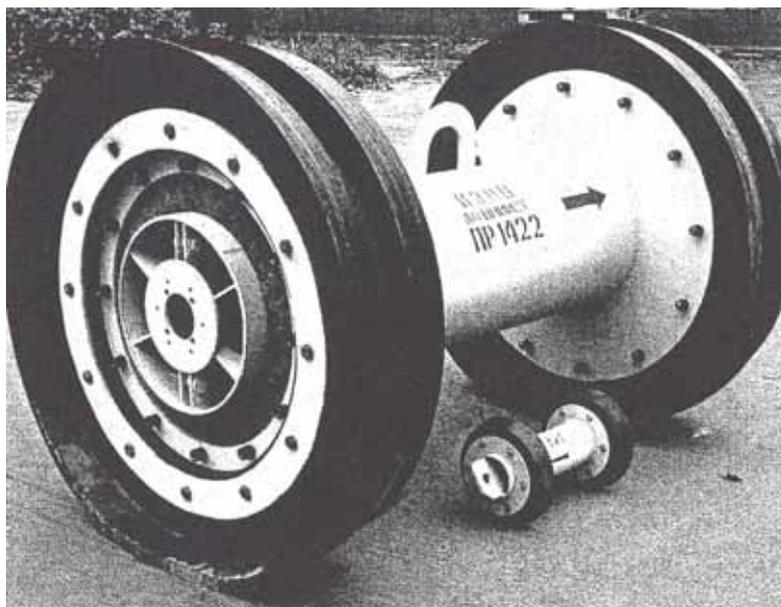
На рис. 10.4 изображены поршни-разделители различных типов. Поршень-разделитель на рис. 10.4, *а* выполнен с уплотнительными элементами тороидальной формы, поршень-разделитель на рис. 10.4, *б* – с уплотнительными элементами в виде упругих самоуплотняющихся манжет чашеобразной формы. Поршень-разделитель на рис. 10.4, *в* собран из эластичных цилиндрических элементов и соосно расположенных с ними уплотнительных манжет. Эта конструкция сочетает преимущества цилиндрического и манжетного распределителей, обладает повышенной герметичностью и устойчивостью формы при движении, способностью к саморегулированию и прохождению крутоизогнутых участков трубопровода.



*Рис. 10.4. Поршни-разделители:*

- а – поршень-разделитель с уплотнительными элементами тороидальной формы;*
- б – поршень-разделитель с уплотнительными элементами в виде упругих самоуплотняющихся манжет чашеобразной формы;*
- в – поршень-разделитель из эластичных цилиндрических элементов и соосно-расположенных с ними уплотнительных манжет*

Представлены поршни-разделители типа ПР, ОПР-М, ДЗК, ДЗК-РЭМ на рис. 10.5.



*Рис. 10.5. Поршень-разделитель*

Они используются для выполнения следующих работ в процессе строительства, реконструкции и ремонта трубопроводов:

- освобождение полости трубопровода от воздуха в процессе их наполнения водой для гидравлических испытаний;
- освобождение трубопроводов, в т. ч. и подводных переходов от воды, оставшейся в них после гидравлических испытаний и балластировки;
- освобождение полости газопроводов от конденсата и загрязнений.

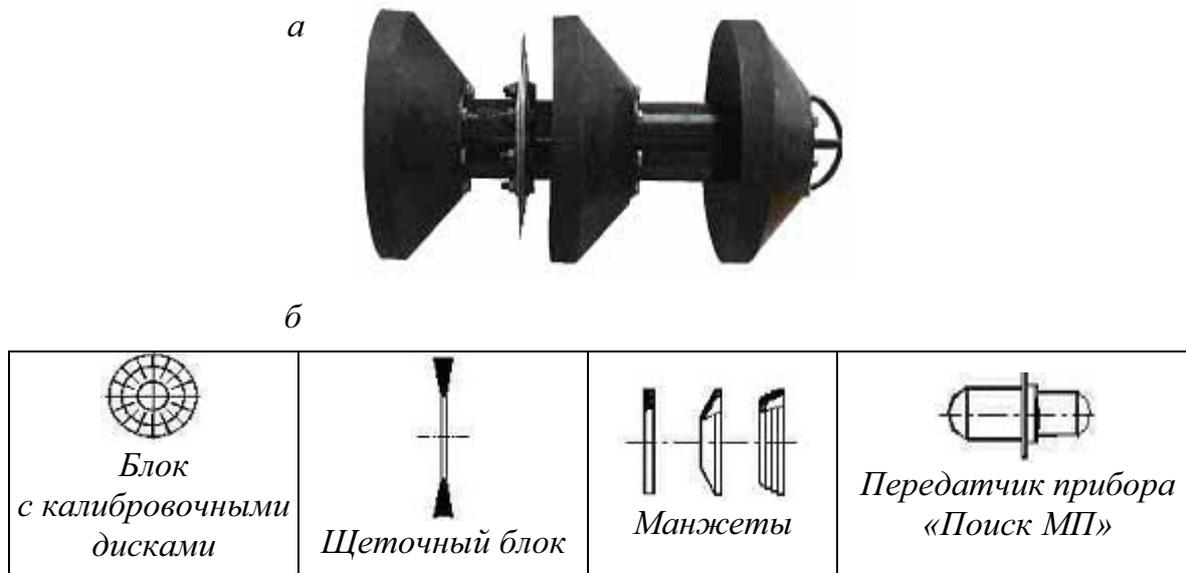
#### **10.1.4. Скребки, поршни**

##### **Скребки, поршни с резиновыми конусными манжетами ОУ-КР**

Очистные устройства (ОУ-КР) предназначены для очистки поверхности трубопровода от асфальтосмолистых и грязепарафиновых отложений и для вытеснения продукта и инородных предметов из внутренней полости трубопровода диаметром от 219–530 мм (рис. 10.6, а).

#### **10.2. Компрессорные установки**

Трубопроводы должны испытываться в соответствии с проектом (рабочим проектом) гидравлическим (водой, незамерзающими жидкостями), пневматическим (природным газом, воздухом) или комбинированным (воздухом и водой или газом и водой) способами. Нефтепроводы следует испытывать, как правило, гидравлическим способом.



*Рис. 10.6. Очистные устройства ОУ-КР:  
а – общий вид; б – дополнительное навесное оборудование*

Все способы испытания равноценны и применимы для трубопроводов любого назначения.

Для продувки, пневматического испытания и удаления из газопровода воды следует применять компрессорные установки, указанные в табл. 10.4 [7].

Для продувки газопроводов диаметром от 1020 мм до 1420 мм, в том числе в северных районах, в условиях вечномёрзлых грунтов следует применять передвижные высокопроизводительные компрессорные установки типа ТКА-80/0,5 на базе авиационных двигателей комплектно-блочного исполнения.

### **10.3. Машины для гидравлического испытания трубопроводов**

#### **10.3.1. Классификация и общее устройство**

Для гидравлического испытания магистральных трубопроводов применяются специальные машины: наполнительные и опрессовочные агрегаты. Наполнительные агрегаты служат для быстрой закачки воды в испытуемый участок трубопровода, опрессовочные – для подъема давления в заполненном водой участке трубопровода до величины, обеспечивающей испытание на прочность. Существуют также наполнительно-опрессовочные агрегаты, производящие наполнение и опрессовку трубопровода.

Таблица 10.4

## Компрессорные установки

Марка компрессорной установки	Производительность, м <sup>3</sup> /мин	Давление нагнетания, МПа	База	Привод от двигателя	Мощность двигателя, л.с.	Размеры, м	Масса, т
Компрессорные установки низкого давления							
АМС-4	57,5–70,3	1,0–2,0	Тележка на пневмоколесном ходу	–	700	13,82 × 3,25 × 3,45	52
ЗИФ-55	5,0	0,7		ЗИЛ-121	98	3,45 × 1,82 × 1,77	2,75
КС-9	8,5	0,6		КДМ-100	100	5,08 × 1,89 × 2,10	5,75
ДК-9	10,0	0,6		КДМ-100	100	5,03 × 1,85 × 2,55	5,65
ПК-10	10,5	0,7		Д-108	108	4,70 × 1,89 × 2,61	5,10
НВ-10	10,0	0,8	На раме	ЯМЗ-236	92	3,42 × 1,77 × 1,55	2,85
ПР-10М	11,0	0,8	Тележка на пневмоколесном ходу	А-01МК	110	5,65 × 1,70 × 2,21	2,9
ТКА 80/0,5	4000	0,5	На раме в трех блок-боксах	55 «Б»	40000	5,50 × 2,25 × 2,20 5,50 × 2,25 × 2,20 3,5 × 2,25 × 2,20	12,5
Компрессорные установки высокого давления							
АМС-2	57,5–70,8	1,0–10,0	Тележка на пневмоколесном ходу	–	770	11,32 × 3,25 × 3,45	38,7
СД-9/101	9,0	10,0	Автомобиль КРАЗ-257Б1	2Д12Б или В2-500С3	203	10,3 × 3,02 × 3,7	21,5
СД-12/25	12,0	2,5	Автомобиль КРАЗ-257Б1	2Д12Б или В2-500С3	203	9,66 × 3,0 × 3,6	21
КС-100	16,0	10,0	Тележка на пневмоколесном ходу	1Д12Б	410	11,0 × 3,14 × 3,4	23
АКС-8	2,0	23,0		ЯАЗ-204	110	3,53 × 1,91 × 2,22	3,95
УКС-400	2,3	40,0		ЯАЗ-М204В	75	4,7 × 2,35 × 2,40	5,0

### 10.3.2. Наполнительные агрегаты

Наполнительный агрегат состоит из двигателя, муфты сцепления и центробежного насоса. Между муфтой сцепления и центробежным насосом при необходимости устанавливается редуктор или коробка передач (рис. 10.7).

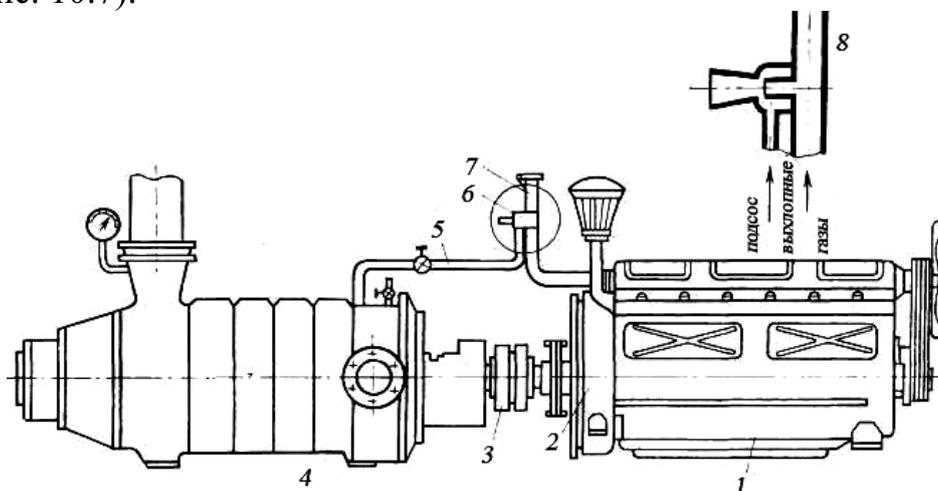


Рис. 10.7. Схема наполнительного агрегата:  
1 – двигатель; 2 – муфта сцепления; 3 – упругая муфта;  
4 – центробежный многосекционный насос;  
5 – трубопровод для соединения внутренней полости насоса с эжектором;  
6 – эжектор; 7 – выхлопная труба двигателя; 8 – заслонка

### 10.3.3. Опрессовочные агрегаты

Основным отличием опрессовочного агрегата от наполнительного является установка на нем насоса поршневого (плунжерного) типа вместо насоса центробежного типа (рис. 10.8, табл. 10.5).



Рис. 10.8. Передвижная насосная установка ПНУ-1М

Таблица 10.5

*Перечень механизмов, применяемых при испытаниях действующих магистральных нефтепроводов*

Марка агрегата	Марка насоса	Производительность агрегата, м <sup>3</sup> /ч		Напор при наполнении, м	Давление при опрессовке, МПа, (кгс/см <sup>2</sup> )	Мощность двигателя кВт	Масса, кг
		при наполнении	при опрессовке				
<i>Наполнительные агрегаты</i>							
АН-2	8МС-7×3	200–400	–	200–150	2	220	8200
АН-261	ЦНС 300-180	260	–	1,55	2	220	9400
АН-501Б	ЦН 400-210	450	–	1,6	–	310	9400
АН-1001	12НДС	1000	–	60	–	220	8200
АСН-1000	ЦН 1000-180	1000	–	180	–	664	2000 0
АН-151	6МС-6×8	130–160	–	360	–	220	8100
<i>Опрессовочные агрегаты</i>							
АО-2	9Т	–	25–56	–	8–3,5 (80–36)	77,8	9250
АО-161	9МТр-73	–	22	–	13	96	9500
АО-181	9ТМ	–	12,6– 93,6	–	4,5–18,5 (45–185)	176	9000
15100	ГНП-160	–	12–51	–	16–4 (160–40)	73	
	Т2- 2,5/400	–	2,5	–	40	45	
17200	9Т	–	18,4– 82,2	–	18,2– 4(182–40)	118	
11000	4Т	–	18,6– 84,0	–	12,3–12,7 (132–127)	81	
<i>Наполнительно-опрессовочные агрегаты</i>							
АНО-202	К-45/55	45	–	0,55	–	22	–
	ГВ-351А	–	1,8	–	20 (200)	22	2360
ПНУ-1	ПН 150-50	350	–	750	–	400	8500
ПНА-2	–	230	–	480	–	587	19555

### **Контрольные задания**

1. Назначение устройств для очистки внутренней полости трубопроводов.
2. Очистные поршни: виды, область применения.
3. Очистные скребки типа СКР.
4. Поршни-разделители.
5. Скребки, поршни повышенной проходимости типа «ОУ-ПП».
6. Компрессорные установки для продувки и испытания трубопроводов: конструкции, назначение.
7. Классификация и общее устройство машин для гидравлического испытания трубопроводов.
8. Наполнительные агрегаты для трубопроводов.
9. Опрессовочные агрегаты.

### **Список литературы**

1. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. – М.: Недра, 1985.
2. Каталог выпускаемого специализированного оборудования АК «Транснефть», 2005.
3. Технологические регламенты Акционерной компании по транспорту нефти «Транснефть» / под общ. ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2005. – Т. 1. – Кн. 2.
4. <http://www.barrens.ru>.
5. <http://www.compressorair.ru>.
6. <http://www.tud.ru>.
7. ВСН 011–88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Очистка полости и испытание. Дата введения 1989–02–01.

# 11. НАСОСЫ

## Терминология

**Насос** – устройство (гидравлическая машина, аппарат или прибор) для напорного перемещения главным образом капельной жидкости в результате сообщения ей внешней энергии (потенциальной или кинетической).

**Насосный агрегат** – соединение насоса (нескольких насосов) и приводящего двигателя.

**Водоотливные установки** – установки, предназначенные для откачки дождевых, грунтовых и талых вод из траншей и котлованов, а также стоячих вод из мелких водоемов.

### 11.1. Основные сведения о насосах

Насосом называется гидравлическая машина, в которой подводимая извне энергия (механическая, электрическая) преобразуется в энергию потока жидкости.

Насосным агрегатом называют насос, двигатель и устройство для передачи мощности от двигателя к насосу, собранные в единый узел.

В основу классификации по принципу действия положены различия между насосами в механизме передачи подводимой извне энергии потоку жидкости, протекающей через них. По принципу действия насосы можно условно разделить на две группы: **динамические и объемные**.

**В динамических насосах** жидкость приобретает энергию в результате силового воздействия на нее рабочего органа в рабочей камере. К этой группе относят следующие насосы:

- *лопастные* (центробежные, диагональные и осевые), в которых постоянное силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывают обтекаемые ею лопасти вращающегося рабочего колеса;
- *вихревые*, в которых постоянное силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывают вихри, срывающиеся с канавок вращающегося рабочего колеса;
- *струйные*, в которых постоянное силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывает подводимая извне струя жидкости, пара или газа, обладающая высокой кинетической энергией;
- *вибрационные*, в которых силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывает клапан-поршень, совершающий высокочастотное возвратно-поступательное движение.

**В объемных насосах** жидкость приобретает энергию в результате воздействия на нее рабочего органа, периодически изменяющего объем рабочей камеры.

К этой группе относят:

- *поршневые* и *плунжерные*, в которых периодическое силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывают поршень или плунжер (длина его цилиндрической части много больше его диаметра), совершающие возвратно-поступательное движение в рабочей камере;
- *роторные*, в которых периодическое силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывают поверхности шестерен или винтовых канавок, расположенных на периферии вращающегося ротора.

К основным энергетическим параметрам любого насоса относят следующие величины:

- подачу  $Q$  – объем жидкости, проходящей через насос в единицу времени, л/с; м<sup>3</sup>/с; м<sup>3</sup>/ч;
- напор  $H$  – приращение удельной механической энергии жидкости, протекающей через насос, м:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_1, \quad (11.1)$$

где  $p_1, p_2$  – давление жидкости в сечениях до и после насоса;  $v_1, v_2$  – скорость жидкости в тех же сечениях;  $\rho$  – плотность жидкости;  $z_1$  – расстояние по вертикали между точками замера  $p_1$  и  $p_2$ ;  $g$  – ускорение свободного падения;

- мощность  $N$  – потребляемую насосом мощность. *Полезная мощность насоса* – это мощность, сообщаемая насосом перекачиваемой жидкости:

$$N_n = Qp = Q\rho gH, \quad (11.2)$$

где  $p$  – давление, развиваемое насосом.

*Полезная мощность насосного агрегата* – это мощность, сообщаемая рабочей среде насосным агрегатом:

$$N_n = N_a \eta_{дв} \eta_{пер}, \quad (11.3)$$

где  $N_a$  – потребляемая мощность насосного агрегата (определяется путем измерения энергии, подводимой от двигателя);  $\eta_{дв} \eta_{пер}$  – коэффициент полезного действия двигателя привода и передачи от двигателя к насосу.

*Коэффициент полезного действия*  $\eta$  есть отношение полезной мощности  $N_{\text{п}}$  к потребляемой мощности насоса и учитывает потери энергии в насосе:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} = \frac{QH\rho g}{N}. \quad (11.4)$$

*КПД насосного агрегата* – это отношение полезной мощности насоса к мощности насосного агрегата:

$$\eta_a = \frac{N}{N_a}.$$

*Кавитационный запас* насоса  $\Delta h$  характеризует кавитационные качества насоса и представляет превышение удельной энергии на входе в насос над удельной энергией, соответствующей давлению насыщенных паров жидкости при температуре перекачки:

$$\Delta h = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{p_s}{\rho g}, \quad (11.5)$$

где  $p_s$  – давление насыщенных паров жидкости.

Расстояние по вертикали от уровня жидкости в емкости до оси горизонтальных насосов, оси поворота лопастей вертикальных осевых насосов, оси напорного патрубка вертикальных центробежных насосов, верхнего положения поршня вертикальных поршневых насосов называют *геометрической высотой всасывания*  $h_{\text{в}}$ .

*Коэффициент быстроходности насоса* или удельная быстроходность – это частота вращения модели ротора, геометрически подобной насосу, которая создает напор, равный 1 м при подаче  $0,075 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Благодаря высокой экономичности, надежности, удобству эксплуатации, малым габаритным размерам лопастные насосы нашли широкое применение в различных отраслях промышленности, том числе и в нефтяной. Классифицируют их по различным признакам: характеру движения жидкости в проточной части насоса, конструкции, назначению и т. д.

Лопастные насосы подразделяют:

- по форме рабочего колеса – на центробежные, диагональные и осевые;
- по расположению вала насоса – на горизонтальные и наклонные;
- по числу рабочих колес – на одноступенчатые и многоступенчатые;
- по напору – на низконапорные ( $H < 20$  м), средненапорные ( $H = 20\text{--}60$  м) и высоконапорные ( $H > 60$  м);
- по роду перекачиваемой жидкости и назначению.

В нефтяной промышленности, в том числе и в транспорте нефти и нефтепродуктов, наиболее распространены насосы центробежные, одноступенчатые с двусторонним входом жидкости к рабочему колесу.

## 11.2. Принцип работы центробежных насосов

В центробежных насосах (рис. 11.1) жидкость движется в осевом направлении от всасывающего патрубка к центральной части рабочего колеса. В рабочем колесе поток жидкости поворачивается на  $90^\circ$  и симметрично относительно оси вращения растекается по каналам вращающегося колеса *1*, образованным стенками переднего и заднего дисков *5* и рабочими лопастями *2*. Рабочие лопасти передают жидкости энергию привода насоса. Статическое давление в ней и ее скорость возрастают. Из рабочего колеса *1* поток жидкости выходит под некоторым углом к касательной его наружного диаметра. Общее направление движения потока при этом совпадает с направлением вращения рабочего колеса. Далее спиральному отводу *3* жидкость поступает в конический диффузор *4*, где ее кинетическая энергия преобразуется в потенциальную.

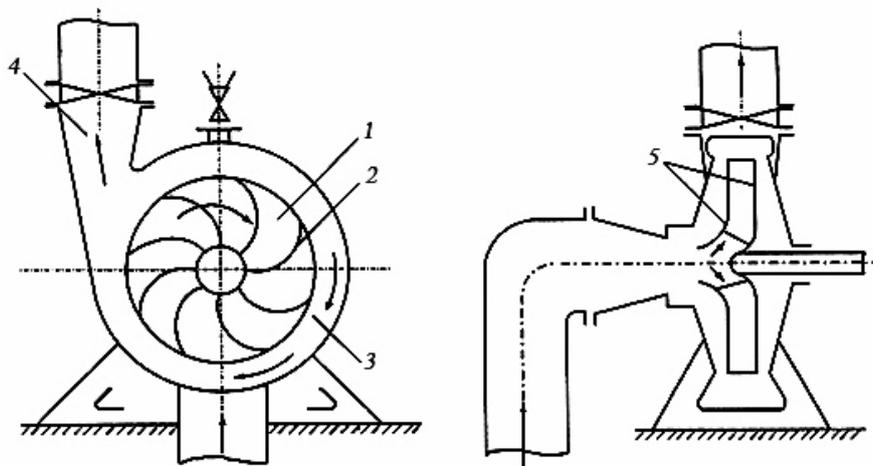


Рис. 11.1. Принцип работы центробежного насоса  
(схема центробежного насоса)

## 11.3. Насос погружной центробежный с гидроприводом НЦПГ-180

Предназначен для откачки дождевых, талых и грунтовых вод из траншей, котлованов и колодцев при проведении строительных и ремонтных работ. Насос обеспечивает перекачку загрязненной воды с содержанием твердых частиц размером до 6 мм. Применяется как сменное оборудование мобильных машин на базе тракторов и автомобилей, оснащенных гидросистемой (рис. 11.2, табл. 11.1).

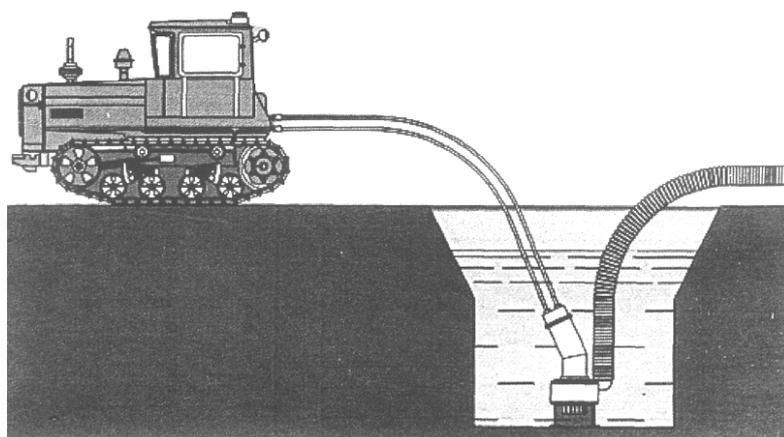


Рис. 11.2. Насос погружной центробежный с гидроприводом НЦПГ-180

Таблица 11.1

Характеристики насоса погружного центробежного с гидроприводом

Тип насоса	Погружной центробежный
Параметры гидросистемы для подключения насоса: номинальное давление, МПа номинальный расход рабочей жидкости, л/мин	15–26
Номинальная производительность, м <sup>3</sup> /ч	180
Номинальный напор, м вод. ст.	6
Максимальный напор, м вод. ст.	9
Принадлежности: рукав РВД для подвода масла, $L = 10$ м, шт. рукав выброса воды, $L = 4$ м, 125 мм, шт.	22
Масса без рукавов, кг, не более	18

#### 11.4. Основные и подпорные центробежные насосы для магистральных трубопроводов

Общие технические условия на насосы для трубопроводов регламентируются ГОСТ 12124–80. Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов. В нем определены параметры, размеры и технические требования к основным и подпорным насосам. К основным насосам относят 13 типов насосов, а с учетом сменных роторов – 27 (табл. 11.2). Насосы в таблице размещены в порядке возрастания подачи от 125 до 10000 м<sup>3</sup>/ч. Наибольшую подачу обеспечивает насос НМ 10000-210, расшифровка обозначения которого читается так: «Насос магистральный с подачей 10000 м<sup>3</sup>/ч и напором 210 м».

Таблица 11.2

## Характеристика магистральных центробежных насосов ряда НМ

Параметры	Модели												
	НМ-125-550	НМ-180-500	НМ-250-475	НМ-360-460	НМ-500-300	НМ-710-280	НМ-1250-260	НМ-1800-240	НМ-2500-230	НМ-3600-230	НМ-5000-210	НМ-7000-210	НМ-10000-210
Подача, м <sup>3</sup> /ч	125	180	250	360	500	710	1250	1800	2500	3600	5000	7000	10000
Напор, м	550	500	475	460	300	710	260	240	230	230	210	210	210
Допустимый кавитационный запас, м, не менее	4	5	6	8	12	14	20	25	32	40	42	52	65
КПД, %, не менее	68	70	72	76	78	80	80	83	86	87	88	89	89
Масса насоса агрегата, кг, не более	950	1950	300	3300	3100	3200	3000	4300	5350	5750	7050	7300	11400
Диаметр рабочего колеса, м	–	–	–	0,3	0,3	–	0,43	–	0,43	0,45	0,45	0,475	0,495
Мощность насоса, кВт	–	–	–	483	435	–	960	–	1570	2230	2800	3870	5540
Мощность двигателя, кВт	320	–	–	630	500	–	1250	–	2000	2500	3200	5000	6300

Насосы с подачей до  $1250 \text{ м}^3/\text{ч}$  – секционные, многоступенчатые; с подачей более  $1250 \text{ м}^3/\text{ч}$  – одноступенчатые, спиральные, двустороннего входа, имеющие от одного до трех сменных роторов на подачи  $0,5Q_0$ ,  $0,7Q_0$ ,  $1,25 Q_0$  ( $Q_0$  – номинальная подача насоса).

Все насосы нормального ряда, имеющие единую частоту вращения 3000 об/мин, изготавливают в горизонтальном исполнении.

При разборке их не требуется отсоединения входного и выходного патрубков.

Проектирование насосов на максимально возможную частоту вращения (3000 об/мин) для электродвигателей, работающих на токе частотой 50 Гц, обусловлено тем, что при дальнейшем увеличении частоты вращения вала возрастает скорость входа жидкости в насос, что приводит к возникновению кавитации.

Технические требования к насосам магистральных трубопроводов регламентированы Государственными стандартами, в соответствии с которыми насосы можно использовать для перекачки нефти и нефтепродуктов с температурой от  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+80 \text{ }^\circ\text{C}$ , кинематической вязкостью не выше  $3 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ , с содержанием механических примесей по объему не более 0,05 % и размером не более 0,2 мм. Общий вид насосных агрегатов различной производительности показан на рис. 11.3 и 11.4.

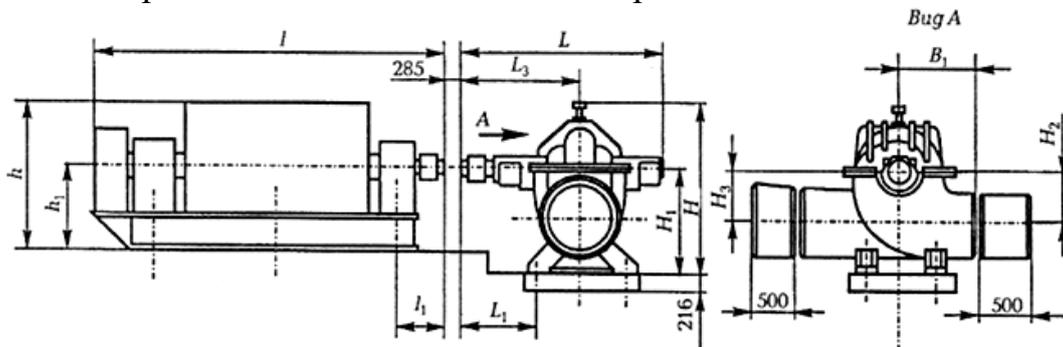


Рис. 11.3. Насосный агрегат серии НМ (производительность  $> 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$ )

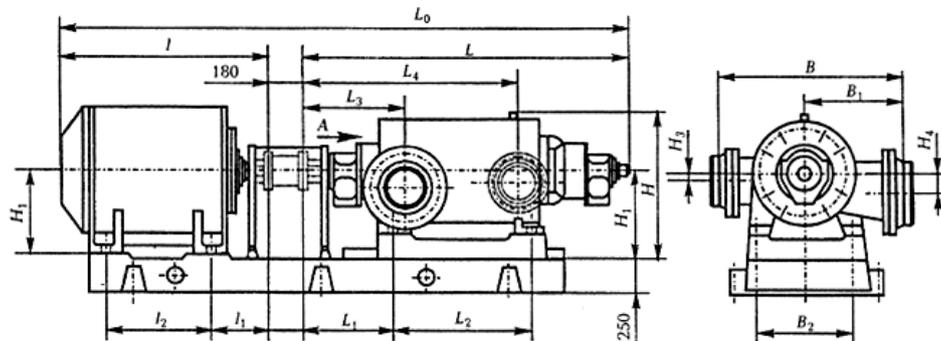


Рис. 11.4. Насосный агрегат серии НМ (производительность  $< 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$ )

Схематично конструкция основного центробежного насоса для магистральных трубопроводов представлена на рис. 11.5.

Основным элементом насоса является рабочее колесо 5, насаженное на шпонке на вал 2. Вал с рабочим колесом размещен в корпусе 3, где осуществляется подвод 7 и отвод 6 перекачиваемой жидкости. Для разделения области всасывания от области нагнетания используют щелевые уплотнения 4. Для предотвращения утечек в месте выхода вала из корпуса насоса применяют торцевые уплотнения 9. Основным подшипником является подшипник скольжения 10. Разгрузку ротора от осевых усилий обеспечивает рабочее колесо с двусторонним входом. Остаточные осевые нагрузки воспринимаются радиально-упорным подшипником 1. Разгрузка торцевых уплотнений осуществляется с помощью труб 8, соединенных с камерами уплотнений, отделенными от входной полости насоса разделительными втулками 13. При помощи труб 12 осуществляют отвод утечек из камер сбора утечек. Насос соединяют с двигателем при помощи зубчатой муфты 11. Приемный и напорный патрубки расположены в нижней части корпуса и направлены горизонтально в противоположные стороны. Конструкция насосов обеспечивает надежную работу при их последовательном соединении. Система смазки насосов централизованная с принудительной подачей масла. Системы сбора утечек и разгрузки торцевых уплотнений герметизированы, закрытого типа.

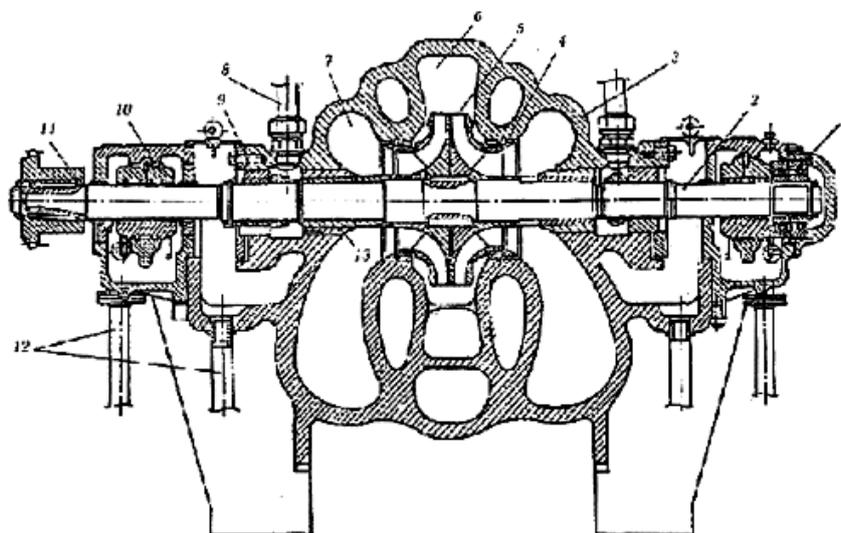


Рис. 11.5. Схема основного магистрального насоса:

- 1 – подшипник радиально-упорный; 2 – вал; 3 – корпус; 4 – уплотнение щелевое;
- 5 – колесо рабочее; 6 – отвод; 7 – подвод; 8 – разгрузка торцевых уплотнений;
- 9 – торцовое уплотнение; 10 – подшипник опорный; 11 – втулка зубчатая;
- 12 – отвод утечек; 13 – втулка разделительная

Для обеспечения необходимого напора на входе основных насосов используют подпорные насосы. Подпорные насосы в основном соединяют параллельно. В настоящее время на насосных станциях в качестве подпорных применяют насосы типа НД, НМП и НПВ.

Насосы ряда НД эксплуатируют на трубопроводах постройки прошлых лет. Насос НД – одноступенчатый с рабочим колесом и двусторонним входом для жидкости. Корпус насоса имеет горизонтальный разъем вдоль оси стального вала. Используемые насосы 14НДсН и 14НДвН имеют подшипники скольжения с разъемом в горизонтальной плоскости. Маркировка этого насоса означает: первая цифра – диаметр напорного патрубка, мм, уменьшенный в 25 раз; Н – насос; Д – рабочее колесо двустороннего входа; индексы «в» и «с» – соответственно высоконапорный и средненапорный; Н – нефтяной.

Наибольшее распространение имеют насосы НМП – центробежные, горизонтальные, спиральные, одноступенчатые. Основные элементы насоса – корпус, ротор, торцевые уплотнения и подшипниковые опоры. Как и у основных насосов, приемный и напорный патрубки расположены в нижней части корпуса, имеющего горизонтальный разъем. Рабочее колесо – литое, вход для жидкости – двусторонний. Бескавитационная работа обеспечивается установкой перед входом в рабочее колесо литых предвключенных колес. Опорами ротора являются подшипники качения. Частота вращения вала насосов ряда НМП около 1000 об/мин. Марка насосов расшифровывается следующим образом: НМП 3600-78 – насос магистральный подпорный с подачей 3600 м<sup>3</sup>/ч и напором 78 м.

Широко применяются на магистральных нефтепроводах вертикальные подпорные насосы ряда НПВ. Насосы данного ряда – центробежные вертикальные предназначены для установки на открытых площадках и могут работать при температурах от –50 °С до +45 °С. Вертикальные насосы опускают в колодец, заполненный нефтью. Двигатель расположен вертикально и работает на открытом воздухе. В качестве двигателей используют вертикальные, асинхронные, коротко-замкнутые электродвигатели во взрывозащищенном исполнении с частотой вращения вала 1500 об/мин и напряжением 10 кВт. Технические характеристики подпорных насосов всех типов приведены в табл. 11.3.

Таблица 11.3

## Характеристика подпорных насосов

Параметры	Модели							
	14НДсН	НМП2500-74	НМП3600-78	НМП5000-115	НПВ1250-60	НПВ2500-80	НПВ3600-90	НПВ5000-120
Подача, м <sup>3</sup> /ч	1260	2500	3600	5000	1250	2500	3600	5000
Напор, м	37	74	78	115	60	80	90	120
КПД, %	87	72	83	85	78	83	84	85
Частота вращения вала, об/мин	960	1000	1000	1000	1500	1500	1500	1500
Наружный диаметр, м	0,540	0,690	0,725	0,840	0,430	0,525	–	–
Допустимый кавитационный запас, м	5	3	3	3,5	2,2	3,2	4,8	5,0
Масса, кг	–	7775	7775	9321	11940	11870	1700	16700

Внешний вид насосных агрегатов с подпорными насосами представлен на рис. 11.6, 11.7. На рис. 11.8 представлена конструкция насосного агрегата с насосом типа НПВ. Преимущества таких насосов заключаются в отсутствии необходимости строить заглубленные станции, расположенные на открытых площадках в непосредственной близости к резервуарному парку.

В качестве привода, как правило, применяют асинхронные или синхронные электродвигатели.

Двигатель выбирают с учетом следующих положений:

а) обеспечение электроэнергией для питания электродвигателей должно быть рассчитано на суммарную мощность до 20000 кВт;

б) соединение вала насоса с валом электродвигателя должно быть простейшим. Мощность электродвигателя для привода насоса определяется по формуле

$$N = (1,05 - 1,15) \frac{QHpg}{\eta}, \quad (11.6)$$

где  $\eta$  – полный КПД установки; 1,05–1,15 – коэффициент запаса.

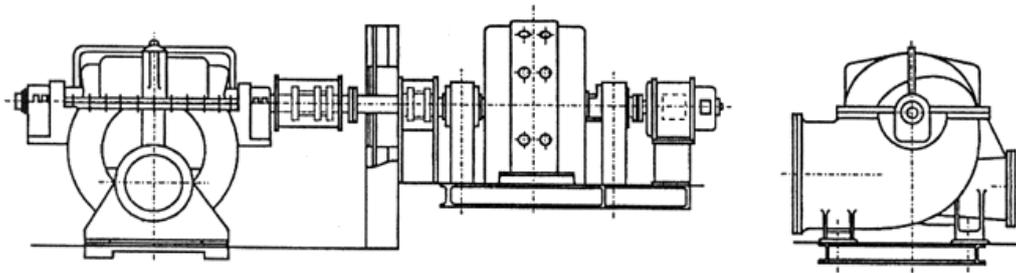


Рис. 11.6. Насосный агрегат с насосом типа НМП

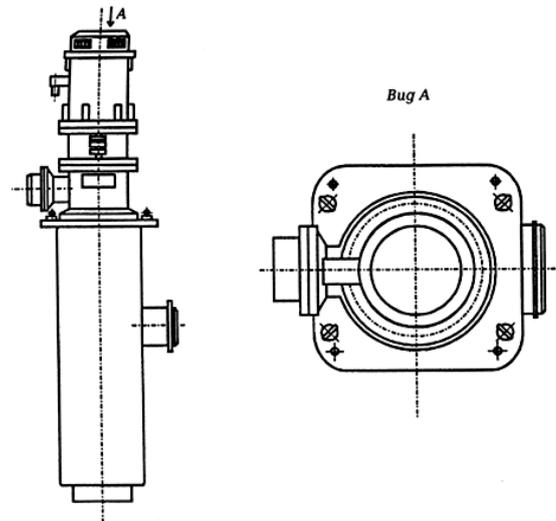


Рис. 11.7. Насосный агрегат с насосом типа НПВ

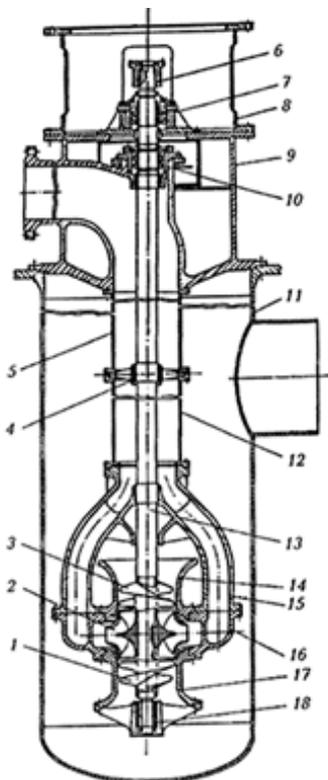


Рис. 11.8. Конструкция насосного агрегата с насосом типа НПВ:

- 1, 3 – предвключенные колеса; 2 – рабочее колесо;  
 4, 18 – подшипники скольжения; 5, 12 – напорные секции;  
 6 – втулочно-пальцевая муфта;  
 7 – сдвоенные радиально-упорные шарикоподшипники;  
 9 – напорная крышка; 10 – кольцевые уплотнения ротора;  
 11 – стакан; 13 – вал; 14, 17 – подводы;  
 15 – переводной канал; 16 – спиральный корпус

## 11.5. Характеристики магистральных насосов

В практике эксплуатации центробежных насосов распространение получили три вида характеристик: характеристика насоса; частная кавитационная характеристика; кавитационная характеристика.

**Характеристика насоса** – это зависимость основных технических показателей насоса (напора  $H$ , мощности  $N$  и КПД) от подачи  $Q$  при постоянной частоте вращения и физических свойствах перекачиваемой жидкости (плотность и вязкость). В каталогах приведены характеристики магистральных насосов по данным заводских испытаний на холодной воде. Запуск в серийное производство центробежных насосов производят после промышленных испытаний на нефти в условиях работы насосной станции. На рис. 11.9 приведена характеристика насоса НМ 10000-210.

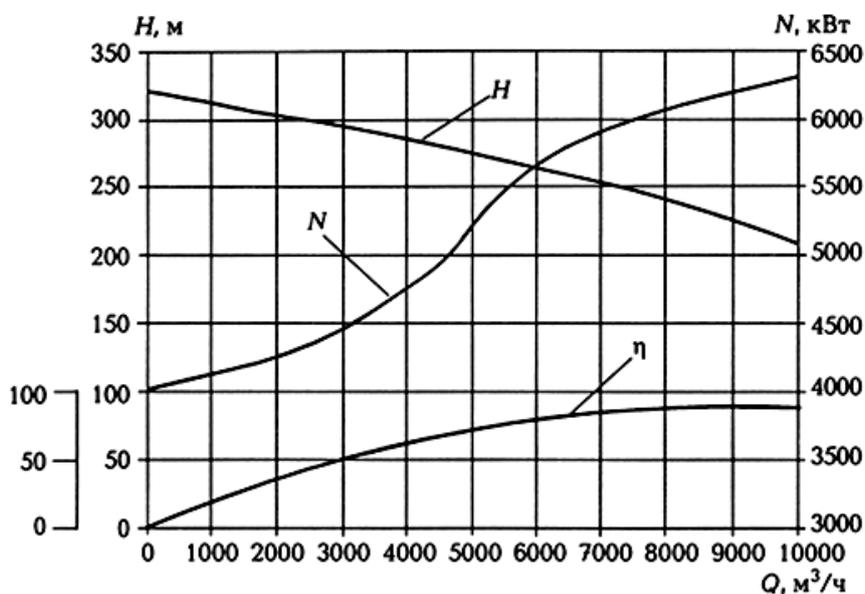


Рис. 11.9. Характеристика магистрального центробежного насоса НМ 10000-210

Из-за особенностей эксплуатации нефтепроводов к характеристикам насосов предъявляются следующие требования:

1) напорная характеристика должна быть монотонно падающей, пологой. Монотонность создает устойчивую работу на сеть в любом диапазоне подач. При пологой характеристике уменьшаются потери на дросселирование, стабилизируется давление в трубе, в результате чего уменьшаются динамические нагрузки на трубу;

2) тип насоса следует выбирать таким, чтобы КПД был наибольшим. Насосы типа НМ имеют КПД до 89 %;

3) КПД не должен существенно уменьшаться в возможно более широком диапазоне подач. Снижение КПД не должно превышать 2–3 % в диапазоне подач 0,8–1,2.

**Частная кавитационная характеристика** представляет собой зависимость напора и КПД насоса от кавитационного запаса при постоянных значениях подачи, частоты вращения, физических свойств жидкости.

**Кавитационная характеристика** представляет собой зависимость допустимого кавитационного запаса от подачи насоса при постоянной частоте вращения и свойствах жидкости. Кавитационная характеристика является исходной для расчета бескавитационной работы насоса.

### 11.6. Совместная работа турбомашин

Совместная работа характеризуется подсоединением нескольких турбомашин к одной общей сети и применяется в тех случаях, когда одиночная установка не способна обеспечить необходимой подачи или напора.

В зависимости от конкретных условий совместно работающие турбомашинны могут включаться последовательно и параллельно, а располагаться вблизи или на некотором расстоянии друг от друга.

Последовательное включение турбомашин (или числа ступеней) применяется для увеличения напора в сети.

Например, в многоступенчатых секционных насосах параметры можно изменять путем монтажа соответствующего числа ступеней.

Характеристика  $Q-H$  (рис. 11.10) многоступенчатого насоса в зависимости от числа ступеней  $k$  и  $k'$  соответствующим образом смещается.

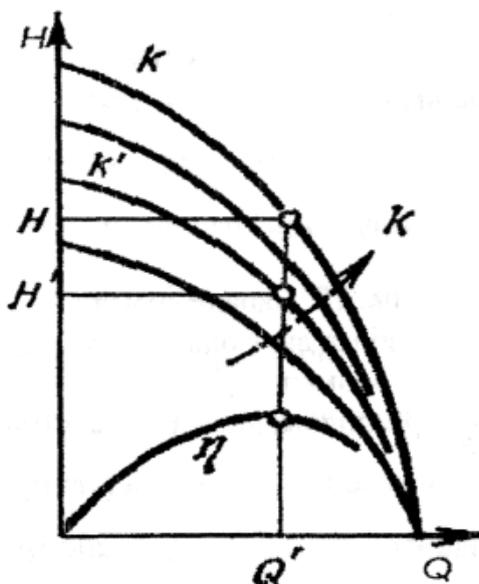


Рис. 11.10. График регулирования параметров многоступенчатого центробежного насоса изменением числа ступеней

При этом для заданной подачи  $Q$  развиваемый напор будет пропорционален числу ступеней

$$H = kH_c, \quad (11.7)$$

где  $k$  – число ступеней;  $H_c$  – напор, развиваемый одной секцией.

При этом КПД насоса по существу остается неизменным, потребляемая мощность ступенчато изменяется.

Параллельное включение турбомашин применяется в случае необходимости увеличения производительности. Примером параллельной работы турбомашин может служить водоотлив при больших потоках, когда на общую сеть работают два насоса. Если турбомашин располагаются рядом, то для получения суммарной характеристики параллельно включенных машин (рис. 11.11) необходимо сложить абсциссы их индивидуальных характеристик при одинаковых значениях напора  $H$ . Точка  $M$  пересечения суммарной характеристики I+II с характеристикой сети определяет режим совместной работы турбомашин на общую сеть. Подача при параллельной работе меньше суммарной подачи обеих турбомашин, работающих отдельно  $Q_{I+II} < (Q'_I + Q'_{II})$ ; напор при этом в сравнении с напором одиночной машины несколько возрастает. Это объясняется тем, что с увеличением подачи возрастают потери давления во внешней сети.

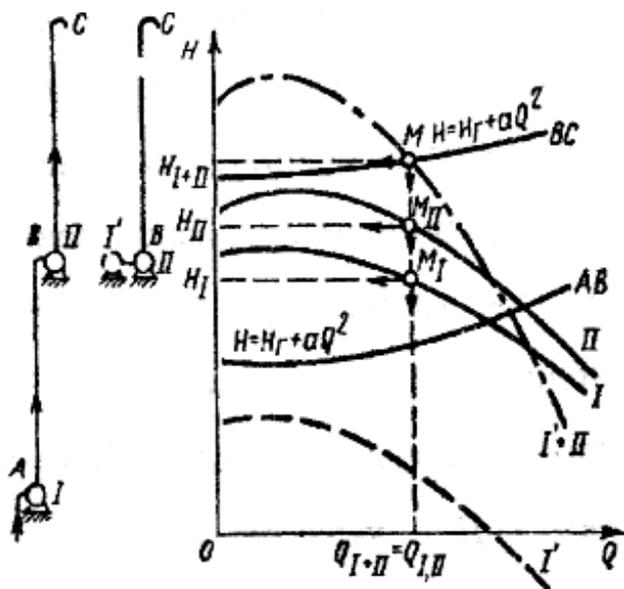


Рис. 11.11. Параллельная работа двух одинаковых турбомашин, расположенных рядом

Чем меньше сопротивление внешней сети, тем эффективнее параллельная работа турбомашин. Режим каждой машины, работающей на общую сеть, определяется горизонтальной линией, проведенной из точ-

ки  $M$  до пересечения с соответствующей индивидуальной характеристикой (точка  $M_{I,II}$ ).

Если две турбомашин, включенные в общую сеть, размещаются на некотором расстоянии друг от друга, то для получения рабочего режима нужно характеристику одной из них привести к точке подключения другой (рис. 11.12).

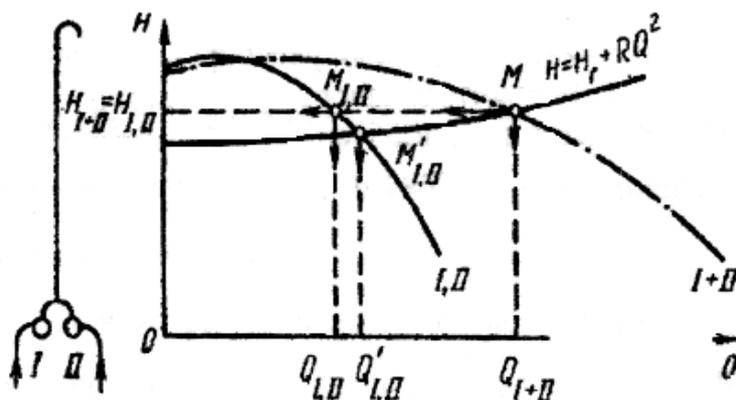


Рис. 11.12. Последовательная работа двух турбомашин, расположенных на расстоянии друг от друга

## 11.7. Регулирование турбомашин

Регулирование турбомашин может быть при переменной и постоянной скоростях вращения. Регулирование параметров турбомашин-генераторов путем плавного изменения числа оборотов достигается применением в качестве привода электродвигателя постоянного тока, электродвигателя с фазовым ротором или двигателя внутреннего сгорания. В этом случае в соответствии с законами пропорциональности будет получена новая характеристика турбомашин при неизменной характеристике трубопровода. Однако поскольку основная масса турбомашин-генераторов приводится в действие асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором, не позволяющим осуществлять плавную регулировку числа оборотов, то чаще применяется регулировка турбомашин при постоянной скорости вращения. Основными способами регулирования турбомашин-генераторов при сохранении скорости первичного двигателя являются следующие:

1. Изменение степени закрытия регулирующей задвижки на нагнетательном трубопроводе, чем искусственно изменяется характеристика трубопровода при сохранении индивидуальной характеристики турбомашин (рис. 11.13). Способ этот прост, но экономически несовершенен из-за существенных потерь напора и значительного снижения КПД установки.

2. Дросселирование задвижкой во всасывающем трубопроводе, что приводит к снижению подачи и напора турбомашины при сохранении характеристики трубопровода. При этом способе возникает вероятность разрыва сплошности, а значит, и возникновения явления кавитации. Такой способ можно применять в случае, если насос расположен ниже уровня приемного резервуара, или при регулировании турбокомпрессоров.

3. Частичный перепуск текущего вещества из нагнетания во всасывание, что также является малоэкономичным. Такой способ, может быть, приемлем при регулировании производительности скважинного насоса, когда дебит скважины ниже его производительности.

4. Уменьшение диаметра рабочего колеса за счет его обрезки приемлемо как для турбомашин-генераторов, так и для турбомашин-двигателей. При этом изменяются параметры турбомашины в соответствии с законами пропорциональности.

5. Изменение угла установки лопастей рабочих колес или угла установки лопаток направляющего аппарата при входе в турбомашину. Изменение параметров машины при этом осуществляется за счет изменения скорости закручивания на входе. Это наиболее экономичный и часто применяемый способ регулирования турбомашин как генераторов, так и двигателей.

6. Увеличение давления во всасывающем трубопроводе.

7. Изменение числа ступеней в многоступенчатых секционных насосах.

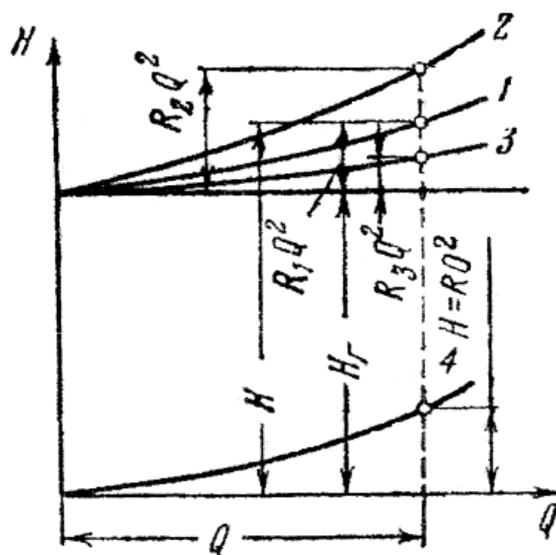


Рис. 11.13. Характеристика внешней среды

### **Контрольные задания**

1. Центробежные насосы: конструкции, область применения.
2. Центробежные насосы типа НМ: конструкции, область применения, характеристики.
3. Совместная работа турбомашин.
4. Регулирование турбомашин.
5. Рабочие колеса лопастных насосов.
6. Уплотнения валов центробежных насосов.
7. Шестеренные насосы: конструкции, область применения, регулирование.
8. Беспроводные насосы: струйные, эрлифты.
9. Пневматические насосы вытеснения.
10. Водоотлив и водопонижение при разработке грунтов.
11. Установки водоотливные.

### **Список литературы**

1. Беззубов А.В., Щелкалин Ю.В. Насосы для добычи нефти: справочник рабочего. – М.: Недра, 1986.
2. Касьянов В.М. Гидромашины и компрессоры: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981.
3. Молчанов А.Г., Чичеров Л.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы. – М.: Недра, 1976.
4. Тихонов Н.В., Лимитовский А.М. Горная механика: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980.
5. Каталог выпускаемого специализированного оборудования ОАО АК «Транснефть». – 2005.
6. Крец В.Г., Федина О.В. Насосы в нефтедобыче: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.
7. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.

## 12. КОМПРЕССОРЫ

### 12.1. Классификация компрессоров

**Компрессор** – машина, предназначенная для повышения давления и перемещения газа. Компрессор относится к классу воздухо- или газодувных машин. К этому же классу относятся вентиляторы и газодувки, работающие по тому же принципу, что и компрессоры, но отличающиеся от них конструкцией и отношением конечного давления газа к начальному.

**Компрессор** – машина, преобразующая механическую энергию привода в полезную потенциальную и кинетическую энергию газа.

В компрессоре происходят повышение давления газа и перемещение его из области низкого в область высокого давления.

Вентиляторы обеспечивают увеличение плотности воздуха менее чем на 7 %. Их успешно применяют в системах промышленной вентиляции, в кондиционерах, тягодутьевых установках, градирнях и т. д. для подачи больших объемов воздуха (или газа) обычно при относительно низких скоростях. В зависимости от создаваемого давления вентиляторы принято делить на три группы: низкого давления (до 1000 Па), среднего (до 3000 Па) и высокого (до 15 000 Па). По назначению их подразделяют на вентиляторы общего назначения, вентиляторы дутьевые котельные (ВД), дымососы котельные (Д) и вентиляторы шахтные.

Кроме того, вентиляторы классифицируют по следующим признакам:

- **по направлению потока** газа в рабочем колесе – осевые, радиальные (центробежные), диагональные, диаметральные;
- **по конструкции** – одно- и многоступенчатые, реверсивные, одно- и двухстороннего всасывания;
- **по положению оси** рабочего колеса – горизонтальные и вертикальные;
- **по направлению вращения** рабочего колеса – правого и левого вращения;
- **по виду привода** – с электродвигателем, воздушной турбиной, двигателем внутреннего сгорания и т. д.;
- **по виду привода** – с непосредственным приводом, с помощью муфты или передаточного механизма;
- **по исполнению** – стандартные, в газонепроницаемом исполнении, для пневмотранспорта, для транспортировки газов, содержащих абразивную пыль, оказывающие коррозионное воздействие, горючих, взрывоопасных.

Работу вентиляторов характеризуют качественные показатели трех видов: аэродинамические, механические и внешние. От аэродинамических показателей зависят размеры вентилятора, скорость вращения колеса, шум, создаваемый при работе, расход электроэнергии.

Газодувки (или нагнетатели) предназначены для сжатия воздуха или газа без охлаждения, причем отношение давления нагнетания к давлению всасывания лежит в пределах 1,1–3,5.

К газодувкам относят также эксгаустеры и вакуум-насосы. Эксгаустеры – машины большой производительности – предназначены для отсоса газа, находящегося под давлением ниже атмосферного, и сжатия его до давления, равного атмосферному или превышающего его. Вакуум-насосы служат для отсоса газов, находящихся под значительным вакуумом, сжатия их и выброса в атмосферу.

Компрессоры – это машины с охлаждением газа в процессе сжатия, причем отношение давления нагнетания к давлению всасывания превышает 3,5.

Классификация компрессоров основных видов приведена на рис. 12.1.

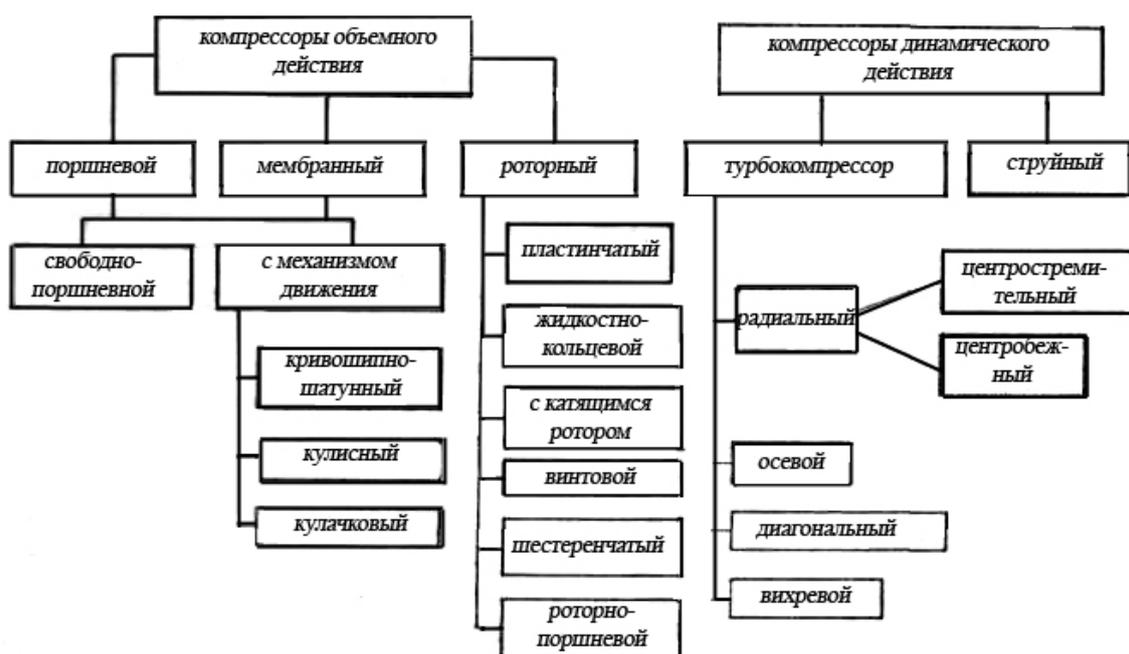


Рис. 12.1. Классификация основных видов компрессоров

**По принципу сжатия** компрессоры можно разделить на объемные и динамические.

**В объемном компрессоре** сжатие происходит в результате периодического уменьшения объема, занимаемого газом. Объемные компрессоры по виду рабочего органа делятся на **поршневые, мембранные и роторные.**

**В динамическом** компрессоре сжатие происходит в результате непрерывного создания ускорений в потоке газа. Динамические компрессоры по принципу действия подразделяют на турбокомпрессоры и струйные.

**В зависимости от рабочего давления** все компрессоры делятся на вакуумные (начальное давление газа ниже атмосферного), низкого давления (конечное давление газа 0,115–1,0 МПа), среднего (конечное давление газа 1,0–10,0 МПа), высокого (конечное давление 10–100 МПа) и сверхвысокого (конечное давление свыше 100 МПа).

Конечное давление может создаваться одной ступенью (одноступенчатый компрессор) или последовательно несколькими ступенями (многоступенчатый компрессор). Под ступенью компрессора понимают совокупность элементов, обеспечивающих повышение давления и перемещение газа в определенном заданном интервале давлений. Ступень (или группу ступеней) компрессора, после которой газ отводится в газоохладитель или направляется потребителю, называют секцией компрессора.

Рабочим давлением обусловлены прочностные характеристики ступени, конструкция клапанов, применяемые материалы.

## **12.2. Компрессорные машины и оборудование**

От производительности зависят размеры ступени: диаметр цилиндра и ход поршня в поршневом компрессоре, диаметр колеса в турбокомпрессоре и т. п.

При определении характеристик одной ступени применяют комплексные показатели: поршневое усилие или мощность ряда – для поршневых компрессоров, мощность – для роторных и турбокомпрессоров.

Кроме собственно компрессора с приводом в компрессорную установку входят также межступенчатая и концевая теплообменная аппаратура, влагомаслоотделители, трубопроводы, обвязки ступеней, а также средства контроля, защиты и автоматики.

Компрессоры могут быть стационарными и передвижными, а в зависимости от компримируемой среды – воздушными, газовыми и холодильными.

## **12.3. Поршневые компрессоры**

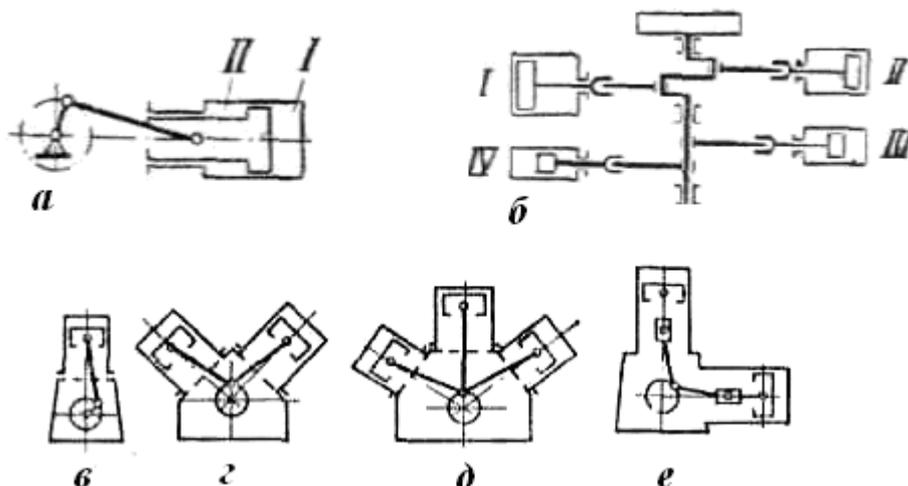
Поршневые компрессоры – машины объемного действия, в которых изменение объема осуществляется поршнем, совершающим прямолинейное возвратно-поступательное движение. Поршневые компрессоры подразделяют по следующим признакам:

- по числу ступеней сжатия – на одно-, двух- и многоступенчатые;
- по кратности подачи – на одинарного и двойного действия;
- по типу кривошипно-шатунного механизма – на крейцкопфные и бескрейцкопфные;
- по числу цилиндров – на одно-, двух- и многоцилиндровые;
- по расположению осей цилиндров – на горизонтальные, вертикальные, угловые (V-образные, W-образные, прямоугольные) (рис. 12.2).

**Горизонтальные поршневые компрессоры**, выпускают главным образом средней и большой производительности. В зависимости от расположения цилиндров по отношению к оси вала горизонтальные компрессоры могут быть **односторонними** (цилиндры расположены по одну сторону вала) и **оппозитными** (цилиндры расположены по обе стороны вала).

Основные группы деталей поршневого компрессора – цилиндровая, механизма движения и вспомогательного оборудования. В цилиндровую группу входят узлы цилиндра, поршня и уплотнения; в группу механизма движения – картер, коренной вал, крейцкопфы, шатуны; в группу вспомогательного оборудования – узел смазки, фильтры, холодильники, влагомаслоотделители, ресиверы, системы регулирования и защиты.

В зависимости от конструкции механизма движения разработаны нормализованные базы компрессоров. База – это совокупность сборочных единиц, составляющих кривошипно-шатунный механизм. Основными параметрами, характеризующими базу, являются максимальная поршневая сила, ход поршня и частота вращения вала. Разработанный ВНИИкомпрессормашем ОСТ 26 12-756–82 «Базы поршневых компрессоров. Типы и параметры» распространяется на базы с поршневой силой 2,5; 5; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400 кН.



*Рис. 12.2. Типы поршневых (мембранных) компрессоров: а – горизонтальный односторонний; б – горизонтальный оппозитный; в – вертикальный; г – V-образный; д – W-образный; е – прямоугольный*

Базы с горизонтальным расположением оси коленчатого вала стандартизированы по типу (V-, W-образные, оппозитные) и параметрам: номинальной поршневой силе, ходу поршня (от 55 до 320 мм), минимальной частоте вращения вала (от 1500 до 375 об/мин), числу (от 2 до 8) и расположению рядов относительно друг друга (80 и 180).

**Вертикальные поршневые компрессоры** занимают меньшую площадь, чем горизонтальные, а фундамент, воспринимающий вертикальные нагрузки, имеет меньшую массу.

**Угловые поршневые компрессоры** получили значительное распространение благодаря ряду преимуществ перед горизонтальными и вертикальными машинами: они лучше уравновешены (поэтому требуется менее массивный фундамент), компактны и имеют меньшую массу.

В зависимости от расположения цилиндров по отношению к оси угловые компрессоры могут быть прямоугольными, V-образными и W-образными, причем компрессоры двух последних типов выпускают, как правило, малой производительности и в основном для компримирования воздуха.

Из всего разнообразия средних по размерам и мощности (20–200 кВт) компрессоров следует выделить воздушные поршневые стационарные компрессоры общего назначения, выпускаемые в соответствии с ГОСТ 23680–79. Этот стандарт распространяется на стационарные воздушные поршневые двухступенчатые компрессоры, обеспечивающие избыточное конечное давление 0,78 МПа в крейцкопфном исполнении и 0,78 и 1,18 МПа – в бескрейцкопфном.

Таблица 12.1

*Основные параметры компрессоров*

Тип компрессора	Производительность, м <sup>3</sup> /мин	Конечное давление, МПа	Удельная потребляемая мощность, кВт/(м <sup>3</sup> ·мин)	Масса (с приводным двигателем), кг
ВУ	2,5	1,18	7,70	662
	5,5	1,18	7,00	810
	2,5	0,78	6,50	662
ВП	10	0,78	5,65	1950
	20	0,78	5,40	3400
	12	0,78	5,60	2210
	24	0,78	5,33	3750
ВМ	51	0,78	5,30	11650
	63	0,78	5,35	11500
	102	0,78	5,20	19470
	120	0,78	5,35	21780

*Примечание.* Компрессоры ВУ – с воздушным охлаждением, типов ВП и ВМ – с водяным.

Угловые компрессоры выпускают следующих типов: ВУ – бескрейцкопфные с V-образным расположением цилиндров; ВП – крейцкопфные с прямоугольным расположением цилиндров; ВМ – крейцкопфные с оппозитным горизонтальным расположением цилиндров.

Основные параметры компрессоров приведены в табл. 12.1

Структуры условного обозначения компрессора включают число рядов, тип компрессора, поршневое усилие (тс), производительность ( $\text{м}^3/\text{мин}$ ), конечное давление ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ). Например, двухрядный оппозитный компрессор с поршневым усилием 4 тс, производительностью  $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $24 \text{ м}^3/\text{мин}$ ) и конечным давлением  $0,78 \text{ МПа}$  ( $8 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ) имеет условное обозначение 2ВМ4-24/9.

#### 12.4. Мембранные компрессоры

Мембранные компрессоры – машины объемного действия, в которых изменение объема осуществляется мембраной, совершающей колебательное движение [4]. Прогибаясь, мембрана приводит к всасыванию и нагнетанию газа. Мембрана полностью изолирует газ, предотвращая попадание в него масла и воды, поэтому компрессоры данного типа используют в тех случаях, когда требуется получение газа высокой чистоты. Они нашли применение при сжатии кислорода, фтора, хлора и других газов, т.е. там, где необходима полная герметичность полости компрессора.

В мембранных компрессорах происходит интенсивное охлаждение сжимаемого газа вследствие большой поверхности мембраны (иногда для более интенсивного охлаждения под диском дополнительно помещают змеевик, охлаждаемый водой) и малого мертвого пространства, что обеспечивает высокую степень сжатия в одной ступени. Так, в трехступенчатом мембранном компрессоре достигается давление, равное  $100 \text{ МПа}$ .

Недостатками мембранных компрессоров являются малая частота вращения вала, большие габариты и масса, малая долговечность мембран.

#### 12.5. Роторные компрессоры

В компрессорах этого типа изменение объема осуществляется ротором (роторами), совершающим вращательное движение [4].

В зависимости от конструкции рабочей камеры роторный компрессор может быть пластинчатым, жидкостно-кольцевым, с катающимся ротором, винтовым, шестеренчатым и роторно-поршневым.

Рабочая камера образуется в *пластинчатом* компрессоре корпусом и эксцентрично расположенным по отношению к нему ротором, имею-

щим подвижные или гибкие пластины; в *жидкостно-кольцевом* – кольцом жидкости, корпусом и эксцентрично расположенным по отношению к нему ротором; в винтовом – корпусом и винтообразными роторами, имеющими различные профили зубьев; в *шестеренчатом* – корпусом и шестеренчатыми роторами, имеющими сопряженные профили.

Винтовые компрессоры могут быть двух типов: сухого сжатия и маслозаполненные. В машинах сухого сжатия газ охлаждается с помощью рубашек в корпусе, а также промежуточного и конечного холодильников. В маслозаполненных компрессорах газ охлаждают впрыскиванием масла или воды в рабочие полости винтов (рис. 12.3).

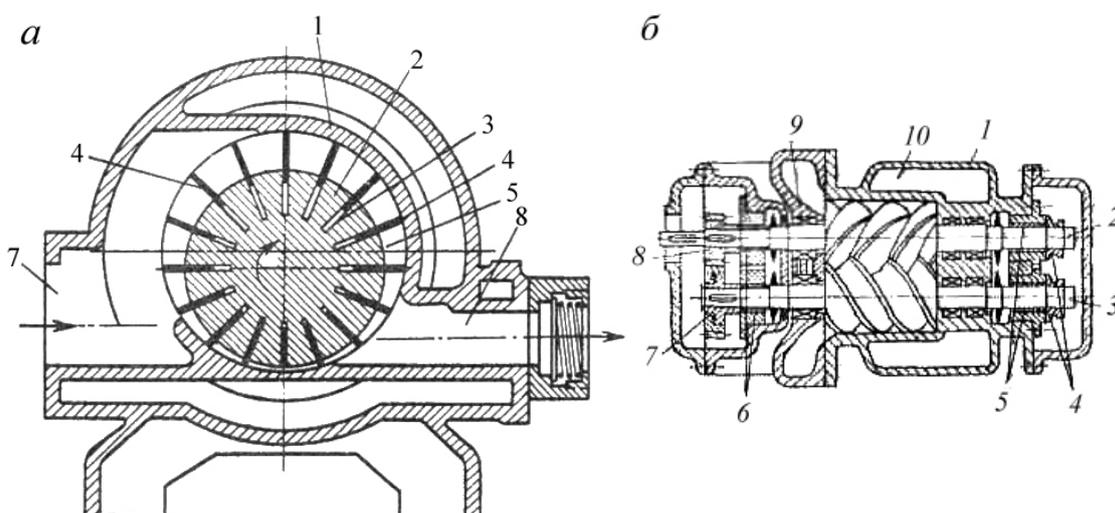


Рис. 12.3. Схемы компрессоров: а – роторного пластинчатого: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – пластина; 4 – рубашка; 5, 7 – нагнетательный и всасывающий патрубки; б – винтового: 1 – корпус; 2 – ведущий винт; 3 – ведомый винт; 4 – упорный подшипник; 5, 6 – опорные подшипники; 7, 8 – синхронизирующие шестерни; 9 – уплотнение; 10 – полость для циркуляции охлаждающей жидкости

## 12.6. Турбокомпрессоры

В компрессорах этого типа ускорение потока происходит в результате его взаимодействия с вращающейся решеткой лопаток. [4].

По направлению потока в меридиональной плоскости колеса компрессоры делятся на радиальные, осевые, диагональные и вихревые. Если в радиальном турбокомпрессоре поток направлен от центра к периферии, его называют центробежным; если от периферии к центру – центростремительным.

В центробежных компрессорах (рис. 12.4) давление газа создается под действием центробежных сил, возникающих во вращающемся газовом потоке. Центробежные машины имеют следующие преимущества по сравнению с поршневыми: газ не загрязняется маслом, так как оно подается только в подшипники; благодаря большой частоте вращения достигается высокая производительность; плавный ход поршня и отсутствие вибраций позволяют сооружать облегченные фундаменты; вследствие равномерной подачи газа отпадает необходимость в ресиверах [4, 5]; принцип компримирования, применяемый в турбокомпрессорах, обуславливает высокую производительность при меньших давлениях нагнетания, чем в поршневых компрессорах.

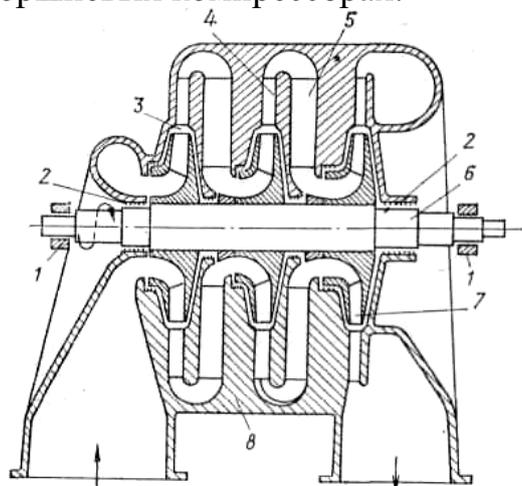


Рис. 12.4. Схема многоступенчатого центробежного компрессора:

- 1 – подшипник; 2 – уплотнение; 3 – безлопаточный диффузор;  
4 – лопаточный диффузор; 5 – обратный направляющий аппарат;  
6 – ротор; 7 – рабочее колесо; 8 – корпус

К недостаткам центробежных компрессоров можно отнести ухудшение технико-экономических показателей при увеличении степени сжатия.

Центробежные компрессоры могут быть с горизонтальным и вертикальным разъемом корпуса и отличаются диапазоном создаваемых давлений: первые являются машинами низкого и среднего давлений и создают давление до 7 МПа при производительности до  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ ; вторые развивают давление до 35 МПа при максимальной подаче  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Для обеспечения производительности от  $25 \text{ м}^3/\text{с}$  и выше наряду с центробежными применяют и осевые компрессоры, принцип действия которых заключается в превращении половины кинетической энергии в энергию давления на лопатках ротора, а остальной половины – на лопатках статора. Ряды лопаток статора служат для увеличения кинетической энергии и давления, а также для направления сжимаемого газа на

роторных лопатках. Осевые компрессоры имеют более высокие КПД, меньшую массу и меньшие габариты, чем радиальные.

### **Контрольные задания**

1. Классификация компрессоров.
2. Поршневые компрессоры: конструкции, применение, характеристики.
3. Мембранные компрессоры: конструкции, применение.
4. Роторные компрессоры: конструкции, применение.
5. Турбокомпрессоры: конструкции, применение.

### **Список литературы**

1. <http://aquilon.sibinfo.org>.
2. <http://gornoedelo.narod.ru>.
3. <http://www.himnk.ru>.
4. <http://www.ogbus.ru>.
5. Храпач Г.Е. Монтаж и ремонт компрессоров. – М.: Химия, 1983. – 300 с.
6. Бакиев А.В. Технология аппаратостроения. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1995. – 297 с.

## 13. АРМАТУРА ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ

**Арматура** – неотъемлемая часть любого трубопровода. Трубопроводная арматура представляет собой устройства, предназначенные для управления потоками жидкостей или газов, транспортируемых по трубопроводам. Как известно, любой магистральный трубопровод состоит из линейной части, перекачивающих (газокомпрессорных или насосных) и распределительных станций, предназначенных для направления транспортируемой среды потребителям.

На магистральных трубопроводах по характеру работы различают арматуру линейной части и обслуживающую перекачивающие и распределительные станции или технологический трубопровод.

### 13.1. Основные термины и определения

Под термином «трубопроводная арматура» понимают устройства, устанавливаемые на трубопроводах, агрегатах, сосудах и предназначенные для управления (отключения, регулирования смешивания, фазоразделения) потоками рабочих сред (жидкой, газообразной, газожидкостной, порошкообразной, суспензии и т. п.) путем изменения площади проходного сечения.

Трубопроводная арматура характеризуется двумя главными параметрами:

- условным проходом (номинальный размер);
- условным (номинальным) давлением.

**Условный проход** (номинальный размер)  $D_y$  или  $D_n$  трубопроводной арматуры – это номинальный внутренний диаметр присоединяемого к арматуре трубопровода, мм. Размеры условных проходов должны соответствовать числам параметрического ряда, устанавливаемого ГОСТ 28338–89 (всего 49 показателей от 3 до 4000 мм) (табл. 13.1).

**Условное (номинальное) давление** ( $P_y$  или  $P_n$ ) – избыточное наибольшее рабочее давление при температуре рабочей среды 20 °С, при котором обеспечивается заданный срок службы соединений трубопроводов и арматуры, имеющих определенные размеры, обоснованные расчетом на прочность при выбранных материалах и характеристиках их прочности при этой температуре.

ГОСТ 26349–84 определяет параметрический ряд номинальных давлений, состоящих из 26 параметров от 0,1 до 800 кгс/см<sup>2</sup> (от 0,01 до 80 МПа).

Таблица 13.1

## Значения условных проходов по ГОСТ 28338–89

Условный проход, мм			
3	40	300	1600
4	50	350	1800
5	63*	400	2000
6	65	450**	2200
8	80	500	2400
10	100	600	2600**
12	125	700	2800
15	150	800	3000
16*	160*	900**	3200**
20	175**	1000	3400
25	200	1200	3600**
32	250	1400	3800** 4000

\* Допускается для гидравлических и пневматических устройств.

\*\* Не допускается для арматуры общего назначения.

В отличие от условного давления рабочее давление – это наибольшее избыточное давление, при котором обеспечивается заданный режим эксплуатации арматуры, т. е. при заданной рабочей температуре. Наряду с перечисленными главными понятиями в арматуростроении наиболее часто применяются следующие термины, отражающие специфические элементы, объекты и параметры выпускаемых изделий:

**Тип арматуры** – классификационная единица, характеризующая взаимодействие подвижного элемента затвора (запирающего органа) с потоком рабочей среды и определяющая основные конструктивные особенности трубопроводной арматуры. Например, задвижка, клапан, и т. д.

**Вид арматуры** – классификационная единица, характеризующая назначение трубопроводной арматуры. Например, запорная, регулирующая и т. п.

## 13.2. Классификация арматуры

Чтобы представить все многообразие исполнений и модификаций трубопроводной арматуры, ее можно классифицировать по следующим основным признакам (рис. 13.1).

1. По области применения:

- промышленная трубопроводная арматура общего назначения;
- промышленная трубопроводная арматура для особых условий работы;
- специальная;

- судовая;
  - сантехническая.
2. По функциональному назначению (виду):
- запорная;
  - регулирующая;
  - распределительно-смесительная;
  - предохранительная;
  - защитная;
  - фазоразделительная.



Рис. 13.1. Арматура газонефтепроводов

3. По конструктивным типам:

**Задвижка** – трубопроводная арматура, в которой запирающий элемент перемещается возвратно-поступательно перпендикулярно направлению потока рабочей среды. Используется преимущественно в качестве запорной арматуры: запирающий элемент находится в крайних положениях «открыто» и «закрыто».

**Вентиль** – трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент перемещается возвратно-поступательно параллельно оси потока рабочей среды в седле корпуса арматуры.

**Кран** – трубопроводная арматура, в которой запирающий или регулирующий элемент имеет форму тела вращения, или его части; поворачивается вокруг своей оси, перпендикулярно расположенной по отношению к направлению потока рабочей среды.

4. В зависимости от условного давления рабочей среды:

- вакуумная (давление среды ниже 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) абс.);
- низкого давления (от 0 до 1,6 МПа (от 0 до 16 кгс/см<sup>2</sup>) избыт.);

- среднего давления (от 1,6 до 6,4 МПа (от 16 до 64 кгс/см<sup>2</sup>));
  - высокого давления (от 10,0 до 100,0 МПа (от 100 до 1000 кгс/см<sup>2</sup>));
  - сверхвысокого давления (от 100,0 МПа (от 1000 кгс/см<sup>2</sup>)).
5. По способу присоединения к трубопроводу:
- муфтовая – присоединяется к трубопроводу или емкости с помощью муфт с внутренней резьбой;
  - цапковая – присоединяется к трубопроводу или емкости на наружной резьбе буртиком под управление;
  - под приварку – присоединяется к трубопроводу или емкости с помощью сварки. Преимуществами являются полная и надежная герметичность соединения, минимум обслуживания. Недостаток – повышенная сложность демонтажа и замены;
  - фланцевая – присоединяется к трубопроводу или емкости с помощью фланцев. Преимуществом является возможность многократного монтажа и демонтажа на трубопроводе, хорошая герметичность стыков и удобство их подтяжки, большая прочность и применимость для широкого диапазона давления и проходов. Недостатки – возможность ослабления затяжки и потеря герметичности со временем, большие габаритные размеры и масса;
  - штуцерная – присоединяется к трубопроводу или емкости с помощью штуцера (ниппеля).
6. По способу герметизации:
- сальниковая;
  - мембранная;
  - сильфонная;
  - шланговая.
7. По способу управления:
- под дистанционное управление;
  - с автоматическим управлением;
  - с ручным управлением.

### **Условные обозначения и маркировка арматуры**

На корпусе арматуры указываются условный диаметр прохода и рабочее давление, а также условный индекс, обозначающий тип арматуры и ее основные данные. Обозначения выполняются либо путем отливки выпуклых знаков, либо клеймением.

Например, индекс *30 Ч 9 25 бр* обозначает задвижку (30) чугунную (Ч) с электроприводом (9) конструкции, обозначенной порядковым номером 25 по каталогу ЦКБА, с уплотнительными кольцами из латуни (бр).

При отсутствии привода индекс изделия состоит из четырех элементов.

Арматура, изготавливаемая по проектам Государственного проектного института нефтяного машиностроения, обозначается по другой системе с применением букв и цифр, например ЗКЛ 2-200-16 – задвижка клиновая литая, второй модификации с условным проходом 200 мм на условное давление 16 кгс/мм<sup>2</sup>.

Чтобы иметь возможность при монтаже или в условиях эксплуатации быстро определять материал корпусных деталей и уплотняющих колец, арматура окрашивается в разные цвета (табл. 13.2).

Таблица 13.2

*Материал и окраска арматуры*

Материал	Цвет окраски
Чугун	Черный
Углеродистая сталь	Серый
Коррозионно-стойкая сталь	Голубой
Легированная сталь	Синий
Латунь, бронза	Без окраски

После установки арматуры на трубопровод она закрашивается вместе с трубопроводом.

### 13.3. Запорная арматура

*Основное назначение запорной арматуры* – перекрывать поток рабочей среды по трубопроводу и снова пускать среду в зависимости от требований технологического процесса, обслуживаемого данным трубопроводом. Кроме того, запорную арматуру применяют:

- для переключения потока или его части из одной ветви системы в другую;
- для дросселирования потока среды, т.е. изменения его расхода, давления и скорости.

Отметим, что такое применение запорной арматуры нежелательно, т.к. в условиях дросселирования запорная арматура быстрее изнашивается из-за эрозии, вибрации и других причин.

Запорная арматура бывает четырех типов:

- задвижки – запорный элемент перемещается поперек потока;
- вентили – запорный элемент перемещается вдоль потока жидкости без трения о корпус и его детали;
- краны – поворотные запорные устройства, уплотнительные поверхности которых во время работы остаются в контакте друг с другом и защищены от рабочей среды;
- дисковые поворотные затворы – наиболее простой вид арматуры, имеющий минимальные размеры, габарит и массу.

### 13.3.1. Задвижки

**Задвижка** – это запорное устройство, в котором проход перекрывается поступательным движением затвора перпендикулярно движению потока транспортируемой среды. Задвижки широко применяют для перекрытия потоков газообразных и жидких сред в трубопроводах с диаметрами условных проходов от 50 мм до 2000 мм при рабочих давлениях 0,4–20 МПа и температуре среды до 450 °С (рис. 13.2–13.5).

Положительными качествами задвижки являются сравнительная простота конструкции и малое гидравлическое сопротивление (по сравнению с вентилями), поэтому в нефтеперерабатывающей промышленности в качестве запорного устройства – затвора, как правило, пользуются задвижки, а вентили используются лишь при малых  $D_y$ . Недостатком задвижек является их относительно большая высота, поэтому в тех случаях, когда затвор должен быть, как правило, закрыт, а открывание производится редко, в целях экономии места при  $D_y < 200$  мм используются вентили.

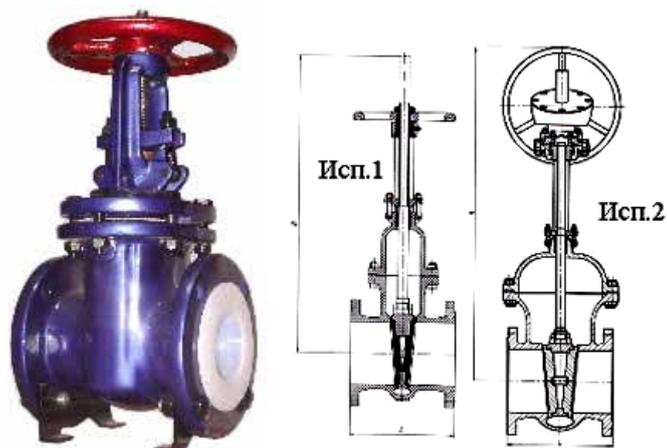


Рис. 13.2. Задвижка с выдвижным штоком сальниковая фланцевая

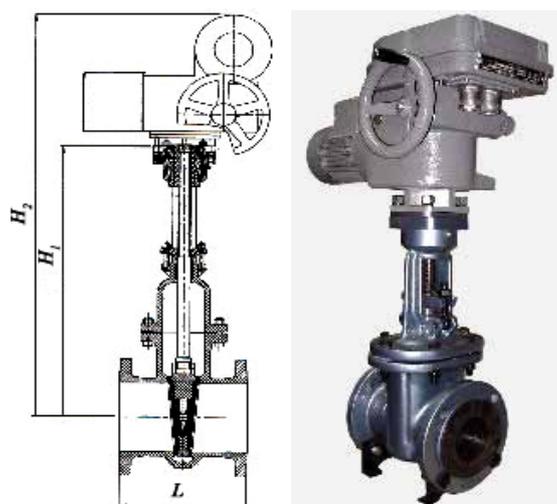


Рис. 13.3. Задвижка с выдвижным штоком сальниковая фланцевая с электроприводом (Завод ОАО «Пензтяжпромарматура»)

**Технические характеристики:**

**Диаметр условного прохода** -  
1200 мм

**Условное давление** - 10,0 МПа  
(100 кгс/см<sup>2</sup>)

**Масса** - 21850 кг

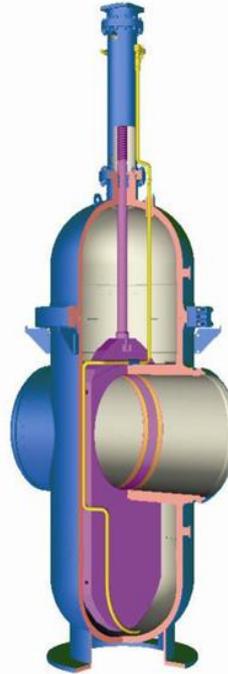
**Строительная длина** -  
2100 мм

**Присоединение к  
трубопроводу** - на приварке

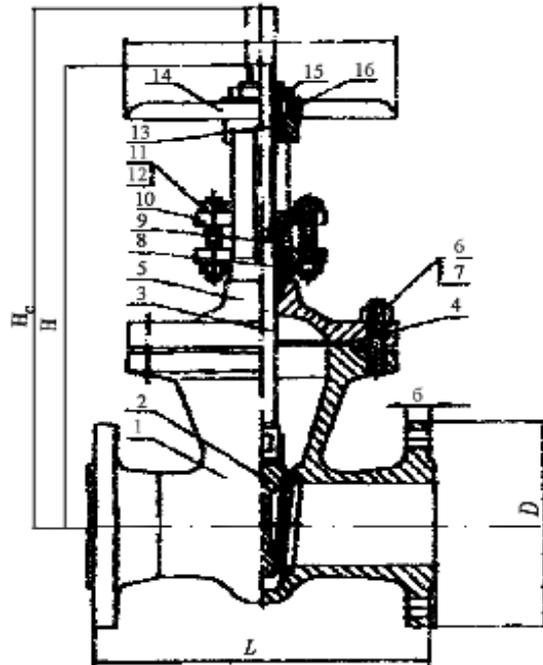
**Управление** - электропривод  
ЭПЦ10000Д12  
(при перепаде давления на  
шибере 2,0 МПа)

**Класс герметичности** -  
«А» по ГОСТ 9544-93

**Температура рабочей среды** -  
от минус 5°С до плюс 80°С



*Рис. 13.4. Шиберная задвижка (Завод ОАО «Пензтяжпромарматура»)*



*Рис. 3.5. Задвижка клиновая (ЗКЛ2) P<sub>н</sub> 4,0 МПа:*

*1 – корпус; 2 – клин; 3 – шпindelь; 4 – прокладка; 5 – крышка; 6 – гайка;  
7 – шпилька; 8 – набивка сальника; 9 – втулка; 10 – фланец; 11 – гайка;  
12 – шпилька; 13 – втулка резьбовая; 14 – маховик; 15 – контргайка; 16 – шпонка*

Предприятием **ОАО «Тяжпромарматура»** выпускаются клиновые задвижки диаметром от 80 до 700 мм.

### **Шиберные задвижки**

Основные преимущества шиберной задвижки:

- дренажный трубопровод, находящийся внутри корпуса задвижки, предохранен от повреждений и замораживания в зимнее время;
- конструкция седел без нажимного кольца более проста и удобна в случае необходимости ремонта;
- съемные уплотнительные кольца после замены не требуют дополнительной механической обработки (меняются заменой старых);
- наличие резьбового конца на обводе дренажной трубы дает возможность стыковки к нему депарафинизационных аппаратов, а также отводящих шлангов при продувке подшиберного пространства. Данное отверстие может послужить для замеров протечек задвижки, как, впрочем, и отверстие под спускную пробку в горловине крышки;
- быстросъемное хомутовое соединение корпус-крышка занимает меньше времени на разборку-сборку задвижки, чем фланцевое соединение, требующее отворачивания крепежа;
- возможность ремонта задвижки без вырезки корпуса из трубопровода. При обратной сборке заведение шибера в корпус происходит за счет расклинивания седел.

В сравнении с другими видами запорной арматуры задвижки имеют следующие преимущества: незначительное гидравлическое сопротивление при полностью открытом проходе; отсутствие поворотов потока рабочей среды; возможность применения для перекрытия потоков среды большой вязкости; простота обслуживания; относительно небольшая строительная длина; возможность подачи среды в любом направлении.

Наиболее целесообразны и экономически оправданы проектирование и изготовление задвижек с диаметрами условных проходов более 300–400 мм, так как при этом их габаритные размеры и стоимость меньше аналогичных показателей кранов и вентиляей.

Недостатки, общие для всех конструкций задвижек, следующие: невозможность применения для сред с кристаллизующимися включениями, небольшой допускаемый перепад давлений на затворе (по сравнению с вентилями), невысокая скорость срабатывания затвора, возможность получения гидравлического удара в конце хода, большая высота, трудности ремонта изношенных уплотнительных поверхностей затвора при эксплуатации.

#### **13.3.2. Вентили**

**Вентиль** представляет собой клапан со шпинделем, ввинчиваемый в резьбу неподвижной ходовой гайки, расположенной в крышке или бугеле.

Применение резьбы, обладающей свойствами самоторможения, позволяет оставлять тарелку клапана в любом положении, применять ма-

лые усилия на маховике для управления вентиляем. Вентиль отличается простотой конструкции и создает хорошие условия для обеспечения надежной плотности при закрытом положении затвора. Наиболее широко вентили используются на трубопроводах малого диаметра и по мере увеличения условного диаметра трубопровода.

По месту расположения вентиля на трубопроводе различают (рис. 13.6.) проходные (а) и угловые (б) вентили.

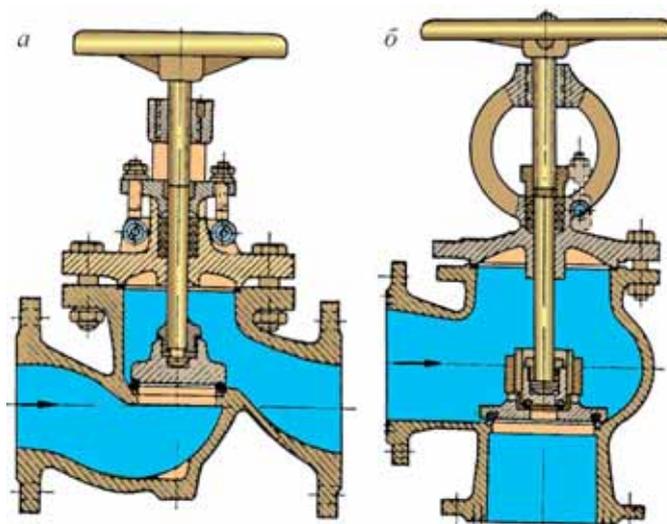


Рис. 13.6. Вентили: а – проходной; б – угловой

Проходные вентили устанавливаются на горизонтальном или вертикальном участке трубопровода, угловые – на месте поворота трубопровода. Прямоточный вентиль представлен на (рис. 13.7).

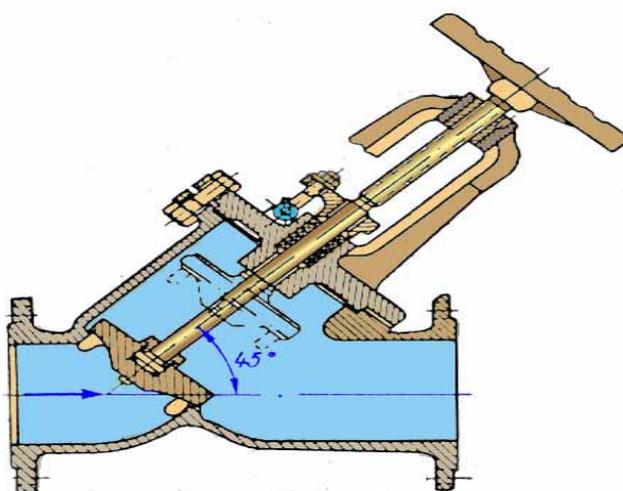


Рис. 13.7. Вентиль запорный прямоточный

### 13.3.3. Краны

**Кран** – это запорное устройство, состоящее из корпуса и пробки, в котором пробка имеет форму тела вращения с отверстием для пропуска жидкости или газа. На рис. 13.8 представлена схема крана шарового запорного с электроприводом. Пробка вращается вокруг своей оси. На рис. 13.9 показано уплотнение пробки крана.

Алексинский завод тяжелой промышленной арматуры выпускает шаровые краны с условным диаметром прохода ( $D_y$ ) в диапазоне от 25мм до 1400 мм, рассчитанными на работу в диапазоне давлений от 1,6 МПа до 16,0 МПа.

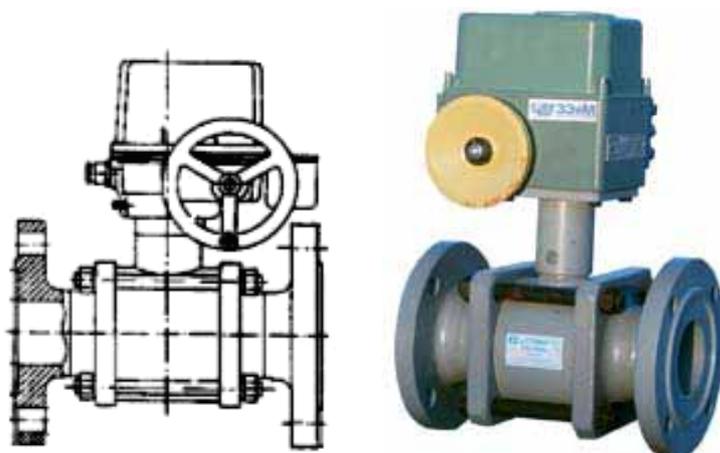


Рис. 13.8. Кран шаровой с электроприводом

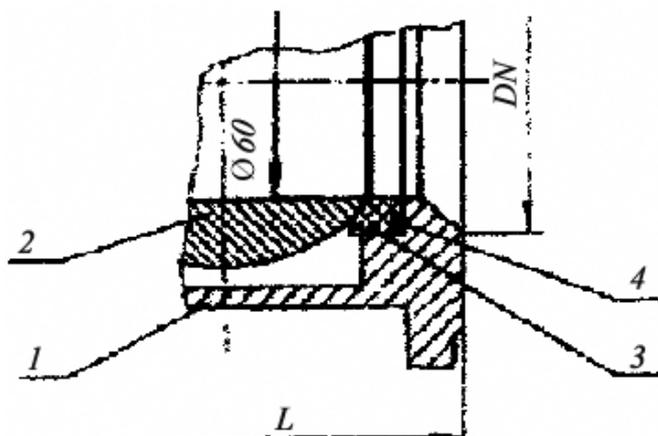


Рис. 13.9. Схема уплотнения пробки крана:

1 – корпус; 2 – пробка; 3 – уплотнение затвора; 4 – уплотнительное кольцо

В зависимости от геометрической формы пробки и корпуса краны классифицируются по трем группам:

- конические;
- цилиндрические;
- шаровые.

Схемы кранов показаны на рис. 13.10.

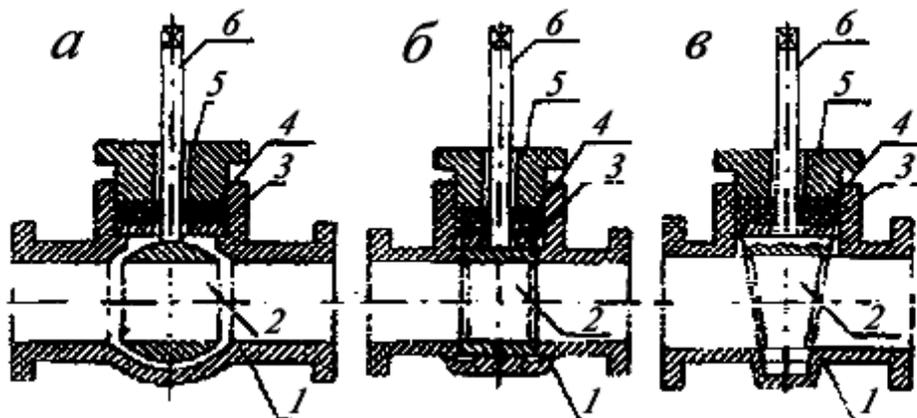


Рис. 13.10. Схемы кранов:

*а* – конический; *б* – цилиндрический; *в* – шаровой;  
 1 – корпус; 2 – пробка; 3 – разделительная шайба; 4 – сальниковая набивка;  
 5 – сальниковая втулка; 6 – хвостовик

Краны классифицируют также и по другим конструктивным признакам, например, по способу создания удельного давления на уплотнительных поверхностях, по форме окна прохода пробки, по числу проходов, по наличию или отсутствию сужения прохода, по типу управления и привода, по материалу уплотнительных поверхностей и т. д. (рис. 13.11).

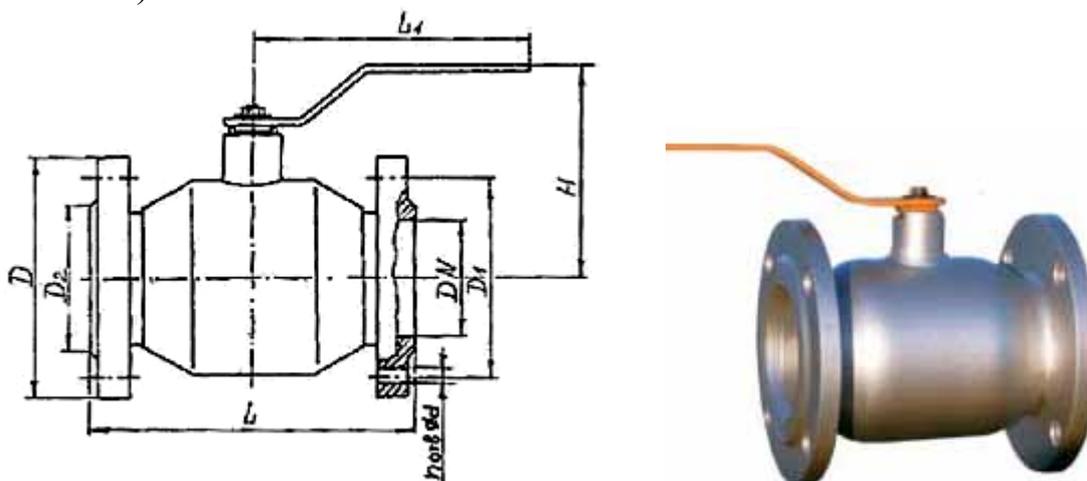


Рис. 13.11. Кран шаровой типа 10с9пМ завода «Строймаш»

Преимущества кранов:

- низкое гидравлическое сопротивление;
- прямооточность;
- простота конструкции;
- небольшие габаритные размеры и масса;
- высокая прочность и жесткость;

- надежная герметизация;
- независимость от направления движения среды;
- возможность регулирования давления и подачи.

У каждого вида крана имеются свои недостатки и преимущества, но, обобщая недостатки кранов, можно отметить следующие:

- максимальная рабочая температура не более 125 °С;
- необходимость точности изготовления трущихся деталей;
- высокая величина требуемого крутящего момента на шпинделе при открытии, закрытии.

#### **13.3.4. Дисковые поворотные затворы**

**Дисковые поворотные затворы** – один из наиболее прогрессивных видов арматуры. Их стали широко применять в последнее десятилетие.

Запорный элемент арматуры – диск диаметром, приблизительно равным внутреннему диаметру трубопровода. Затвор открывается и закрывается вращением диска вокруг оси, перпендикулярной оси трубопровода. Благодаря простой геометрической форме корпуса и запорного элемента дисковые поворотные затворы легки по конструкции и невелики по габаритным размерам. В центральной части корпуса дискового затвора расположены подшипники вала, на котором вращается диск.

Дисковые поворотные затворы позволяют соединить в одной конструкции две основные функции трубопроводной арматуры – регулирование и полное перекрытие (запирание) потока, что обуславливает экономичность их использования. Отличие дисковых затворов от подобных им по конструкции дроссельных заслонок состоит в том, что затворы обеспечивают герметичность в закрытом положении. На рис. 13.12 представлен затвор поворотный дисковый.

Основные преимущества дисковых затворов по сравнению с другими видами запорной арматуры – простота конструкции, малые габаритные размеры и масса – дают тем больший эффект, чем больше условный проход арматуры.

#### **13.3.5. Регулирующие заслонки**

Принцип действия регулирующих заслонок, предназначенных для регулирования больших расходов, заключается в изменении их пропускной способности при повороте диска в соответствии с входным сигналом, поступающим от управляющего устройства (управляющей вычислительной машины, автоматического регулятора, панели дистанционного управления и т. п.).

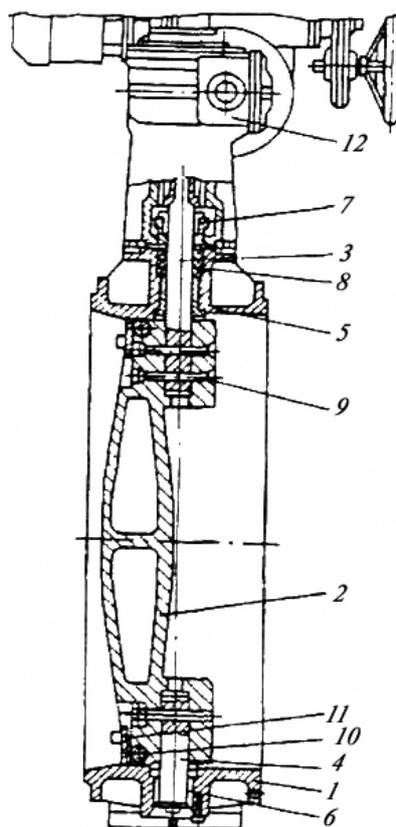


*Рис. 13.12. Затворы поворотные дисковые. Компания «ПромАрт»*

Существующие конструкции заслоночных исполнительных устройств могут быть классифицированы по нескольким признакам:

- по форме диска заслонки могут быть с плоским или профильным диском;
- по принципу действия заслонки разделяют на регулирующие и запорно-регулирующие;
- по взаимному расположению осей диска и вала заслонки могут быть с соосным расположением осей диска и вала и с несоосным;
- по конструкции корпуса заслонки разделяют на фланцевые и бесфланцевые (так называемые «вафельные»);
- по виду применяемого привода заслонки могут быть пневматические, электрические, гидравлические и ручные.

Конструкция запорно-регулирующей заслонки с электрическим исполнительным механизмом и ручным дублером показана на рис. 13.13. Регулирующий орган заслонки состоит из корпуса 1, диска 2, вала 3, оси 4, опор 5 и 6, деталей сальникового уплотнения – нажимного фланца 7 и уплотнительных колец 8. Диск жестко связан с валом и осью при помощи штифтов 9. Проход перекрывается резиновым кольцом 10, установленным в проточке диска и прижимаемым кольцом 11. Электрический привод с ручным дублером 12 крепится непосредственно к регулиющему органу. Вращение выходного звена привода передается непосредственно диску 2 через вал 3. Основные детали регулирующего органа, соприкасающиеся со средой, выполнены из серого чугуна.



*Рис. 13.13. Запорно-регулирующая заслонка с электрическим приводом:  
 1 – корпус; 2 – диск; 3 – вал; 4 – ось; 5, 6 – опоры; 7 – нажимной фланец;  
 8 – уплотнительные кольца; 9 – штифт; 10 – резиновое кольцо;  
 11 – прижимное кольцо; 12 – ручной дублер*

### **13.4. Приводы запорной трубопроводной арматуры**

Существует несколько видов приводов запорной трубопроводной арматуры:

- ручной;
- электроприводы;
- пневмогидроприводы;
- пневмоприводы;
- гидроприводы;
- с механическим редуктором.

### **13.5. Размещение запорной арматуры на трубопроводах**

Размещение запорной арматуры на трубопроводах осуществляется согласно СНиП 2.05.06–85. На трубопроводах надлежит предусматривать установку запорной арматуры на расстоянии, определяемом расчетом, но не более 30 км.

Кроме того, установку запорной арматуры необходимо предусматривать:

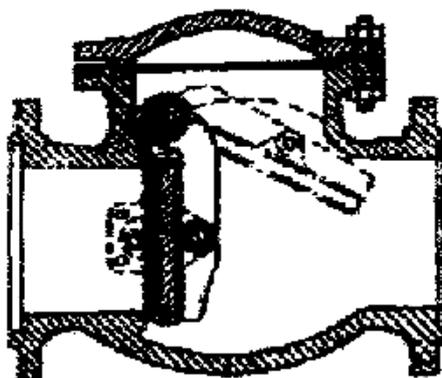
- на обоих берегах водных преград при их пересечении трубопроводом в две нитки и более согласно требованиям и на односторонних переходах категории В;
- в начале каждого ответвления от трубопровода на расстоянии не менее 15 м;
- на ответвлениях к газораспределительным станциям (ГРС) при протяженности ответвлений свыше 1000 м на расстоянии 300–500 м от ГРС;
- на входе и выходе газопроводов из компрессорных станций (КС), станций подземного хранения газа (СПХГ) и головных сооружений на расстоянии не менее: газопровода диаметром 1400 мм – 1000 м, диаметром менее 1400 мм до 1000 мм включительно – 750 м и диаметром менее 1000 мм – 500 м;
- по обеим сторонам автомобильных мостов (при прокладке по ним газопровода) на расстоянии не менее 250 м;
- на одном или обоих концах участков нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, проходящих на отметке выше городов и других населенных пунктов и промышленных предприятий на расстоянии, устанавливаемом проектом в зависимости от рельефа местности;
- на нефтепроводах и нефтепродуктопроводах при пересечении водных преград в одну нитку – место размещения запорной арматуры в этом случае принимается в зависимости от рельефа земной поверхности, примыкающей к переходу, и необходимости предотвращения поступления транспортируемого продукта в водоем;
- на обоих берегах болот III типа протяженностью свыше 500 м.

На односторонних подводных переходах газопроводов через водные преграды установка запорной арматуры предусматривается при необходимости.

## **13.6. Предохранительная и защитная арматура**

### **13.6.1. Обратные клапаны**

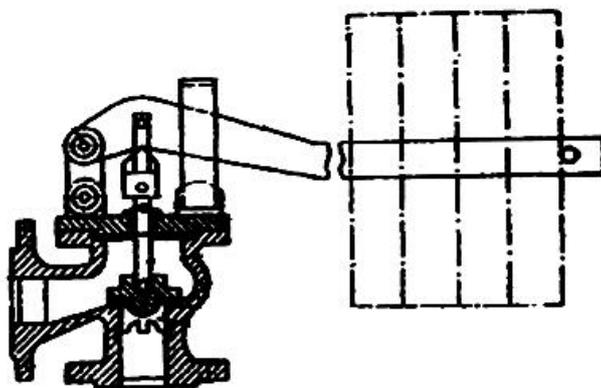
Обратные клапаны относятся к защитной арматуре и служат для предотвращения обратного потока среды на линейной части трубопроводов и тем самым предупреждения аварии, например, при внезапной остановке насоса. На рис. 13.14 показан общий вид обратного клапана. Он является автоматическим самодействующим предохранительным устройством. Затвор – основной узел обратного клапана. Он пропускает среду в одном направлении и перекрывает ее поток в обратном. Клапаны не являются запорной арматурой.



*Рис. 13.14. Поворотный обратный клапан  $D_y$  50–600 мм*

### **13.6.2. Предохранительные клапаны**

Для защиты сосудов аппаратов, емкостей, трубопроводов и другого технологического оборудования от разрушения при чрезмерном превышении давления чаще всего применяют предохранительные клапаны. При повышении в системе давления выше допустимого предохранительный клапан автоматически открывается и сбрасывает необходимый избыток рабочей среды, тем самым предотвращая возможность аварии. После окончания сброса давление снижается до величины, меньшей начала срабатывания клапана, предохранительный клапан автоматически закрывается и остается закрытым до тех пор, пока в системе вновь не увеличится давление выше допустимого. На рис. 13.15 показан грузовой предохранительный клапан. Предохранительные клапаны предназначены для жидкой и газообразной, химической или нефтяной рабочей среды, Нормы герметичности в затворе должны удовлетворять ГОСТ 9789–75.



*Рис. 13.15. Грузовой предохранительный клапан*

## **Основные элементы предохранительного клапана и принцип действия**

В настоящее время на практике используются весьма разнообразные конструкции предохранительных клапанов как отечественного, так и зарубежного изготовления. Основные элементы у всех этих конструкций являются общими. Предохранительный клапан состоит из корпуса, сопла, золотника, пружины или груза и крышки.

В рабочем состоянии при отсутствии давления на золотник клапана действует только сила сжатой пружины или груза, прижимая золотник к соплу и создавая удельные давления на уплотнительных поверхностях сопла и золотника. При образовании в защищаемой среде давления на золотник клапана начинает действовать противоположно направленная сила, зависящая от площади, на которую действует давление, и его величины. При рабочем давлении в сосуде или трубопроводе эта сила несколько ниже силы пружины или груза. При давлении выше установленного увеличится подъемная сила, которая преодолет усилие пружины и поднимет золотник, открывая тем самым выход избыточной среде. До этого момента все клапаны работают одинаково. Дальнейшая работа клапана зависит от его типа, конструкции и назначения.

### **Контрольные задания**

1. Классификация арматуры трубопроводов.
2. Задвижки, применяемые в трубопроводном транспорте: конструкции, основные характеристики.
3. Вентили: конструкции, область применения.
4. Краны: конструкции, область применения, основные параметры.
5. Дисковые поворотные затворы: конструкции, область применения.
6. Электроприводы запорной трубопроводной арматуры.
7. Пневмо- и пневмогидроприводы запорной трубопроводной арматуры.
8. Предохранительная и защитная арматура газонефтепроводов.

### **Список литературы**

1. Мустафин Ф.М., Гумеров А.Г. Трубопроводная арматура. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. – 204 с.
2. Кязимов К.Г. Справочник работника газового хозяйства: справ. пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 278 с.
3. Проспекты АК «Транснефть». Томский завод электроприводов. – Томск: [www.tomzel.ru](http://www.tomzel.ru).
4. Каталог продукции ОАО «Тяжпромарматура». – [www.aztpa.ru](http://www.aztpa.ru).
5. Продукция предприятия «Строймаш». – Ульяновск: [www.arnstrom.ru](http://www.arnstrom.ru).

## 14. МАШИНЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ШПУРОВ И СКВАЖИН ПОД ЗАРЯДЫ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Сооружение траншей в горной местности ведется как обычными землеройными машинами, так и специально предназначенными для работы в таких условиях средствами. К ним относятся бурильные машины, позволяющие бурить шпуров и скважины в наиболее прочных скальных массивах для разрушения их взрывом, одноковшовые экскаваторы – прямая лопата и драглайны, с помощью которых разбирают прочную взорванную и отделяют от массива более слабую невзорванную (неразрыхленную) породу, а также другие средства.

### 14.1. Бурильные машины

Бурильные машины для разрушения горной породы используют ударные, вращательные, ударно-вращательные и нетрадиционные способы воздействия на среду. Ударные машины применяются для бурения крепких и средних пород, вращательные – средних и мягких пород, ударно-вращательные – очень крепких и крепких пород.

Рассмотрим способы бурения и назначение бурильных установок (рис. 14.1).



Рис. 14.1. Классификация буровых установок

Различают четыре способа бурения: нетрадиционное; ударное; ударно-вращательное; вращательное.

Нетрадиционными называются способы бурения, успешно прошедшие лабораторные и полевые испытания, удачно реализованные в конструкторских разработках, но не нашедшие массового применения по организационным, экономическим или иным причинам. К ним относятся:

- термический, при котором порода прожигается плазмой, подаваемой со скоростью до 2000 м/с при температуре 500–3500 °С;
- гидродинамический, при котором порода разрушается струей воды, подаваемой под давлением не менее 50 МПа;
- электрогидравлический, при котором порода разрушается высокочастотными гидравлическими ударами, сопровождающими кавитацию жидкости, возникающую в результате электрических микро-разрядов;
- способ ультразвуковой эрозии, при котором порода разрушается абразивными частицами (в том числе и продуктами разрушения), беспорядочно двигающимися под действием ультразвука в суспензии, подаваемой в забой;
- электроимпульсный, основанный на разрушении пород электрическими импульсами высокого напряжения, разработанный в Томском политехническом институте.

Установки ударного бурения делятся на перфораторы для бурения шпуров диаметром до 75 мм и глубиной до 9 м и станки ударно-канатного бурения для бурения скважин диаметром до 300 мм и глубиной до 40 м.

## 14.2. Перфораторы

Перфораторы являются инструментом ударно-поворотного действия и применяются для бурения крепких пород и пород средней крепости. Перфораторы обычного типа работают с частотой до 30 Гц, быстродарные – с частотой от 35 Гц и выше. Ручные легкие и средние перфораторы используют при горизонтальном бурении или бурении сверху вниз. Легкие перфораторы массой до 18 кг применяются для бурения пород с коэффициентом крепости до 10, средние перфораторы массой до 25 кг – не выше 15; тяжелые ручные перфораторы массой не более 35 кг – до 20.

Колонковые перфораторы используют для бурения пород средней крепости и крепких. Они устанавливаются на распорных колонках, буровых каретках и манипуляторах погрузочных и специальных машин. Телескопные перфораторы применяют при бурении снизу вверх вертикально и с отклонением до 45° пород любой крепости.

Установки отличаются обязательным наличием устройства принудительной осевой подачи бурового инструмента. Устройство и принцип работы перфоратора независимо от типа и размера определяются характером используемого энергоносителя (сжатый воздух или масло) и особенностями распределительных устройств.

Бур перфоратора состоит из коронки, являющейся разрушающей частью инструмента, непосредственно взаимодействующей с породой, стержня, на нижний конец которого надевается или наваривается коронка, и хвостовика, закрепляемого в перфораторе и воспринимающего удары его бойка. На рабочем торце коронки привариваются твердосплавные долота, которые и разрушают породу. Звездчатые и крестовые коронки применяются при бурении весьма крепких пород, двухдолотчатые – при бурении трещиноватых пород и однодолотчатые – в остальных случаях. Изготавливаются из высококачественных углеродистых сталей и имеют осевое отверстие по всей длине.

Отверстие служит для подачи в зону бурения промывочной жидкости или сжатого воздуха, которые выносятся из шпура или скважины продукты разрушения и одновременно охлаждают инструмент.

При необходимости создания дополнительного осевого усилия подачи при бурении перфоратором наклонных шпуров используются пневмоподдержки. Общим для этих механизмов является телескопическая трубчатая конструкция, устанавливаемая в забое под нужным углом и при раздвижении с помощью сжатого воздуха осуществляющая осевую подачу перфоратора.

### **14.3. Станки ударно-канатного бурения**

При ударно-канатном бурении порода разрушается от ударов, наносимых периодически падающим на дно скважины буровым снарядом. Буровой снаряд состоит из долота, навинчиваемого на нижний конец штанги снаряда, и канатного замка, обеспечивающего надежное соединение снаряда с подъемным канатом и навинченного на верхний конец штанги.

По форме ударной части различают плоское (с головкой в форме зубила) долото, применяемое для бурения нетрещиноватых пород, крестовое (с одинаковыми и разновысокими головками) долото, используемое при бурении трещиноватых пород, и фасонное (копытное), с седловидной рабочей поверхностью. При ударе о дно скважины долото крошит породу, выбивая в ней канавку, затем, поднимаясь, оно немного поворачивается, и следующий удар образует канавку рядом с первой. Куски породы, оказавшиеся между канавками, скалываются, благодаря чему и происходит углубление скважины. Продукты разрушения удаляются из скважины промывочной жидкостью, подаваемой с поверхности и вычерпываемой так называемым желоночным устройством.

Буровой снаряд ударяется о дно скважины с частотой до 1 Гц, благодаря оттяжному блоку, соединенному с шатуном ударного кривошипно-шатунного механизма. В ходе этих колебаний снаряд поднимается над дном скважины на высоту 0,6–1,3 м, падает вниз и снова поднимается. Общая длина каната регулируется подъемным барабаном таким образом, чтобы при неподвижном снаряде долота не доставали до дна скважины на 20–50 мм. Благодаря этому канат все время находится в натянутом состоянии и испытывает меньшие динамические нагрузки при подъеме бурового снаряда, так как работает в режиме «подъем с веса». Станки ударно-канатного бурения устанавливаются на рамах с полозьями или самоходных, чаще гусеничных шасси, и оснащаются приводом от двигателя внутреннего сгорания или от стационарной электрической сети. Поскольку эти установки не перебрасываются собственным ходом на значительные расстояния, к их ходовой трансмиссии и движителю серьезных требований не предъявляется.

#### **14.3.1. Мотосверла (мотобуры)**

Предназначены для бурения шпуров и неглубоких скважин в мягких и мерзлых горных породах при поисковых и геологосъемочных работах, а также инженерно-геологических исследованиях. Привод мотосверл осуществляется от бензинового двигателя внутреннего сгорания. При проведении подземных работ мотобуры не применяются.

### **14.4. Применение зарядов**

Наружные заряды с водяной забойкой в полиэтиленовых мешочках рекомендуется применять в летнее время. Площадь полиэтиленового мешочка должна быть в два раза больше поверхности взрываемого заряда. Толщина слоя воды 5–6 см. При этом удельный расход взрывчатого вещества уменьшается, разлет кусков породы составляет всего 25–75 м. Экономия взрывчатого вещества при взрыве 1 тыс. м<sup>3</sup> валунов составляет 500–800 кг. Экономический эффект равен 800–1300 руб.

Кумулятивные заряды рекомендуется применять при прокладке трубопроводов в горах.

В зимнее время кумулятивные заряды рекомендуется применять с усиленной снежной забойкой высотой 0,5–0,7 м.

В сложных условиях трассы для взрывания валунов рекомендуется применять шпуровое гидровзрывание. При летних условиях шпуры заполняются водой, в зимнее время – горючей смесью.

Мерзлые или скальные грунты взрывают с использованием шпуровых или щелевых зарядов. Первый метод применяют для рыхления мерзлых грунтов при глубине их промерзания до 1,5 м. Глубину шпуров обычно принимают 0,8–0,9  $h$  ( $h$  – глубина промерзания грунта). По

площади шпуров располагаются в шахматном порядке. Метод щелевых зарядов более эффективен. С его использованием появляется возможность образования доработки их откосов, а также полной механизации работ по зарядению щелей взрывчатого вещества и засыпки их забивочным материалом, обеспечивается снижение трудоемкости, рост производительности работ и снижение их стоимости. Щели нарезают на глубину  $0,9-0,95 h$ . Расстояние между ними назначают исходя из необходимости получения кусков грунта применительно к землеройному оборудованию (например, экскаватору).

Для образования котлованов и траншей, в основном, применяют взрывание на выброс. В зависимости от размеров и формы (конфигурации) в плане проектируемых выемок взрывают одиночные сосредоточенные или удлиненные заряды либо осуществляют одновременный взрыв группы зарядов, расположенных в один или несколько параллельных рядов.

Если нужно получить траншею треугольного сечения, применяют однорядное расположение сближенных зарядов. Чтобы получить выемку (котлован) трапецеидального сечения, заряды располагают в два или три ряда. Большее число рядов применять нецелесообразно, т. к. в этом случае значительная часть грунта падает после взрыва обратно в выемку. Для получения траншеи или котлована заданных размеров и формы весьма эффективен способ направленных взрывов.

### **Контрольные задания**

1. Машины для бурения шпуров и скважин под заряды взрывчатых веществ.
2. Бурильные машины для бурения взрывных скважин.
3. Перфораторы для бурения шпуров.
4. Станки ударно-канатного бурения.
5. Мотобуры для бурения шпуров и неглубоких скважин.
6. Применение зарядов взрывчатых веществ при разработке грунтов.

### **Список литературы**

1. Горноразведочные работы: учеб. для вузов / Л.Г. Грабчак, Ш.Б. Багдасаров, С.В. Иляхин и др.; под ред. Л.Г. Грабчака. – М.: Высш. шк., 2003. – 661 с.
2. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
3. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
4. Справочник современного строителя / Л.Р. Маилян и др.; под общ. ред. Л.Р. Маиляна. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 540 с.

## 15. МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

Устройство свайных фундаментов осуществляется по проекту производства работ, который должен содержать рабочие чертежи всех вспомогательных приспособлений и внутренних коммуникаций, связанных с выполнением свайных работ. В составе проекта производства работ должны быть сведения о глубине разведанной толщи грунтов не менее 5 м ниже проектной отметки конца сваи, наличия скальных прослоек или включений валунов, о физико-механических характеристиках грунтов, о характерных уровнях поверхностных и подземных вод.

*Устройству свайных фундаментов предшествуют подготовительные работы, включающие в себя:*

- а) приемку строительной площадки, оформленную актом;
- б) выбор оборудования для погружения и устройства свай;
- в) детальную разбивку осей свайного фундамента и обозначение точек погружения свай;
- г) завоз и складирование свай;
- д) проверку соответствия технической документации и маркировки доставленных к месту работы свай;
- е) нанесение антикоррозионных покрытий;
- ж) разметку свай по длине.

### **Бурение скважин и установка свай**

1. Буровые и свайные работы при строительстве трубопроводов в районах вечномерзлых грунтов выполняют в соответствии с проектом.

2. Технологические схемы бурения скважин и установки свай, необходимый состав машин определяют проектом производства работ в зависимости от гранулометрического состава вечномерзлых грунтов, температурного режима, наличия в них крупнообломочных включений, времени установки свай, а также конструкцией свайных опор.

Диаметр скважин и их глубину определяют на основе данных геологических изысканий и несущей способности грунтов.

3. Проходку скважин диаметром от 150 мм до 600 мм и глубиной до 12 м под установку свайных опор в вечномерзлых грунтах любой прочности и состава производят машинами термомеханического бурения, в однородных пластичных вечномерзлых грунтах невысокой плотности (I и II категории) – машинами вращательного бурения, а также установками лидерного бурения.

4. Лидерное бурение применяют для образования скважин в пластично-мерзлых однородных грунтах, содержащих не более 30 % крупнообломочных включений. Лидеры и сваи забивают в грунт с помощью серийно выпускаемых вибропогружателей, вибромолотов, дизель-молотов и др.

5. При установке свай в предварительно пробуренные скважины диаметр последних должен быть на 50 мм больше, чем диаметр сваи.

При установке свай методом забивки в лидерные скважины диаметр последних должен быть на 50 мм меньше, чем диаметр сваи.

6. Установку свай в скважины погружным способом производят трубоукладчиками, автокранами или буровыми машинами, оборудованными грузозахватными механизмами.

7. Продолжительность между бурением скважин и погружением в них свай в зимний период не должна превышать 3 ч.

## 15.1. Характеристика свайных работ

### 15.1.1. Погружение забивных свай

При устройстве свайных фундаментов для объектов промышленно-гражданского и сельскохозяйственного строительства наиболее часто применяются дизельные молоты (штанговые и трубчатые). В первом приближении можно выбрать молот по значению отношения веса его ударной части к весу сваи, которое должно составлять для штанговых дизель-молотов и молотов одиночного действия при грунтах:

плотных не менее – 1,5;

средней плотности – 1,25;

слабых водонасыщенных – 1.

Для забивки свай длиной до 25 м включительно необходимая минимальная энергия ударов молота  $Eh$ , кДж, определяется по формуле:

$$Eh = 0,045N, \quad (15.1)$$

где  $N$  – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН.

По таблицам технических характеристик подбирается такой молот, энергия которого соответствует минимальной (табл. 15.1).

Проверка пригодности принятого молота производится по условию

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{E_d} \leq K, \quad (15.2)$$

где  $m_1$  – масса молота, т;  $m_2$  – масса сваи с наголовником, т;  $m_3$  – масса подбабка, т;  $E_d$  – расчетная энергия удара принятого молота, кДж;  $K$  – коэффициент применимости молота.

Табл. 15.1

Значения коэффициента  $K$  применимости молота

Тип молота	Коэффициент $K$ , т/кДж, при материалах свай		
	железобетон	сталь	дерево
Трубчатые дизель-молоты и молоты двойного действия	0,6	0,55	0,5
Молоты одиночного действия и штанговые дизель-молоты	0,5	0,4	0,35
Подвесные молоты	0,3	0,25	0,2

Расчетная энергия удара принимается:

- для трубчатых дизель-молотов  $E_d = 0,9 G'_h h_m$ ;
- для штанговых дизель-молотов  $E_d = 0,46 G'_h h_m$ .

Здесь  $G'_h$  – вес ударной части молота, кН;  $h_m$  – фактическая высота падения ударной части молота, м, принимаемая на стадии окончания забивки свай для трубчатых  $h_m = 2,8$  м и для штанговых при весе ударных частей 125; 180 и 250 Н – соответственно 1,7; 2 и 2,2 м.

При применении молотов для погружения свай вблизи существующих зданий и сооружений следует оценить опасность для них динамических воздействий. Оценку влияния динамических воздействий на деформации оснований, сложенных горизонтальными, выдержанными по толщине слоями (уклон не более 0,2) песка, кроме водонасыщенных мелких и пылеватых, можно не производить при забивке свай молотами массой до 7 т на расстоянии свыше 15 м. При необходимости погружения на меньших расстояниях принимают меры по уменьшению уровня динамических воздействий и их непрерывной продолжительности (погружение свай в лидерные скважины, снижение, высоты подъема молота и др.). Не допускается погружение свай на расстояние менее 5 м от подземных стальных трубопроводов.

При производстве свайных работ выделяют опасную зону вблизи размещения сваебойного оборудования.

### 15.1.2. Технология бурения

Технология монтажа буронабивных и буроинъекционных свай основана на том, что буронабивные сваи устраиваются по технологии проходных шнеков. Тип буровых свай диаметром от 135 до 460 мм, глубина до 25,0 м. Конструкции проходных шнеков могут быть оснащены породоразрушающим инструментом с теряемым башмаком. Технология постановки свай бурением с использованием проходных шне-

ков обеспечивает сооружение свай без ударов и вибраций, что особенно важно при изготовлении свай вблизи существующих зданий и сооружений. Сваи заполняются литым бетоном класса не ниже В 15 через трубу шнековой колонны при помощи бетононасоса. Армирование осуществляют как через трубу в шнековой колонне, так и погружением армокаркаса в бетон заполненной скважины с помощью вибратора. Глубина погружения каркаса задается проектом. С целью исключения возможной деформации фундаментов рядом стоящих зданий и сооружений сваи устраивают «в разбежку» (не менее 8–10 м друг от друга) с возвращением к прежнему месту работ (около существующих домов) через 2–3 суток. Контроль качества работ обеспечивается строгим соблюдением технологического процесса изготовления свай, замерами положения забоя скважины (по глубине погружения шнековой колонны) и уровней бетона в шнековой колонне при ее извлечении, отбором образцов бетона (кубиков).

### **Особенности технологии**

Исключены мокрые процессы.

1. Требуется внимание при операции разъединения проходных шнеков, при их подъеме во избежание образования шеек и заплывания скважины грунтом.

2. Скорость производства свай достигает до 8 за смену. При бурении через тугопластичные или полутвердые суглинки и глины скорость проходки составляет 4 скважины за смену, необходим контроль за соотношением скорости проходки и частотой вращения шнека для исключения выноса на дневную поверхность лишнего грунта.

По конструкции и способу изготовления буроинъекционные сваи подразделяются на:

- устраиваемые под защитой бентонитового или глинистого раствора с опрессовкой 0,2–0,4 МПа;
- устраиваемые под защитой обсадных труб с опрессовкой растворов давлением 0,2–0,4 МПа;
- устраиваемые с использованием переходных буровых шнеков с опрессовкой 0,2–0,4 МПа;
- устраиваемые путем инъекции раствора в сухие пробуренные скважины.

Буроинъекционные сваи рекомендуется применять для усиления оснований существующих зданий и сооружений в случае возникновения неравномерных аварийных деформаций; для целей надстройки; в качестве превентивного усиления при строительстве вблизи располо-

женного нового здания; при реконструкции зданий с изменением конструктивной схемы и передаче на фундаменты дополнительных нагрузок.

Технологическая последовательность изготовления буроинъекционных свай включает:

- постановку буровой скважины;
- инъекции цементного или цементно-песчаного раствора;
- установку арматурного каркаса.

Буроинъекционные сваи получили самое широкое применение на объектах инженерной реставрации памятников, реконструкции, нового строительства внутриквартальной застройки. Особенности устройства буроинъекционных свай:

1. Постановка свай при соблюдении последовательности, определенной планом проведения работ, для усиления фундаментов зданий не приводит к их дополнительным осадкам.

2. Применение полых шнеков большого проходного сечения с малой шириной реборды позволяет не только уменьшить воздействие на существующие строения, но и сократить количество породы, поднимаемой на поверхность, в связи с тем, что при бурении происходит уплотнение стенок скважины.

Установка каркаса внутри шнеков до их подъема и непрерывная подача бетона при подъеме с нижней точки скважины гарантирует необходимый защитный слой бетона вокруг арматурного каркаса и качественное заполнение тела сваи бетоном.

## **15.2. Машины для свайных работ**

При возведении свайных фундаментов применяется комплекс машин и оборудования для выполнения подготовительных, основных технологических и завершающих работ по изготовлению опор и возможностей монтажа на них надземной части сооружений. Ведущими машинами в комплексе являются копровые установки, предназначенные для подъема и установки сваи на проектную точку, обеспечения ей нужного направления в процессе погружения и маневрирования по свайному полю. На направляющую копра навешивается погружатель, выполняющий основную технологическую операцию – погружение свай в грунт.

Технология изготовления набивных свай связана с применением бурового или другого вида оборудования для образования скважин и уширений в них.

Завершающие работы выполняются устройствами и машинами для срезания «голов» свай или оголения арматуры головной части, шпунтовыводителями, извлекающими из грунта металлические сваи, шпунт, и пр.

### **15.2.1. Копры свайные**

Копры служат для установки и поддержания свай в процессе их забивки (рис. 15.1). Для этой цели они снабжены мачтой с направляющими, по которой может передвигаться молот вместе со сваей, и ходовой частью для перемещения по строительной площадке. Копры снабжаются лебедками для подъема молота, а также подтаскивания и установки свай. Применяются копры, смонтированные на колесной тележке, перемещаемой по рельсовому пути, и выполненные в виде навесного оборудования на строительные машины – универсальные экскаваторы, трубоукладчики, тракторы и автомобили.

Процесс погружения сваи в немерзлый грунт путем забивки состоит из следующих операций: установка копра у места погружения сваи, подтаскивание сваи и выставление ее по оси забивки, опускание на нее молота, забивка сваи, передвижение копра к месту погружения следующей сваи. Погружение сваи производится рядом ударов молота по голове сваи через специальный съемный наголовник до тех пор, пока она не будет забита на нужную глубину до требуемого отказа. Отказом называется глубина погружения сваи за один удар. Иногда отказом считают среднеарифметическую величину погружения от 10–30 ударов. По отказу определяют допустимую нагрузку на сваю.

Копры различают по следующим критериям: рельсовые – на поворотных, неповоротных и траверсных тележках; навесные – на тракторах, экскаваторах и автомобилях; мостовые – на рельсовом и гусеничном ходу. Копровое оборудование представляет собой направляющие устройства (копровые мачты), навешиваемые на базовые машины, краны или экскаваторы как сменное оборудование.

По конструктивному исполнению копры и копровое оборудование бывают: универсальными (машина имеет технологические возможности – полноповоротность, изменения наклона и вылета копровой мачты); полууниверсальными (технологические возможности ограничены вдвое); простыми (технологические возможности движений отсутствуют).

Иногда используются мостовые копры на рельсовом ходу. Они целесообразны в районах массовой застройки при больших объемах работ. Разработаны мостовые установки КМ-8 и КМ-12 с колеей рельсового пути 18 м.

Копровая установка СП 67 (рис. 15.1) предназначена для следующих свайных работ:

- подъема, передвижение и удержание дизель-молота на мачте;
- подтаскивание, подъем и установке сваи под дизель-молот на точку забивки и в необходимое положение (наклонное или вертикальное);
- выдвигание мачты с дизель-молотом и поднятой сваей;

- передвижение как по строительной площадке, так и к месту нового объекта;
- навешивание устройств для срезки головных частей забитых свай.



На копровую установку навешивается трубчатый дизель-молот СП 76А. Копер позволяет также навешивать дизель-молот СП 75А (трубчатый), СП 5 (штанговый) или СП 6В (штанговый).

Копер работоспособен при температуре окружающего воздуха от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра не более 15 м/с.

*Рис. 15.1. Копровая установка СП67*

### **15.2.2. Молоты дизельные**

Дизель-молоты работают по принципу двухтактного дизеля. По конструктивному виду направляющих ударной части их делят на штанговые и трубчатые.

Штанговые молоты имеют воздушное охлаждение и могут работать в течение часа без перерыва при температуре воздуха до  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , после чего необходим перерыв до 30 мин. Штанги молотов могут быть неподвижными и подвижными. Последние применяются на легких молотах, предназначенных для забивки легких деревянных свай (длиной до 6–8 м) массой не более 500 кг. Таким молотам не нужен копер, они работают, подвешиваясь на кран.

У трубчатых дизель-молотов ударной частью служит подвижной поршень, распыление топлива в камеру сгорания происходит в результате удара, вспышка горючей смеси происходит после удара поршня по шаботу, рабочая полость молота предохраняется от попадания абразивных частиц. Эффективность удара у трубчатого молота в 2,5–3 раза выше, чем у штангового при эквивалентной массе ударной части.

Выпускаются трубчатые дизель-молоты с воздушным и водяным охлаждением.

Низкочастотные вибропогружатели характеризует сравнительно большой статический момент дебаланса, малая частота колебаний и большая общая масса.

Некоторые модели вибропогружателей имеют узлы переключения частоты вращения и соответственно два значения вынуждающей силы.

### 15.2.3. Свае- и шпунтовыдергиватели

Для извлечения стального шпунта, металлических балок и др., кроме паровоздушных молотов двойного действия и вибропогружателей типа ВПП-2А (С-401), применяют специализированные машины – свае- и шпунтовыдергиватели. При их работе удары корпуса направлены вверх по наковальне, расположенной на траверсе под корпусом. Шпунтовыдергиватель подвешивают на крюк крана через пружинный амортизатор (рис. 15.2).



Рис. 15.2. Устройство для выдергивания свай американской фирмы *Watson & Hillhouse*

Устройство американской фирмы базируется на соседних шпунтинах, закусив их, а одну шпунтину обхватывает и выдергивает. Вместе с насосной станцией его стоимость составляет 500 тыс. евро.

### 15.2.4. Бурильно-крановые машины

Предназначены для бурения скважин в грунтах 1–4-й категорий и установки в них опор под свайные фундаменты, линии электропередачи и связи, опор мостов и переходов, столбов ограждений.

**Бурильно-крановая машина БКМ-313** – представляет собой навесное оборудование, монтируемое на базовом шасси ЗИЛ-131 (рис. 15.3) и предназначена:

- для бурения скважин в немерзлых грунтах 1–4-й категорий и установки в них опор при строительстве и ремонте радиотрансляционных, телефонно-телеграфных, релейных и электрических сетей;
- для использования в промышленном и гражданском строительстве для бурения скважин под свайные фундаменты, столбы ограждений и дорожных знаков, при посадке деревьев и других работах.



*Рис. 15.3. Бурильно-крановая машина БКМ-313*

### **Бурильно-крановая машина БМ-308**

Бурильно-крановая машина БМ-308 предназначена для бурения скважин в немерзлых грунтах 1–4-й категорий и установки в них опор при строительстве и ремонте радиотрансляционных, телефонно-телеграфных, релейных и электрических сетей. Машина также используется в промышленном и гражданском строительстве для бурения скважин под свайные фундаменты, столбы ограждений и дорожных знаков, при посадке деревьев и других работах, а также для профилирования площадок и мест установки опор. Машина БМ-308 (рис. 15.4) находит применение преимущественно в труднопроходимой местности.



*Рис. 15.4. Бурильно-крановая машина БМ-308*

### **15.2.5. Бурильно-сваебойные машины БМ-811, БМ-831, БМ-833**

Предназначены для бурения скважин в грунтовых условиях Крайнего Севера (способны бурить грунты до 4-й категории, включая вечномерзлые, а также высоконасыщенные влагой с температурой грунта около 0 °С с наличием пльвунов и «линз»), забивания в них свай при строительстве свайных фундаментов зданий и сооружений, а также установки деревянных и железобетонных опор, металлических труб при строительстве линий электропередачи и связи (рис. 15.5).



*Рис. 15.5. Бурильно-сваебойная машина БМ-831*

Не имеет аналогов в России и странах СНГ. Зарубежные аналоги – установки IPD20T-U, IPD30T-U-2, Casagrande PD40T, SOILMEC RTA-H.

### **Заключение**

Рассмотрен комплекс машин и оборудования для выполнения подготовительных, основных технологических и завершающих работ по изготовлению опор и возможностей монтажа на них надземной части сооружений, основными, из которых являются копровые установки, дизельные молоты, вибропогружатели, шпунтовыдерживатели, а также бурильно-крановые и бурильно-сваебойные машины.

### **Контрольные задания**

1. Копры свайные: конструкции, характеристики.
2. Молоты дизельные: принцип работы, область применения.
3. Свае-и шпунтовыдерживатели: назначение, характеристики.
4. Бурильно-крановые машины: назначение, характеристики.
5. Бурильно-сваебойные машины: назначение, характеристики.

### **Список литературы**

1. <http://www.ural-rst.ru/auto.64.html>.
2. <http://www.ivenergomash.ru/product.html>.
3. [http://www.texnika.info/dorstroy\\_tech/burilno-kren/index.shtml](http://www.texnika.info/dorstroy_tech/burilno-kren/index.shtml).
4. [http://www.zavod-sdm.ru/catalog/drill\\_crane](http://www.zavod-sdm.ru/catalog/drill_crane).
5. <http://www.raise.ru/good.php?goodId=375>.
6. <http://www.zavod-sdm.ru/>.
7. <http://www.nkmz.com/Russian/index.html>.

8. <http://www.aha.ru/~intercom/>.
9. <http://www.line-red.spb.ru/archive.asp?NumberID=18&ClauseID=666>.
10. <http://transport.groteck.ru/catalog/?category=43>.
11. <http://www.raise.ru/offers.php?curCatalogId=281>.
12. [http://mashrez.atilekt.com/page\\_pid\\_256\\_lang\\_1.aspx](http://mashrez.atilekt.com/page_pid_256_lang_1.aspx).
13. [http://mashrez.atilekt.com/page\\_pid\\_290\\_lang\\_1.aspx](http://mashrez.atilekt.com/page_pid_290_lang_1.aspx).
14. <http://www.smk1.ru/>.
15. <http://www.smk1.ru/article/~pr/tech/232/>.
16. [http://www.zavod-sdm.ru/tech/tekhnologija\\_dlja\\_stroitelnojj\\_otrasli](http://www.zavod-sdm.ru/tech/tekhnologija_dlja_stroitelnojj_otrasli).
17. <http://www.drilltech.ru/drillrigs1/>.
18. [http://www.mo125.ru/bridge/Germany\\_show.htm](http://www.mo125.ru/bridge/Germany_show.htm).
19. Минаев В.И. Машины для строительства магистральных трубопроводов: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 440 с.
20. Ведомственные строительные нормы ВСН 013-88.

## 16. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

### Терминология

**Аварийный разлив нефти** – нефть, разлившаяся на поверхности водного объекта в результате разгерметизации трубопровода.

**Авария на подводном переходе** – событие, связанное с возникновением неконтролируемой утечки нефти в результате разрушения или повреждения трубопровода из-за коррозионного износа, воздействия потока воды, волокуш, якорей и др.

**ЛАРН** – ликвидации аварийных разливов нефти.

**Локализация аварийного разлива нефти** – проведение комплекса мероприятий по ограничению распространения нефти по вводной поверхности, а также придание потоку нефти заданного направления перемещения.

**Нефтеловушка** – сооружение для улавливания нефти и нефтепродуктов из промышленных сточных вод. Представляет собой бетонный или железобетонный резервуар (горизонтальный отстойник), разделенный продольными стенками на 2 или более параллельно работающие секции. Нефтеловушкой улавливается до 98 % нефтепродуктов.

**Обезвреживание отходов** – обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

**Экологическая безопасность** – состояние защищенности личности, общества и государства от последствий антропогенного воздействия на окружающую среду.

### Введение

Природа для человека имеет двоякое значение. С одной стороны, она представляет собой естественную (природную) окружающую среду его жизни, с другой – источник ресурсов. Элементами естественной среды являются воздух, вода, почва, живые организмы. В понятие «природных ресурсов» входят различные средства существования человека, которые он черпает в окружающей среде, – это воздух, вода, недра, почва, растения и животные.

Проблемы экологической безопасности сегодня, как никогда, стоят перед человечеством. Антропогенная деятельность по инерции продолжает развиваться по принципу «максимальной эксплуатации» ресурсов

природы, хотя люди уже начинают осознавать острую необходимость в осуществлении политики рационального природопользования.

Деятельность человека в связи с добычей нефти и газа наносит огромный ущерб природе. Ежедневно сжигается большой объем газа на нефтепромыслах, загрязняя атмосферу. Практически ежедневно в мире происходят порывы промысловых нефтепроводов – наиболее распространенный вид загрязнений в нефтегазодобыче. Нередки аварии с нефтеналивными судами, магистральными нефтепроводами. Все это создает большие и малые разливы нефти на сухой поверхности, снегу, болотах, водной поверхности (реках, озерах, морях и океанах), нанося огромный вред животному и растительному миру (рис. 16.1).

Экологические проблемы по своим масштабам и значению относятся к разряду глобальных проблем современности и не имеют государственных границ. Но эти глобальные проблемы не могут быть решены без механизмов, направляющих промышленность и технику в сторону экономии ресурсов, использования новейших безотходных технологий и минимизации загрязнения среды обитания. Потребление нефти и газа в последние десятилетия стало одним из важнейших слагаемых развития мировой экономики.

За последние 20 лет мировое энергопотребление увеличилось на 38 %, в том числе использование природного газа возросло на 65 %, нефти – на 12 % и угля – на 28 %. За это время доля природного газа в балансе первичных энергоресурсов выросла с 19 % до 22 %, доля нефти снизилась с 49 % до 40 % и угля – с 30 % до 27 % [3].



*Рис. 16.1. Последствия после разлива нефти*

Экологические проблемы по своим масштабам и значению относятся к разряду глобальных проблем современности и не имеют государственных границ. Но эти глобальные проблемы не могут быть решены без механизмов, направляющих промышленность и технику в сторону экономии ресурсов, использования новейших безотходных технологий и минимизации загрязнения среды обитания. Потребление нефти и газа в последние десятилетия стало одним из важнейших слагаемых развития мировой экономики.

### **16.1. Источники загрязнения окружающей среды**

Воздействие нефтяной и газовой промышленности на основные компоненты окружающей среды (воздух, воду, почву, растительный, животный мир и человека) обусловлено токсичностью природных углеводородов, большим разнообразием химических веществ, используемых в технологических процессах, а также все возрастающим объемом добычи нефти и газа, их подготовки, транспортировки, хранения, переработки и широкого разнообразного использования.

Все технологические процессы в нефтяной промышленности (разведка, бурение, добыча, сбор, транспорт, хранение и переработка нефти и газа) при соответствующих условиях могут нарушить естественную экологическую обстановку.

Нефть, углеводороды нефти, нефтяной и буровой шламы, сточные воды, содержащие различные химические соединения в больших количествах проникают в водоемы и другие экологические объекты:

- 1) при бурении и аварийном фонтанировании нефтяных и газовых скважин;
- 2) при аварии транспортных средств;
- 3) при разрывах нефте- и продуктопроводов;
- 4) при нарушении герметичности колонн в скважинах и технологического оборудования;
- 5) при сбросе неочищенных промысловых сточных вод в поверхностные водоемы.

### **16.2. Защита атмосферы**

Для уменьшения загрязнения воздушного бассейна нефте- и газодобывающими предприятиями предусматривают различные технологические и организационно-технические мероприятия.

#### **Организационные мероприятия**

Основопологающим условием экологической безопасности в данном случае является высокое качество **герметизации** всей системы транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. При эксплуатации ре-

резервуаров учитывают, что потери от вентиляции газового пространства имеют большой удельный вес в общем объеме потерь.

Число внутрипарковых перекачек должно быть предельно сокращено.

### **Специальные технические средства**

1. Применение резервуаров с уменьшенным объемом газового пространства (применение резервуаров с **плавающими крышами** или **понтонами**).

2. Хранение нефтепродуктов под повышенным давлением (полностью исключаются потери от «малых дыханий», а потери от «больших дыханий» сокращаются на 50–60 %).

3. Применение систем и установок по улавливанию паров нефти и нефтепродуктов. Помимо высокой экономической целесообразности этих систем, сохраняющих огромное количество дорогостоящих природных углеводородов, они имеют исключительно природоохранное значение.

4. Во многих случаях системы улавливания паров заменяют сжиганием их на факеле или в закрытом аппарате. В условиях динамического удорожания нефти и нефтепродуктов этот способ является архаичным, а по отношению к окружающей среде – опасным.

5. Использование отражательно-тепловой защиты резервуаров от солнечной радиации для уменьшения диапазона изменения температуры газового пространства.

6. Одним из перспективных направлений в снижении потерь легкоиспаряющихся нефтепродуктов является использование заглубленных и подземных резервуаров. При таком способе хранения практически исключается потеря нефтепродуктов от «малых дыханий», так как резервуары находятся вне облучения.

7. Для уменьшения выбросов через предохранительные клапаны на аппаратах используют контрольные клапаны со сбросом газовой смеси в закрытую систему при давлении на 15 % выше номинального и аварийные клапаны с выбросом вредных веществ в атмосферу через сепаратор при давлении на 20 % выше номинального. При этом потери углеводородов через предохранительные клапаны уменьшаются на 60–70 %.

8. Герметизация насосов и компрессоров, при которой предусмотрен закрытый дренаж токсичных паров и газов от насосов, аппаратуры в специальные дренажные емкости, позволяет уменьшить потери на 50–60 %.

Выбор системы, исключаяющей выбросы в атмосферу, зависит от давления паров, концентрации углеводородов, а также пределов взрываемости, химического состава газовой подушки, расположения оборудования и т. д. Показатели безопасности и экономичности являются при этом определяющими.

### 16.3. Рекультивация земель

Согласно статистике, в обычных условиях отношение площади нарушений природных комплексов к площади непосредственного освоения составляет 4:5, а для районов Севера – 20:100. На некоторых участках накопились огромные количества нефти – до 10 г на 100 г почвы.

Из-за особенностей распространения нефтяного загрязнения на севере Западной Сибири загрязненная территория реально в 2,5–10 раз больше, чем визуально определенная загрязненная поверхность.

Ухудшение гидрогеологического режима территории, нарушение структуры и состава почвы выдвигают необходимость своевременной рекультивации (восстановления) нарушенных земель и вовлечения их в хозяйственный оборот.

При разведке, добыче, сборе, подготовке и транспорте нефти и газа занимается огромная территория под многочисленные нефтепромысловые объекты: скважины, технологические емкости, резервуары, линии электропередачи, очистные сооружения, компрессоры, нефтесборные пункты, установки подготовки нефти и газа, насосные станции, нефтеперекачивающие станции. По этой причине на балансе нефтяной промышленности земли больше, чем у других добывающих министерств.

Для рекультивации земель созданы специальные механизированные колонны с необходимой техникой и инвентарем. На предприятиях отрасли предусматривается увеличение коэффициента застройки нефтепромысловых территорий, использование однострунных систем сбора и транспорта нефти, газа и пластовой воды, группирование скважин в кусты и использование наклонно-направленного бурения, прокладка нефтепромысловых трубопроводов и коммуникаций одинакового назначения параллельно в одной траншее.

Для предотвращения загрязнения почв при проектировании объектов нефтепромыслов предусматривается:

- полная герметизация систем сбора, сепарации и подготовки нефти и газа;
- автоматическое отключение скважин отсекателями при прорыве выкидной линии;
- покрытие изоляцией усиленного типа магистральных нефтепроводов со 100%-м просвечиванием стыков на переходах через искусственные и естественные преграды;
- использование бессточных систем канализации промышленно-ливневых и фекальных стоков;
- полное использование пластовых и промысловых сточных вод для закачки в продуктивные пласты и поддержания пластового давления;

- внутреннее противокоррозионное покрытие трубопроводов, перекачивающих пластовую воду.

**Горнотехническая рекультивация** земель на объектах нефтяной промышленности выполняется в строгом соответствии с утвержденными проектами на строительство конкретного объекта (трубопровода, установки по подготовке нефти и т. д.). Стоимость рекультивации включена в сводную смету строительства.

В проекте рекультивации земель по трассе трубопровода определены границы нарушенных земель; ширина зоны рекультивации в пределах полосы отвода; толщина снимаемого плодородного слоя почвы по каждому участку; место расположения отвала для временного хранения снятого плодородного слоя почвы; способы снятия, транспортирования и нанесения плодородного слоя почвы; объемы и методы погрузки, разгрузки и вывоза лишнего минерального грунта в указанном месте; методы уплотнения разрыхленного минерального грунта и плодородного слоя почвы после засыпки трубопровода.

Плодородный слой почвы снимается и перемещается в отвал **бульдозерами** при толщине слоя более 20 см. Обычно плодородный слой снимают на ширину траншеи поверху (+0,5 м в обе стороны). Затем минеральный грунт вынимают **экскаватором** и складывают вдоль траншеи. На уложенный трубопровод сначала засыпают минеральный грунт, затем равномерно плодородный слой, который после усадки прокатывают **трактором на гусеничном ходу**.

**Агрегат для сбора жидкости АСЖ-150** (разработчик: ТатНИИ-нефтемаш, г. Казань) обеспечивает эффективный сбор разлитых нефтепродуктов в практике нефтедобычи для восстановления экологической чистоты окружающей среды.

Агрегат предназначен для сбора и транспортирования различных жидкостей (нефть, нефтепродукты, буровой шлам и другие жидкости и растворы) с поверхности земли на расстояние до 150 м, углубленных и надземных резервуаров. В комплексе с передвижной парогенераторной установкой ППУА-1600/100 может использоваться для сбора различных нефтепродуктов со снега и замерзших участков земли.

Заполнение цистерны производится за счет вакуума, создаваемого в цистерне системой эжекции агрегата. В холодное время года предусматривается обогрев цистерны дымовыми газами двигателя автомобиля.

**Установка «ЭЖОН-1»** (изготовитель: «Петронафт ЛТД», г. Алматы) предназначена для ликвидации загрязнений поверхности земли нефтепродуктами, образовавшимися при аварийных разрывах и утечках в нефтепроводах.

Установки позволяют в течение нескольких дней восстановить экологическое равновесие.

Выбросы пыли и газа предупреждаются применением циклонного пылеуловителя и добавлением природного адсорбента.

Загрязненные нефтепродуктами земли перерабатываются методом термokatалитического сжигания, и почва полностью очищается от органических веществ.

**Комплекс оборудования** позволяет производить очистку грунтов от нефтепродуктов. Оборудование выполнено во взрывозащищенном исполнении и поставляется как законченные и прошедшие заводские испытания модули в контейнерном исполнении.

**Деворойл** (изготовитель: НПО «Биотехинвест», г. Москва) предназначен для эффективного очищения от нефти и нефтепродуктов замазанных земельных участков (поверхностей пресноводных и морских водоемов, нефтяных и буровых шламовых амбаров, различного типа резервуаров). Он нетоксичен и непатогенен, не обладает раздражающим действием, восстанавливает процессы аэрации, способствует формированию гумуса, продукты биодеструкции нефти нейтральны и не оказывают отрицательного действия на экосистемы.

Порошок светло-кремового цвета. Адаптирован к средам с соленостью до 150 г/л. Активен в широком диапазоне pH.

**Торфяной олеофильный сорбент-флотатор (ТОС)** (разработчик: ВНИИТП, г. Санкт-Петербург) предназначен для очистки от загрязнений нефтемаслопродуктами (НМП) городских и портовых акваторий, протяженных береговых и прибрежных линий, пляжей, а также используется при ликвидации малых аварийных сбросов штатными техническими средствами для очистки почвы.

ТОС – экологически чистый продукт. Конечный продукт может служить сырьем для получения мазута и топлива местного значения.

Торфяной продукт в виде рассыпчатого вещества с выраженными гидрофобными свойствами, высокой сорбционной способностью (1 вес. часть присоединяет до 10 частей НМП). Сброшенный на поверхность берега (воды) ТОС активно связывает нефтяные загрязнения как в виде мономолекулярного слоя, так и в виде больших скоплений (от капель до пятен толщиной измеряемой в сантиметрах). Процесс сорбции частицы ТОС завершается в динамических условиях адгезионным процессом с высоким сродством к средним и тяжелым фракциям, эмульсиям типа «вода в нефти». Насыщенные нефтепродуктами крупные плавающие скопления удаляются механическими средствами.

Техническим решением являются экстракции и очистки грунтов на полигонах с помощью **микроорганизмов**.

При работе с микроорганизмами следует учитывать следующее.

Микроорганизмы обладают свойствами аккумулировать в своих телах (клетках) вредные элементы, соединения.

Количество микроорганизмов, выводимых с очищенным грунтом, пропорционально количеству находящегося в нем питания – углеводов. Чем больше углеводов отдано на биодеструкцию, тем большее количество избыточной биомассы будет получено по завершении процесса очистки.

**Установка «Петронафт»** (изготовитель: «Петронафт ЛТД», г. Алматы) предназначена для очистки загрязненных нефтепродуктами земель и переработки любых углеводородно-минеральных смесей с полным разделением на составляющие компоненты. Получаемая при этом нефть имеет лучшие характеристики: более низкую температуру застывания, меньшую плотность, увеличенный состав светлых фракций, низкое содержание серы. Используется для переработки высоковязкой нефти и тяжелых остатков перегонки обычных нефтей; очистки загрязненных почв и технологических отходов производства нефтеперерабатывающих заводов; очистки и переработки нефтешламов, амбарных или ямочных нефтей, оставшихся на поверхности земли; переработки загрязненной земли из районов повреждения нефтепроводов; переработки загрязненных почв с территорий нефтехранилищ, автозаправочных станций, промышленных предприятий и т.д.

Установка работает по принципу термokatалитического крекирования углеводов, присутствующих в сырье, с дальнейшей конденсацией паров нефти. Образующиеся в процессе термokatалитического крекинга полукоксы и несконденсировавшиеся углеводородные газы при сжигании служат источником тепла для процесса. Выходящая из реактора минеральная часть содержит менее 0,5 % углерода.

В состав изделия входят:

- горизонтальный двухконтурный вращающийся реактор с противотоком сырья и теплоносителя;
- топочная камера, в которой устанавливается рекуператор тепла, являющийся одновременно частью топки.

#### **16.4. Оценка технических средств для обеспечения экологической безопасности при трубопроводном транспорте**

Для обеспечения экологической безопасности нефтепромысловых трубопроводов проводятся различные организационные, технологические и технические мероприятия, однако из-за аварий на нефтепромысловых трубопроводах нефтеперерабатывающие предприятия постоянно несут большие убытки.

Разливы нефти классифицируются как чрезвычайные ситуации и ликвидируются в соответствии с законодательством РФ.

Выделяют чрезвычайные ситуации следующих категорий:

- локального значения – разлив до 100 т нефти на территории объекта;
- муниципального значения – разлив от 100 т до 500 т нефти в пределах административной границы муниципального образования либо разлив до 100 т нефти, выходящей за пределы территории объекта;
- территориального значения – разлив от 500 т до 1000 т нефти в пределах административной границы субъекта РФ либо разлив от 100 т до 500 т нефти, выходящей за пределы административной границы муниципального образования;
- федерального значения – разлив свыше 5000 т нефти.

В зависимости от объема разлива нефти на море выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

- локального значения (разлив до 500 т);
- регионального значения (разлив от 500 т до 5000 т);
- федерального значения (разлив свыше 5000 т нефти).

При авариях на промысловых трубопроводах обычно объем разлившейся нефти сравнительно небольшой.

Мероприятия по ликвидации аварийных разливов нефти должны включать следующие этапы:

- 1) прекращение сброса нефти, его локализация;
- 2) сброс разлившейся нефти;
- 3) размещение собранной нефти для последующей утилизации;
- 4) реабилитация загрязненных территорий (рекультивация земель и восстановление водных объектов).

При ликвидации разлива нефти на суше может быть максимально предусмотрено выполнение следующих механизированных операций:

- 1) бульдозерные работы (разработка и перемещение грунта);
- 2) экскавационные работы;
- 3) откачка разлитой нефти в собственную емкость автоцистерны;
- 4) транспорт откаченной нефти;
- 5) расчистка земельных участков перед фрезерованием от кустарников и мелкого леса;
- 6) фрезерование поверхностного слоя земли;
- 7) приготовление смеси из 2 компонентов (биологического деструктора и комплексных удобрений);
- 8) нанесение изготовленной смеси на поверхность почвы;
- 9) засев семенами разнотравья.

На рис. 16.2 представлены классификация машин для ликвидации последствий разливов нефти и некоторые примеры представителей этих классов.

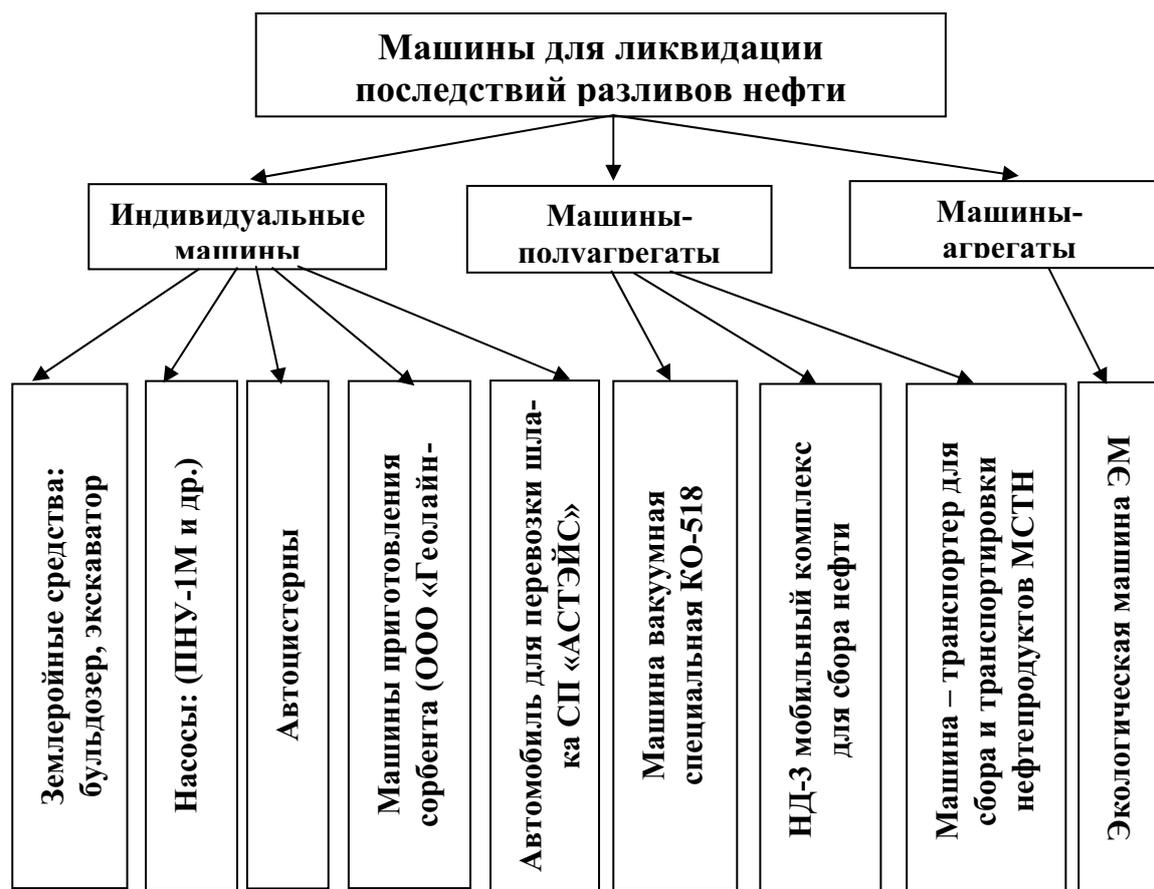


Рис. 16.2. Классификация машин для ликвидации последствий разливов нефти

Принято считать, что машинные агрегаты – средства на одной транспортной базе, выполняющие не менее трех технологических операций; машины-полуагрегаты не менее двух технологических операций. Индивидуальные машины выполняют только одну операцию при ликвидации последствий разливов нефти.

Предложенная классификация позволяет оценить уровень механизации технических средств ликвидации последствий аварийных разливов нефти, возможность и необходимость создания многофункциональных средств и, в конечном счете, будет способствовать повышению обеспечения экологической безопасности при трубопроводном транспорте.

### 16.5. Оборудование и средства для обеспечения экологической безопасности нефтегазопроводов

Оборудование для восстановления трубопровода назначается «Норматив-табелем технического оснащения аварийно-восстановительных пунктов магистральных нефтепроводов» согласно РД 39-025–90.

В настоящее время для обеспечения экологической безопасности применяется большое количество технических средств и оборудования:

1. Боновые заграждения.
2. Нефтесборщики.
3. Сорбенты (порошкового типа, волокнистого типа, синтетические, природного происхождения).
4. Технические средства установки боновых заграждений (катер буксирный, лодка).
5. Мобильный комплекс «СЭП».
6. Экологический комплекс «Эко-зима».
7. Средства утилизации (емкость для сбора нефти, установка для сжигания отходов).
8. Вспомогательные технические средства (машина для резки льда, мотопила, парогенераторная установка).

### **Нефтесборщики Скиммер Cascade**

Cascade представляет собой скиммер с регулируемым порогом водослива (рис. 16.3). Он был специально сконструирован для эффективной работы на нефтяных разливах серьезного масштаба, где требуется высокая скорость сбора разлитой нефти. Скиммер также способен работать с нефтью широкого диапазона вязкости. Два скиммера Cascade LP3000 соответствуют требованиям ОРА 90 реакции на разлив «Tier 1». Уникальная конструкция выхлопа, а также система шланговых плотов, которая уменьшает трение с поверхностью земли при перемещении и в то же время придает устойчивость, позволяет эффективно управлять Cascade с катера при буксировке со скоростью до 2 морских узлов.



*Рис. 16.3. Скиммер Cascade*

### **Скиммер Комара Стар**

Комара Стар скиммер – компактный, прочный, свободно-плавающий скиммер, использующий патентованную технологию зубчатых дисков, удачно проявившей себя в условиях очистки нефтяных загрязнений (рис. 16.4). Он способен собирать вязкие и эмульгированные масла даже в присутствии плавающего мусора.



*Рис. 16.4. Скиммер Комара Стар*

### **Скиммер Комара 20**

Комара 20 представляет собой новое усовершенствование самой успешной в мире дискоскиммерной системы Комара 12К. Усовершенствование конструкции привело к увеличению производительности и обеспечению более простого обслуживания, что было достигнуто без увеличения габаритных размеров и веса скиммера.

### **Нефтесборное устройство «Спрут-1»**

Устройство «Спрут-1» предназначено для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности водных объектов производительностью до 15 м<sup>3</sup>/ч (рис. 16.5).

Рекомендуемые области применения устройства «Спрут-1» – оперативный сбор локализованной нефти/нефтепродуктов при аварийных разливах на реках, озерах, акваториях портов (нефтеналивные терминалы, нефтепромыслы, подводные нефтепроводные переходы и т. п.).



*Рис. 16.5. Нефтесборное устройство «Спрут-1»*

## Универсальное нефтесборное устройство

Универсальное нефтесборное устройство предназначено как для сбора нефти с водной поверхности, так и для перекачки нефтесодержащих донных отложений (рис. 16.6). Данное устройство создано на базе погружного насоса «DESMI DOP 160».



Рис. 16.6. Универсальное нефтесборное устройство

Универсальное нефтесборное устройство может успешно применяться:

- в процессе проведения оперативных работ по ликвидации аварийных разливов нефти/нефтепродуктов;
- при ликвидации шламовых амбаров;
- для перекачки донных отложений из прудов-отстойников и т. п.

В зависимости от вида решаемой задачи на головной части универсального нефтесборного устройства может быть установлено погружное или пороговое заборное устройство.

### Средства утилизации

Быстроразворачиваемые самоподдерживающиеся емкости серии «ВХН-С» предназначены для временного хранения нефти/нефтепродуктов, любых нефтесодержащих жидкостей и воды.

Рекомендуемые области применения емкостей серии «ВХН-С»:

- в качестве промежуточной (буферной) емкости между нефтесборщиком (скиммером) и резервуаром (амбаром) при ликвидации аварийных разливов нефти/нефтепродуктов;
- в качестве резервуара для воды при тушении пожара;
- в качестве расходной емкости для моющих средств при мойке оборудования под высоким давлением.

## Емкости для временного хранения нефти и нефтепродуктов серии «ВХН-К»

Быстроразворачиваемые каркасные емкости серии «ВХН-К» предназначены для временного хранения нефти/нефтепродуктов, любых нефтесодержащих жидкостей и воды (рис. 16.7).



Рис. 16.7. Емкости для временного хранения нефти и нефтепродуктов серии «ВХН-К»

Рекомендуемые области применения емкостей серии «ВХН-К»:

- в качестве промежуточной (буферной) емкости между нефтесборщиком (скиммером) и резервуаром (амбаром) при ликвидации аварийных разливов нефти/нефтепродуктов;
- в качестве резервуара для воды при тушении пожара;
- в качестве расходной емкости для моющих средств при мойке оборудования под высоким давлением.

**Емкость для сбора и хранения нефтесодержащих отходов и нефтепродуктов. ТО 20504853-007-05** выполнена из влагонепроницаемой пленки и помещена во вкладыши из ПЭ.

Емкости могут использоваться для транспортировки нефти, нефтесодержащих материалов, отходов. Изготавливаются различных конструкций и размеров объемом до 1 м<sup>3</sup>.

**Опытная установка для утилизации нефти из адсорбентов типа НПМ** является табельным средством аварийно-восстановительных пунктов системы трубопроводного транспорта нефти.

Опытная установка для утилизации нефти из адсорбентов типа НПМ представляет собой автономное устройство, позволяющее извлекать сорбированную нефть путем фильтрации ее из адсорбента под остаточным давлением (вакуумом) без разрушения его структуры, обеспечивающее возможность многократного использования НПМ. Использование установки предполагается при ликвидации последствий разлива

нефти по водной поверхности при авариях, проведении технологических и природоохранных мероприятий на трубопроводном транспорте.

Установка предназначена для использования в условиях массового разлива нефти, что соответствует производственным условиям взрывопожароопасности категории А, по категории взрывоопасной смеси II А, группе смеси ТЗ и классификации взрывоопасных зон В1г (технологическая установка, размещенная на открытом пространстве).

Зона взрывопожароопасности составляет 20 м по горизонтали и вертикали от установки и 3 м по горизонтали и вертикали от трубопровода (шланга) для откачки нефти, воды и водно-нефтяной смеси.

Установка представляет собой комплекс агрегатов, состоящий из:

- нутч-фильтра с приемником для сбора нефти, смонтированных на раме с шасси типа «лыжи»;
- съемной крышки-мембраны;
- заземляющего устройства, представляющего собой пластину из стали 1x18Н10Т размерами 0,5 × 0,17 × 0,05 м и медного проводника для присоединения установки к заземляющему устройству;
- агрегата электронасосного ВКС 2/26А во взрывобезопасном исполнении (НВ1) и системы технологических трубопроводов с запорной арматурой – вентилями ВН1 и ВН3;
- мановакуумметра ВТИ-01 ГОСТ 2405–80 (МВ1);
- выносного пульта управления установки с бронированными кабелями длиной 50 м для подачи электроэнергии к электроприводу от внешнего источника.

Установка может дополнительно комплектоваться устройством УСБ-НПМ для сбора и извлечения с поверхности воды адсорбентов типа НПМ, баллоном с углекислым газом и системой ввода углекислого газа в приемник нефти нутч-фильтра через вентиль ВН2.

## **16.6. Ликвидация аварий на подводных переходах**

Аварией на подводном переходе считается событие, связанное с возникновением неконтролируемой утечки нефти в результате разрушения или повреждения трубопровода из-за коррозионного износа, воздействия потока воды, волокуш, якорей и др.

Для ликвидации аварийных ситуаций на ППМН, связанных с разгерметизацией нефтепровода, необходимо выполнить следующее:

- остановить перекачку нефти;
- закрыть береговые задвижки и отключить аварийный участок нефтепровода;
- организовать доставку людей и технических средств к месту аварии;

- организовать откачку нефти из поврежденного трубопровода, замещение нефти водой;
- установить ограждения, препятствующие распространению нефти в водном объекте и организовать сбор разлившейся нефти;
- определить место и характер повреждения трубопровода;
- определить объем ожидаемой утечки;
- организовать ремонт поврежденного участка ППМН;
- испытать отремонтированный участок нефтепровода.

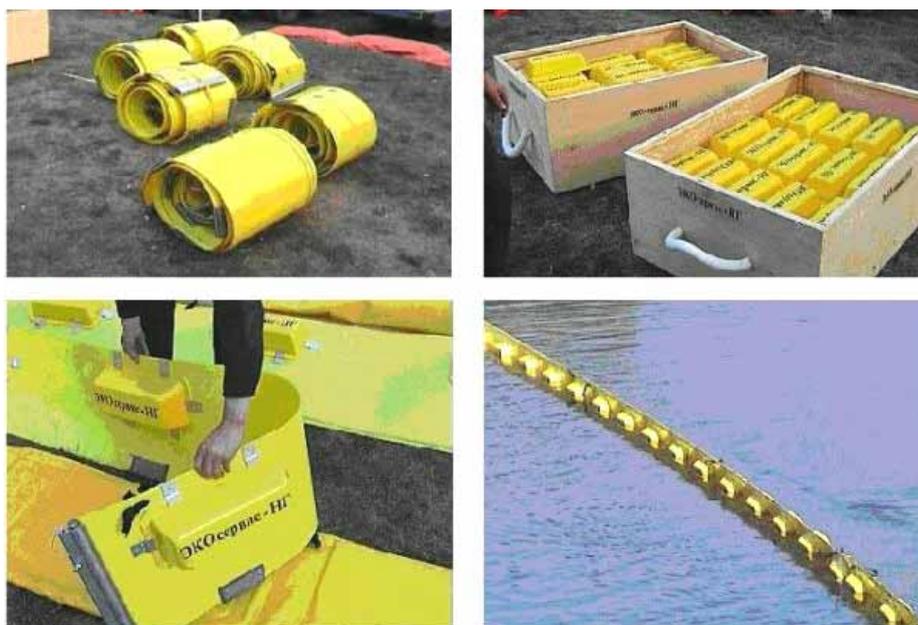
Для эффективного и быстрого производства работ заранее разрабатывается План ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) для каждого подводного перехода магистрального нефтепровода, который включает следующие основные пункты: оповещение должностных лиц, сбор и выезд рабочих групп, развертывание и установка боновых заграждений на рубежах задержания, сбор и утилизация нефти, отбор и анализ проб воды.

На начальной стадии ликвидации аварии основной задачей является ограничение зоны возможного распространения нефтяного загрязнения и сбор нефти с поверхности реки. На малых реках локализация может осуществляться созданием временных или постоянных запруд или дамб с водоспускными трубами.

Наиболее распространенный способ локализации нефтяных загрязнений на реках – использование заграждений (рис. 16.8, 16.9). Для повышения эффективности заграждения должны обладать следующими качествами: следовать движению поверхности воды, смещаться в сторону течения, не допускать «подныривания» нефти и ее перелива через них, сопротивляться силам потока воды и ветра, выдерживать химическое воздействие нефти и перепада температур, быть легкими и удобными для транспортировки. Кроме того, заграждение должно сместить нефть в область более спокойного течения к приямку на берегу.



*Рис. 16.8. Боновые заграждения серии «Барьер–берег»*



*Рис. 16.9. Боновые заграждения серии «Рубеж»*

Все заграждения можно подразделить на специальные и подручные. К специальным заграждениям относятся боновые, которые, в свою очередь, подразделяются на подвижные и стационарные, мягкие (резинотканевые и полимерные), надувные и твердопоплавковые, летние и зимние, неогнестойкие и огнестойкие.

Табель оснащения нефтепроводных предприятий включает различные боновые заграждения: боны универсальные типов «Барьер», УП; боны заградительные типов «Уж», «Вайкома», «Хай Спринт»; боны для защиты береговой полосы типа «БЗ-14-00-00»; боны огнестойкие типа «БПП-160У»; боны стационарные типа «Металлические БЗ D530».

Подручными средствами могут быть бревна, сплотки из бревен, различные трубы (стальные, пластмассовые, полевых магистральных трубопроводов), соломенные валики в металлической сетке или обтянутые проволокой и т. п.

Для локализации нефтяных загрязнений на реках с большими скоростями течения используют металлические боновые заграждения.

Для их установки необходимо проводить расчеты удерживающей силы для каждого типа с учетом скорости течения и по ним подбирать якоря и тросы.

Длина бонового заграждения не должна быть слишком большой: для скорости течения до 1,0 м/с – приблизительно 200 м, для скорости течения свыше 1,5 м/с – порядка 100 м.

Такие длины позволяют уменьшить усилия, которые испытывают боновые заграждения и их якоря после установки. Установка более коротких по длине бонов обеспечивает наилучшую эффективность при

локализации разлившейся на воде нефти. На практике обычно используют боны длиной 25, 50, 100 или 200 м.

После локализации нефтяных загрязнений основной задачей становится сбор нефти с поверхности воды.

Работа всех нефтесборных систем основана на различии физических свойств нефти и воды. Эти различия определяют три основные группы нефтесборщиков, применяемых для сбора нефти:

- 1) гравитационные устройства, использующие различие в плотности воды и нефти;
- 2) адгезионные устройства, использующие свойство нефти налипать на поверхности различных материалов либо впитываться ими;
- 3) сорбционные устройства, впитывающие нефть.

Гравитационные нефтесборные устройства можно подразделить на следующие типы:

- вакуумные – по принципу непосредственного всасывания;
- пороговые – по принципу перетекания нефти через порог, удерживаемый ниже уровня воды;
- погружные – вызывающие погружение нефти и улавливание ее в сборные емкости;
- с горизонтальным шнеком, имеющим постепенно убывающий шаг;
- центробежные, образующие воронку для всасывания нефти.

Адгезионные нефтесборные устройства можно подразделить на следующие виды:

- дисковые – диски, частично погруженные в воду, вращаются, а налипающая на них нефть удаляется скребками;
- барабанные (с полупогруженным в воду барабаном);
- ленточные – оборудованные транспортной лентой с откидным или скребковым механизмом.

К сорбционным устройствам относится плавающая трос-швабра с отжимной роликовой системой.

На отечественных нефтепроводах наибольшее распространение получили дисковые и барабанные нефтесборщики, их гидрофобная поверхность способствует высокой селективности отметки, т.е. в собранной водо-нефтяной смеси доля нефти составляет до 98 %, пороговые нефтесборщики обладают большой производительностью сбора по водо-нефтяной смеси, но селективность отметки низка.

Достоинством вакуумных нефтесборщиков является универсальность (могут собирать нефть с твердой поверхности), но при работе на водоемах ими захватывается вместе с нефтью большое количество воды. Общий вид малогабаритного вакуумного нефтесборщика приведен на рис. 16.10.



*Рис. 16.10. Малогабаритный вакуумный нефтесборщик*

На рис. 16.11 изображен один из наиболее эффективных типов дисковых нефтесборщиков.



*Рис. 16.11. Дисковый нефтесборщик*

Сбор и утилизация нефти включают следующие технологические операции:

- расстановку нефтесборщиков на воде;
- подсоединение нефтесборщиков к боновым ограждениям;
- монтаж и подсоединение сети энергоснабжения и трубопроводной системы отвода собранной водонефтяной смеси;
- расстановка накопительных емкостей и подсоединение их к трубопроводной системе;
- сбор нефти с подачей в накопительные емкости;
- транспортировку собранной водонефтяной смеси к местам утилизации нефти;
- разделение водонефтяной смеси;
- утилизацию нефти и очистку воды до санитарных норм.

В целях устранения возможного «проныривания» нефти под боновым ограждением сбор нефти необходимо осуществлять по проточной схеме, т.е. располагать нефтесборщик в одном ряду с ограждением, обеспечивая возможность протекания основной массы водяного потока

под нефтесборщиком. При этом производительность нефтесборщика должна быть выше возможного поступления нефти. В случае, когда производительность нефтесборщика меньше, необходимо устанавливать по проточной схеме в одном ряду боновых заграждений несколько нефтесборщиков или ниже по течению несколько рядов боновых заграждений с нефтесборщиками с таким расчетом, чтобы их суммарная производительность была равна возможному объему поступающей нефти. Последний ряд боновых заграждений можно устанавливать по замкнутой схеме («кошель») для локализации остаточной нефти.

Кроме механических способов сбора нефти в практике борьбы с нефтяными загрязнениями используют и физико-химические методы: адсорбцию и десорбцию.

При адсорбции применяют специальные вещества – сорбенты, которые хорошо поглощают частицы нефти. По общей классификации сорбенты подразделяются на три группы: природные неорганические, природные органические, синтетические.

Минеральные сорбенты выпускаются в основном в виде порошка. Широкое применение для очистки поверхности воды от нефти нашел перлит, получаемый при обжиге обсидиана (вулканического стекла). Гидрофобизация вспученного перлита кремнеорганическими веществами увеличивает его нефтеемкость в 3–4 раза, а введение перлита под слой нефтяного загрязнения позволяет сократить время поглощения нефти в 6–8 раз. Выпускается также сорбент на основе модифицированного карбонатного порошка, где в качестве модификатора служит смесь полимерной смолы и битума в равном массовом соотношении и в количестве 0,5–1,5 % от массы порошка.

К недостаткам минеральных сорбентов относятся их разовое использование, сложность утилизации нефти и сравнительно пониженная сорбционная емкость. Твердые полимерные сорбенты применяются в измельченном (порошкообразном) виде; на поверхность загрязненной воды высыпают поглощающие частицы из олеофильного материала, имеющего плотность меньше плотности воды и обладающего адгезивными свойствами по отношению к нефти. Поглощающие частицы с налипшей нефтью собирают и сжигают или отделяют нефть от сорбентов механическими способами. В качестве полимерных сорбентов пригодны различные смолы (например, измельченная сланцевая смола), используют также состав, содержащий фенолформальдегидную смолу, порошкообразователь и отвердитель. При нанесении этого состава на поверхность, покрытую нефтью, образуется плотная пастообразная масса, которая легко удаляется любым механическим способом. Удельное поглощение нефти составляет 20 единиц на единицу первоначальной массы.

Твердые сорбенты растительного происхождения – это опилки. Для повышения качественных характеристик древесных опилок их пропитывают расплавом гидрофобного наполнителя, в отдельных случаях древесные опилки комбинируют с минеральными сорбентами (каолин, бетонит, тальк и др.). В качестве сорбента разбрасывают и модифицированный торф. Модификация заключается в замене минеральных подвижных ионов на органические, поэтому модифицирование проводят методом ионного обмена в водной среде, степень очистки нефти модифицированным торфом составляет до 90 %. Торф, модифицированный органическими катионами, долго не утрачивает своей сорбционной активности. Комбинированные поглотители – это полипропиленовое волокно и пенополиуретаны. Пенополиуретановую массу помещают между гидрофобными слоями, крепят волокнистый слой к пенополиуретану свободно (в противном случае резко снижается эффективность поглотителя). Поглощающая способность комбинированных поглотителей для тяжелых и легких нефтей в зависимости от толщины пленки составляет 26 кг/кг, а кратность использования достигает даже 30 раз.

Природные неорганические сорбенты обладают невысокой нефтеемкостью, малой плавучестью и нетехнологичны в применении (мелкодисперсны, легкие, распыляются при нанесении, опасны для здоровья обслуживающего персонала). Использование их при ликвидации аварий ограничено, хотя они имеют низкую стоимость.

Основой сорбентов второй группы являются отходы промышленных предприятий. Эти сорбенты характеризуются средними значениями нефтеемкости, и для обеспечения их гидрофобности практически все они должны быть подвергнуты дополнительной обработке, что повышает их стоимость.

Высокоолеофильные и гидрофобные синтетические материалы для сбора разлитой на воде нефти обладают высокой нефтеемкостью и малым водопоглощением. В частности, такие сорбенты эффективны при разливах малой мощности, когда толщина пленки составляет 1 мм и менее и когда сбор ее механизированными способами малоэффективен.

В качестве диспергентов применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые при соединении с нефтью образуют растворы со слабым поверхностным натяжением, благодаря чему рассеиваются мелкими каплями в толще воды. Рассеивание нефти в воде рассчитано на последующее биологическое разложение и имеет цель ускорить его, благодаря увеличению поверхности нефти. Однако необходимо учесть, что диспергенты токсичны, поэтому их применение разрешается контролирующими органами в особых случаях.

Зачистка, смыв нефти водой с загрязненных берегов производится гидромонитором или мотопомпами с последующим улавливанием ее на рубеже задержания.

При понижении уровня воды в реке нефть может оказаться на берегу на значительном расстоянии от воды. В этом случае ее смыв к приемному устройству нефтесборщика невозможен. Если позволяют рельеф и прочность грунта, то применяют бульдозеры, ковшовые экскаваторы, скреперы и т. д. Сгребая нефть, машины захватывают слой грунта, поэтому для вывоза загрязненного грунта необходимы автомобили повышенной проходимости. Если рельеф местности не позволяет использовать землеройную технику, то сбор нефти производят вакуумными или пневмотранспортными установками.

Укрепленные берега очищают с помощью вакуумных нефтесборщиков. Одновременно устраивают плавающее ограждение на расстоянии 1–2 м от берега, а нефть, скопившуюся между камнями, посыпают сорбентом, вымывают струей воды в сторону ограждения и собирают с помощью нефтесборных устройств.

С кустарников и деревьев нефть смывают струей воды, подаваемой под давлением 0,6–0,8 МПа. При низкой температуре воздуха используют подогретую воду (до 30–40 °С). Загрязненную нефтью водную растительность скашивают специальными косилками, установленными на лодках, или вручную, с последующим ее улавливанием и выводом для утилизации.

**Особенности работы в зимний период.** Технология локализации и сбора нефти в зимних условиях предусматривает следующие операции:

- на поверхности водоема в зоне разлива нефти обкалывают лед;
- в образовавшейся полынье устанавливают боновые ограждения из материалов повышенной прочности (сталь, стеклопластик и т. д.);
- в свободную ото льда зону вводят нефтесборщик с источником горячей воды или пара на борту;
- загрязненный нефтью лед собирают в контейнер, где отмывают теплой водой.

Для разогрева и смыва вязкой нефти требуется пар, подаваемый с расходом 200–300 кг/ч на 1 т нефти.

Также локализация нефти и направление ее в зону сбора в условиях наличия ледового покрова проводятся в результате создания во льду направляющих ледовых прорезей. Прорези располагают под углом к течению реки в зависимости от скорости воды в соответствии с рекомендуемыми углами установки боновых ограждений. В конце направляю-

щей прорези сооружают майну для размещения нефтесборщика и вспомогательного оборудования.

Ширина прорези выбирается с расчетом всплытия нефтяных частиц в зависимости от скорости течения и толщины льда. Если прорезь выполняется только для установки направляющих боновых заграждений, то ее ширина выбирается с учетом возможности постановки специальных зимних заграждений.

**Мобильная ледорезная машина ЛФМП-1** (рис. 16.12) предназначена для прорезания щелей и прямоугольных майн в ледяном покрове водоемов при проведении технологических операций на подводных переходах нефтепроводов в зимний период. В состав машины входит силовое, насосное и вспомогательное оборудование, размещенное в несущем непотопляемом корпусе. Машина рассчитана на эксплуатацию в регионах с умеренным климатом согласно исполнению V категории 1 ГОСТ 15150–69. Машина сертифицирована в системе сертификации ГОСТ Р и разрешена к применению Госгортехнадзором России.



*Рис. 16.12. Ледорезная машина ЛФМП-1*

Для сооружения майн и прорезей при толщине ледового покрова до 0,25 м рекомендуются цепные бензопилы, при толщине льда от 0,25 м до 1,1 м – ледорезные фрезерные машины ЛФМ, а при толщине льда более 1 м – двухбаровые машины БР. При работе ледорезной техники необходимо выполнять требования техники безопасности, а также контролировать толщину ледяного покрова.

В зимних условиях для локализации и направления нефти к месту сбора предпочтительнее применять металлические боновые заграждения.

Надувные боновые заграждения могут использоваться только на открытых участках воды.

Возможный набор оборудования для ликвидации аварийных разливов нефти в условиях Западной Сибири приведен в табл. 16.1.

Таблица 16.1

## Оборудование для ликвидации аварийных разливов

Наименование оборудования, тип, марка, производительность	Количество
Боновые заграждения летние, всего	4790 м
Боновые заграждения «Барьер-собр 70»	4400 м
Боновые заграждения «Барьер 50»	390 м
Боновые заграждения зимние, всего	1515
Боновые заграждения зимние Рубеж-зима-150	675 (45 секций)
Подледные экраны	600
Боновые заграждения зимние БЗЗ-10/1000	240 (25секций)
Нефтесборщики, всего, в т. ч.:	17 шт./464 м <sup>3</sup> /ч
Нефтесборщик Магнум-100	1 шт./26 м <sup>3</sup> /ч
Нефтесборщик ТДС-136	2 шт./36 м <sup>3</sup> /ч
Нефтесборщик Lamor Rock Cleaner	5 шт./60 м <sup>3</sup> /ч
Нефтесборщик дисковый «Ro-disk 60» (Десми)	5 шт./300 м <sup>3</sup> /ч
Нефтесборщик Lamor Mini-Max-10	4 шт./40 м <sup>3</sup> /ч
Сорбент, всего, в т. ч.:	6476,05
Сорбент Экосорб, всего	3837,05
Сорбент Униполимер, всего	2639
Противофильтрационное покрытие (вкладыш) 500 м <sup>3</sup> , всего	9 шт.
Емкость для сбора нефти, всего, в т. ч.:	21шт./5054 м <sup>3</sup>
Емкость для сбора нефти емк. 500 м <sup>3</sup>	9 шт./4500 м <sup>3</sup>
Емкость для сбора нефти емк. 500 м <sup>3</sup>	8 шт./4000 м <sup>3</sup>
Емкость для сбора нефти емк. 500 м <sup>3</sup>	1 шт./500 м <sup>3</sup>
Емкость ВХН, всего	10 шт.
Емкость ВХН-100К	5 шт./500 м <sup>3</sup>
Емкость ВХН-8С	5 шт./40 м <sup>3</sup>
Резервуар РР-7, всего:	2 шт./14 м <sup>3</sup>
Установки для сжигания отходов, всего:	5 шт.
Установка для сжигания отходов Smart Ash	4 шт.
Установка для сжигания отходов «Форсаж-1»	1 шт.
Средства для установки боновых заграждений в летнее время	10 шт.
Лодка резиновая «Орион 25 С»	4 шт.
Лодка «Обь-3»	5 шт.
Лодка «Крым»	1 шт.
Средства для работы в ледовый период	130 шт.
Пила для распиливания льда и бур	6 шт.
Палатка утепленная, на 10–15 мест	4 шт.
Рама деревянная подледного экрана для улавливания нефти	120 шт.

## **Заключение**

В данном разделе представлены способы и средства для обеспечения экологической безопасности нефтегазовых объектов. К сожалению, утечка нефти – вполне обыденное явление в настоящее время.

Предприятия, занимающиеся добычей нефти и газа из недр, их переработкой и транспортом, прилагают огромные усилия и денежные средства, чтобы свести к минимуму ущерб от своей деятельности.

Существующие технологии все-таки не позволяют избежать аварий, связанных с разливом нефти, а потому созданы и постоянно совершенствуются технологии и техника ликвидации их последствий.

## **Контрольные задания**

1. Источники загрязнения окружающей среды.
2. Технические средства для уменьшения загрязнения атмосферы предприятиями нефтегазовой отрасли.
3. Технические средства для рекультивации земель.
4. Агрегаты для сбора разлитой нефти и нефтепродуктов на суше.
5. Средства для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности водных объектов.
6. Средства утилизации: емкости для временного хранения нефти и нефтепродуктов.
7. Оборудование для локализации и сбора нефти в зимних условиях.
8. Возможный набор оборудования для ликвидации нефти при аварийных разливах в любое время года.

## **Список литературы**

1. Бондалетова Л.И. Промышленная экология: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 168 с.
2. Вайншток С.М., Новоселов В.В., Прохоров А.Д. и др. Трубопроводный транспорт нефти. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – Т. 2. – 621 с.
3. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 598 с.
4. Давыдова С.А. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды. – М.: РУДН, 2004.
5. Оборудование для обеспечения экологической чистоты нефтепромыслов. XIV / сост.: Кольцов В.А., Крец В.Г., Саруев Д.А. (В комплекте каталогов «Нефтепромысловое оборудование»); под ред. В.Г. Креча, В.Г. Лукьянова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999, 2000.

6. Табель технического оснащения нефтепроводных предприятий ОАО «АК «Транснефть» для восстановления трубопровода и ликвидации разлива нефти при аварии на подводных переходах магистральных нефтепроводов. РД 153.39.4-143–99.

### **Интернет-ресурсы**

1. <http://www.gasturbo.ru/katal/skimmer.php>
2. <http://www.sakhalin.environment.ru/oil/beregprom/images/028.jpg>
3. <http://www.uralts.ru/rus/products/catalog/upn/430/>
4. [http://www.tambovmash.ru/pages/products\\_proizw\\_fakel.shtml](http://www.tambovmash.ru/pages/products_proizw_fakel.shtml)
5. <http://www.basaproektov.ru/basa/image/snm/spisok7.jpg>
6. <http://www.neftegaz.ru/pictures/1141385.gif>
7. <http://www.aqua-filter.ru/filters/mechanical/sapfir-p/prom/>
8. <http://gasturbo.spb.ru/katal/strg.php>
9. <http://www.bsuproduct.by/index.php/.25.179...0.0.0.html>
10. <http://river.invur.ru/index.php?id=15>
11. [http://www.northsea.ru/products/bones\\_complect/container/](http://www.northsea.ru/products/bones_complect/container/)
12. [http://www.gazprom.ru/dyn\\_images/img15659](http://www.gazprom.ru/dyn_images/img15659)

## 17. ОБОРУДОВАНИЕ БЫТА В УСЛОВИЯХ ТРАССЫ

В соответствии с действующими нормами, при проведении работ в условиях трассы, для рабочих создается полевой городок, обеспечивающий бытовые и санитарные условия, который располагается за пределами опасных зон, но не ближе 300 м от места производства работ, и может достигать по площади 500–1000 м<sup>2</sup>.

Полевой городок организуется до начала основных работ и включает в себя необходимое количество жилых вагонов-домов, вагон-прорабскую, мастерские, вагоны медицинского назначения, вагон-столовую, вагон-душевую, туалет, сушилки для спецодежды и спецобуви, может устанавливаться станция водоочистки. Обеспечивается энергоснабжение: или от передвижной электроустановки, или от линии электропередач. Потребляемая мощность полевого городка 60–80 кВт. На территории городка устанавливается временное уличное освещение. Также обязательным условием является установка в городке радио- или телефонной связи. Непосредственно в месте производства работ ставится вагон-сторожка и в зимнее время – вагон для обогрева рабочих.

Существует 3 типа мобильных зданий: на раме, на санях, на шасси.

### Жилые вагоны-дома

*Жилой вагон-дом* – передвижное здание, предназначенное для комфортного проживания сотрудников предприятия на объектах трассы, удаленных от городской инфраструктуры.

Существуют вагоны для проживания 1, 4 и 8 человек. На рис. 17.1 изображен вагон-дом для восьми человек.

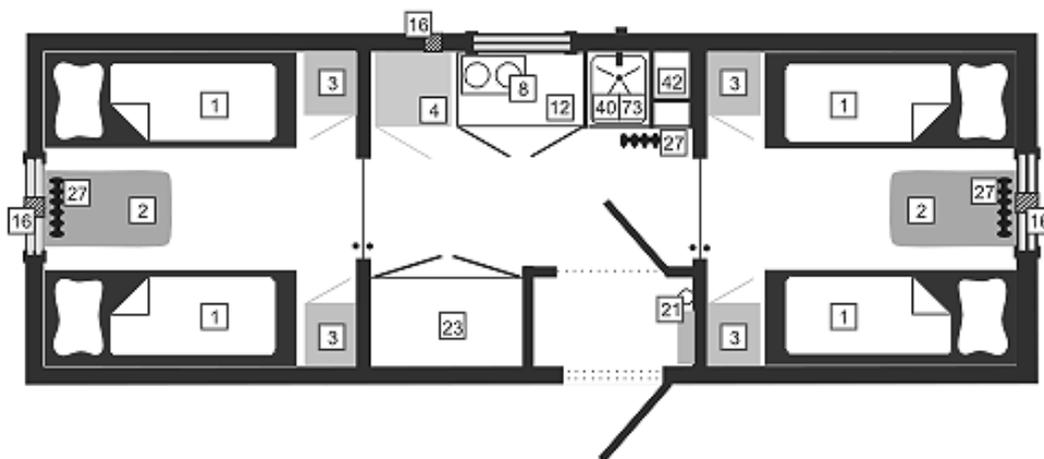


Рис. 17.1. План-схема жилого вагона-дома

## Мобильные здания для просушивания спецодежды

**Сушилки** – здания, предназначенные для качественного просушивания спецодежды, в т. ч. промасленной, на объектах нефтегазового комплекса (рис. 17.2).

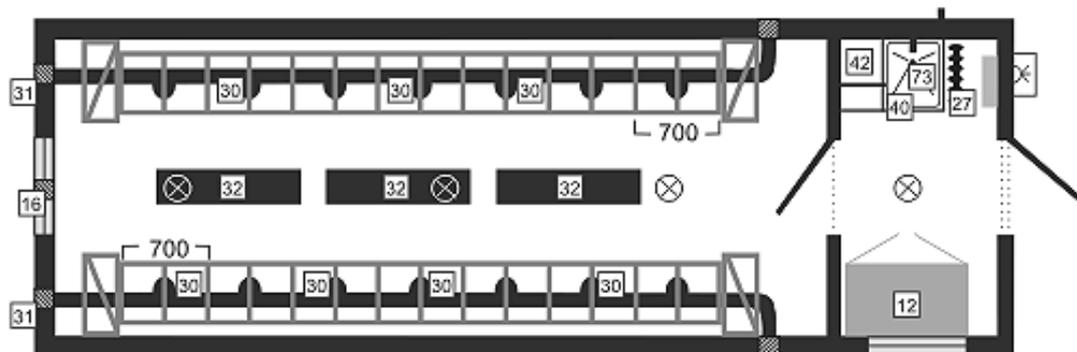


Рис. 17.2. План-схема «сушилки»

## Столовые и кухни

**Столовые и кухни** – мобильные здания, которые позволяют организовать полноценное питание любого количества людей одновременно (рис. 17.3).

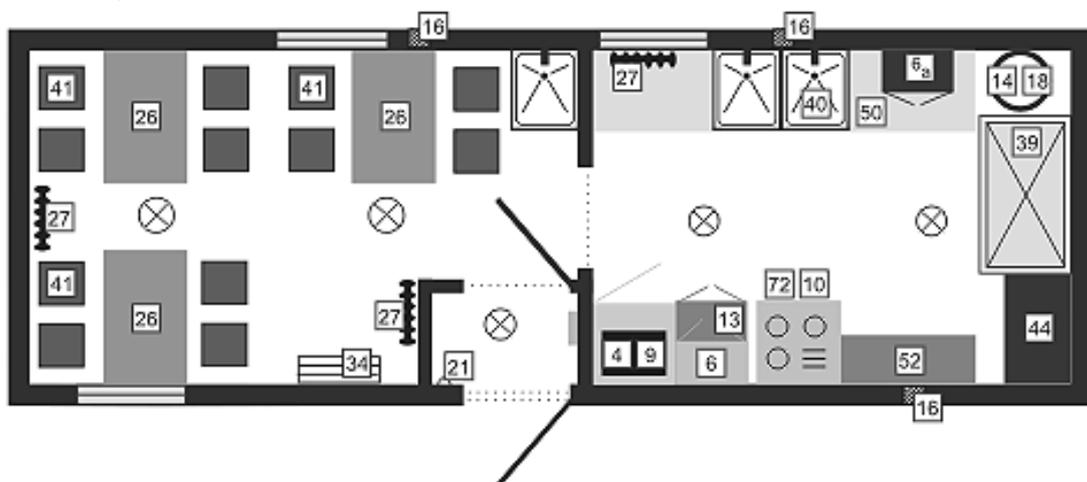


Рис. 17.3. План-схема столовой-кухни

Во время проведения огневых работ организовывается полевая кухня непосредственно вблизи от места проведения работ.

## Мобильные здания-мастерские

**Мастерские** – предназначены для ремонта техники и оборудования в полевых условиях. Мастерские в зависимости от установленного оборудования могут иметь самое широкое применение: слесарная мастерская, сварочная лаборатория и т. д. (рис. 17.4).

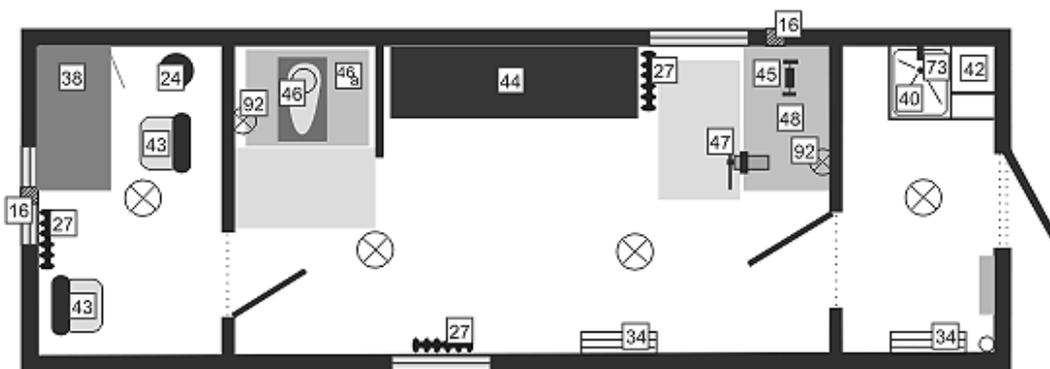


Рис. 17.4. План-схема мастерской

### Прорабские

**Прорабская** – это мобильное здание, предназначенное для удобной и спокойной работы независимо от температуры и силы ветра «за бортом» (рис. 17.5).

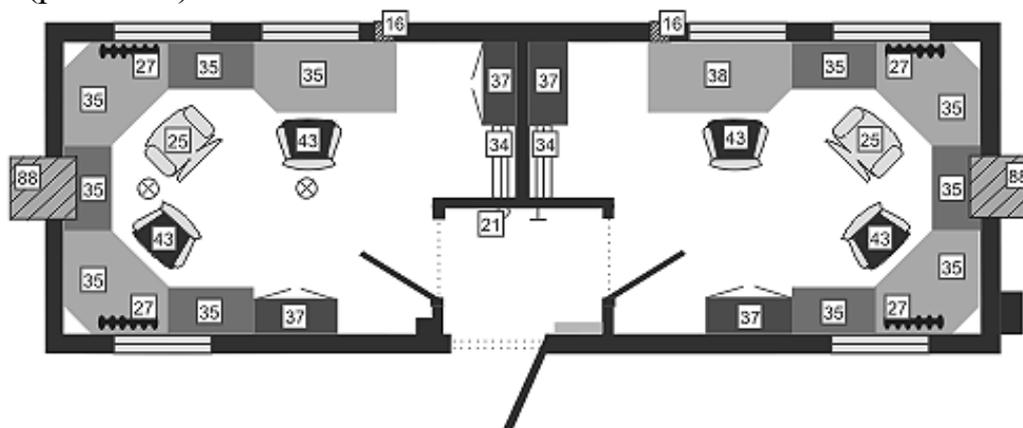


Рис. 17.5. План-схема вагона-прорабской

### Станции водоочистки

**Станция водоочистки** – это обогреваемое теплоизолированное помещение на базе мобильного здания, оснащенное комплектом водоочистных устройств и необходимыми приборами учета.

Не всегда в местах возведения вахтовых городков есть доступ к чистой питьевой воде, поэтому ее могут привозить в специальных автомобильных цистернах, а иногда бывает рациональнее установить станцию водоочистки и очищать воду, например, из близлежащих водоемов.

Завод «Транснефтемаш» г. Великие Луки изготавливает следующие прицепы-фургоны для ремонтных бригад:

- «Столовая» – для приготовления и приема пищи ремонтными бригадами в полевых условиях;
- «Сауна-санузел» – для санитарно-гигиенического обслуживания бригад;

- «Ремонтный» – для технического обслуживания и ремонта в полевых условиях;
- «Штабной»;
- «Жилой» – для проживания ремонтных бригад в полевых условиях;
- «Сушилка» – для просушивания рабочей одежды;
- «Скорая экологическая помощь» – для ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах.

### **Гусеничный плавающий вездеход ТМ-120 с жилым модулем**

Технические характеристики ТМ-120:

Двигатель .....	Дизель ЯМЗ-236Б-2
Мощность, кВт (л.с.).....	184 (250)
Эксплуатационная масса, кг .....	9800
Вместимость кабины, чел. ....	7
Спальных мест .....	4
Размеры грузовой платформы, мм .....	2750×2700
Среднее удельное давление на грунт, кгс/см <sup>2</sup> .....	0,2
Максимальная скорость движения, км/ч:	
по шоссе .....	50
по воде.....	4–5

### **Контрольные задания**

1. Требования к условиям обеспечения быта при работах на трассах трубопроводов.
2. Конструкции и обеспечение мобильных зданий на раме, санях, шасси для объектов быта и производства, для работы на трассе.
3. Прицепы-фургоны для ремонтных бригад.

### **Список литературы**

1. РД 153-39.4-130–2003.
2. Проспект «Группа «Техмаш».
3. <http://www.grouptm.ru>.
4. Каталог выпускаемого специализированного оборудования АК «Транснефть», 2006.

## **18. ПЕРЕДВИЖНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РЕМОНТНЫЕ БАЗЫ**

В последние годы динамика роста объемов капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов в газотранспортных системах России неуклонно возрастает. Особенно растут объемы по переизоляции участков большой протяженностью.

Для этих целей до сих пор применяются традиционные техника и технологии ремонта. Особенно остро стоят вопросы по снятию старого изоляционного покрытия и подготовке поверхности для нанесения нового. Это требует использования дорогостоящего и энергоемкого импортного оборудования, что, в конечном счете, определяет высокую стоимость ремонтных работ при низком качестве их выполнения.

Поэтому возникают проблемы повышения степени индустриализации ремонтных работ и разработки наиболее современных технологий, машин и механизмов для этих целей.

В настоящее время достаточно богатый опыт проведения соответствующих работ в этой области по созданию технических средств и разработке перспективных технологий имеют ВНИИ–ГАЗ и «Промтех–НН».

На основе анализа и практики производства ремонтных работ считаем, что одним из перспективных направлений является создание мобильных ремонтных баз (МРБ).

Применение МРБ позволит не только увеличить темпы производства ремонтных работ со значительным улучшением их качества, но и производить работы по восстановлению труб, бывших в эксплуатации, с целью их повторного использования [1].

### **18.1. Область применения и состав мобильных ремонтных баз**

Мобильные ремонтные базы (МРБ) применяются для проведения ремонтных работ по переизоляции линейной части магистральных газопроводов с частичной или полной заменой труб в трассовых условиях в различных природно-климатических зонах.

Применение мобильных ремонтных баз позволит повысить степень индустриализации ремонтных работ за счет выполнения комплексных технологических операций в базовых условиях; осуществлять стопроцентный контроль качества строительно-монтажных работ, соблюдение всех экологических требований по охране окружающей среды, и, что немаловажно, увеличить темп производства ремонтных работ независимо от природно-климатических условий.

Кроме того, МРБ можно применять для восстановления и повторного использования труб, бывших в эксплуатации.

Оптимальная зона обслуживания зависит от конкретных расстояний между линейными кранами и составляет 20–30 км.

### **Состав мобильных ремонтных баз**

Разработано три типоразмера МРБ:

- 1 – для труб диаметром 300–500 мм;
- 2 – для труб диаметром 700–1000 мм;
- 3 – для труб диаметром 1200–1400 мм.

В зависимости от типа применяемого изоляционного покрытия:

- для нанесения полимерно-битумных покрытий;
- для нанесения рулонных изоляционных материалов;
- для нанесения изоляционного покрытия на основе полиуретанов.

МРБ состоит из следующих блоков:

- блок очистки поверхности труб от старого изоляционного покрытия;
- блок отбраковки труб, обработки фасок и подготовки поверхности труб к нанесению нового изоляционного покрытия;
- блок нанесения нового изоляционного покрытия;
- блок диагностики и контроля качества;
- блок накопления изоляционных труб для дальнейшего их вывоза на место работ;
- блок вспомогательного оборудования (установка и механизмы для ремонта локальных мест поврежденной изоляции, для изоляции сварочных стыков и т.д.);
- блок жизнеобеспечения работы всего комплекса;
- блок нанесения нового изоляционного покрытия комплектуется специальным оборудованием в зависимости от типа применяемого изоляционного покрытия.

### **Принципиальная схема передвижной ремонтной базы**

**Мобильная ремонтная база** состоит из перевозимых модулей. Отдельные агрегаты размещены в контейнерах. Для перевозки базы используются стандартные полуприцепы грузоподъемностью 10 т. Для размещения базы необходима спланированная площадка размером 50 × 20 м. Монтаж базы на новом месте производится за две рабочих смены.

Для работы базы необходимо электрическое питание от трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц, суммарной мощностью 200 кВт.

Мобильная ремонтная база состоит из шести основных участков:

- накопителя неизолированных труб;
- участка подготовки труб для нанесения изоляции;
- накопителя праймированных труб;
- участка подготовки изоляционного материала,
- участка нанесения покрытия;
- накопителя изолированных труб.

Перемещение труб производится транспортерами. Для перекладки труб предусмотрены соответствующие перегружатели. Участки праймированных труб и нанесения изоляции укрыты легким навесом для защиты от атмосферных осадков.

### **Порядок производства работ**

Изоляция труб на мобильной ремонтной базе производится в следующей последовательности.

Трубы, подлежащие изоляции, кладут на накопитель труб. Накопитель служит для согласования темпа поставки труб с темпом работы базы. С накопителя труба передается на транспортер неизолированных труб. Транспортер перемещает трубу последовательно в модули осушки, очистки и грунтовки.

В этих модулях происходит осушка и очистка труб. После очистки производится дефектация. Трубы, допущенные в дальнейшую работу, праймируются, после чего транспортером грунтованных труб передаются на промежуточный накопитель труб.

На накопителе происходит сушка праймера, после чего труба с помощью транспортера передается на участок нанесения покрытия.

Мастику готовят на участке подготовки изоляционных материалов. Для этого используются плавильные автоматизированные электрические котлы (один или несколько в зависимости от производительности базы). Расплавленная мастика подается в экструдер участка нанесения покрытия. На этом участке мастика наносится на трубу. Одновременно с мастикой наносится слой армирующей сетки и обертки. После нанесения изоляции труба перегружается на накопитель изолированных труб. На каждом этапе производства работ осуществляется операционный контроль качества.

Производительность МРБ в течение одной рабочей смены (10 ч) составляет:

- для труб Ø 300–500 мм – около 1000 м;
- для труб Ø 700–1000 мм – около 700 м;

- для труб Ø 1200–1400 мм – около 600 м.

На внутренней стороне крышки расположены таблички «Назначение каналов прибора Р1» и «Обслуживание котла».

Распределение каналов регулирования температуры приборов приведено ниже:

Контур регулирования	Номер канала
Температура котла .....	1
Температура зоны расплава .....	2
Измерение температуры мастики .....	3

Сигналы от датчиков поступают в прибор, где происходит измерение текущей температуры объекта регулирования и выдача сигнала на включение или отключение нагрева. Если температура объекта ниже установленного предела регулирования, то прибор выдает команду на включение нагрева объекта регулирования. Когда температура объекта регулирования достигает верхнего установленного предела, прибор выдает команду на отключение нагрева. Далее идет процесс остывания объекта регулирования. Как только температура объекта регулирования опустится ниже установленного предела, прибор выдает команду на включение нагрева. Далее процесс повторяется по вышеприведенному циклу.

## 18.2. Трубосварочные комплексы

Трубосварочные комплексы ТСК-102 и ТСК-102.2 предназначены для сборки и сварки изолированных труб диаметром от 325 мм в двух- и трехтрубные секции при строительстве трубопроводов в полевых условиях (табл. 18.1).

Таблица 18.1

### *Характеристика трубосварочных комплексов ТСК–102, ТСК–102.2*

Характеристики	ТСК-102	ТСК-102.2
Диаметр свариваемых труб, мм	325–1020	325–1020
Длина свариваемых труб, м	9–12	9–12
Длина свариваемых секций, м	18–24	18–36
Установленная мощность, кВт	200	265
Одновременно потребляемая мощность, кВт, не более	150	210
Техническая производительность при сварке труб диаметром 530 мм, стык/ч, не менее	4	8

### **18.3. Линия подачи труб для контроля сварных швов к БТС-142В и БТС-145**

Линия подачи труб предназначена для накопления двухтрубных секций, их поштучной подачи на пост контроля и дальнейшего хранения до получения результатов контроля.

#### **Контрольные задания**

1. Область применения и состав ремонтных баз.
2. Принципиальная схема и оборудование ремонтной базы.
3. Трубосварочные комплексы.

#### **Список литературы**

1. Будзуляк Б.В., Халлыев Н.Х., Тютнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н.Х. Халлыева. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.
2. Тютнев А.М., Спирин В.А., Халлыев Н.Х. Мобильные ремонтные базы для восстановления линейной части магистральных газопроводов: ИРЦ Газпром. Сер. Транспорт и подземное хранение газа. – М., 2004.
3. Материалы ЗАО «Дизель-ремонт». – [www.dizel.debryansk.ru](http://www.dizel.debryansk.ru).

## 19. СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Пожарная безопасность на строящихся и эксплуатирующихся объектах нефте- и газопроводов обеспечивается в соответствии с Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации ППБ 01–93, Правилами пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» ВППБ 01-05–99 и другими документами.

Разработано и эксплуатируется достаточно много средств пожаротушения, реализующих различные технологии для соответствующих условий.

### 19.1. Виды пожаротушения для различных объектов нефтяных месторождений (по данным «ТомскНИПИнефть»)

На обустройстве нефтяных месторождений здания и сооружения оборудуются средствами пожаротушения в соответствии с общероссийскими и ведомственными нормами.

Пожаротушение подразделяется на следующие виды, в зависимости от состава зданий и сооружений месторождений:

**а) Пожаротушение только первичными средствами должно предусматриваться на объектах, размещенных вне территорий центральных пунктов сбора (ЦПС):**

- кустовых площадках;
- замерных и сепарационных установках;
- дожимных насосных станциях (ДНС) без резервуаров типа РВС;
- установках предварительного сброса (УПС);
- установках подачи химических реагентов и ингибиторов коррозии;
- очистных сооружениях пластовых, промышленных и дождевых вод;
- установках подготовки газа, газораспределительных станциях, пунктах очистки и замера газа;
- площадках запуска шаров и на других мелких объектах, располагаемых на территории нефтяных месторождений;
- газопромысловых объектах, размещаемых вне территории УКПГ и ГС (установках предварительной подготовки газа, пунктах очистки и замера газа, газораспределительных станциях), включая кабельные эстакады.

В состав первичных средств пожаротушения объектов входят:

- огнетушители;
- песок;
- кошма;
- лопаты, ведра, ломы и т.д.

**б) Пожаротушение передвижной пожарной техникой должно предусматриваться:**

- на площадках ДНС с резервуарами типа РВС суммарной вместимостью до 10000 м<sup>3</sup> при единичной емкости до 5000 м<sup>3</sup> при условии оборудования этих резервуаров стационарно установленными генераторами пены с соединительными головками для присоединения пожарной техники, выведенными за обвалование;
- на складах категории III-а при наличии не более двух наземных резервуаров объемом 5000 м<sup>3</sup> при условии оборудования резервуаров стационарно установленными генераторами пены и сухими трубопроводами (с соединительными головками для присоединения пожарной техники), выведенными за обвалование;
- на складах категории III с резервуарами объемом менее 5000 м<sup>3</sup>;
- на продуктовых насосных станциях (кроме резервуарных парков магистральных нефтепроводов), канализационных насосных станциях для перекачки неочищенных производственных сточных вод (с нефтью и нефтепродуктами) и уловленной нефти и нефтепродуктов с помещениями для насосов и узлов задвижек;
- в зданиях насосных станций резервуарных парков магистральных нефтепроводов для насосов и узлов задвижек на станциях производительностью менее 1200 м<sup>3</sup>/ч;
- в складских помещениях для хранения нефтепродуктов в таре площадью менее 500 м<sup>2</sup> с температурой вспышки 120 °С и ниже, площадью менее 750 м<sup>2</sup> – для остальных нефтепродуктов;
- в прочих зданиях склада (разливочных, расфасовочных и др.) площадью помещения менее 500 м<sup>2</sup>, в которых имеются нефть и нефтепродукты в количестве менее 15 кг/м<sup>2</sup>.

В состав передвижных средств пожаротушения входят пожарные автомобили, мотопомпы.

**в) Пожаротушение стационарными установками неавтоматического действия предусматривает:**

- аппараты колонного типа высотой более 30 м на наружных взрыво- и пожароопасных технологических установках, на сферических и горизонтальных (цилиндрических) резервуарах сжиженных газов, а также на наземных сырьевых и товарных резервуарах со стенкой высотой более 12 м, включая высоту основания от планировочной отметки площадки резервуара;

- подземные резервуары емкостью 5000 м<sup>3</sup> и более, сливноналивные устройства для железнодорожных и автомобильных цистерн на складах I и II категорий;
- наземные резервуары емкостью 5000 м<sup>3</sup> и более должны быть оборудованы стационарными установками охлаждения.
- В состав стационарных установок неавтоматического пожаротушения входят:
  - насосная станция;
  - резервуары для воды, пенообразователя или его раствора;
  - на растворопроводах предусматриваются пожарные гидранты или стояки с соединительными головками для присоединения пожарных рукавов и генераторов пены при пожаре;
  - лафетные стволы.

**г) Пожаротушение стационарными установками автоматического действия предусматривает:**

- здания, сооружения, отмеченные в п. «б», с техническими характеристиками, превышающими указанные показатели;
- здания и сооружения, отмеченные в перечне НПБ 110–99.
- В состав стационарных установок автоматического пожаротушения входят:
  - насосная станция;
  - резервуары для воды, пенообразователя или его раствора, установленные в зданиях;
  - генераторы пены;
  - трубопроводы для подачи раствора пенообразователя (растворопроводов) к генераторам пены;
  - средства автоматизации.

На объектах обустройств нефтяных месторождений для пожаротушения применяется воздушно-механическая пена средней кратности.

Для наземных вертикальных резервуаров со стационарной крышей (кроме резервуаров, предназначенных для хранения масел и мазута), тушение которых предусматривается передвижной пожарной техникой, допускается применять подслоный способ пожаротушения пеной низкой кратности.

Допускается применение других средств пожаротушения на основе рекомендаций научно-исследовательских институтов, утвержденных и согласованных в установленном порядке (инертный газ, пар, порошки и т. д.).

## 19.2. Пожарные автомобили

Основным видом пожарной техники являются пожарные автомобили (ПА) (рис. 19.1).

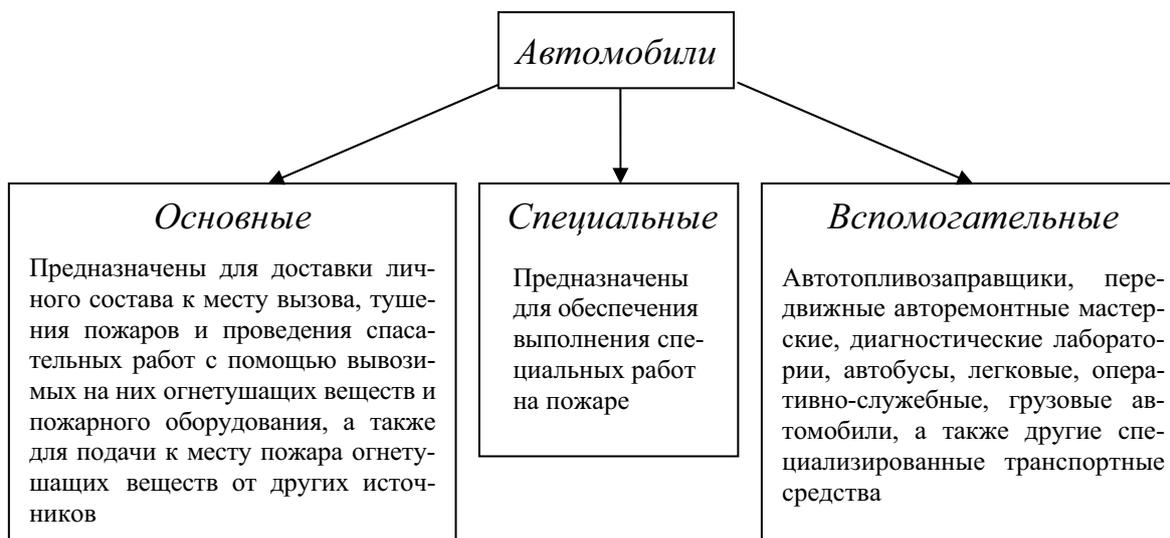


Рис. 19.1. Виды пожарных автомобилей

Основные ПА подразделяются на:

- автомобили общего применения (для тушения пожаров в городах и населенных пунктах);
- автомобили целевого применения (аэродромные, воздушно-пенного, порошкового, газового тушения, автомобили первой помощи).

### *Основные пожарные автомобили*

Основные ПА являются главной боевой единицей пожарной охраны, составляют самую многочисленную группу пожарных машин.

Основные ПА в зависимости от типа вывозимых огнетушащих веществ (ОВВ) и способа их подачи классифицируются на типы.

### *Основные типы пожарных автомобилей*

- АЦ – автоцистерны пожарные;
- АП – автомобили порошкового тушения пожарные;
- АПТ – автомобили пенного тушения пожарные;
- АКТ – автомобили комбинированного тушения пожарные;
- АГТ – автомобили газового тушения пожарные;
- АГВТ – автомобили газовойодяного тушения пожарные;
- АА – автомобили аэродромные пожарные;
- АПП – автомобили первой помощи пожарные;
- АНР – автомобили насосно-рукавные;
- ПНС – пожарная насосная станция;
- АВД – автомобили с насосом высокого давления пожарные.

### *Структура обозначения ПА*

Тип пожарного автомобиля (АЦ, АНР, АП и т. д.).

Основной параметр ПА (емкость цистерны, масса порошка и т. д.).

Основной параметр главного агрегата или оборудования пожарной надстройки.

Индекс модели базового шасси по классификации автомобильной промышленности.

Обозначение модели ПА по системе разработчика с указанием модернизации (А – первая, Б – вторая и т.д.).

Двухзначный цифровой индекс для обозначения модификаций базовой модели (01, 02 и т.д.).

Две прописные буквы, указывающие название населенного пункта предприятия-изготовителя.

Обозначение нормативного документа (ГОСТ, ТУ).

#### **19.2.1. Автоцистерны пожарные**

Автоцистерны пожарные (рис. 19.2) среднего типа предназначены для доставки к месту пожара боевого расчета, запаса огнетушащих веществ, пожарно-технического вооружения, подачи воды (из цистерны, открытого водоема, гидранта) и воздушно-механической пены к очагу пожара.



*Рис. 19.2. Автоцистерна пожарная 21352393 ОАО «Пожтехника» (172003, Тверская обл., г. Торжок, Ленинградское ш., 34. Тел.: (08251) 5-50-50)*

#### **19.2.2. Автомобили пожарные насосные**

Автомобили пожарные насосные (пожарные автонасосные станции) (рис. 19.3) предназначены для подачи воды по магистральным пожарным рукавам непосредственно к переносным лафетным стволам или к пожарным автомобилям с последующей подачей воды на пожар и для создания резервного запаса воды вблизи от места крупного пожара.



*Рис. 19.3. Пожарная  
автонасосная станция 21352393*

### **19.2.3. Автомобили пожарные рукавные**

Автомобили пожарные рукавные (рис. 19.4) предназначены для доставки к месту пожара боевого расчета, напорных рукавов, прокладки на ходу напорных магистральных рукавных линий, обеспечения подачи воды или воздушно-механической пены, уборки рукавов по окончании тушения пожара.



*Рис. 19.4. Автомобиль пожарный рукавной АР-2(43105) мод. 215*

### **19.2.4. Автоподъемники пожарные**

Автоподъемники пожарные предназначены для доставки к месту пожара боевого расчета и пожарно-технического вооружения, проведения аварийно-спасательных работ на высоте и подачи огнетушащих веществ на высоту (рис. 19.5).



*Рис. 19.5. Автоподъемник  
пожарный 21352393*

### **19.2.5. Автолестницы пожарные**

Автолестницы пожарные предназначены для доставки к месту пожара боевого расчета и пожарно-технического вооружения, проведения аварийно-спасательных работ на высоте и подачи огнетушащих веществ на высоту (рис. 19.6). Возможно использование в качестве крана при сложенном комплекте колен.



*Рис. 19.6. Автолестница пожарная*

## **19.3. Генераторы пены**

Генераторы пены предназначены для получения воздушно-механической пены из раствора пенообразователя и тушения содержимого резервуаров с плавающей крышей или понтоном подачей пены сверху из пенослива в кольцевой зазор между плавающей крышей и стенкой резервуара (генераторы типа ГПНПС) или в резервуарах с фиксированной крышей без использования пенослива (генераторы типа ГПН).

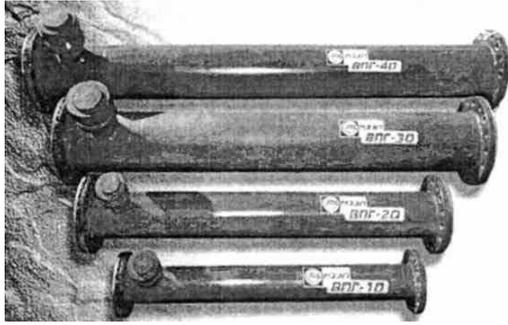
### **19.3.1. Генераторы пены высоконапорные**

Генераторы пены высоконапорные предназначены для получения воздушно-механической пены низкой кратности из водного раствора пенообразователя в установках подслоного пожаротушения резервуаров (рис. 19.7).

Генераторы различаются:

*по конструкции:* стационарные с фланцевыми соединениями (модель ВПГ); легкоразъемные, переносные (ВПГЛР);

*по комплектации дополнительными устройствами:* без дополнительных устройств (базовое обозначение); с пеносмесителем (добавление к обозначению СМ); с обратным клапаном на линии подачи воздуха (добавление к обозначению КВ); с обратным клапаном для предотвращения слива горячего через генератор (добавление к обозначению КГ).



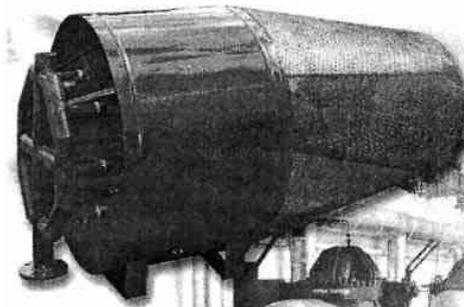
*Рис. 19.7. Генератор пены высоконапорный*

### **19.3.2. Генераторы пены средней кратности стационарные**

Генераторы пены средней кратности стационарные предназначены для получения из водного раствора пенообразователя воздушно-механической пены средней кратности и применяются на стационарных установках пенного пожаротушения резервуаров с нефтью и нефтепродуктами.

### **19.3.3. Генераторы пены высокой кратности стационарные**

Генератор полидисперсной высокократной пены (дымоустойчивый эжекционный) предназначен для получения полидисперсной пены в условиях задымления помещения по принципу эжекции воздуха распыленными струями 6 % водного раствора фторсодержащего пенообразователя из распылителей, последовательно расположенных в корпусе генератора. Используется для оснащения систем пожаротушения нефтеперекачивающих станций (НПС) и других помещений (рис. 19.8).



*Рис. 19.8. Генератор пены высокой кратности*

## **19.4. Мембрана разрывная**

Для системы подслоного тушения пожаров в резервуарах с нефтью или нефтепродуктами при наружных установках во взрывоопасных зонах класса В-1А с параметрами возможных взрывоопасных смесей паров нефти и нефтепродуктов с воздухом категории НА и группы ТЗ.

Предохранительная пленка из сверхпрочного и инертного материала гарантирует надежную герметизацию пенопровода, а специальный нож

обеспечивает ее разрыв и раскрытие при минимальном перепаде давления. Мембрана дополнительно работает как обратный клапан (рис. 19.9).



*Рис. 19.9. Мембрана разрывная*

### **19.5. Бак-дозатор пожарный**

Бак-дозатор предназначен для автоматических систем тушения пожара низкократной пеной в резервуарах с нефтью или высокократной пеной в помещениях нефтеперекачивающих станций (НПС) и других помещений, подлежащих автоматической противопожарной защите согласно перечню, приведенному в НПБ 110–99, и обеспечивает:

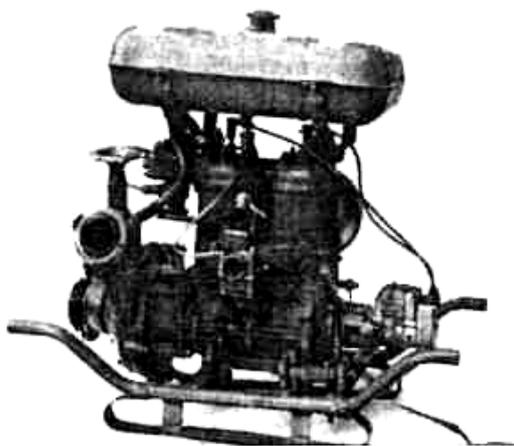
- хранение фторсодержащих пенообразователей, а также автоматическую подачу и дозировку пенообразователя при получении рабочего раствора заданной концентрации в широких диапазонах расхода и давления;
- визуальный контроль и учет вытесненного в процессе работы количества пенообразователя из эластичной емкости бака-дозатора;
- возможность заправки бака-дозатора от переносных емкостей с пенообразователем в ручном режиме и заправки пенообразователем емкостей передвижной пожарной техники из бака-дозатора (рис. 19.10).



*Рис. 19.10. Бак-дозатор пожарный*

### **19.6. Мотопомпы пожарные**

Мотопомпы пожарные предназначены для подачи воды из водосточника к месту пожара как в сельской местности, так и на небольших промышленных объектах, где содержание автоцистерн и насосно-рукавных автомобилей невозможно или нецелесообразно по экономическим причинам (рис. 19.11).



*Рис. 19.11. Мотопомпа пожарная  
00239741*

### **19.7. Щит пожарный**

Щиты пожарные (рис. 19.12) предназначены для размещения и хранения первичных средств пожаротушения, немеханизированного инструмента и инвентаря, применяемых для ликвидации пожаров в их начальной стадии на объектах, не обеспеченных пожарным водопроводом и установками пожаротушения.



*Рис. 19.12. Щит пожарный*

### **19.8. Огнетушители**

Помещения, здания и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (пп. 1, 4, 9 ППБ 01–93). Среди средств обеспечения пожарной безопасности и первичных средств пожаротушения особое место занимают огнетушители. Огнетушители – передвижные или переносные устройства для тушения очага пожара за счет запасенного огнетушащего вещества. Классификация огнетушителей, количество, тип и ранг огнетушителей для защиты конкретного объекта, их размещение, техническое обслуживание, перезарядка огнетушителей и требования к организациям, осуществляющим техническое обслуживание огнетушителей, регламентированы стандартами, нормами и правилами пожарной безопасности (ГОСТ Р 51057–97, ГОСТ Р 51017–97, ППБ 01–93, НПБ 166–97 и др.).

## Классификация огнетушителей

Классификация огнетушителей приведена в НПБ 166–97 «Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации», НПБ 155–96 «Пожарная техника. Огнетушители передвижные. Основные показатели и методы испытаний». Огнетушители делятся на переносные (массой до 20 кг) и передвижные (массой не менее 20 кг, но не более 400 кг). Передвижные огнетушители могут иметь одну или несколько емкостей для зарядки ОТВ, смонтированных на тележке.

*По виду применяемого огнетушащего вещества огнетушители подразделяются на:*

- водные (ОВ);
- пенные: воздушно-пенные (ОВП) и химически пенные (ОХП);
- порошковые (ОП);
- газовые: углекислотные (ОУ), хладоновые (ОХ);
- комбинированные.

Водные огнетушители по виду выходящей струи подразделяются на:

- огнетушители с компактной струей – ОВ (К);
- огнетушители с распыленной струей (средний диаметр капель более 100 мкм) – ОВ (Р);
- огнетушители с мелкодисперсной распыленной струей (средний диаметр капель менее 100 мкм) – ОВ (М).

*Огнетушители воздушно-пенные по параметрам формируемого ими потока подразделяются на огнетушители:*

- низкой кратности, кратность пены от 5 до 20 включительно – ОВП (Н);
- средней кратности, кратность пены свыше 20 до 200 включительно – ОВП (С).

По принципу вытеснения огнетушащего вещества огнетушители бывают:

- закачными (з);
- с баллоном сжатого или сжиженного газа (б);
- с газогенерирующим элементом (г);
- с термическим элементом (т);
- с эжектором (ж).

В зависимости от рабочего давления огнетушители бывают низкого давления (рабочее давление ниже или равно 2,5 МПа), высокого давления (рабочее давление выше 2,5 МПа).

*Огнетушители подразделяют на:* а) перезаряжаемые и ремонтируемые; б) неперезаряжаемые.

*В зависимости от назначения и вида огнетушащего вещества огнетушители подразделяют:* для тушения пожаров класса А (твердые горючие вещества), класса В (жидкие горючие вещества), класса Д (металл и металлосодержащие вещества), класса Е (электроустановки под напряжением).

#### *Примеры условного обозначения огнетушителей*

1) ОВП (Н)–10(г)-2А, 55В–01 У2 ГОСТ...

Огнетушитель воздушно-пенный (ОВП), низкой кратности (Н), вместимостью корпуса 10 л, вытеснение огнетушащего вещества газогенерирующим элементом (г), для тушения загорания твердых горючих материалов (ранг очага 2А) и жидких горючих веществ (ранг очага 55В), модель 01, климатическое исполнение У2, ГОСТ...;

2) ОП–5(з)–3А, 89В, С–01 Т2 ГОСТ...

Огнетушитель порошковый (ОП), вместимостью корпуса 5 л, закачкой (з), для тушения твердых горючих материалов (ранг очага 3А), жидких горючих веществ (ранг очага 89В) и газа (С), модель 01, климатическое исполнение Т2, ГОСТ ...

### **Контрольные задания и задания**

1. Виды пожаротушения для различных объектов нефтяных объектов.
2. Пожарные автомобили: назначение, виды.
3. Генераторы пены: назначение, характеристики.
4. Бак-дозатор пожарный: назначение, характеристики.
5. Огнетушители: назначение, типы.

### **Список литературы**

1. Огнезащита, средства пожарной сигнализации, автоматики и пожаротушения на нефтедобывающих предприятиях: каталог. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004 – 176 с.
2. Смирнов Н.П. Установки пожаротушения. – М.: Такир, 1998. – 112 с.
3. Моисеенко В.М., Мольков В.В. и др. Современные средства пожаротушения // Пожаровзрываемость. – 1996. – Т. 2. – С. 24–48.
4. Безродный И.Ф., Меркулов В.А., Гилетич А.Н. Современные технологии пожаротушения // Юбилейный сборник ВНИИПО. – 1997. – С. 335.

5. НПБ 22–96. Установки газового пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования и эксплуатации. – М., 1996.
6. НПБ 107–95. Определение категорий наружных установок по пожарной опасности. – М., 1995.
7. ГОСТ 27331–87. Пожарная техника. Классификация пожаров. – М., 1987.
8. НПБ 105–95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. – М., 1995.
9. Правила устройства электроустановок / ФГУ ВНИИПО МЧС России. – М.: ВНИИПО, 2002.
10. Терминологический словарь по пожарной безопасности / сост. М.С. Васильев, Н.В. Бородина. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2003. – 226 с.
11. НПБ 88–2001. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования / ФГУ ВНИИПО МВД России. – М., 2001.

## **20. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Энергетическое оборудование служит для обеспечения различных потребителей электрической, гидравлической и пневматической энергией. В данном разделе рассматриваются автономные электростанции, перевозимые на пневматическом прицепе, мобильные и стационарные.

Описано сварочное оборудование (сварочные установки), служащее для проведения сварочно-монтажных и ремонтных работ на газонефтепроводах.

### **20.1. Автономные электростанции**

Автономные электростанции предназначены: для привода электрифицированного инструмента и строительного оборудования, освещения места работ, использования в качестве постоянных или аварийных источников электроэнергии в жилых и производственных помещениях, автономного питания систем связи и охранной сигнализации и других объектов.

Автономные передвижные электростанции постоянного тока используются для питания сварочных установок, в остальных случаях применяются одно- и трехфазные электростанции переменного тока для постоянной или аварийной работы. Электростанции, предназначенные для аварийной работы, работают с нагрузкой примерно на 10 % больше, но не более 1–1,5 ч через каждые 10 ч. Они могут оборудоваться системами автоматического поддержания температуры двигателя и заряда его аккумуляторов на уровне, необходимом для немедленного запуска и автоматического запуска электростанции при аварии электросети.

Электростанции подбираются по необходимому числу фаз, напряжению и частоте тока (для России 50 Гц) и суммарной мощности всех потребителей [1]. В табл. 20.1 приведены технические характеристики некоторых электростанций.

В ряде случаев могут выдвигаться дополнительные, более строгие требования к качеству тока (в части колебаний частоты и напряжения) и комплектации агрегата (оснащение пневмоколесным прицепом, звукоизолирующим корпусом, отводом, глушением и нейтрализацией выхлопа, дополнительными топливными баками, системами автоматики и т.п.). В зависимости от мощности электростанции могут быть переносными, прицепными пневмоколесными и стационарными.

При выборе автономной электростанции по суммарной мощности вероятных потребителей электроэнергии можно использовать формулу

$$N_{ген} = \eta_{вр} \sum_{i=1}^m \left( N_i^{НОМ} \xi_i^{ЗАГ} \right),$$

где  $N_{ген}$  – номинальная мощность выбираемого генератора;  $\eta_{вр}$  – коэффициент одновременности включения всех потребителей (в нормальных условиях  $\eta_{вр} \leq 0,75$ );  $m$  – общее число потребителей;  $N_i^{НОМ}$  – номинальная мощность  $i$ -го потребителя;  $\xi_i^{ЗАГ}$  – коэффициент загрузки  $i$ -го потребителя, т. е. отношение фактически потребляемой им мощности к номинальной мощности потребителя.

Таблица 20.1

*Технические характеристики отечественных автономных электростанций*

Марка	Исполнение	Фазы/ напряжение, В	Мощ- ность, кВт	Средняя наработка на отказ, ч	Сухая масса, кг
БЭА-2А	Переносная	1/230	2,0	300	60
АБ-4	»	3/400 (230)	4,0	300	188
АД-4	»	3/400 (230)	4,0	300	150
ДЭУ-8	Стационарная	3/400	8,0	1000	330
ДЭУ-10	»	3/400	10,0	1000	370
ДЭУ-16	»	3/400	16,0	1000	450
ДЭУ-30	»	3/400	30,0	1000	1100
ДЭУ-50	»	3/400	50,0	1000	1650
ДЭУ-60	»	3/400	60,0	1000	1700
ДЭУ-75	»	3/400	75,0	1000	2340
ДЭУ-100	»	3/400	100	1000	2750
ДЭУ-200	»	3/400	200	1000	3850
ЭСД-30	На пневмоколес- ном прицепе	3/400	30,0	1000	3440
ЭСД-100	То же	3/400	100,0	1000	9000
ЭСД-2Х100	»	3/400	100 + 100	1000	12600
ЭСД-200 + 30	»	3/400	200 + 30	1000	15000
ЭСД-500	»	3/400	500	1000	16000

**Агрегат энергетический передвижной АЭП-101 [4]**

Агрегат энергетический передвижной АЭП-101 на снегоболотоходном шасси предназначен: для обеспечения электрической энергией машин и оборудования (сварочных постов, компрессоров, гидростан-

ций, контейнеров для подогрева рулонных ремонтных материалов и др.) при температуре окружающего воздуха от +40 до –40 °С.

*Основное преимущество:* высокая мобильность и проходимость, в том числе по болотам I типа, за счет применения гидромеханической трансмиссии, резинометаллических гусениц шириной 1100 мм и бесступенчатого гидрообъемного механизма поворота.

На отдельные технические решения, заложенные в конструкцию агрегата, получены охранные свидетельства РФ.

*Двигатель* – ЯМЗ-238НД4-1 дизель, 4-тактный, V-8 с непосредственным впрыском топлива, турбонаддувом и жидкостным охлаждением; глубокий масляный картер с обечайкой крепления кожуха для прохождения выхлопных газов предпускового подогревателя, мощность 250 л.с. (184 кВт) при частоте 1900 об/мин.

Проект реализован совместно: «Завод «УНИВЕРСАЛМАШ» Кировского завода «ГАЗСТРОЙМАШИНА», г. Москва.

### **Агрегат энергетический передвижной АЭП-102**

Агрегат энергетический передвижной АЭП-102 на ходу предназначен для обеспечения электрической энергией машин и оборудования (сварочных постов, компрессоров, гидростанций, контейнеров для подогрева рулонных ремонтных материалов и др.) при температуре окружающего воздуха от +40 до –40 °С.

*Основное преимущество:* высокая мобильность и проходимость за счет применения гидромеханической трансмиссии и резинометаллических гусениц шириной 900 мм.

На отдельные технические решения, заложенные в конструкцию агрегата, получены охранные свидетельства РФ.

*Двигатель* – ЯМЗ-238НД2 дизель, 4-тактный V-8 с непосредственным впрыском топлива, турбонаддувом и жидкостным охлаждением; мощность 235 л.с. (172 кВт) при 1700 об/мин.

Проект реализован совместно: «Завод «УНИВЕРСАЛМАШ» Кировского завода «ГАЗСТРОЙМАШИНА», г. Москва.

## **20.2. Сварочные агрегаты**

В последние годы отечественное трубопроводное строительство претерпевает весьма существенные изменения, связанные с внедрением прогрессивной технологии сварочных работ зарубежных стран, возрастанием требований к качеству, сокращением сроков строительства.

В последние годы за рубежом, а также в России, начиная со строительства газопровода «Ямал–Европа», при сооружении линейной части наблюдается постоянный рост объемов применения полуавтоматиче-

ской и автоматической сварки покрытыми электродами. Эта тенденция, наметившаяся при сооружении указанного выше газопровода, наиболее полно отразилась при строительстве нефтепроводов «Тенгиз – Новороссийск» (КТК), «Баку – Тихорецк», «Суходольная – Родионовское», газопровода «Россия – Турция», нефтепроводов Балтийской системы (БТС).

Сварочное оборудование (сварочные установки) служит для проведения сварочно-монтажных и ремонтных работ на газонефтепроводах.

К настоящему моменту накоплен весьма значительный опыт применения оборудования и материалов зарубежных фирм для полуавтоматической и автоматической сварки.

В настоящее время за рубежом в трубопроводном строительстве используются следующие способы сварки стыков трубопроводов:

- ручная дуговая сварка с применением электродов с целлюлозным и основным видами покрытия для сварки корневого и последующих слоев шва;
- полуавтоматическая сварка самозащитной порошковой проволоки с использованием специального комплекта оборудования для сварки всех слоев, кроме корневого;
- полуавтоматическая сварка корневого слоя шва в среде защитных газов проволокой сплошного сечения с использованием источников питания сварочной дуги специального назначения;
- полуавтоматическая сварка неповоротных стыков в среде защитных газов сплошной электродной проволокой;
- механизированная и автоматическая сварка под слоем флюса проволокой сплошного сечения поворотных стыков труб на трубосварочных базах;
- односторонняя автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов с помощью специальных сварочных головок;
- двухсторонняя автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- односторонняя автоматическая сварка в среде защитных газов с помощью специальных головок;
- односторонняя автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с использованием при сварке корневого слоя технологических подкладок.

Большинство приведенных выше способов и процессов нашли применение как в составе комбинированных вариантов сварки, так и при сварке всех слоев шва одним способом.

## **Агрегаты сварочные многопостовые АСМ-100 и АСМ-60**

Агрегат сварочный многопостовой предназначен для сварочных и газорезательных работ при ликвидации аварий и повреждений, вызванных нарушением герметичности трубопроводов, повреждением резервуаров, линейной арматуры, а также при проведении текущего и капитального ремонтов магистральных трубопроводов.

Агрегат позволяет ускорить сроки проведения аварийно-восстановительных и ремонтных работ на объектах действующих магистральных трубопроводов.

Многопостовые сварочные агрегаты выполнены передвижными на шасси автомобиля КамАЗ 43101 с кузовом К4320Д-фургон или «Урал 4320» с кузовом К4320Д-фургон. На монтажно-транспортной базе агрегата установлены и смонтированы электростанции типа ЭД-100-Т400-РП или ЭД-60-Т400-РП, выпрямители сварочные типа ВД-306-УЗ – 4 шт. (3 шт. для АСМ-60), два кислородных баллона, один баллон газовый, два прожектора, оснащены специальной площадкой. Агрегаты обеспечивают устойчивую работу четырех сварочных постов одновременно. Агрегаты снабжены устройством для безопасной перевозки баллонов со сжатым и сжиженным газом для газорезательных работ. Они обеспечивают энергопитание в полевых условиях электрошлифмашинок для зачистки кромок труб и сварных швов, электропечи для прокаливания электродов, прожекторных светильников для освещения рабочей зоны.

## **Агрегат электросварочный передвижной АЭП-52 ВДМ**

Агрегат предназначен для проведения сварочно-монтажных работ на нефтепроводах с помощью электродуговой сварки, а также для питания вспомогательного оборудования, используемого при сборочно-сварочных операциях (рис. 20.1). Может быть использован в качестве передвижной электростанции мощностью до 100 кВт в сети с изолированной нейтралью. Агрегат состоит из электростанции и блока питания. Трактор Т 10.1111-12 является базой электростанции и служит для транспортирования блока питания. На площадке, прикрепленной к задней части трактора, крепится генератор БГ-100. Передача вращения генератора осуществляется через редуктор. В блоке питания, установленном на санях, размещены четыре сварочных инвенторных выпрямителя ФЭБ-350М, электропечь для сушки электродов, верстак с тисками, шкаф управления. На рабочих местах регулирование сварочного тока осуществляется дистанционно. Для защиты сварщиков от атмосферных осадков агрегат может быть оснащен брезентовой палаткой на металлическом каркасе, которая подвешивается на крюке поворотной гидрофицированной стрелы.



*Рис. 20.1. Агрегат электросварочный передвижной АЭП-52*

### **Агрегат сварочный мобильный АСМ42**

Предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами неповоротных стыков трубопроводов четырьмя постами, кислородной резки труб, зачистки сварных швов, сушки электродов, а также обеспечения электроэнергией вспомогательного оборудования при ремонте и строительстве промышленных и магистральных трубопроводов с круглогодичным использованием. Агрегат может входить в состав передвижных строительных комплексов.

### **Инвентарный источник для воздушно-плазменной резки DC-120П.3М и труборез воздушно-плазменный ТР-2**

Аппарат для воздушно-плазменной резки DC-ШП.3М с труборезом ТР-2 предназначен для ручной и полуавтоматической резки труб и другого металла при капитальном и текущем ремонте магистральных газопроводов.

Температура эксплуатации от  $-20$  до  $+40$  °С.

### **Сварочные установки на шасси автомобилей и тракторов**

Установки предназначены для проведения сварочно-монтажных и ремонтных работ на газонефтепроводах.

Установки комплектуются сварочными источниками инверторного типа производства НПП «Технотрон» (г. Чебоксары), Lincoln Electric (USA).

*В состав сварочных машин ОБ-2398 и ОБ-2503 входят следующие основные аппараты и узлы:* машина сварочная с комплектом губок; шкафы управления и силовой; гидравлическая насосная станция; соединения гидравлические; соединения электрические; блок контроля напряжения на дуге и времени сварки; источник питания – выпрямитель ВДУ-1201.

Обслуживание оборудования осуществляет бригада в следующем составе:

- оператор сварочной машины 5-го разряда – 1 чел.;
- машинист электростанции 6-го разряда – 1 чел.;
- слесарь по подготовке концов труб 3-го разряда – 1 чел.

### **Контрольные задания**

1. Автономные электростанции: назначение, виды, характеристики.
2. Сварочные агрегаты: назначение, виды, характеристики.
3. Сварочные установки на шасси автомобилей и тракторов.
4. Труборезы воздушно-плазменной резки труб.

### **Список литературы**

1. Вайншток С.М., Новоселов В.В., Прохоров А.Д. и др. Трубопроводный транспорт нефти: учеб. пособие для вузов: в 2 т. / под ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – Т. 2. – 621 с.
2. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учеб. пособие. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
3. Беляев В.Я. и др. Нефтегазовое строительство: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Менеджментская организация», специализация «менеджмент в отраслях нефтегазового комплекса» / под общ. ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. – М.: Омега-Л, 2005. – 774 с.
4. Будзуляк Б.В., Халлыев Н.Х., Тютнев А.М. и др. Комплексная механизация капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Н.Х. Халлыева. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 216 с.

## 21. ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Все электроустановки на нефтяных и газовых промыслах, на магистральных трубопроводах получают электроэнергию от электрических сетей района напряжением 220, 110 или 35 кВ через понизительные подстанции, которые понижают напряжение до 10 или 6 кВ. Для электропитания потребителей низкого напряжения устанавливают понизительные подстанции 10(6) кВ/0,4 кВ.

### Термины

**Коммутация электрических цепей** – процесс переключения электрических соединений в устройствах автоматики, электроэнергетики, электросвязи. Как правило, сопровождается переходными процессами, возникающими вследствие перераспределения токов и напряжения.

**Трансформатор** – (от лат. transformo – преобразую) устройство для преобразования каких-либо существующих свойств энергии или объектов.

**Реле** – (фран. relais) устройство для автоматических коммуникаций электрических цепей по сигналу извне; состоит из релейного элемента (с двумя состояниями устойчивого равновесия) и группы электрических контактов, которые замыкаются (или размыкаются) при изменении состояния релейного элемента.

### 21.1. Понятие о подстанции

*Подстанцией* называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей электроэнергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

#### Классификация подстанций

В зависимости от преобладания какой-либо функции подстанции делятся на *трансформаторные* и *преобразовательные*.

**Трансформаторная подстанция** предназначена для повышения или понижения напряжений в электрической сети и для распределения электроэнергии. Содержит силовые трансформаторы, устройства автоматического управления и защиты, распределительные устройства (РУ), содержащие коммутационные аппараты, измерительные приборы, сборные и соединительные шины и вспомогательные устройства.

## 21.2. Понятие распределительного устройства и его классификация

По конструктивному исполнению РУ делятся на *открытые* и *закрытые*, которые могут быть *комплектными* или *сборными*, когда сборку их частично или полностью осуществляют на стройплощадке.

### 21.2.1. Открытые распределительные устройства

**Открытым распределительным устройством (ОРУ)** называют распределительное устройство, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе.

**Преимущество применения ОРУ:** уменьшает стоимость и сокращает сроки сооружения подстанций.

**Недостатки:** для наружной установки требуется более дорогое оборудование, рассчитанное на прямые атмосферные воздействия.

### 21.2.2. Закрытые распределительные устройства

**Закрытым распределительным устройством (ЗРУ)** называется устройство, оборудование которого расположено в здании. Размеры ЗРУ зависят от схемы подстанции, т. е. от числа питающих и отходящих линий или числа *камер* (ячеек), а также от типов применяемого оборудования.

**Камерой** называют помещение, предназначенное для установки электроаппаратов и шин. Сейчас в качестве камер используют специальные шкафы. Распределительное устройство, состоящее из закрытых полностью или частично шкафов либо блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, измерительными приборами и вспомогательными устройствами, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде и предназначенное для внутренней установки, называется комплектным распределительным устройством (КРУ). Такое устройство, предназначенное для наружной установки, называется комплектным распределительным устройством наружной установки (КРУН). В КРУН аппараты и приборы управления, учета и защиты, чувствительные к низкой температуре, должны иметь колпаки и электрообогрев.

Здания ЗРУ с использованием КРУ возводят из железобетона или кирпича. Обычно в этих же зданиях устраивают общий для всей подстанции пункт управления и защиты, аккумуляторную батарею (или блоки питания постоянного тока), вспомогательные помещения. Шкафы КРУ устанавливают на специальных фундаментах, позволяющих подводить к ним силовые и контрольные кабели. Шкафы между собой соединяют болтами. Ошиновку выполняют алюминиевыми жесткими шинами.

Нетоковедущие металлические части ОРУ и ЗРУ должны быть надежно заземлены с помощью сварки.

### **21.3. Комплексные трансформаторные подстанции внутренней установки**

Комплексные трансформаторные подстанции внутренней установки состоят из трех основных элементов: вводного устройства на напряжение 6 или 10 кВ, трансформатора и распределительного устройства на напряжение 0,4 кВ. Вводное устройство высокого напряжения ВВ-1 представляет собой металлический шкаф, укрепленный на баке силового трансформатора; вводное устройство ВВ-2 – закрытый шкаф со встроенным в него выключателем нагрузки ВНП-17 с предохранителями типа ПК. Выключатель нагрузки предназначен для отключения трансформатора со стороны высшего напряжения при холостом ходе или по номинальной нагрузке. При коротком замыкании трансформатор отключается предохранителями. Выключатели ВНП-17 с приводом ПРА-17 имеют защиту от работы на двух фазах.

Силовой трансформатор типа ТМФ или ТМЗ имеет естественное масляное охлаждение и герметичный бак повышенной прочности с азотной подушкой. Трансформатор снабжают электроконтактными вакуумметрами для контроля над внутренним давлением. Повышение давления, вызванное бурным газообразованием при внутренних повреждениях, контролируют с помощью реле давления. Трансформаторы снабжают термосигнализаторами для измерения температуры верхних слоев масла. Уровень масла в баке контролируется маслоуказателем.

#### **Распределительное устройство низкого напряжения**

Распределительное устройство низкого напряжения состоит из набора металлических шкафов с аппаратурой, ошиновкой и проводами. Защитно-коммутационной аппаратурой РУ низкого напряжения КТП являются автоматические выключатели типа АВМ выдвижного исполнения «Электрон» и др. Измерительные приборы и реле размещены в отсеках приборов и на дверцах шкафов. При двухрядном расположении КТП ряды соединяют шинным мостом, который состоит из металлического короба с соединительными шинами.

### **Заключение**

При работе каких-либо станций (потребителей электроэнергии) рядом устанавливают так называемые подстанции, чтобы обеспечивать питание первых, а также контролировать их работу. В зависимости от функций устанавливают разные подстанции, которые в свою очередь

включают различные составляющие и требуют разной установки. Изоляция также важна, ведь работать с электроэнергией и электрическими приборами, особенно в открытых условиях, небезопасно.

### **Контрольные задания**

1. Классификация подстанций.
2. Открытые распределительные устройства.
3. Закрытые распределительные устройства.
4. Комплексные трансформаторные подстанции внутренней установки.
5. Распределительные устройства низкого напряжения.

### **Список литературы**

1. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций: учеб. для вузов / А.М. Шаммазов, В.Н. Александров, А.И. Гольянов и др. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 404 с.
2. Советский энциклопедический словарь / гл. редактор А.М. Прохоров. – М., 1984.
3. Мичков В.И., Арнополин А.Г. Электрооборудование насосных и компрессорных станций. – М.: Недра, 1991. – 157 с.

Учебное издание

Крец Виктор Георгиевич  
Рудаченко Александр Валентинович  
Шмурыгин Владимир Александрович

## **МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ**

Учебное пособие

Научный редактор  
доктор технических наук,  
профессор

*Л.А. Саруев*

Редактор  
Верстка

*С.В. Малервейн  
В.П. Аршинова  
К.С. Чечельницкая*

Дизайн обложки

*О.Ю. Аршинова  
О.А. Дмитриев*

Подписано к печати 20.08.2008. Формат 60x84/16. Бумага «Классика».  
Печать RISO. Усл. печ. л. 19,08. Уч.-изд. л. 17,25.  
Зак 732. Тираж 500 экз.



Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.