

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет транспортных коммуникаций  
Кафедра «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## **КОММУНАЛЬНЫЕ МАШИНЫ**

для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные,  
дорожные машины и оборудование (по направлениям)»

Минск ◊ БНТУ ◊ 2021

Составитель: И.В. Бурмак

### **Перечень материалов**

Электронный учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций, практических работ, вопросов для самоконтроля и списка рекомендуемой литературы. Предложенные материалы являются теоретической основой для изучения учебной дисциплины «Коммунальные машины» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)».

### **Пояснительная записка**

#### **Цели ЭУМК**

- повышение качества учебно-методического обеспечения учебного процесса путем формирования знаний, умений и навыков для обеспечения рационального ведения коммунального хозяйства в целях достижения требований образовательного стандарта высшего образования;
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в репозитории БНТУ.

#### **Особенности структурирования и подачи учебного материала**

ЭУМК включает теоретический раздел (конспект лекций), практический раздел (практические работы), раздел контроля знаний и вспомогательный раздел, включающий учебную программу и перечень литературных источников.

#### **Рекомендации по организации работы с ЭУМК**

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1 Конспект лекций .....	5
Раздел I. Технология механизированных работ. Основные положения .....	5
Тема 1.1 Технология содержания городских дорог .....	5
Тема 1.2 Технология ремонта городских дорог .....	9
Тема 1.3 Технология удаления твердых коммунальных отходов (ТКО).....	12
Раздел II. Машины для летнего содержания дорог .....	20
Тема 2.1 Поливомоечные машины (ПММ).....	20
Тема 2.2 Подметально-уборочные машины (ПУМ).....	25
Раздел III. Машины для зимнего содержания дорог .....	31
Тема 3.1 Снегоочистители .....	31
Тема 3.2 Снегопогрузчики .....	37
Тема 3.3 Распределители технологических материалов.....	42
Раздел IV. Машины для ремонта дорог .....	46
Тема 4.1. Машины для текущего ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием.....	46
Тема 4.2. Машины для капитального ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием.....	55
Раздел V. Машины для содержания городских инженерных коммуникаций .....	63
Тема 5.1. Илососные машины .....	63
Тема 5.2. Машины для прочистки водопроводных и фекальных сетей .....	68
Тема 5.3. Машины для сбора и вывоза коммунальных отходов .....	73
Тема 5.4. Комплект машин для топливообеспечения энергоисточников ЖКХ .....	80
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	88
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1	
Изучение погрузочно-разгрузочного механизма с набором съемных кузовов.....	88
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2	
Изучение конструкции щетки для летнего содержания дорог и определение ее технико-эксплуатационных показателей .....	93
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3	
Изучение конструкции циклона и определение его основных параметров .....	97
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4	
Изучение конструкции фрезерно-роторного снегоочистителя и определение его технико-эксплуатационных показателей .....	103
3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ .....	108
3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности .....	108
3.2 Вопросы для самоконтроля.....	108

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	110
4.1 Учебная программа.....	110
4.2 Список рекомендуемой литературы .....	115

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Конспект лекций

### Раздел I. Технология механизированных работ. Основные положения

#### Тема 1.1 Технология содержания городских дорог

1. Особенности весенне-летне-осеннего содержания городских дорог.
2. Особенности зимнего содержания городских дорог.

##### *1. Особенности весенне-летне-осеннего содержания городских дорог*

Механизированная уборка городских дорог, площадей, тротуаров, внутриквартальных территорий в теплое время года предусматривает проведение работ по поддержанию в чистоте и порядке их покрытий, а также очистку поверхностных дождевых стоков.

Весной, летом и осенью на дорогах образуются загрязнения, состав, количество и санитарно-гигиеническая характеристика которых зависят, главным образом, от состояния окружающей среды и прилегающих территорий.

Загрязнения, находящиеся на проезжей части, под воздействием ветра и движущегося транспорта могут подниматься в воздух, загрязнять почву, смываться дождевыми водами в канализационные системы и водоемы, оказывая резко отрицательное влияние на их состояние.

По источникам образования дорожные загрязнения могут быть:

- выпадающие из атмосферы с дождевыми осадками;
- приносимые ливневыми и тальными водами с прилегающих неблагоустроенных территорий (продукты эрозии почвы, органические загрязнения, мусор и т.д.);
- возникающие в результате движения автомобильного транспорта и пешеходов (продукты истирания асфальта, автомобильных шин, загрязнения с колес автотранспорта, масла и нефтепродукты, пищевые отходы, упаковочные материалы и другой мусор).

Для магистралей, улиц и проездов с усовершенствованным покрытием интенсивность загрязнения составляет в среднем  $0,625 \text{ г/м}^2 \text{ час}$ . Загрязнения в виде осадков и продуктов износа распределяются равномерно или участками по дорожному покрытию. Продукты эрозии почвы, органические загрязнения, мусор и т.п. скапливаются в основном в лотковой части дороги. Интенсивность загрязнений в неблагоприятных районах при неусовершенствованных покрытиях прилегающих проездов достигает  $2,08 \dots 3,33 \text{ г/м}^2 \text{ час}$ . Плотность смета с дорожных покрытий зависит от его состава и колеблется в пределах от  $0,6$  до  $1,6 \text{ т/м}^3$ .

При летнем содержании городских территорий производятся следующие виды работ: полив и мойка, подметание, а также очистка поверхностных дождевых стоков.

Для полива, мойки и подметания используются как поливочно-моечные машины, так и подметально-уборочные и тротуароуборочные.

Удаление загрязнений выполняют одним из следующих приемов:

– механическим отделением загрязнений от дорожного покрытия с дальнейшим перемещением массы транспортным средством к месту складирования;

– гидродинамическим отделением загрязнений от дорожного покрытия с перемещением получаемой смеси твердых частиц и жидкости (пульпы) в ливневую канализацию или засасыванием в емкость для разгрузки за пределами дороги.

Механическую очистку поверхностей производят щетками и скребками. Гидромеханическую очистку – струями воды под давлением.

Подметание является основной технологической операцией уборки усовершенствованных (асфальтобетонных и цементобетонных) дорожных покрытий. На технологический процесс подметания значительное влияние оказывает количество загрязнений и характер их распределения по ширине проезжей части, которые определяются интенсивностью движения автотранспорта.

При интенсивности движения до 60 маш/ч и скорости до 40 км/ч загрязнения распределяются сравнительно равномерно по всей ширине дороги.

На улицах с большой интенсивностью движения загрязнения воздушными потоками, образуемыми в результате движения транспорта, отбрасываются к бортовому камню и сосредотачиваются вдоль него полосой до 1,5 м. На широких улицах, имеющих разделительную полосу, часть загрязнений скапливается на этом участке дороги. В полосе движения автотранспорта (при соответствующей интенсивности) смета практически нет.

Предельно допустимая норма загрязнения (у лотков) в летний период определяется из условий предельно допустимого накапливания загрязнений:

- на дорогах с усовершенствованными покрытиями в благоустроенных жилых районах – 30 г/м<sup>2</sup>;
- на дорогах, примыкающих к дворовым территориям с неусовершенствованными покрытиями – 50 г/м<sup>2</sup>.

Условно принято, что при таких загрязнениях запыленность воздуха на дорогах на уровне органов дыхания человека (1,5 м) не должна превышать предельно-допустимой нормы.

Гидродинамическое отделение загрязнений от дорожного покрытия осуществляется путем полива и мойки. Разновидностью полива является освежительный полив, называемый увлажнением.

Полив водой и увлажнение снижают запыленность воздуха над загрязненной поверхностью дороги в 2...2,2 раза, повышают влажность воздуха на 15...20% и снижают температуру окружающей среды также на 15...20%.

Результаты полива действуют 1...1,5 часа, после чего его нужно повторять. Практически же полив в городе проводят 1...2 раза в сутки, поскольку полив с большей частотой дорог требует значительного расхода воды. Фактически полив не является технологической операцией уборки городских дорог, а входит в технологический процесс создания оптимального микроклимата на территории города.

Мойка дорожного полотна производится в зависимости от объекта уборки и интенсивности движения транспорта в среднем 1 раз за 3...4 суток и обеспечивает его 100 % очистку от загрязнений. Расход воды при мойке проезжей части составляет 0,9...1,2 л/м<sup>2</sup>. Пульпа из воды и смета при мойке сбрасывается в ливневую канализацию и подвергается очистке.

Эффективность мойки увеличивается, расход воды снижается (до 4 раз), а производительность работ возрастает в 3 раза, если мойку большим количеством воды при низком давлении (0,6...0,7 МПа) заменить очисткой поверхности малым количеством воды при большом давлении (2...3 МПа).

## *2. Особенности зимнего содержания городских дорог*

Содержание городских территорий в холодное время года заключается главным образом в обеспечении стабильной пропускной способности дорог и проездов независимо от объема выпадающих в виде снега осадков и температуры окружающей среды.

Технология зимней уборки дорог рассчитана на периодическую (с небольшими интервалами) полную очистку дорожного покрытия от снежной массы во время и после снегопада с использованием специальных технологических материалов, предотвращающих возникновение на дорожном покрытии уплотненных снежных и ледяных образований. При этом свежевыпавшая и уплотненная масса снега сдвигается или сгребается к обочине дороги, перебрасывается на резервные площади вдоль дорог или, после сбора в валы или кучи, грузится затем в транспортные средства и вывозится в места складирования или таяния.

В качестве технологических материалов, снижающих скользкость покрытия, а также препятствующих образованию на дороге наледи используют инертные материалы: песок, гравий и химически активные материалы, снижающие температуру образования льда.

Противогололедные материалы (соли различных металлов) отрицательно воздействуют на окружающую среду, повреждая зеленые насаждения вдоль дорог и разрушая дорожное покрытие, способствуют возникновению коррозионной опасности для автотранспорта.

Наиболее неблагоприятное воздействие соли оказывают на цементно-бетонное покрытие дорог. Процесс плавления снега под воздействием солей происходит при интенсивном поглощении тепла из толщи дорожного покрытия, в результате чего бетон резко охлаждается и разрушается.

Наиболее агрессивным к бетону является NaCl, наименее – CaCl<sub>2</sub> и MgCl<sub>2</sub>.

Снижение вредного действия солей производится нижеследующим методами.

1. *Использование влажной соли.*

Сухая твердая (порошкообразная или в гранулах) соль имеет плохой контакт с поверхностью дороги. Таяние льда начинается только после образования соляного раствора.

Таблица 1.1. Область применения химических материалов

Технологическая операция	Материалы, применяемые при температуре, °С	
	выше -15	ниже -15
Снегоочистка дорожных покрытий, подъёмов, въездов на мосты и т.д.	Неслеживающаяся смесь. Пескосоляная смесь на основе хлористого натрия	Хлористый кальций. Пескосоляная смесь на основе хлористого кальция
Борьба с гололедом профилактическим методом	Неслеживающаяся смесь или хлористый калий, ингибированный фосфатами	То же
Борьба с гололедом пассивным методом	Пескосоляная смесь на основе хлористого натрия или хлористый калий, ингибированный фосфатами	Пескосоляная смесь на основе хлористого натрия или хлористый калий, ингибированный фосфатами
Скалывание льда профилактическим методом	Хлористый калий, ингибированный фосфатами	Хлористый калий, ингибированный фосфатами
Скалывание льда пассивным методом	Неслеживающаяся смесь при крупности зерен 7 мм	Хлористый кальций при крупности зерен 7 мм

2. *Применение смеси сухой соли с соляным раствором.*

Оптимальный состав – 30 % раствор CaCl<sub>2</sub> и сухая соль NaCl в соотношении 1:2,9.

3. *Использование смеси солей с песком (NaCl и песок в соотношении 1:10).*

Вред, наносимый растениям, снижается с увеличением размеров твердых частиц соли. Соль в массе не должна содержать более 5 % частиц размером менее 0,16 мм и крупнее 5 мм. Области применения твердых химических реагентов приведены выше в табл. 1.1.



Устранение гололеда с минимальным ущербом для экологической обстановки, дорожной одежды и транспортных средств достигается при использовании противогололедных жидких реагентов. В качестве таких реагентов применяют водные растворы хлористого кальция концентрации 32 % и хлористого натрия концентрацией 23...25 %.

Жидкие реагенты эффективно устраняют скольжение при температуре: хлористый натрий – до минус 10...15 °С; хлористый кальций и хлористый магний – до минус 25...30 °С.

Возможность бороться с гололедом при температуре воздуха до минус 30 °С, а также меньший расход на единицу обрабатываемой поверхности жидких реагентов в сравнении с твердыми является основанием для постепенного отказа от применения последних.

Для расчистки дорог и территорий от снега используются снегоочистители. Погрузка снежной массы из валов и куч в самосвалы в городских условиях осуществляется специализированными снегопогрузчиками и универсальными одноковшовыми погрузчиками. Нанесение твердых и жидких технологических материалов на поверхность дорожного покрытия производится распределителями технологических материалов.

## **Тема 1.2 Технология ремонта городских дорог**

**1. Текущий ремонт городских дорог с асфальтобетонным покрытием: виды работ, технологические операции, необходимые машины и оборудование.**

**2. Капитальный ремонт городских дорог с асфальтобетонным покрытием: виды работ, технологические операции, необходимые машины и оборудование.**

### ***1. Текущий ремонт городских дорог с асфальтобетонным покрытием: виды работ, технологические операции, необходимые машины и оборудование***

**Текущий ремонт** выполняют преимущественно в теплое время года, при температуре воздуха не ниже +5°С. Однако, если возникшие неисправности могут привести к большим разрушениям, то ремонтируют дорогу независимо от температуры воздуха.

При текущем ремонте асфальтобетонных покрытий устраняют трещины, выбоины, просадки, волны и наплывы на покрытия, а также повреждения бортового камня.

**Заделка трещин** – одна из наиболее часто встречающихся неисправностей асфальтобетонного дорожного покрытия. Раскрытые трещины способствуют ускоренному разрушению покрытия, поэтому своевременная их ликвидация обеспечивает сохранение асфальтобетона в надлежащем эксплуата-

ционном состоянии. При ремонте трещины заполняют герметичными материалами. Этой операции предшествует тщательная очистка трещин (например, сжатым воздухом) от загрязнений и пыли, чтобы обеспечить надлежащее сцепление заполняющего материала с асфальтобетоном. Если ширина трещин менее 5 мм, то для их заполнения применяют разжиженный битум или специальную резинобитумную мастику, если более 5 мм – разжиженный битум или вязущие мастики. После заполнения трещин разжиженным битумом их присыпают минеральными материалами. Если дорожное покрытие имеет сетку мелких трещин, рекомендуется не заливать их по отдельности, а отремонтировать все покрытие. Для заделки трещин применяются специальные машины – заливщики швов.

**Выбоины и просадки** резко снижают эксплуатационные качества покрытий. При их ремонте вначале выполняют подготовительные работы: ямы и выбоины тщательно очищают от загрязнений и отмечают их контуры прямыми линиями, перпендикулярными и параллельными оси дороги. Если выбоины расположены на небольшом расстоянии друг от друга, то их объединяют в одну общую карту. Расстояние от повреждения до границы ремонтируемого участка должно быть в пределах 3-5 см. Затем по намеченному контуру вырубает ремонтируемую часть на глубину разрушений, но не менее чем на 3-4 см. При ремонте двух- или многослойного покрытия, когда сцепление верхнего слоя неудовлетворительное, его вырубает на всю глубину; так же поступают со вторым и последующими слоями, если повреждение распространяется и на них. Стенки вырубленного контура должны быть строго отвесными. Затем ремонтируемое место тщательно очищают от вырубленного асфальтобетона и загрязнений и смазывают внутренние поверхности жидким или вязким (разжиженным) битумом. В подготовленное таким образом место укладывают горячую асфальтобетонную смесь (температура 150-180 °С). В зависимости от глубины вырубki смесь укладывают в один (при глубине менее 5 см) или два слоя, причем она должна быть несколько выше дорожного покрытия с учетом того, что горячие смеси уплотняются. В картах площадью до 3-5 м<sup>2</sup> смесь уплотняют с помощью ручного инструмента (например, виброплитами, пневмо- или электротрамбовками). Моторные катки применяют при ремонте карт большой площади. Места сопряжения вновь уложенного и старого асфальтобетона тщательно заглаживают, чтобы поверхность покрытий была ровной, без наплывов и открытых швов.

**Разрушения** заделывают механизированным способом с помощью машин для текущего ремонта дорог и тротуаров. Для уборки загрязнений (при подготовке покрытия к разметке) применяют подметально-уборочные или поливочно-моечные машины.

Кроме этого способа ремонта, все большее распространение находит метод ремонта, основанный на разогреве поверхности ремонтируемого места. Для разогрева применяют, в основном, асфальторазагреватели беспламенного типа, снабженные горелками инфракрасного излучения. В этом случае асфаль-

тобетон сохраняет при разогреве свои физико-механические свойства и приобретает необходимую для производства ремонта пластичность. Ремонтруемое место (после тщательной очистки от загрязнений) разогревают с помощью инфракрасных горелок до температуры 130-150 °С. Разогретый асфальтобетон взрыхляют, добавляют в него некоторое количество асфальтобетонной смеси и уплотняют ее моторным катком или с помощью ручного инструмента. Такие асфальтозагреватели снабжаются переносным устройством с горелками инфракрасного излучения, бункером для перевозки асфальтобетонной смеси. Переносное устройство с горелками инфракрасного излучения применяют для ремонта удлиненных выбоин, широких трещин, а также поврежденных мест, расположенных вдоль бортового камня или стен зданий.

***Небольшие волны и наплывы*** устраняются путем укатки деформированных участков покрытий. Для обеспечения надлежащего качества работ участку с волнами и наплывами необходимо придать пластичность путем нагрева его с помощью асфальтозагревателя. Перед нагревом ремонтруемый участок тщательно очищают от загрязнений, а после нагрева укатывают моторным катком до тех пор, пока не устранят волны и наплывы. При высоких температурах воздуха, вызывающих размягчение дорожного покрытия, волны и наплывы устраняют без предварительного нагрева деформированного участка.

На участках дорожного покрытия большой площади, имеющих значительные по высоте наплывы и волны, образовавшиеся в результате нарушения сцепления верхнего слоя асфальтобетона с основанием, производят полную замену покрытия. Вначале асфальтозагревателем нагревают, а затем удаляют верхний слой. После этого асфальтоукладчиками укладывают свежую асфальтобетонную смесь и укатывают ее. Широкое распространение получило фрезерование волн и наплывов фрезерными машинами холодным способом с последующим удалением фрезерованного материала.

Для ***исправления просадок и мелких повреждений бортового камня*** с помощью электро- или пневмоинструмента вскрывают покрытие вдоль просевшего бортового камня. Затем поднимают просевшие камни с помощью специальных захватов, выравнивают и исправляют основание под камнем, используя цементный раствор или бетонную смесь. Бортовой камень промывают и вручную устанавливают в проектное положение, заполнив швы цементным раствором. После этого вручную или с помощью машины для текущего ремонта заделывают разрушенное дорожное покрытие.

## ***2. Капитальный ремонт городских дорог с асфальтобетонным покрытием: виды работ, технологические операции, необходимые машины и оборудование***

**Капитальный ремонт** асфальтобетонного покрытия – это его восстановление со снятием или с использованием старого асфальтобетона в качестве основания.

Восстанавливают дорожное покрытие со снятием старого асфальтобетона обычно с помощью специальных машин фрезерного типа, обеспечивающих съём слоя толщиной до 10 см. Однако производительность таких машин низкая (до 200 м<sup>2</sup>/ч), поэтому все чаще для этих работ используют асфальто-разогреватели с горелками инфракрасного излучения. При этом с самой лучшей стороны показали себя асфальто-разогреватели, снабженные фрезерными устройствами для снятия нагретого до 120-140 °С и размягченного слоя на глубину 3-10 см. При отсутствии фрезерного устройства нагретый асфальтобетон снимают с помощью автогрейдера. Ширина, глубина нагрева и фрезерования верхнего слоя зависят от площади повреждений, наличия на дорожном покрытии колодцев и т.д. После удаления старого слоя асфальтобетона образовавшееся основание для лучшего сцепления обрабатывают жидким битумом или битумной эмульсией с помощью автогудронатора, а затем асфальтоукладчиком укладывают новый слой асфальтобетона. Альтернативным вариантом для выполнения вышеперечисленных операций является применение ремиксеров.

Если дорожное покрытие восстанавливают на полную ширину проезжей части, то смесь укладывают двумя асфальтоукладчиками, движущимися с уступом по смежным полосам на расстоянии 10-15 м друг от друга. Уложенную асфальтобетонную смесь уплотняют катками – сначала легкими, затем тяжелыми. В процессе уплотнения, после первых проходов катков, проверяют ровность покрытия в продольном и поперечном направлениях.

Восстановление дорожного покрытия без снятия старого асфальтобетона применимо, если имеется возможность увеличить высоту слоя асфальтобетона, не нарушая сопряжение с дорожным покрытием прилегающих улиц и проездов, входов в здания, а также не нарушая работу ливневой канализации. После тщательной очистки дорожного покрытия от загрязнений с помощью подметально-уборочных и поливочно-мочных машин его обрабатывают жидким битумом или битумной эмульсией, применяя автогудронатор. Затем укладывают асфальтобетонную смесь с помощью асфальтоукладчика и уплотняют ее катками.

### **Тема 1.3 Технология удаления твердых коммунальных отходов (ТКО)**

- 1. Общие положения по сбору и транспортированию ТКО.**
- 2. Классификация машин и оборудования для сбора и вывоза ТКО.**

#### ***1. Общие положения по сбору и транспортированию ТКО***

Экологическая безопасность населенных мест зависит от своевременного и полного вывоза ТКО, образующихся в процессе жизнедеятельности людей. Возрастающие требования к качеству обслуживания населения, в том числе и в области санитарной очистки территорий, обуславливают высокие требования к технике и оборудованию, применяемым при сборе и вывозе ТКО.

Для сбора и вывоза ТКО необходимы разнообразные машины, позволяющие в полной мере реализовывать наиболее эффективные технологии.

*Сбор отходов* – это прием отходов с целью их дальнейших обработки, утилизации и обезвреживания.

*Транспортирование отходов* – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка предприятия, домовладения и т.п.

Накопление ТКО осуществляется в специальные сборники. Сборники ТКО обычно представляют собой металлические или пластиковые контейнеры.

Площадка накопления ТКО (контейнерный парк) должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) иметь асфальтированное или бетонированное покрытие;
- 2) быть удалена от жилых домов, детских учреждений и др. на расстояние  $20 \leq l \leq 100$  м;
- 3) быть расположена с учетом обеспечения возможности подъезда транспорта;
- 4) быть огорожена, например, железобетонным ограждением.

При хранении ТКО в контейнерах следует помнить об их опасных свойствах, к которым можно отнести содержание возбудителей инфекционных заболеваний, бактерии, для которых органическая часть ТКО является благоприятной средой для размножения. Кроме того, отходы домохозяйств содержат значительную долю пищевых компонентов, что привлекает грызунов и птиц. При длительном хранении органическая часть ТКО подвергается аэробному сбраживанию с выделением опасных веществ и одорантов. С этими факторами связаны требования о соблюдении сроков предельного накопления ТКО на территории домовладений, которые составляют 1...3 дня в зависимости от температуры воздуха.

Под транспортированием ТКО понимается выгрузка отходов из контейнеров в спецтранспорт, зачистка контейнерных площадок и подъездов к ним от просыпавшихся отходов и транспортирование их до лицензированного объекта обработки, утилизации, обезвреживания, мусороперегрузочной станции (МПС), мусороперерабатывающего завода (МПЗ) или объекта размещения отходов.

Для транспортирования ТКО применяется спецтранспорт – собирающие и транспортные мусоровозы различных конструкций. Мусоровозы отличаются грузоподъемностью, объемом кузова, типом механизма загрузки, наличием механизма уплотнения отходов, способом загрузки и типом кузова.

Собирающие мусоровозы предназначены для сбора отходов с площадок и их транспортирования на небольшие расстояния до полигона или иных объектов по обращению с ТКО.

Транспортные мусоровозы предназначены для транспортирования большого количества отходов на значительные расстояния.

Сегодня широкое распространение получили собирающие мусоровозы, оборудованные прессовальными механизмами, и универсальные мусоровозы с пресс-компакторами. Универсальный мусоровоз предполагает наличие съемного кузова, что позволяет одной единице техники выполнять функции нескольких машин. Этот вид спецтехники становится все более востребованным в связи с развитием двухэтапной системы транспортирования ТКО: сбор – транспортирование на МПС или МПЗ – транспортирование на полигон или объект по размещению отходов. В качестве съемного кузова может использоваться пресс-компактор (пресс-контейнер), который предназначен для приема ТКО в загрузочную камеру и их уплотнения в накопительном кузове. Техника, поддерживающая функцию прессования отходов, имеет коэффициент уплотнения мусора от 2,5 до 7.

## ***2. Классификация машин и оборудования для сбора и вывоза ТКО***

Увеличение номенклатуры выпускаемых машин для расширения технологических и эксплуатационных возможностей потребителей становится объективной целью разработчиков и производителей, стремящихся удержать и расширить свои позиции на рынке.

Создана система машин для сбора и вывоза ТКО, в которой сочетаются традиционные и новые технологии, учитываются действия объективных факторов, присущих эксплуатации. Отечественные производители освоили серийный выпуск системы современных машин для сбора и вывоза ТКО, построенных на модульном принципе.

В основу классификации машин для сбора и вывоза ТКО положены следующие основные признаки: грузоподъемность машины, принцип загрузки кузова, наличие или отсутствие уплотнения отходов в кузове, характер движения уплотняющего устройства. Схема классификации машин, включающая в себя все типы мусоровозов, представлена на рисунке 1.

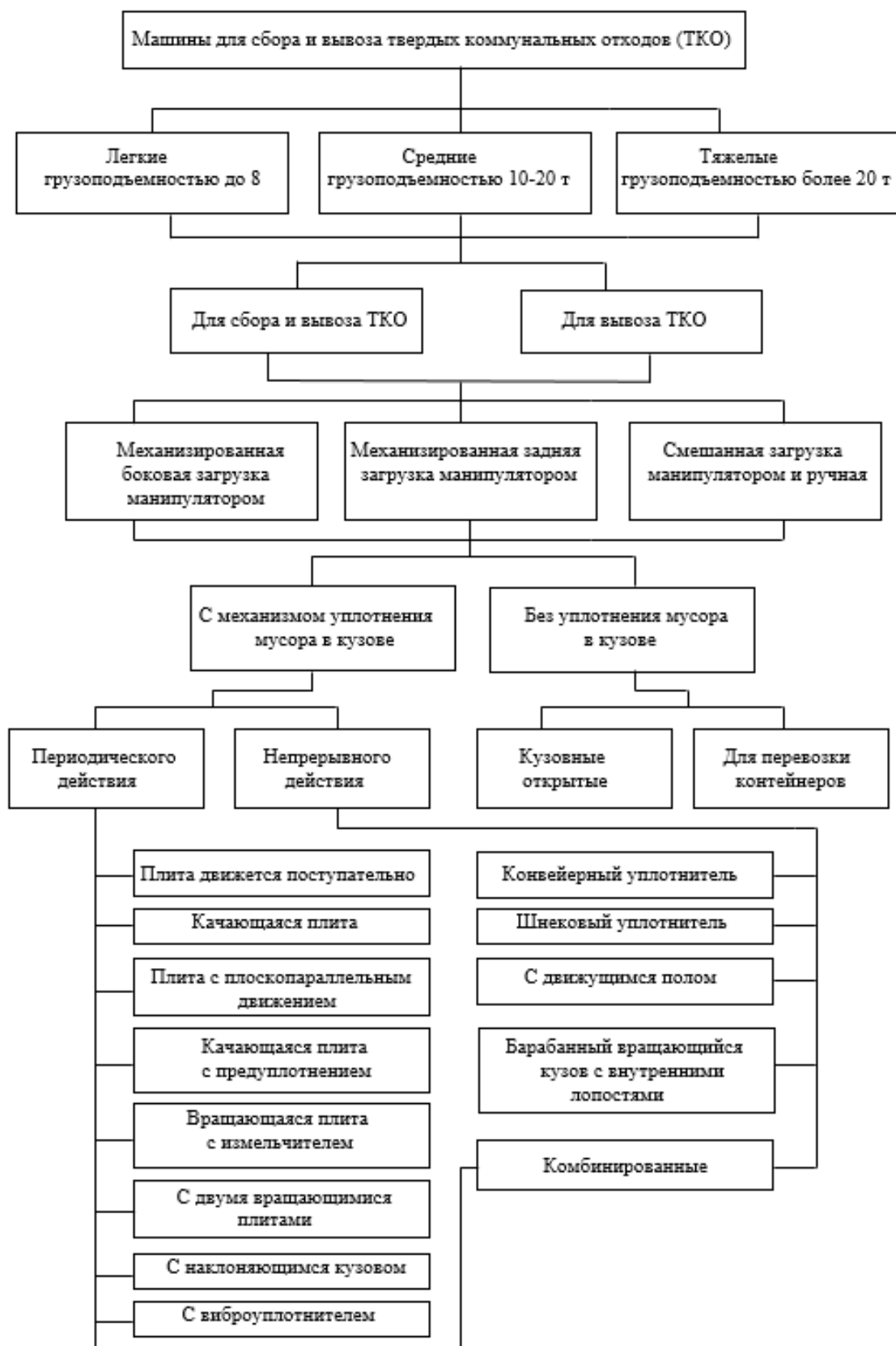


Рисунок 1 – Классификация машин для сбора и вывоза ТКО

Наибольшее распространение получили мусоровозные машины, в которых имеются загрузочно-уплотнительный механизм и выталкивающая плита. Последняя выполняет роль подпрессовывающей стенки при загрузке и уплотнении отходов.

Загрузочно-уплотнительные устройства, работающие по принципу прямой плиты, совершающей возвратно-поступательные перемещения в загрузочном бункере (рисунок 2, а), применяют в легких мусоровозных машинах грузоподъемностью до 8 т. Загрузочный бункер машин располагается в задней части кузова и плита наклонена под небольшим углом к горизонтальной поверхности. Наклон обеспечивает уменьшение высоты погрузки и улучшает заполнение кузова. Однако при отводе плиты в исходное положение наблюдается сползание отходов из кузова в загрузочный бункер. Это приводит к необходимости устанавливать специальный отсекающий сектор, работающий синхронно с уплотняющей плитой. Достоинство схемы – в простоте конструкции. Ограниченность применения объясняется также невысоким коэффициентом уплотнения мусора в кузове (не более 1,8).

При схеме, показанной на рисунке 2, б, уплотняющая плита, расположенная в верхней части кузова, обеспечивает заполнение и уплотнение отходов выдавливанием их к цилиндрической части кузова. В схеме на рисунке 2, в плита располагается практически по всему поперечному сечению кузова и выполняет одновременно функции выталкивающей плиты. Такие конструкции имеют низкие удельные давления на уплотнителях, невысокие степени уплотнения отходов и большую высоту погрузки. Это требует применения сложных устройств для захвата и опорожнения контейнеров.

Загрузочные механизмы с качающейся плитой нашли большое распространение в мусоровозных машинах средней грузоподъемности (11-15 т). Схема на рисунке 2, г имеет более высокие энергетические возможности. Это позволяет при загрузке кузова подвергать отходы значительному уплотнению. При работе отходы загружаются в ковш, который находится в опущенном состоянии. Плита подпирает объем отходов, находящихся в кузове. При подъеме заполненного ковша одновременно с ним поднимается уплотняющая плита. Рабочий ход совершается в обратном направлении. Отходы из ковша перемещаются в кузов и, встречая сопротивление находящихся там слоев, уплотняются.

На рисунке 2, д показана разновидность этой схемы. Уплотнитель выполнен в виде двух качающихся плит. Нижняя плита выполняет роль загрузочного ковша и обеспечивает предуплотнение. Недостатком этих схем является значительный вес специального оборудования, приходящийся на заднюю ось базового шасси.

Развитие механизмов с качающейся плитой привело к появлению новой конструкции плиты, совершающей сложное плоскопараллельное перемещение в бункере. Сложное движение плиты позволяет полностью реализовать преимущества предыдущей схемы и производить загрузку крупногабаритных отходов (рисунок 2, е). При загрузке в бункер плита подпирает находящиеся в



кузове отходы. Далее уплотняющая плита перемещается к загрузочному проему бункера, одновременно поворачиваясь. Перемещение отходов производится обратным ходом плиты. Изменение угла наклона уплотнителя способствует лучшему заполнению кузова.

Схема устройства с плитой в виде двухплечевого рычага, вращающегося в наклонном бункере, показана на рисунке 2, ж.

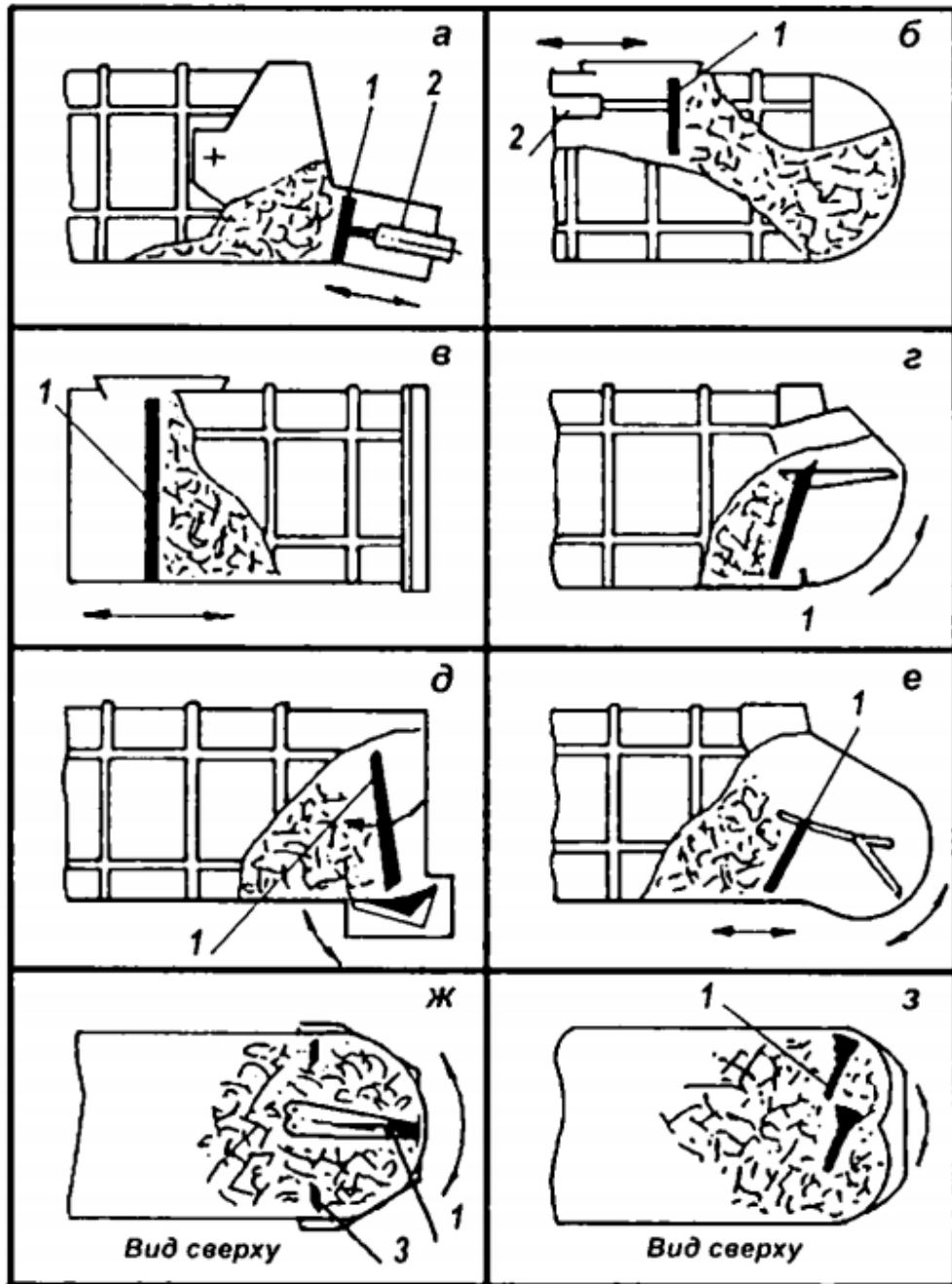


Рисунок 2 – Схемы уплотнителей циклического действия:

- а – поступательно движущаяся плита;
- б – возвратно-поступательная плита верхнего расположения;
- в – плита, сочетающая уплотнительную и разгрузочную функции;
- г – качающаяся плита;
- д – качающаяся плита с предуплотнением;
- е – плита, совершающая плоскопараллельное перемещение;
- ж – вращающаяся плита с измельчителями отходов;
- з – две вращающиеся плиты; 1 – плита; 2 – гидроцилиндр; 3 – измельчитель отходов при разгрузке

Отходы в бункере перемещаются в кузов отдельными порциями плитой, вращающейся в бункере на 180°. Уплотнитель имеет высокий коэффициент уплотнения отходов. Частичное дробление специальными устройствами и большое уплотнение отходов обеспечиваются значительными удельными давлениями на загрузочной плите (до 0,3 МПа).

Аналогичной рассмотренной является конструкция с двумя вращающимися плитами (рисунок 2, з). Здесь снижение бокового распора отходов компенсируется повышенным уплотнением мусора в центральной части кузова.

Меньшее распространение получили конструкции непрерывного действия (рисунок 3).

Шнековый загрузочно-уплотнительный механизм показан на рисунке 3, а. Недостатком конструкции является низкий коэффициент заполнения кузова и повышенный износ шнека.

На рисунке 3, б показан принцип работы машины, кузов которой представляет собой полый вращающийся барабан, оснащенный спиральными лопастями на внутренней поверхности. Загрузка производится через задний проем, а перемещение отходов и их уплотнение – вращением барабана. Отходы в этом случае частично измельчаются. Это приводит к увеличению степени уплотнения. Сложность привода оборудования, а также значительный износ внутренней поверхности барабана и лопастей ограничивают распространение машин этого типа.

Уплотнители, представляющие собой скребковый транспортер (рисунок 3, в) и подвижный пол (рисунок 3, г), не получили практического применения.

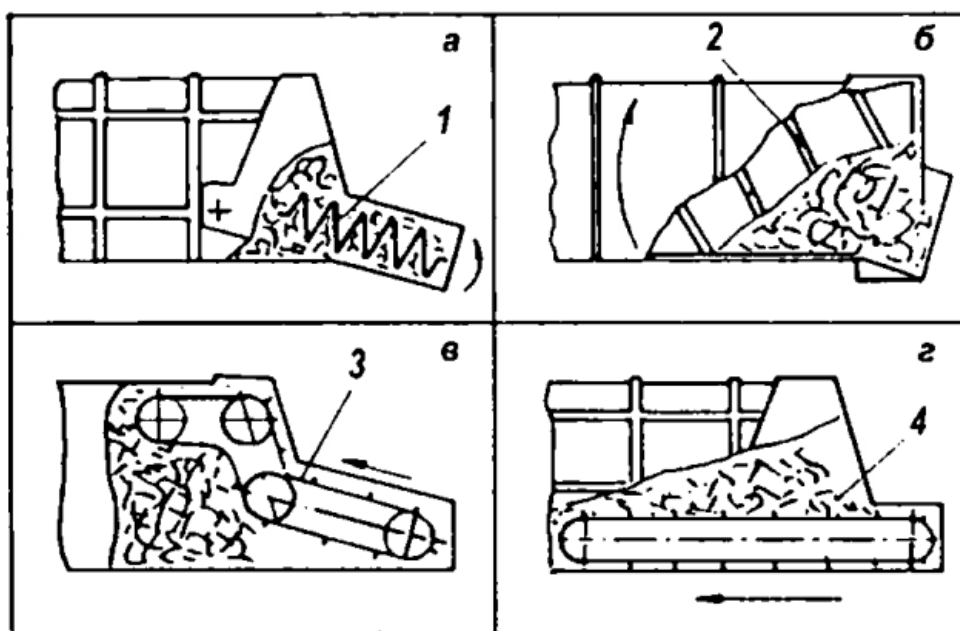


Рисунок 3 – Схемы уплотнителей непрерывного действия:  
 а – шнековый уплотнитель; б – кузов-барабан со спиральными лопастями; в – наклонный скребковый транспортер; г – движущийся пол; 1 – шнек; 2 – лопасти барабана;  
 3 – скребковый конвейер; 4 – подвижной пол (конвейер)

Анализ развития и совершенствования схем сбора и уплотнения бытовых отходов показывает, что наибольшее распространение имеют мусоровозы с уплотнением отходов в кузове средней грузоподъемности (12-18 т). Они универсальны и их удобно использовать в различных системах, отличаются друг от друга главным образом конструкцией загрузочно-уплотнительных механизмов.

Высокая степень использования грузоподъемности базовой машины достигается, во-первых, за счет высокого уплотнения отходов и более полного заполнения кузова, во-вторых, за счет снижения массы специального оборудования, которая определяется сложностью загрузочно-уплотнительного устройства, его силовыми параметрами, жесткостью кузова и, в-третьих, за счет высокого уровня унификации и модульного проектирования.

## Раздел II. Машины для летнего содержания дорог

### Тема 2.1 Поливомоечные машины (ПММ)

1. Назначение и классификация ПММ.
2. Устройство и принцип работы ПММ.
3. Определение мощности, необходимой для работы ПММ.

#### *1. Назначение и классификация ПММ*

Поливомоечные машины предназначены для мойки асфальто- и цементобетонных дорожных покрытий с помощью веерообразных плоских струй, направленных в сторону от машины по направлению к прилотовой полосе. После смывания на прилотовой полосе задерживается около 50 % отделенных загрязнений, а вода с наиболее мелкими фракциями загрязнений поступает в колодцы водосточной сети. Таким образом, машина не убирает загрязнения, а только отделяет частицы от поверхности дорожного покрытия и перемещает их на прилотовую полосу. Кроме того, машину применяют при наличии продольных уклонов и правильной профилировке поперечного сечения дороги для смывания в колодцы водосточной сети загрязнений, расположенных в прилотовой полосе. Как правило, конструкция машины позволяет поливать дорожные покрытия, чем обеспечивается снижение запыленности придорожных слоев воздуха, и изменять показатели микроклимата придорожной зоны. Эти машины также можно использовать для полива зеленых насаждений и тушения пожаров.

Классификация ПММ представлена на рисунке 1.

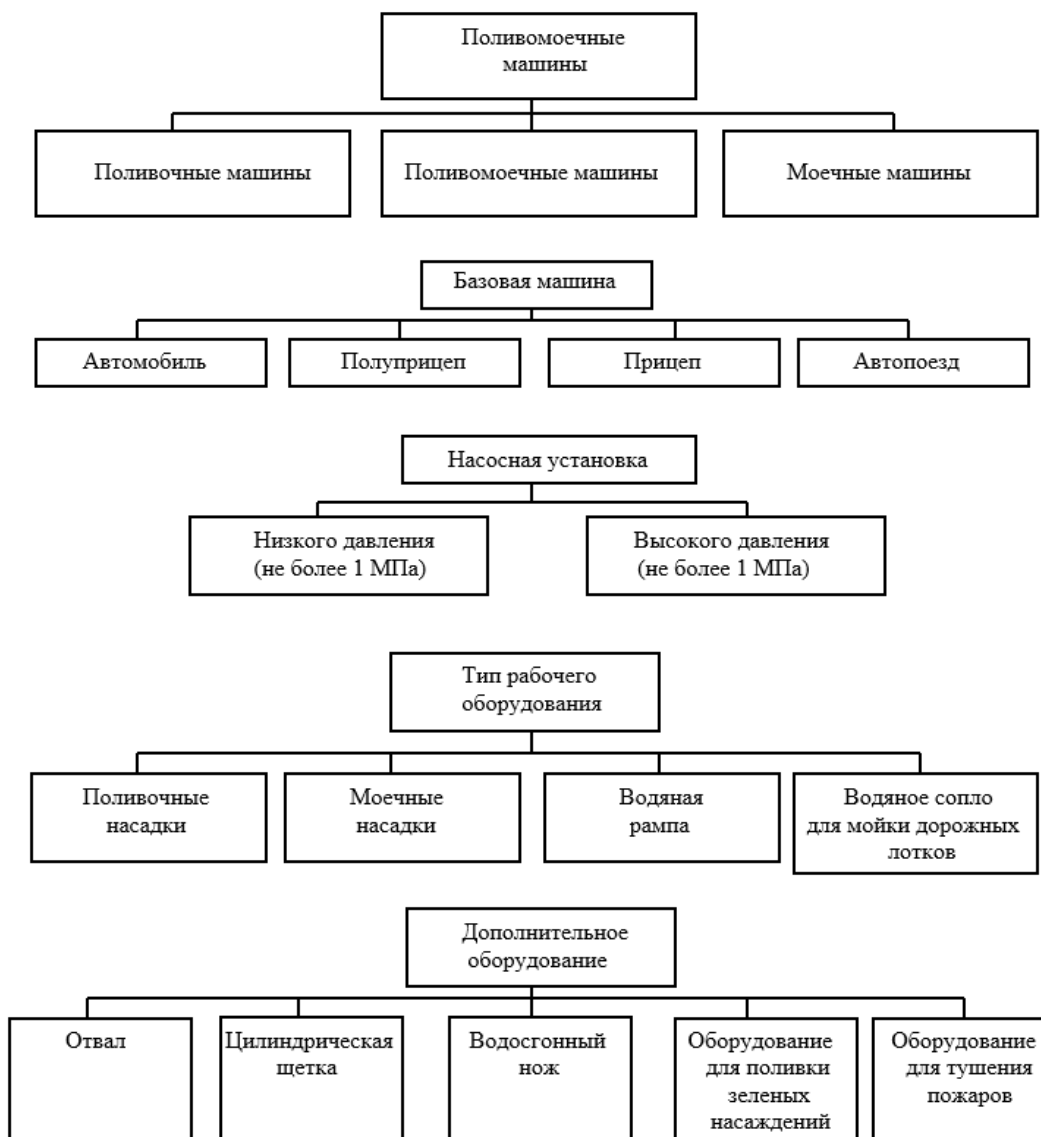


Рисунок 1 – Классификация поливомоечных машин

## 2. Устройство и принцип работы ПММ

Поливочно-моечные машины имеют, как правило, общую принципиальную схему устройства (рисунок 2). Вода из цистерны, размещенной на базовом шасси машины, поступает в насосную установку, которая подает жидкость в напорный трубопровод, заканчивающийся рабочими органами машины – моечными насадками. Насадок образует плоскую веерообразную струю, направленную под небольшим углом к дорожному покрытию. При встрече струи с дорожным покрытием происходит отделение загрязнений, смывание их и перемещение по направлению к прилотовой полосе.

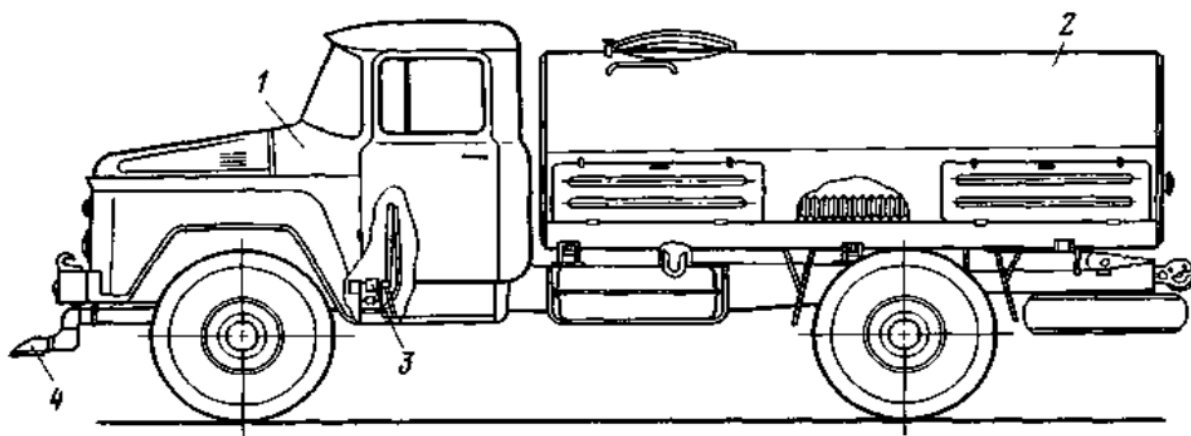


Рисунок 2 – Общий вид ПММ:

1 – базовое шасси; 2 – цистерна; 3 – раздаточная коробка; 4 – насадок

Поливочно-моечное оборудование этой машины состоит из цистерны, узлов ее крепления к лонжеронам базового шасси, системы трубопроводов, соединяющих цистерну с центробежным насосом и подающих воду под давлением в два моечных насадка, размещенных впереди базового шасси.

Цистерна – сварная овальной формы, в передней верхней части имеется люк-лаз для доступа внутрь цистерны. Для предотвращения действия волновых инерционных нагрузок при резком торможении и ускорениях во время движения машины внутри цистерны установлено два волнореза. В нижней части цистерны имеется грязевик-отстойник. Цистерна наполняется водой из водопроводной сети с помощью специальной заливной трубы, которая соединяется шлангом с гидрантом, а также из водоема.

Внутри цистерны вмонтирована контрольная труба с надставкой, по которой определяют момент заполнения цистерны водой. Изменение положения надставки или ее демонтаж позволяют регулировать степень заполнения цистерны водой. Из цистерны в насос вода подается по трубопроводу, снабженному фильтром и центральным клапаном. Центральный клапан служит для соединения и разобщения цистерны с центробежным насосом. Для предотвращения попадания засорений в центробежный насос и насадки фильтр устанавливают перед центральным клапаном, благодаря чему вода, поступающая из цистерны в насос, проходит через фильтр. Для периодической очистки фильтр выполнен разъемным.

Всасывающий патрубок насоса соединен трубопроводом с центральным клапаном и системой для заполнения цистерны из водоема. Напорный патрубок насоса соединен с трубопроводом, позволяющим через вентиль подавать воду в цистерну, что необходимо для ее заполнения из водоема, а также в поперечный трубопровод. Трубопровод заканчивается по обе стороны машины вентилями для присоединения шлангов при поливке зеленых насаждений и тушении пожаров.

К поперечному трубопроводу присоединен напорный трубопровод, ведущий к моечным насадкам, расположенным в передней части машины. На

этом отрезке напорного трубопровода имеется штуцер для подключения манометра, установленного в кабине водителя. Моечные насадки закреплены в двухколенном шарнирном угольнике, имеющем стяжное устройство. Это устройство позволяет изменять положение насадков в вертикальной и горизонтальной плоскостях относительно поверхности дорожного покрытия и тем самым обеспечивает надлежащую установку насадков при мойке и поливке.

Сущность высоконапорного метода мойки дорожных покрытий состоит в следующем. Энергия, которая передается струей загрязнению, смываемым с дорожного покрытия, пропорциональна массе воды и ее скорости. Исследования, проведенные в эксплуатационных условиях, показали, что имеется возможность дальнейшего повышения скорости рабочей струи при соответственном сокращении массы воды. При реализации такого перераспределения показателей, определяющих энергию струи, появляются перспективы снижения удельного расхода воды при мойке и, следовательно, соответствующего повышения производительности машин за счет того, что снижаются затраты времени на заправку цистерны водой. Результаты исследований показали, что имеется возможность снизить удельный расход воды при мойке почти в 2 раза при увеличении напора, поступающей к насадку воды, в 3-4 раза.

Для работы ПММ в зимнее время поливомоечное оборудование заменяют оборудованием для распределения пескосоляной смеси и реагентов.

В течение последних лет за рубежом, главным образом на машинах, используемых для уборки тротуаров, появилось устройство нового типа для мойки покрытий. Это устройство представляет собой трубу напорной сети. Труба прикреплена к машине спереди под небольшим углом к поперечной ее оси. На трубе через 250-350 мм установлены насадки, подающие на дорогу веерообразные струи. Основное преимущество такого способа мойки состоит в снижении удельного расхода воды. Однако, как и при высоконапорной мойке, это достигается путем увеличения давления до 1,2-1,6 МПа.

Дорожные покрытия чаще всего моют с помощью двух моечных насадков, размещенных спереди машины и установленных так, чтобы струи воды смывали загрязнения в правую или левую сторону от машины. Поливка является вспомогательной операцией, и для ее выполнения используют те же моечные насадки. Для поливки их размещают симметрично относительно продольной оси машины и несколько вверх, чтобы обеспечить обработку полосы дороги шириной 15-18 м. Следует отметить, что при таком использовании моечных насадков не достигается требуемая при поливке равномерность распределения воды по поверхности дорожного покрытия.

### ***3. Определение мощности, необходимой для работы ПММ***

Для работы ПММ нужна мощность:

$$N_{\Sigma} = N_{Н} + N_{Д} + N_{В}, \text{ кВт}$$

где  $N_{Н}$  – мощность, необходимая для привода насоса, кВт;

$N_D$  – мощность, необходимая для движения машины во время работы, кВт;  
 $N_B$  – мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха, возникающего при движении машины, кВт.

Современные поливочно-моечные машины осуществляют мойку и полив дорог на скорости не более 20 км/ч. Поэтому принимается, что  $N_B = 0$ .

Мощность, необходимая для привода насоса:

$$N_H = Qp_H / (1000\eta_T\eta_H), \text{ кВт}$$

где  $Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$p_H$  – давление, развиваемое насосом, Па;

$\eta_T$  – КПД привода насоса;

$\eta_H$  – КПД насоса при выбранном режиме его работы.

Мощность, необходимая для движения машины во время совершения рабочего процесса:

$$N_D = m_{\Sigma}g(f_{\text{кач}} + i)\vartheta_M / (1000\eta), \text{ кВт}$$

где  $m_{\Sigma}$  – общая масса машины, включающая базовое шасси, специальное оборудование и массу воды в цистерне;

$f_{\text{кач}}$  – коэффициент сопротивления перекачиванию колес машины;

$i$  – подъем дорожного покрытия, выраженный синусом угла наклона местности;

$\eta$  – КПД привода ведущих колес машины.

Мощность, необходимая для работы насосной установки, изменяется в зависимости от выполненной операции.

Наибольшие напор у входа в насадок и расход  $Q$  воды бывают во время мойки дорожных покрытий. Поэтому мощность, необходимую при работе машины, обычно определяют при выполнении этой операции. Работа машины сопровождается постепенным расходом воды, что обуславливает соответствующие уменьшения массы машины и мощности  $N_D$ . Тем не менее, за расчетный режим принимают режим с заполненной цистерной и при этом определяют максимально возможный подъем местности, на котором может работать машина. Для этого путем соответствующих пересчетов частоты вращения насоса определяют режим работы двигателя на основных первой и второй передачах и мощность, развиваемую им.



## Тема 2.2 Подметально-уборочные машины (ПУМ)

1. Назначение, классификация и основные параметры ПУМ.
2. Способы перемещения смета в бункер.
3. Устройство и принцип работы ПУМ.

### 1. Назначение, классификация и основные параметры ПУМ

Подметально-уборочные машины предназначены для подметания асфальто- и цементобетонных дорожных покрытий и сбора смета в бункер машины. В зависимости от способа воздействия на дорожное покрытие при подметании машины разделены на (рисунок 1):

- машины щеточного типа отделяющие смет от дорожного покрытия за счет силового воздействия ворса;
- машины вакуумно-пневматического типа, подметающие дорожное покрытие струей воздуха;
- машины комбинированного щеточно-вакуумно-пневматического типа.

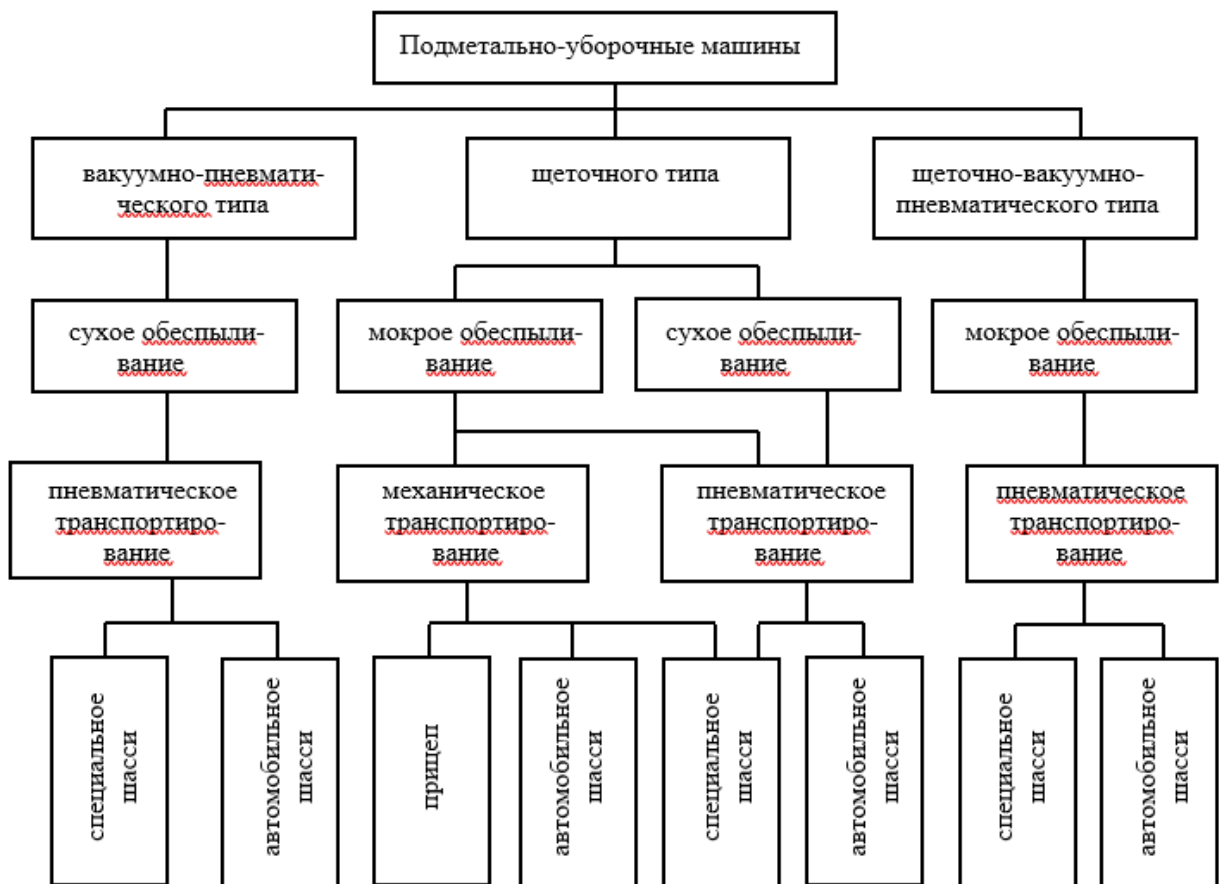


Рисунок 1 – Классификация подметально-уборочных машин

Наиболее распространены в настоящее время машины щеточного и комбинированного типов, а машины вакуумнопневматического (бесщеточного) типа применяются чаще всего при обслуживании аэродромов.

Машины щеточного и комбинированного типов в свою очередь различают по способу обеспыливания процессов подметания и подачи смета в бункер машины. Причем обеспыливают при подметании двумя способами: увлажнением дорожного покрытия (мокрое обеспыливание) и отсасыванием пыли из зоны действия щеток (сухое обеспыливание).

По способу подачи смета в бункер машины разделены на машины с механическим конвейером и машины с пневматическим транспортером. Современные подметально-уборочные машины смонтированы на специальных и автомобильных шасси, а также на прицепах.

К основным параметрам ПУМ относятся:

- ширина подметания, м;
- вместимость бункера для сметы, м<sup>3</sup>;
- вместимость бака для воды, м<sup>3</sup>;
- рабочая скорость, км/ч;
- диаметр цилиндрической и лотковой щеток, м;
- габаритные размеры, мм;
- масса, кг.

## ***2. Способы перемещения смета в бункер***

Подметально-уборочные машины обеспечивают полный цикл уборки, в т.ч. отделение загрязнений и перемещение их с дорожных покрытий в бункер машины. Цикл уборки современной машины включает подметание покрытий, заполнение бункера сметом, транспортирование его на места складирования, разгрузку бункера и заполнение бака водой, необходимой для обеспыливания при подметании.

Для уборки загрязнений машина снабжена щеточными и транспортирующими устройствами, бункером для сметы, механизмом его опорожнения, системой обеспыливания зоны подметания. Щеточное устройство обычно представляет собой комбинацию двух или трех щеток, различающихся формой (рисунок 2). При этом торцовые щетки, предназначенные для уборки полосы дороги у бордюрного камня, обеспечивают подметание и перемещение загрязнений к оси машины. Цилиндрические щетки не только подметают полосы дороги перед машиной, но и направляют смет непосредственно в бункер (рисунок 2, а) или к транспортирующему устройству (рисунок 2, б). Получают распространение цилиндрические щетки, которые, подметая, поднимают смет и направляют его через разгрузочное окно кожуха непосредственно в бункер машины (рисунок 2, в). Значительно распространены машины, у которых перемещение смета в бункер обеспечивается воздушным потоком. В этом случае цилиндрическая щетка, подметая весь смет, подает его непосредственно или с

помощью вспомогательного устройства к всасывающему патрубку пневматического транспортера (рисунок 2, г).

Находят распространение машины, у которых воздушный поток используется для отделения загрязнений небольшой части убираемой полосы, захвата всего смета и перемещения его в бункер по трубе пневмотранспортера (рисунок 2, д). Такие машины снабжены только лотковыми щетками, а функции цилиндрической щетки выполняет специальное сопло – подборщик пневмосистемы. Бункер разгружают преимущественно самосвальным способом.

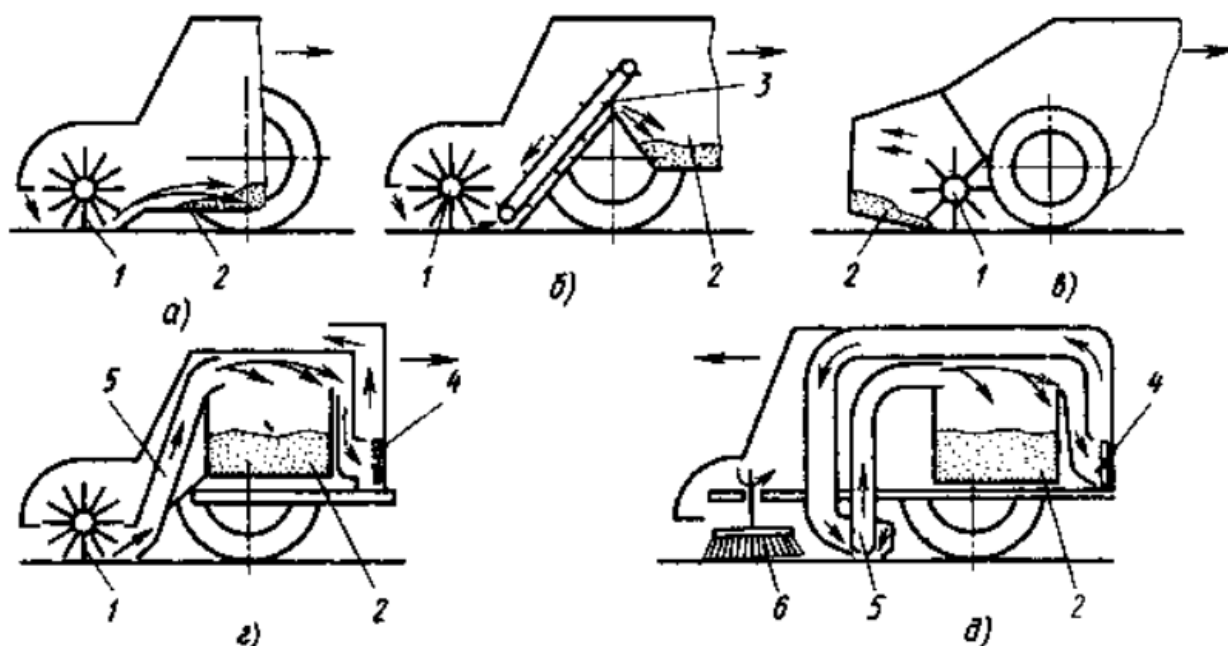


Рисунок 2 – Способы транспортирования смета в бункер

а, в – перемещение смета в бункер щеткой; б – перемещение смета механическим транспортером; г – перемещение смета пневматическим транспортером; д – подметание и перемещение смета сдувающей и всасывающей воздушной струей;  
1 – цилиндрическая щетка; 2 – бункер; 3 – механический транспортер;  
4 – вентилятор; 5 – пневматический транспортер; 6 – лотковая щетка

### 3. Устройство и принцип работы ПУМ

В настоящее время промышленность изготавливает подметальноуборочные машины двух типов, отличающиеся друг от друга, в основном, способом перемещения смета из зоны работы щеточных устройств в бункер машины. На одних ПУМ использована система пневматического транспортирования смета в бункер из зоны работы щетки, а на других – загрязнения, отделенные щеткой, поступают в бункер с помощью механического скребкового транспортера.

Подметально-уборочная машина (рисунок 3) состоит из следующих основных узлов: подметального устройства, механизмов перемещения смета в мусоросборники, системы увлажнения, гидравлической системы, механизмов

привода рабочих органов и кузова. Подметальное устройство включает две лотковые щетки перед задними колесами и главную цилиндрическую щетку за ними.

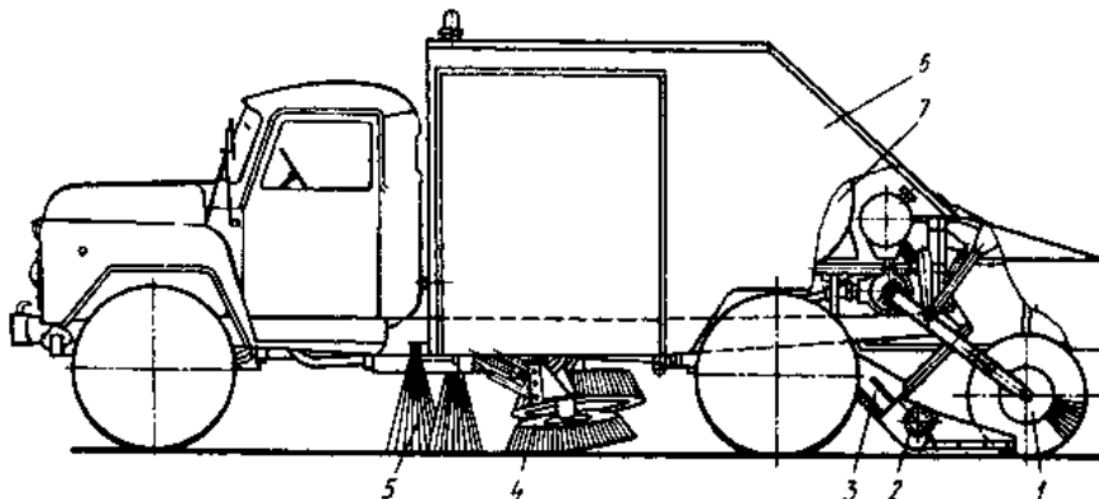


Рисунок 3 – Конструктивная схема подметально-уборочной машины:  
1 – цилиндрическая щетка; 2 – винтовой конвейер; 3 – транспортер;  
4 – лотковая щетка; 5 – система увлажнения; 6 – кузов; 7 – водяной бак

Лотковые щетки подвешены на параллельно расположенных рычагах, позволяющих устанавливать щетки в нужное положение, копировать неровности дороги и бортового камня. Лотковые щетки обычной торцевой конструкции имеют механизмы для регулирования деформации ворса по мере его изнашивания. К бортовому камню лотковая щетка прижимается с помощью пружин. Перед цилиндрической щеткой, подвешенной на шарнирной раме, расположен лоток с двумя винтовыми конвейерами, у которых лопасти навиты в противоположные стороны. Винтовые конвейеры в средней части переходят в наклонный скребковый транспортер.

Расстояния между лотковыми щетками и задними колесами, а также между цилиндрической щеткой и колесами приблизительно одинаковые. Благодаря этому достигается наилучшее перекрытие полос, обрабатываемых щетками. Цилиндрическая щетка подвешена так, что при подъеме ее в транспортное положение одновременно поднимаются лоток, нижняя часть транспортера и винтовой конвейер. Для осмотра щетки и проведения технического обслуживания задняя часть кузова, подвешенная на петлях, может подниматься вверх.

В транспортное и рабочее положения лотковые и цилиндрическая щетки поднимаются и опускаются с помощью гидроцилиндров. Следует учесть, что гидроцилиндры перемещения лотковых щеток являются также распределителями, через которые масло подается к гидромоторам привода. Такая конструк-

ция обеспечивает автоматическое включение гидромотора, вращающего лотковую щетку при ее опускании в рабочее положение, и его отключение при подъеме щетки в транспортное положение.

Смет забрасывается в корытообразный желоб, расположенный в передней части лотка, и винтовым конвейером перемещается к середине машины, подхватывается скребками нижней ветви транспортера. Транспортер подачи смета в контейнеры в верхней части имеет натяжную станцию. Обрезиненные скребки транспортера закреплены на втулочнороликовой цепи. Транспортер перемещает смет в переднюю часть машины к мусоросборникам – двум контейнерам вместимостью по 750 л, помещенным за кабиной водителя. С помощью рычажной системы и двух гидроцилиндров заполненные сметом контейнеры могут сниматься с машины и заменяться порожними. Кроме того, с помощью тех же механизмов контейнеры могут поочередно выгружаться путем перемещения их в наклонное положение.

Система увлажнения, обеспечивающая обеспыливание процесса подметания, состоит из двух баков цилиндрической формы, насоса, системы трубопровода и распылителей, размещенных перед лотковыми щетками под лонжеронами рамы автомобиля за кабиной водителя. На трубопроводе, подающем воду из баков к водяному насосу, установлен фильтр. Расход воды через форсунки регулируется кранами, расположенными в кабине водителя и у лотковых щеток. Водяной насос вихревого типа получает вращение от нижнего вала раздаточного редуктора.

Гидравлическая система машины служит для привода лотковых щеток, разгрузки контейнеров, а также для опускания в рабочее и подъема в транспортное положение рабочих органов.

Механизмы привода состоят из коробки отбора мощности, которая непосредственно приводит в действие насос гидросистемы (рисунок 4). От верхнего вала коробки отбора мощности с помощью карданного вала крутящий момент передается на раздаточный редуктор, который служит для привода водяного насоса системы увлажнения и передачи карданным валом крутящего момента на конический редуктор, приводящий в действие цепь транспортера и цепную передачу привода цилиндрической щетки. Привод шнека осуществляется от цепи транспортера. Механическим и гидравлическим приводами управляют из кабины водителя. Все механизмы закрыты специальным кузовом сварной конструкции, имеющим двери для доступа к контейнерам и люки для осмотра механизмов машины.

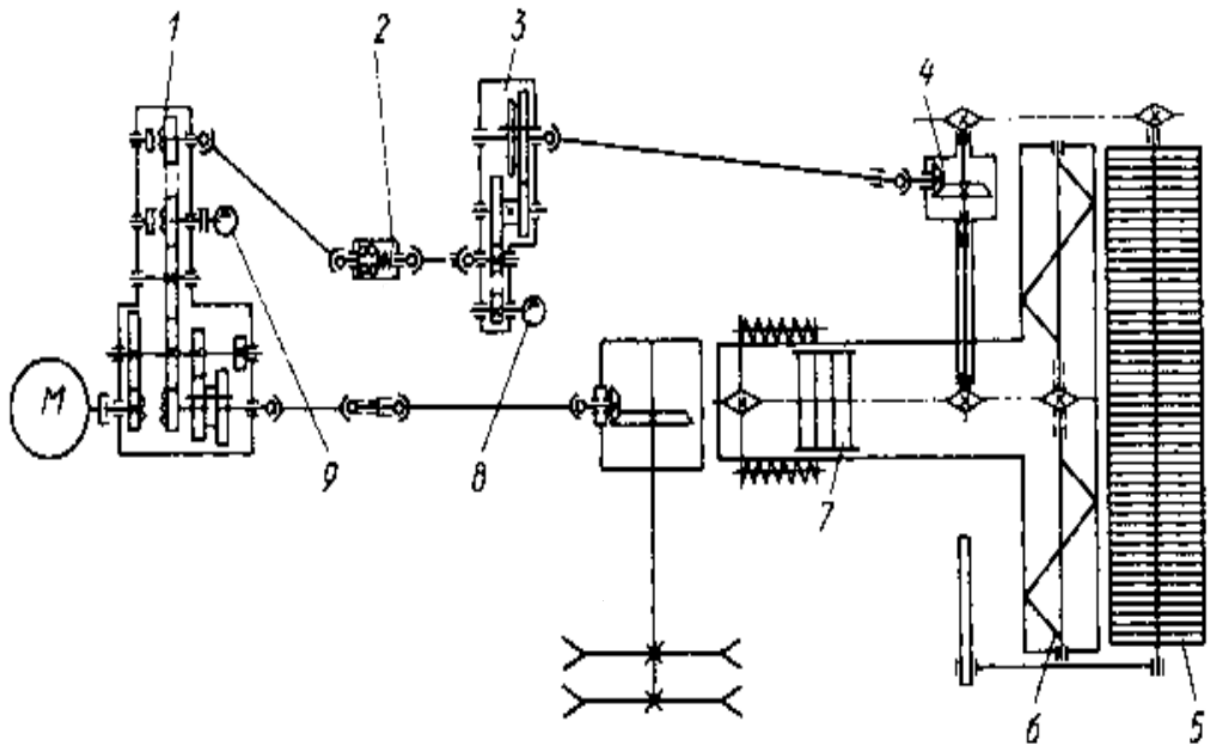


Рисунок 4 – Кинематическая схема подметально-уборочной машины:  
 1 – коробка отбора мощности; 2 – предохранительная муфта; 3 – раздаточный редуктор; 4 – конический редуктор; 5 – цилиндрическая щетка; 6 – шнек;  
 7 – транспортер; 8 – водяной насос; 9 – масляный насос

Особенностью данной машины является возможность круглогодичного использования базового шасси. Для работы в течение зимнего периода часть подметального оборудования демонтируют и заменяют плужно-щеточным снегоочистительным оборудованием, состоящим из плуга, установленного впереди машины, и цилиндрической щетки, расположенной в межбазовом пространстве.

## Раздел III. Машины для зимнего содержания дорог

### Тема 3.1 Снегоочистители

- 1. Плужно-щеточные снегоочистители: назначение, разновидности, общее устройство и определение производительности.**
- 2. Роторные снегоочистители: назначение, разновидности, общее устройство и определение производительности.**

#### *1. Плужно-щеточные снегоочистители: назначение, разновидности, общее устройство и определение производительности*

Плужные снегоочистители предназначены для патрульной очистки дорог и улиц от снега. Их основным рабочим органом является плуг (отвал), который устанавливается под заданным углом к направлению движения машины. Кроме того, они могут иметь другие рабочие органы, например, щеточное оборудование и дополнительные отвалы, расширяющие зону их действия. Плужные снегоочистители классифицируют по следующим основным признакам:

- 1) *по типу действия рабочего органа* – сдвигающего, сдвигающе-очищающего и сдвигающе-отбрасывающего;
- 2) *по типу шасси* – пневмоколесные и гусеничные;
- 3) *по конструкции рабочего органа* – одно- и двухотвальные;
- 4) *по виду отвала* – с неповоротным и поворотным отвалом;
- 5) *по форме отвала* – с отвалом цилиндрической и конической формы;
- 6) *по виду работ* – специализированные снегоочистители и универсальные (комбинированные) машины для круглогодичного содержания дорог.

*Плужные снегоочистители сдвигающего действия* (рисунок 1, а, г) выпускают в основном в виде навесного сменного оборудования к тягачам, тракторам и автогрейдером, которые обеспечивают очистку полосы за один проход благодаря большой силе тяги и курсовой устойчивости. Они разрабатывают одноотвальным плугом снег толщиной до 0,3-0,4 м на пневмоколесном шасси и двухотвальным – толщиной до 1,0-1,5 м на гусеничном шасси. Скорость очистки дорог этими машинами ограничивается 10 км/ч для пневмоколесного шасси и 6 км/ч – для гусеничного. Поэтому их используют при небольших объемах работ для уборки снега с улиц и дорог местного значения.

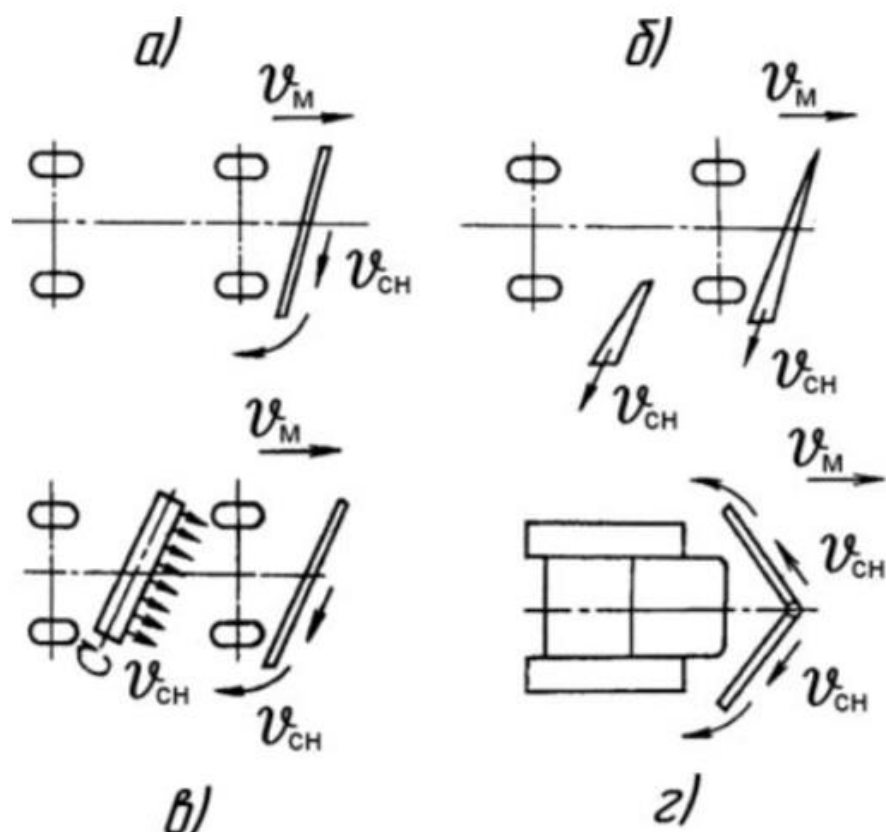


Рисунок 1 – Схемы плужных снегоочистителей:  
 а – одноотвальный на пневмоколесном шасси; б – одноотвальный скоростной с открылком; в – плужно-щеточный; г – двухотвальный на гусеничном шасси

Наибольшая эффективность плужного снегоочистителя сдвигающего действия достигается при очистке поверхности дорожных покрытий от свежесвыпавшего неуплотненного снега.

Основными элементами плужного снегоочистителя являются снежный плуг с механизмом управления его положением, опорное устройство (лыжи или опорные ролики), подвеска с толкающей рамой, система амортизации и предохраняющее устройство.

Плуг состоит из отвала, ножей и рамы. Нижнюю кромку отвала оснащают секционными резиновыми ножами, которые закрепляют болтовыми соединениями. Отвал крепится на поворотной раме, обеспечивающей заданный угол его поворота в плане. Как правило, угол между отвалом и продольной осью машины составляет  $70-90^\circ$ . В свою очередь, раму через шарниры соединяют с толкающими штангами тяговой рамы, которую крепят к лонжеронам шасси. Штанги могут выполнять функции амортизаторов, предохраняющих раму базового шасси от ударных нагрузок.

*Плужно-щеточные снегоочистители сдвигающе-очищающего действия* (рисунок 1, в) имеют одноотвальный плуг и цилиндрическую щетку, которые обеспечивают разработку свежесвыпавшего снега толщиной  $0,2-0,4$  м со скоростью более  $10-20$  км/ч на пневмоколесном шасси.



Плужные снегоочистители сдвигающе-отбрасывающего действия (рисунк 1, б) разрабатывают снег толщиной до 0,2-0,4 м со скоростью более 25 км/ч. Наличие отвалов конической формы обеспечивает дальность отбрасывания снега до 10-15 м, поэтому их используют в основном на загородных дорогах.

Для обеспечения расширенных технологических возможностей выпускают комбинированные машины, оснащенные набором различных агрегатов для зимнего содержания дорог, один из вариантов которых представлен на рисунке 2. Во-первых, снегоочиститель располагает фронтально расположенным снежным плугом 4, включающим отвал для скоростной очистки дорожных покрытий, система подвески которого обеспечивает в рабочем положении возможность его перемещения вверх и вниз для копирования профиля дорожного полотна или в случае наезда на препятствие. Подъем и опускание плуга осуществляют гидроцилиндрами двухстороннего действия. Во-вторых, он оснащен цилиндрической щеткой 5, которая своим ворсом должна качественно очищать полотно при скоростях до 50-70 км/ч. Щетку диаметром по ворсу 550-750 мм с помощью кронштейнов крепят к раме машины снизу между передней и задней осями, ее подъем-опускание производят с помощью пары гидроцилиндров. Привод щетки осуществляют либо напрямую от высокомоментного гидромотора, либо от низкомоментного гидромотора через планетарный редуктор или цепную передачу. В-третьих, машину оснащают пескоразбрасывающим оборудованием, которое включает кузов, раздаточный бункер 2 с сортирующей решеткой 3 и распределитель 1.

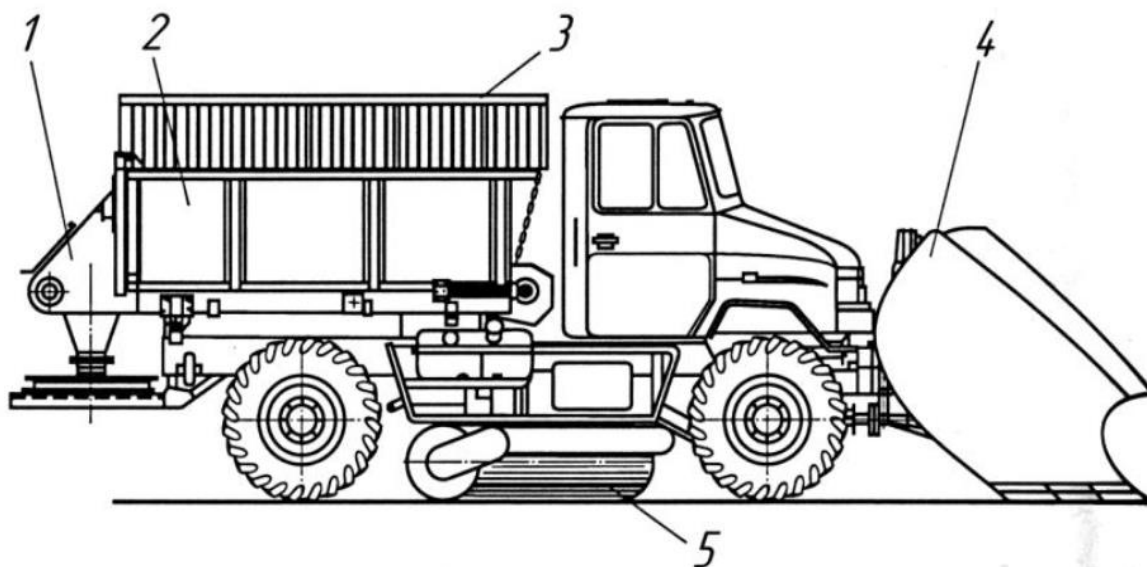


Рисунок 2 – Конструктивная схема плужно-щеточного снегоочистителя:  
1 – распределитель сыпучих противогололедных материалов; 2 – бункер для сыпучих противогололедных материалов; 3 – сортирующая решетка; 4 – фронтальный снежный плуг для скоростной очистки; 5 – цилиндрическая щетка

## Производительность плужных и щеточно-плужных снегоочистителей

$$P_э = \frac{1000k_v(B_{пл} - b_{пер})H_c v_p}{n_{пр}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $b_{пер}$  – величина перекрытия при проходах машины, м;

$v_p$  – рабочая скорость машины, км/ч;

$n_{пр}$  – число проходов по одному месту.

### ***2. Роторные снегоочистители: назначение, разновидности, общее устройство и определение производительности***

*Роторные снегоочистители* используют для выполнения снегоуборочных работ при нерегулярной очистке дорог и улиц, а также после обильных снегопадов, т.е. после образования на дорогах и улицах объемных и плотных снежных масс.

Роторные снегоочистители обеспечивают вырезание снега из массива и его отбрасывание в сторону, поэтому его рабочее оборудование состоит из двух основных органов: питателя, отделяющего снег от массива (например, фрезы), и метательного аппарата (например, ротора) для отбрасывания снега в сторону от зоны очистки на обочину или в транспортное средство.

Роторные снегоочистители классифицируют по следующим основным признакам:

- 1) *по производительности* – легкие, средние и тяжелые;
- 2) *по типу шасси* – пневмокошесные (на базе автомобиля, тягача или специального шасси) и гусеничные (на базе трактора);
- 3) *по типу силовой установки рабочих органов* – от двигателя базового шасси и от автономного двигателя;
- 4) *по типу привода рабочих органов* – с механическим, гидравлическим и электрическим;
- 5) *по принципу действия* – с отдельным и совмещенным рабочим органом;
- 6) *по конструкции питателя отдельного рабочего органа* – с плужным, фрезерным и шнековым питателем.

Роторное оборудование позволяет убирать снег при различной ширине рабочего органа: для очистки тротуаров используют малогабаритные машины, имеющие ширину захвата до 1 м, для магистральных дорог – крупногабаритные с шириной захвата более 2,5 м.

В настоящее время получили распространение пять принципиальных схем рабочих органов роторных снегоочистителей (рисунок 3), которые, в свою очередь, разделены на две группы: рабочие органы совмещенного типа и рабочие органы отдельного типа.

В рабочих органах совмещенного типа разработку валов снега и его отбрасывание в сторону выполняет один и тот же рабочий орган. В отличие от этого рабочий орган раздельного типа состоит из двух устройств – одно разрабатывает снег и подает его в другое, которое и отбрасывает снег. Прочность снега в валах на городских дорогах различна. Поэтому наиболее важным требованием к рабочему органу для роторных снегоочистителей, применяемых в городских условиях, является способность разработки снега большой прочностью. Наиболее полно этому требованию отвечает рабочий орган фрезерно-роторного типа, у которого разработка валов снега обеспечивается фрезой с горизонтальной осью вращения, а отбрасывание снега – ротором.

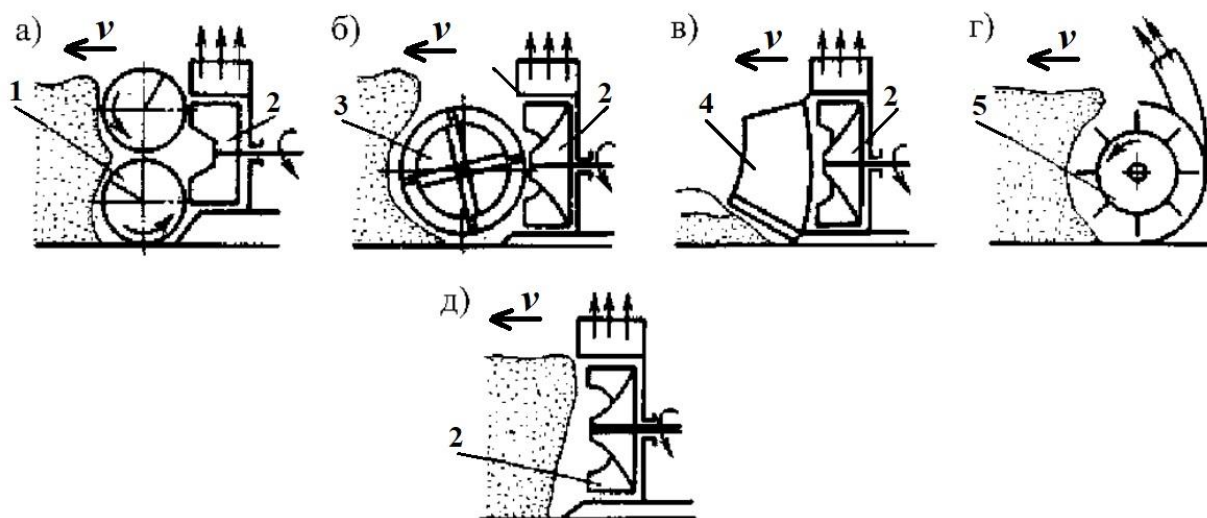


Рисунок 3 – Схемы рабочих органов роторных снегоочистителей:  
 а – шнекороторный; б – фрезерно-роторный; в – плужно-роторный;  
 г – фрезерный; д – роторный;  
 1 – шнек; 2 – ротор; 3 – фреза; 4 – отвал; 5 – фрезерный барабан

На рисунке 4 представлен шнекороторный снегоочиститель ДЭ-210, смонтированный на автомобильном шасси ЗИЛ-131 и предназначенный для расчистки от снега взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек и других участков аэродромов. Также используется для уборки снега на дорогах и автомагистралях.

Для привода рабочего и ходового оборудования снегоочистителя базового шасси использован один дизельный двигатель. Специальное оборудование машины состоит из рабочего органа, его корпуса, механизмов подвески рабочего органа, гидрооборудования, механизмов привода рабочего органа и ходового оборудования базового шасси.

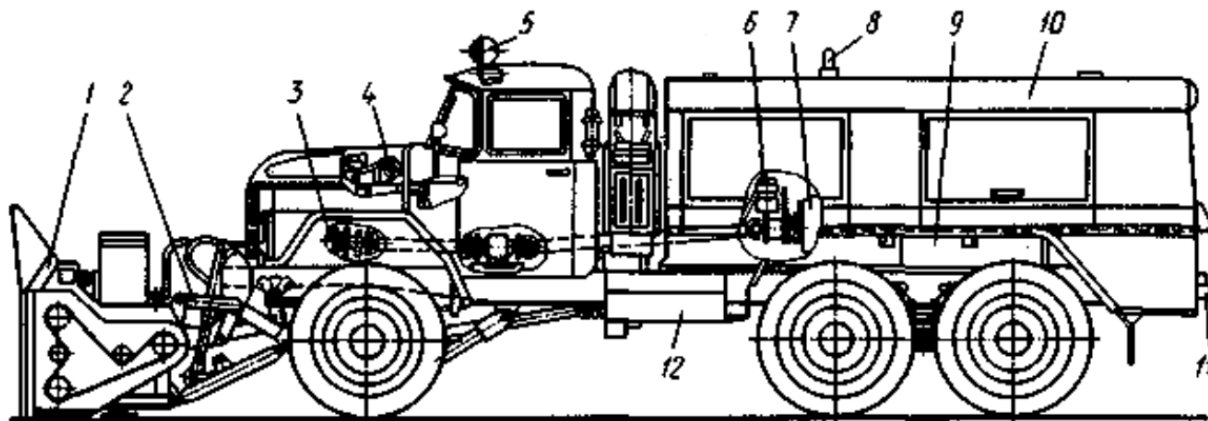


Рисунок 4 – Шнекороторный снегоочиститель ДЭ-210

Рабочий орган установлен с помощью механизма подвески впереди автомобиля и прикреплен к лонжеронам базового шасси.

Он состоит из двух шнеков и ротора. Эти механизмы помещены в корпусе рабочего органа. В передней части корпуса один над другим размещены два шнека, направление витков которых обеспечивает перемещение разработанного снега к продольной оси машины. Корпус сварной цельнометаллический, в рабочем положении опирается на лыжи. В задней части корпуса имеются лобовой лист с отверстием и четыре проушины, служащие для соединения корпуса с механизмом подвески. На корпусе закреплен редуктор привода рабочего органа. Шнеки смонтированы на боковинах корпуса на самоустанавливающихся подшипниках. Ротор представляет собой звездообразную литую ступицу с шестью отверстиями, к которым болтами прикреплены лопасти ротора. Кожух ротора представляет собой улиткообразную конструкцию, состоящую из обечайки, имеющей патрубок для выбрасывания снега, и задней стенки. Рабочий орган вместе с корпусом присоединен к механизму подвески, который состоит из рамы, двух рычагов и двух гидроцилиндров подъема рабочих органов. Гидравлическая система машины включает в себя шестеренный насос, три гидроцилиндра, два из которых служат для перемещения рабочего органа в рабочее положение и транспортное положение и один – для поворота кожуха ротора. Механизмы машины приводятся в работу дизелем с помощью карданных валов и раздаточного редуктора, который передает крутящий момент редуктору рабочего органа. Этот редуктор имеет одну пару конических шестерен и верхний ведомый вал, на котором закреплена ступица ротора. Ведущий вал с помощью карданного вала передает крутящий момент звездочке двухрядной цепной передачи привода шнеков.

Техническую производительность снегоочистителя определяют с учетом характеристик очищаемого полотна:

$$P_{CO} = 3,6\rho_{CH}B_{ПИТ}H_{CH}v_{CO}, \text{ кг/с}$$

где  $\rho_{CH}$  – плотность снежного покрова, кг/м<sup>3</sup>;  
 $B_{ПИТ}$  – ширина захвата питателя, м;  
 $H_{CH}$  – толщина снежного покрова, м;  
 $v_{CO}$  – рабочая скорость снегоочистителя, м/с.

### Тема 3.2 Снегопогрузчики

1. Назначение, общее устройство и принцип работы снегопогрузчиков лапового и фрезерного типов.
2. Тяговый расчет снегопогрузчика с лаповым питателем.

#### *1. Назначение, общее устройство и принцип работы снегопогрузчиков лапового и фрезерного типов*

Снегопогрузчик предназначен для погрузки снега в транспортные средства из валов и куч, образованных после снегоочистки. В настоящее время выпускаются снегопогрузчики с рабочим органом лапового (рисунок 1, а) и фрезерного (рисунок 1, б) типов. На рисунке 2 представлен снегопогрузчик Д-566, состоящий из базового шасси специальной конструкции и рабочего оборудования, включающего питатель лапового типа, скребковый транспортер, гидравлическую систему и механизмы привода. Базовое шасси выполнено с двумя ведущими мостами, из которых задний является управляемым. Оно состоит из двигателя, коробки передач, ходоуменьшителя, карданных валов, тормозной системы, рулевого управления, пневмо- и электросистемы.

Силовая установка машины состоит из дизельного двигателя Д-50, систем охлаждения и питания двигателя, а также муфты сцепления. Конструкция коробки передач обеспечивает движение с шестью скоростями вперед и тремя скоростями назад (рисунок 3). Коробка имеет три выходных вала, передающих крутящий момент системе привода рабочих органов, ходоуменьшителю и раздаточной коробке, приводящей ходовые колеса машины. Ходоуменьшитель обеспечивает уменьшение скорости движения машины при погрузке снега и состоит из одноступенчатого редуктора и гидро- мотора.

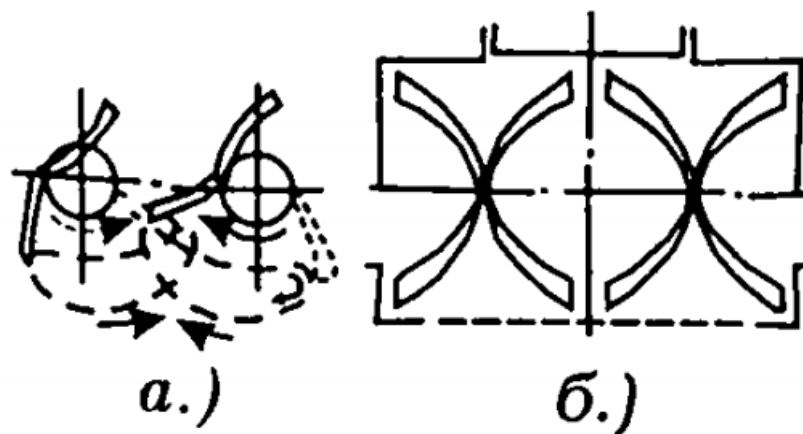


Рисунок 1 – Рабочие органы снегопогрузчиков:  
а – лапового типа; б – фрезерного типа

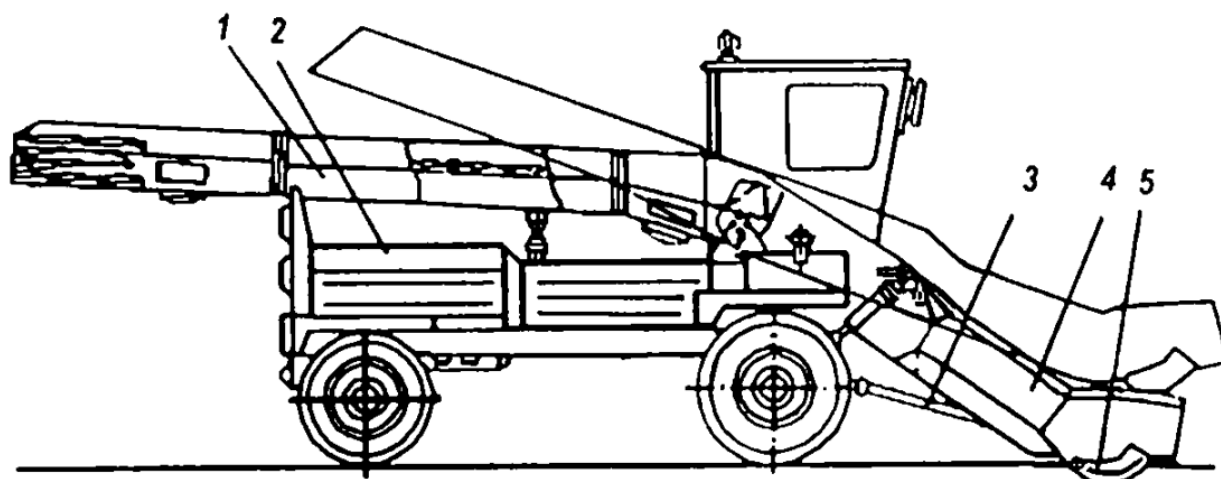


Рисунок 2 – Снегопогрузчик Д-566: 1 – стрела с транспортером; 2 – двигатель;  
3 – трансмиссия; 4 – лопата; 5 – опорные лыжи

Пневматическая система используется для торможения машины, включения заднего моста, а также для управления редуктором отбора мощности и муфтой предельного момента. Работу пневмосистемы обеспечивает компрессор с приводом от двигателя машины с помощью ременной передачи, снабженной натяжным устройством. Компрессор подает воздух в ресивер и далее по трубопроводам к механизмам управления. Электросистема, служащая для пуска двигателя, обеспечивает работу освещения, указателей поворота и других устройств. Специальное оборудование снегопогрузчика состоит из лопаты, подвешенной шарнирно спереди машины, и стрелы. К тому же узлу подвески шарнирно прикреплена стрела транспортера.

Транспортер состоит из верхней и нижней рам, соединенных шарнирно, ленты в сборе, натяжного устройства и механизмов привода. Верхняя и нижняя рамы благодаря шарнирному соединению могут отдельно подниматься и опускаться. На верхних частях рам установлены стойки с поддерживающими

ленту транспортера роликами. По обеим сторонам рам закреплены ограждения, которые образуют лоток, препятствующий просыпанию транспортируемой снежной массы. Для обеспечения надежной работы транспортера на его ленте установлены два ряда рифлей. Рифли из резинового профиля размещены с шагом, обеспечивающим ленте необходимую гибкость.

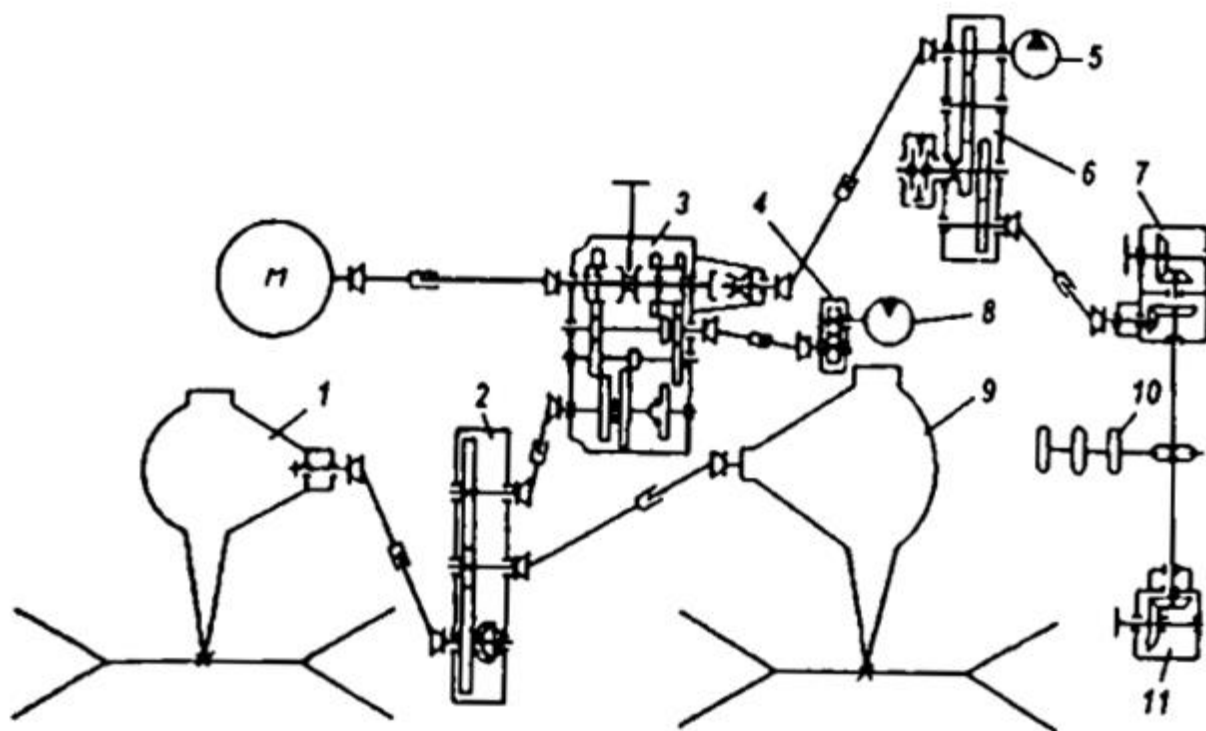


Рисунок 3 – Кинематическая схема снегопогрузчика Д-566:

- 1 – задний мост; 2 – раздаточная коробка; 3 – коробка передач; 4 – редуктор ходоуменьшителя; 5 – гидронасос; 6 – раздаточный редуктор; 7 – главный редуктор; 8 – гидромотор ходоуменьшителя; 9 – передний мост; 10 – скребковый транспортер; 11 – редуктор привода правой лапы

Для привода рабочих органов использована следующая система передаточных механизмов. Между сцеплением двигателя автомобиля и коробкой передач размещен ходоуменьшитель с помощью которого приводятся в работу ходовые механизмы автомобиля и масляный насос, отбирается мощность на рабочие органы машины. Крутящий момент, предназначенный для привода ходового оборудования, карданным валом передается на демультипликатор, который в свою очередь, через карданный вал и раздаточный редуктор передает крутящий момент на передний и задний мосты базового автомобиля. Рабочие органы (два лаповых питателя и транспортер) приводятся от ходоуменьшителя через карданный вал и раздаточный конический редуктор.

Погрузчик работает следующим образом. Лопата, опущенная в рабочее положение и опирающаяся на лыжи, врезается в вал снега, отделяет некоторый объем и перемещает его к продольной оси машины. Под воздействием лап и

напорных усилий, возникающих при движении машины вдоль вала, отделенный объем снега поступает через направляющий желоб на транспортер, перемещающий материал в грузовой автомобиль.

## 2. Тяговый расчет снегопогрузчика с лаповым питателем

Во время работы машины часть сопротивлений, которые возникают при воздействии лап питателя на снег и перемещений снега, преодолевается благодаря мощности, развиваемой двигателем и передаваемой с помощью коробки отбора мощности на рабочий орган.

Работа питателя сопровождается возникновением следующих сил сопротивлений.

Сила сопротивления срезанию объема снега лапами питателя ( $H$ ):

$$W_1 = Sh_{\text{ср}}K_{\text{ср}}$$

где  $S$  – ширина полосы, срезаемой лапой за один ход, м;

$h_{\text{ср}}$  – средняя высота срезаемого лапой объема, м;

$K_{\text{ср}}$  – удельное сопротивление резанию снега, Н/м<sup>2</sup>.

С некоторым приближением:

$$S = v_{\text{м}}/n_{\text{л}}$$

где  $v_{\text{м}}$  – рабочая скорость снегопогрузчика, м/с;

$n_{\text{л}}$  – число рабочих ходов лапы в единицу времени.

Сила сопротивления, возникающая при перемещении срезанного объема снега по поверхности лопаты ( $H$ ):

$$W_2 = m_{\text{с}}(f_1 \cos \gamma + \sin \gamma)g$$

где  $m_{\text{с}}$  – масса срезаемого за рабочий ход лапы и перемещаемого к транспортеру снега;  $m_{\text{с}} = Sh_{\text{ср}}B\rho_{\text{с}}/2$  ( $B$  – ширина захвата снегопогрузчика или ширина погружаемого вала, м;  $\rho_{\text{с}}$  – плотность снега, кг/м<sup>3</sup>);

$f_1$  – коэффициент внешнего трения снега о поверхность лопаты;

$\gamma$  – угол наклона лопаты к дорожному покрытию;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

При работе транспортера возникают следующие силы сопротивления. Сила сопротивления при перемещении снега транспортером ( $H$ ):

$$W_3 = f_2 m_{\text{тр}} g \cos \beta$$



где  $f_2$  – коэффициент трения снега о транспортер;

$m_{\text{тр}}$  – масса снега, находящегося на транспортере,  $m_{\text{тр}} = \Pi L / v_1$  ( $\Pi$  – производительность снегопогрузчика, кг/с;  $L$  – длина рабочей части транспортера, м;  $v_1$  – скорость транспортера, м/с);

$\beta$  – угол наклона транспортера по отношению к дорожному покрытию.

Сила сопротивления при подъеме снега транспортером ( $H$ ):

$$W_4 = m_{\text{тр}} g \sin \beta$$

Сила сопротивления, возникающая при движении транспортера ( $H$ ):

$$W_5 = f_3 m_{\text{к}} g \cos \beta$$

где  $f_3$  – коэффициент сопротивления движению транспортера;

$m_{\text{к}}$  – масса транспортера, кг.

Сила сопротивления врезанию ножа лопаты в вал снега ( $H$ ):

$$W_6 = BK_{\text{ср}} h'_{\text{ср}}$$

где  $h'_{\text{ср}}$  – средняя высота слоя снега, срезаемого ножом лопаты, м.

Сила сопротивления, возникающая при перемещении лопаты ( $H$ ):

$$W_7 = m_{\text{л}} g (f_4 + i)$$

где  $m_{\text{л}}$  – масса лопаты, приходящаяся на дорожное покрытие, кг;

$f_4$  – коэффициент трения металла о дорожное покрытие;

$i$  – уклон местности, выраженный через синус угла наклона дороги.

Сила сопротивления перемещению машины ( $H$ ):

$$W_8 = (m_{\text{м}} - m_{\text{л}}) g (f_{\text{кач}} + i)$$

где  $m_{\text{м}}$  – масса машины, кг.

Мощность, необходимая для обеспечения работы снегопогрузчика, будет складываться из мощности  $N_1$ , передаваемой от двигателя через коробку отбора мощности, и мощности  $N_2$ , необходимой для привода ведущих колес машины (кВт):

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2$$

Мощность, передаваемая через коробку отбора мощности (кВт):

$$N_1 = \frac{2A_{\text{п}}n_{\text{п}}}{1000\eta_1} + \frac{(W_3 + W_4 + W_5)v_1e}{1000\eta_2}$$

где  $A_{\text{п}} = (W_1 0,5B + W_2 l_1)k_{\text{д}}$ , Н·м ( $l_1$  – длина пути перемещения снега лапой к транспортеру после срезания, м;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий действие динамических нагрузок,  $k_{\text{д}} = 1,6-1,7$ );

$\eta_1$  – к.п.д. трансмиссии от двигателя к питателю;

$v_1$  – скорость транспортера, м/с;

$e$  – коэффициент, характеризующий сопротивление в подшипниках звездочек цепи транспортера,  $e = 1,25$ ;

$\eta_2$  – к.п.д. трансмиссии от двигателя к транспортеру;

Мощность необходимая для привода ведущих колес машины (кВт):

$$N_2 = (W_6 + W_7 + W_8)v_{\text{м}}/(1000\eta)$$

где  $\eta$  – к.п.д. передачи от двигателя к ведущим колесам.

### Тема 3.3 Распределители технологических материалов

**1. Назначение, общее устройство и принцип работы машины для распределения противогололедных материалов (ПГМ).**

**2. Определение мощности необходимой на привод транспортера и распределительного диска.**

#### *1. Назначение, общее устройство и принцип работы машины для распределения противогололедных материалов (ПГМ)*

Эти машины предназначены для распределения по поверхности дорожного покрытия во время снегоочистки или борьбы с гололедом и скользкостью технологических материалов.

При неизбежном наличии на поверхности покрытия тонкого слоя снега или льда для повышения сцепления колес с таким покрытием распределяются песок, мелкий щебень или его отсев с размером зерен 0-5 мм, гранитная крошка, соль и песчаносоляная смесь, а также разбрызгиваются солевые растворы.

Как правило, для этого используют комбинированные дорожные машины на шасси грузовых автомобилей, конструкция и мощность привода которых в наибольшей степени подходят для установки необходимого оборудования.

Распределение сыпучих материалов осуществляют в основном по следующей схеме. Сыпучий реагент засыпают в бункер (кузов) в форме

трапецевидной призмы, которая обращена меньшим основанием вниз. Открытый верх бункера забран двускатной решеткой, играющей роль сита, и закрыт съемным тентом. По днищу бункера проложен питатель, который выносит сыпучую смесь к заднему торцу бункера, где установлено распределительное устройство. Устройство представляет собой горизонтальный диск, закрытый кожухом, с радиально расположенными вертикальными лопастями на плоскости диска. Диск вращается и равномерно разбрасывает материал через щели в кожухе по обрабатываемой поверхности полотна. Если распределитель расположен на продольной оси машины, выброс материала происходит симметрично оси.

Для работы на крупных автомагистралях используют шасси грузовых автомобилей грузоподъемностью более 3 т с колесной формулой 6×6, 6×4 или 4×2. Машины должны иметь двигатель большой мощности, обеспечивающий высокую рабочую скорость, возможность одновременного привода различного навесного оборудования, а также большую грузоподъемность для длительной эксплуатации машины без дозаправки антигололедными материалами. Как правило, такие машины являются универсальными, поскольку снабжены комплектом оборудования для круглогодичного содержания дорог и улиц.

Схема типичного рабочего оборудования для распределения сыпучих противогололедных материалов показана на рисунке 1.

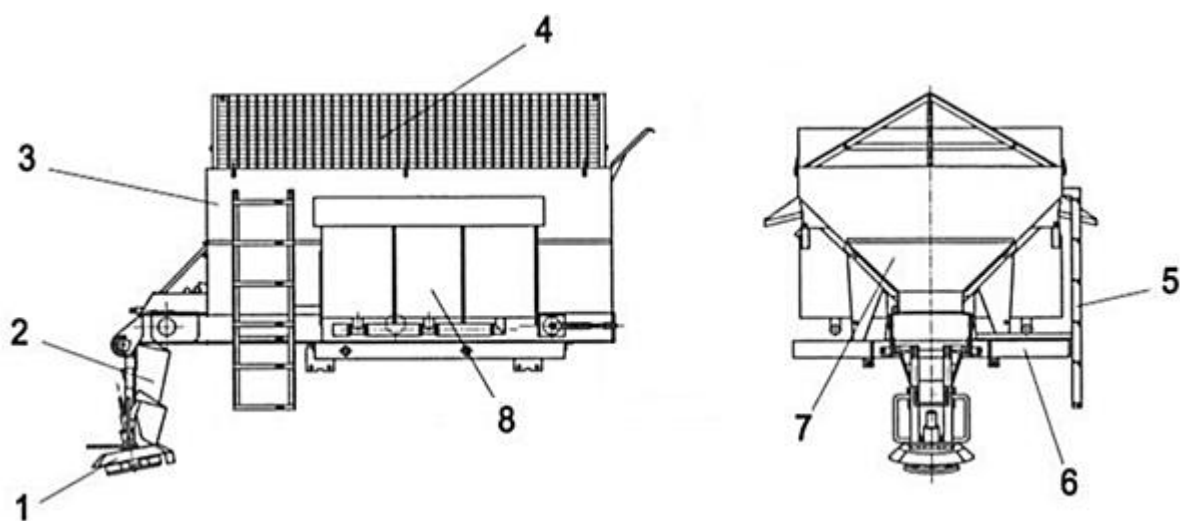


Рисунок 1 – Схема рабочего оборудования распределителя сыпучих материалов:  
 1 – разбрасыватель; 2 – лоток; 3 – кузов; 4 – решетка; 5 – лестница;  
 6 – подрамник; 7 – питатель; 8 – бак

Рабочее оборудование распределителя включает кузов 3, питатель (конвейер) 7, разбрасывающий диск 1, а также гидросистему и механизмы привода. Кузов установлен на подрамнике 6, который крепится к лонжеронам базового шасси. В нижней части кузова, имеющего наклонные стенки, размещают питатель 7. Передняя и задняя стенки кузова имеют окна для прохода несущей (верхней) ветви конвейера. На заднем

борту кузова располагают накопительный бункер, из которого сыпучий материал поступает на разбрасывающий диск. Окно в заднем борте кузова, предназначенное для прохода рабочей ветви транспортера, частично перекрывается шиберной заслонкой и является дополнительным регулятором объема материала, поступающего на диск. В бункере и в передней части кузова располагают валы транспортера с приводными звездочками. Верхняя рабочая ветвь транспортера-питателя с материалом перемещается по днищу кузова, а нижняя ветвь – под его днищем. Распределитель имеет баки с водой для смачивания твердых реагентов. Установку и демонтаж сменного кузова производят различными методами. Во-первых, монтаж кузова непосредственно на раму шасси осуществляют либо с помощью крана, либо с использованием собственного оборудования. В последнем варианте сменный кузов снабжают выдвигными опорами с домкратами, при помощи которых при демонтаже он приподнимается над рамой, и машина выезжает из-под кузова. Во-вторых, кузов рабочего оборудования снабжают складными опорными стойками и устанавливают в кузове самосвала, что значительно ускоряет процесс установки или снятия оборудования. В-третьих, монтаж производят с использованием подъемных устройств типа «мультилифт» - кузов рабочего оборудования цепляют крюковым захватом или фиксируют тросами и затягивают на автомобиль.

## ***2. Определение мощности необходимой на привод транспортера и распределительного диска***

При эксплуатации зачастую распределители, заполненные технологическими материалами, остаются на дежурстве на период, в течение которого возможно смерзание материала. Поэтому привод транспортера необходимо проверить на этот наиболее тяжелый случай, при котором *сила сопротивления движению цепи*:

$$W = n_{\text{скр}} b h_{\text{скр}} k_{\text{см}}, \text{ Н}$$

где  $n_{\text{скр}}$  – число скребков верхней ветви транспортера;

$b$  – ширина скребка, м;

$h_{\text{скр}}$  – высота скребка, м;

$k_{\text{см}}$  – предел прочности смерзшегося материала при сдвиге, Па.

*Мощность, необходимая для работы конвейера:*

$$N_{\text{к}} = W v_{\text{к}} / (1000 \eta_1)$$

где  $v_{\text{к}}$  – скорость конвейера, м/с;

$\eta_1$  – КПД передачи от двигателя к конвейеру.

Для привода распределяющего диска необходима мощность  $N_d$ , кВт

$$N_d = m\omega^2 R^2 \{1 + (K - f)^2 + 2f(K - f)(1 - r_{cp}^2/R^2)\} / (2000\eta_2)$$

где  $m$  – масса материала, поступающего на диск в единицу времени, кг/сек;

$$m = qBv_m$$

где  $q$  – норма распределения материала, кг/м<sup>2</sup>;

$B$  – ширина обрабатываемой полосы, м;

$v_m$  – рабочая скорость машины, м/с;

$\omega$  – угловая скорость диска, рад/сек;

$R$  – радиус диска, м;

$k$  – коэффициент внутреннего трения материала;

$f$  – коэффициент трения материала о поверхность диска;

$r_{cp}$  – средний радиус расположения частиц материала на диске, принимаемым равным на 10-20 % больше радиуса ступицы диска, м;

$\eta_2$  – КПД передачи от двигателя к диску.

При движении машины необходимы затраты мощности, кВт:

$$N_{\Pi} = m_{\Sigma}g(f_{кач} + i)\vartheta_M / (1000\eta), \text{ кВт}$$

где  $m_{\Sigma}$  – общая масса машины, кг;

$f_{кач}$  – коэффициент сопротивления перекатыванию колес машины;

$i$  – подъем дорожного покрытия, выраженный синусом угла наклона местности;

$\eta$  – КПД привода ведущих колес машины.

*Мощность, необходимая для работы распределителя:*

$$N_{\Sigma} = N_k + N_d + N_{\Pi}$$

## Раздел IV. Машины для ремонта дорог

### Тема 4.1. Машины для текущего ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием

1. Машины и оборудование для ремонта трещин.
2. Машины и оборудование для ямочного ремонта.

#### *1. Машины и оборудование для ремонта трещин*

При устранении трещин, возникающих в покрытиях дорог, используют специальные машины и оборудование. В соответствии с технологией проведения ремонтных работ это оборудование позволяет очищать трещины от грязи, продувать их сжатым воздухом, просушивать, грунтовать стенки и заполнять их мастикой. Окончательной операцией является посыпка обработанной поверхности песком или высевками щебня. По типу ходового оборудования эти машины разделяют на ручные, перемещаемые на тележке, прицепные и самоходные.

Для разделки трещин применяют ручной механизированный инструмент: пневмоломы, пневмомолотки, перфораторы, электромолотки. Одним из перспективных является способ резки асфальтобетонного покрытия с помощью струи горячих газов. Газоструйный термоинструмент предназначен для разделки и очистки трещин в асфальтобетонных покрытиях и может монтироваться на машине, представляющей из себя передвижную управляемую вручную тележку с расположенными на ней термоинструментом и топливным баком. Сжатый воздух подается в рабочий орган и топливный бак от автономного компрессора, а электрический ток для зажигания горючей смеси в камере для сгорания горелки – от автомобильного аккумулятора. Асфальтобетонное покрытие разрезается газовой струей температурой 1000°C, разделка трещин производится струей температурой 500°C, их очистка без оплавления кромок – струей температурой 150°C.

Завершающей операцией по ремонту трещин является их герметизация, которую осуществляют специальными машинами – заливщиками швов [6]. Заливщик представляет собой обогреваемый бак, установленный на раме, оборудованной колесным ходом. Бак может быть оснащен смесителем, а также оборудованием (насосом, коммуникациями, форсункой) для транспортирования герметика к трещине. Герметик загружают в бак, нагревают до рабочей температуры и с помощью насоса подают через управляемую форсунку в подготовленную трещину. Гидравлический привод смесителя и насоса подачи герметика от автономной силовой установки (двигателя внутреннего сгорания) через гидронасос и гидромотор обеспечивает эффективное регулирование подачи герметика. На рисунке 1 показана конструктивная схема самоходного заливщика швов, который размещен на шасси грузового автомобиля.

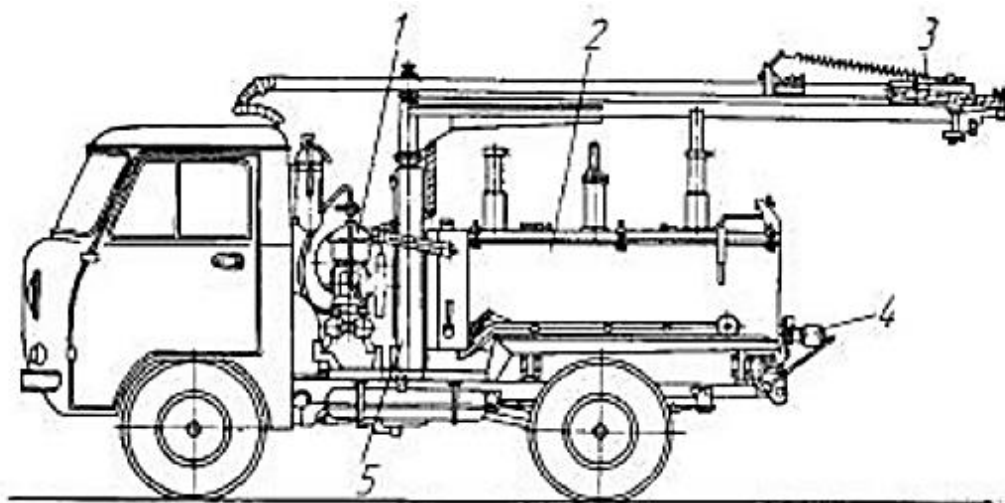


Рисунок 1 – Самоходный заливщик швов:  
 1 – компрессор; 2 – бак для разогрева герметика; 3 – трубопровод;  
 4 – форсунка; 5 – поворотная стойка

Он оснащен пневмосистемой с компрессором 1; баком 2 для разогрева герметика с форсункой 4; системой подачи герметика, включающей поворотную стойку 5 с трубчатой балкой, снабженной трубопроводом 3; приводом подачи воздуха и герметика в полость шва. Краны, насос и трубопроводы также обогреваются горячим газом. Компрессор обеспечивает продувку и очистку шва сжатым воздухом, а также его подачу в топливную форсунку. Компрессор приводят от двигателя транспортного средства через редуктор отбора мощности. Разогретый герметик при помощи насоса через трубопровод и сопло поступает в полость шва. С помощью поворотной стойки и балки сопло трубопровода перемещают вдоль шва для его заполнения.

На рисунке 2 показан прицепной заливщик швов ЗШ-4, смонтированный на базе полуприцепа.



Рисунок 2 – Прицепной заливщик швов ЗШ-4

Он предназначен для разогрева и подачи под давлением битумно-эластомерных герметизирующих мастик при выполнении работ по герметизации трещин, швов и гидроизоляции при ремонтно-строительных работах на автомобильных дорогах, аэродромных покрытиях, мостах, путепроводах. Его комплектуют двумя легкосъёмными насадками – для заливки швов и для заливки трещин.

После заливки трещину покрывают слоем песка или щебня мелких фракций (5...10 мм) для создания защитного шероховатого слоя износа, а также для предотвращения выпотевания битума. Для выполнения поверхностной обработки трещин имеются ручные щебнераспределители на пневмоколесах, основным узлом которых является бункер конической формы с заслонкой для регулирования толщины слоя распределяемого материала. Управление заслонкой и перемещение бункера осуществляют вручную.

## ***2. Машины и оборудование для ямочного ремонта***

Ямочный ремонт заключается в заделывании дефектов дорожного полотна – ям, выбоин, сколов. Это одна из наиболее важных работ при эксплуатации дороги, так как от нее зависит не только долговечность покрытий, но и безопасность техники, передвигающейся по трассе, здоровье и жизнь находящихся в ней людей. Существует множество методов устранения дефектов дороги: есть требующие большого количества ручного труда, есть практически полностью механизированные, когда все операции выполняет один оператор и водитель. Выбор того или иного способа зависит от множества факторов: характера повреждений, сезона и погоды, времени, выделенного на работы, наличия материалов и оборудования, технико-экономического обоснования.

*Ямочный ремонт* состоит из следующих основных операций:

- формирование карты ямочного ремонта, т.е. прямоугольного выреза АБ покрытия при помощи дорожной фрезы или отбойного молотка;
- очистка карты сжатым воздухом при помощи компрессора или пневмовакuumной подметально-уборочной машины (при необходимости промывка водой с последующей сушкой сжатым воздухом);
- грунтовка поверхностей карты битумом или битумной эмульсией;
- укладка АБ смеси и заполнение ремонтируемой карты с запасом на уплотнение;
- уплотнение уложенной смеси виброплитой или виброкатком.

Для обеспечения комплексной механизации работ по ямочному ремонту с применением указанных ремонтных материалов используют специализированные машины или комплекты машин и дополнительного оборудования, которые обеспечивают выполнение всех или некоторых операций по ямочному ремонту.

Для ямочного ремонта часто используют навесные фрезы на базе пневмоколесного трактора (рисунок 3) приведена конструктивная схема



фрезы. Фрезу с неподвижным барабаном 2 крепят при помощи рамы 3 к заднему мосту трактора. Привод рабочего оборудования осуществляют от вала отбора мощности трактора через конический и цилиндрический редукторы. В рабочем положении фрезерное оборудование опирается на два опорных ролика 1, что повышает точность технологических операций. Управление положением фрезы (подъем-опускание) производят при помощи двух гидроцилиндров 4. Машина оснащена системой водяного охлаждения с принудительной подачей воды. Ее производительность составляет до 2000 м<sup>3</sup> в смену при ширине фрезерования 0,4 м.

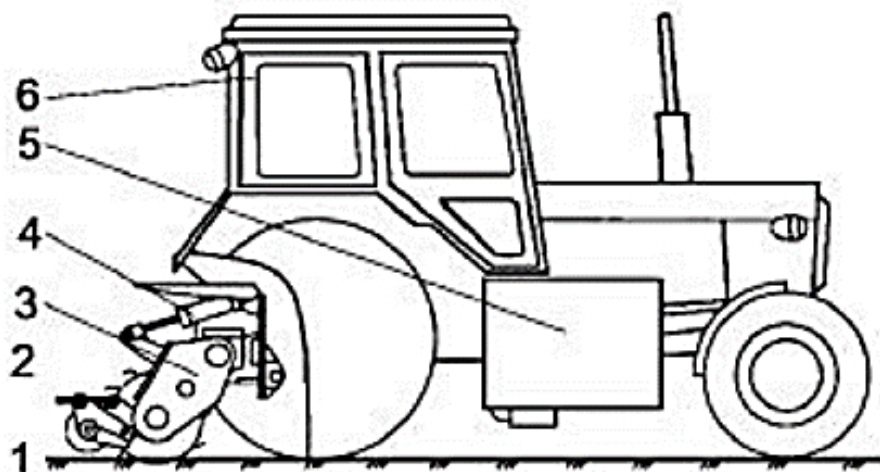


Рисунок 3 – Конструктивная схема навесной дорожной фрезы:  
1 – опорный ролик; 2 – фрезерное оборудование; 3 – рама фрезы; 4 – гидроцилиндр управлением положения фрезы; 5 – коробка передач; 6 – базовый трактор

**Машины для укладки мелкозернистых асфальтобетонных смесей** работают по методу «горячего» восстановления покрытий. Они имеют разную комплектность дополнительного оборудования, а также различные рабочие органы, распределяющие смесь (разбрасывающий диск, распределительную тележку с лотком или разгрузочный шнек).

Самой простой по конструкции является комбинированная дорожная машина (КДМ), приведенная на рисунке 4, которая позволяет реализовать только одну операцию ремонта – распределение смеси при помощи разбрасывающего диска 6. Она представляет собой кузов 1, смонтированный на раме 3, которая крепится к шасси автомобиля при помощи стремянок. Материал из кузова перемещается цепным транспортером к заднему борту, который оборудован шибберной заслонкой, регулирующей расход материала. Затем он попадает на разбрасывающий диск и распределяется по обрабатываемой поверхности. Привод транспортера и разбрасывающего диска осуществляют гидромоторами от гидросистемы базового шасси.

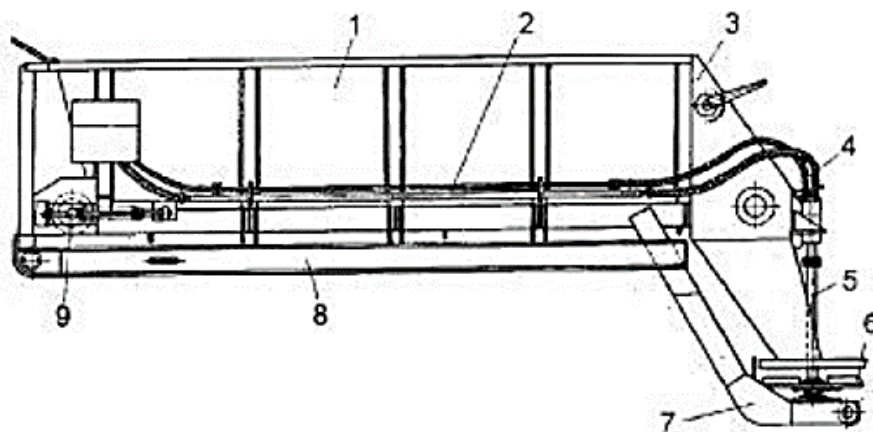


Рисунок 4 – Конструкция машины КДМ:

1 – кузов; 2 – транспортер; 3 – задний борт; 4 – гидросистема; 5 – вал диска; 6 – разбрасывающий диск; 7 – раздаточный лоток; 8 – рама; 9 – привод транспортера

Таким образом, конструкция машины КДМ достаточно проста, что является ее достоинством, но в то же время и определяет ее недостатки. Так, бункер для материала не имеет возможности обогрева, что приводит к быстрому остыванию горячей асфальтобетонной смеси и снижению качества ямочного ремонта по мере снижения ее температуры. Неравномерность подачи материала, обусловленная конструкцией цепного транспортера, требует распределения его по площади ремонтируемой ямы с помощью ручного инструмента, что значительно снижает производительность работы и качество ямочного ремонта. Кроме этого, цепной транспортер имеет еще один недостаток – довольно быстрое вытягивание цепи, особенно при работе с асфальтобетонной смесью, имеющей большую плотность, чем материалы, используемые при посыпке автодорог в зимний период. Перечисленные особенности конструкции и эксплуатации машин данного типа определили тенденцию к их применению в настоящее время при зимнем содержании автодорог, что и подтверждается реакцией заводов-изготовителей, которые выпускают данную технику, комплектуя ее дополнительным передним отвалом простой или аэродинамической формы для уборки снега.

Применение машины КДМ при производстве ямочного ремонта укладки мелкозернистого асфальтобетона требует значительного ручного труда, а также привлечения комплекса машин, включающего в себя компрессор, питающий сжатым воздухом отбойные молотки; битумный котел; каток, что приводит к увеличению стоимости ямочного ремонта.

Для устранения вышеперечисленных недостатков рекомендуется применять иные машины как отечественных, так и зарубежных производителей. Примером подобного наиболее совершенного средства доставки горячей смеси с эффективным термосным бункером емкостью 4 м<sup>3</sup> может служить универсальная машина TP4 фирмы «Akzo Nobel» (рисунок 5).



Рисунок 5 – Машина TP4 для ямочного ремонта покрытий:

- 1 – винтовой конвейер; 2 – лоток подачи смеси; 3 – мешалка бункера; 4 – теплоизоляция;  
 5 – тепломаслоноситель; 6 – пропановая горелка; 7 – электрический подогреватель;  
 8 – выпуск паров; 9 – гидроплатформа с рабочим инструментом; 10 – бункер для отходов;  
 11 – нагреватель для сушки выбоин; 12 – пневмошланг

**Машины для ямочного ремонта укладки литого асфальтобетона** также работают по методу «горячего» восстановления покрытий. Для этого применяют термос-миксеры – специализированная дорожно-строительная техника, предназначенная для приготовления и/или транспортировки литых асфальтобетонных смесей, а также других термопластичных материалов (мастики, пасты, битумосодержащие композиционные смеси) используемых в процессе строительства и ремонта дорог.

Литая асфальтобетонная смесь в момент укладки должна иметь температуру от 185°C до 235°C, что не может быть обеспечено при ее транспортировке от АБЗ к месту проведения работ обычными самосвалами. Помимо этого, обладая высокой пластичностью литой асфальт подвержен расслоению, в связи с чем требует постоянного перемешивания при транспортировке. Т.е. основным назначением термос-миксеров является транспортировка

литых асфальтобетонных смесей от асфальтобетонного завода к месту проведения дорожных работ с поддержанием температуры литого асфальта в заданных пределах и постоянным перемешиванием смеси, препятствующим ее расслоению. Продолжительность нахождения литой смеси в термосе-бункере при постоянном перемешивании и подогреве не должна превышать 12 часов (зависит от конкретного типа литой асфальтобетонной смеси и требований предъявляемых к асфальтируемому покрытию).

Термос-миксер представляет собой самоходный, прицепной или полуприцепной термоизолированный бункер, оборудованный системой принудительного перемешивания, системой подогрева и контроля температуры смеси. Днище и стенки бункера, а также лопасти мешалки изготавливаются из износостойкой жаропрочной стали. Термоизоляция бункера выполняется с помощью минеральной ваты или других термоизолирующих материалов. Наружная обшивка бункера изготавливается из анодированного алюминия или из нержавеющей стали.

При выполнении ямочного ремонта асфальта, как правило, используются самоходные термос-миксеры (рисунок 6) с малым объемом бункера или прицепные. Термос-миксер, применяемый для ямочного ремонта асфальта помимо функции подогрева и перемешивания, должен обеспечивать возможность порционной выгрузки смеси из бункера и распределении ее по ремонтному участку с помощью поворотного лотка.

Привод вращения мешалки может выполняться от двигателя базовой машины через коробку передач с отбором мощности на гидронасос или от автономного двигателя.

Загрузка литой смеси в бункер осуществляется сверху. Конструкция некоторых видов термос-миксеров может предусматривать регулировку наклона емкости для полного стекания смеси при выгрузке. Выгрузка литой смеси осуществляется путем открытия шиберной заслонки, в результате чего литой асфальт вытекает по лотку в дорожную карту или на дорожное полотно. Регулировка интенсивности подачи смеси осуществляется путем изменения высоты подъема заслонки.



Рисунок 6 – Самоходный термос-миксер с горизонтальным расположением вала смесителя

*Машины для ямочного ремонта укладкой эмульсионно-минеральных смесей (ЭМС)* реализуют метод «холодного» восстановления покрытий. При производстве ямочного ремонта автомобильных дорог укладкой эмульсионно-минеральных смесей (ЭМС) используют:

- укладку предварительно приготовленных ЭМС;
- механизированную укладку ЭМС при смешивании компонентов в рабочем органе машины.

Для укладки предварительно приготовленных ЭМС (затаренных или приготовленных непосредственно на объекте производства работ) применяют следующие машины и оборудование:

- 1) стационарную или мобильную установку для приготовления смеси;
- 2) компрессор с набором отбойных молотков или дорожную фрезу для вырубки кромок ямы;
- 3) оборудование для укладки ЭМС в яму;
- 4) виброплиту или ручной виброркаток для уплотнения уложенной в яму ЭМС;
- 5) транспортное средство для перевозки ЭМС с базы на объекты производства работ.

Для механизированной укладки ЭМС (является более прогрессивным методом) используют следующую технику:

- 1) компрессор с набором отбойных молотков или дорожную фрезу;
- 2) машину для приготовления, укладки и уплотнения ЭМС;
- 3) виброплиту или виброркаток.

Механизированную укладку осуществляют путем пневматического транспортирования, совмещения и распределения компонентов ЭМС (этот вид укладки называют методом пневмонабрызга). Его сущность состоит в том, что совмещение компонентов осуществляют в машине при транспортировке битумной эмульсии сжатым воздухом от компрессора под давлением до 1 МПа. В результате образуется эмульсионное облако в распылительном сопле рабочего органа машины, проходя через которое частицы щебня обволакиваются эмульсией. Обработанные частицы на выходе из сопла имеют скорость до 30 м/с, что обеспечивает хорошее уплотнение ремонтного материала в яме.

Машины для механизированной укладки ЭМС совмещают несколько технологических операций ямочного ремонта. Все основные операции (приготовление смеси, ее укладка в ремонтируемую яму и уплотнение) осуществляются потоком воздуха. Рабочее оборудование машин для механизированной укладки ЭМС включает бункеры для минеральных материалов (щебня различных фракций) и битумной эмульсии, систему пневматической подачи исходных компонентов (минеральных материалов и битумной эмульсии) в зону укладки, их распределения и уплотнения.

В качестве примера можно привести машину SR 800 шведской фирмы «SAVALCO» (рисунок 7). Оборудование данных машин состоит из конического бункера для щебня; отдельного бака для битумной эмульсии, имеющего систему подогрева; дизельной силовой установки, приводящей в действие насос гидравлической системы привода шнека подачи щебня и воздуходувку, создающую поток воздуха, увлекающего щебень из шнекового питателя в щебнепровод и далее в рабочий орган (сопло), а также насос, подающий битумную эмульсию из бака в рабочий орган, где она смешивается со щебнем. Получаемая в результате ЭМС непрерывно укладывается в ремонтируемую яму. Рабочий орган (сопло) смонтирован на стреле гидроманипулятора и управляется водителем автомобиля непосредственно из кабины.



Рисунок 7 – Машина для ямочного ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием SR 800 фирмы «SAVALCO»

Недостатком данной машины является относительно невысокое качество ямочного ремонта вследствие отсутствия в выполняемом технологическом процессе операций по промывке щебня от пыли и ямы от грязи и засорителей; металлоемкость и энергонасыщенность, определяющие высокую стоимость изготовления и эксплуатации машины. Производительность машины составляет 140 м<sup>2</sup> в смену.

#### **Тема 4.2. Машины для капитального ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием**

- 1. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии горячего рециклинга.**
- 2. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга.**

##### ***1. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии горячего рециклинга***

При производстве данной технологии восстановление свойств покрытия производится с использованием различных методов разогрева, что

позволяет называть ее *горячим рециклингом*. По месту производства различают два метода горячего рециклинга: рециклинг на заводе и рециклинг на дороге.

Технологический процесс рециклинга на заводе включает в себя следующие операции:

- снятие старого покрытия холодным или горячим фрезерованием;
- доставка автотранспортом сфрезерованного материала (гранулята) на передвижной или стационарный асфальтобетонный завод;
- приготовление новой асфальтобетонной смеси из материала старого покрытия (гранулята) с добавлением минеральных материалов и битума в соответствии с требованиями рецептуры;
- доставка полученной асфальтобетонной смеси автотранспортом на ремонтируемый участок;
- укладка горячей асфальтобетонной смеси;
- уплотнение.

Основным достоинством технологии горячего рециклинга является повторное использование материалов покрытия автомобильной дороги, что позволяет снизить стоимость ее ремонта, а также сохранить толщину покрытия (так как укладка новых слоев производится вместо сфрезерованных старых), что важно при ограничении габарита по высоте (под путепроводами, проводами троллейбусных линий и т.д.), на мостах и путепроводах (так как не происходит увеличения нагрузки на пролетные строения из-за увеличения толщины и, как следствие, – массы покрытия).

Недостатками данной технологии являются значительные транспортные расходы, возрастающие пропорционально увеличению расстояния от асфальтобетонного завода до объекта производства работ, энергозатраты на производство горячей асфальтобетонной смеси и разогрев минерального материала.

Технологический процесс рециклинга на дороге производится специальной машиной – *ремиксером*, за один рабочий ход которой материал старого покрытия разогревается, перерабатывается с добавлением или без добавления нового материала, распределяется и уплотняется. Данный технологический процесс, может быть, реализован в следующих методах:

- термопланирование;
- термогомогенизация;
- термоукладка;
- термосмещение.

*Термопланирование* заключается в выравнивании покрытия при нагреве без добавления новой смеси и применяется при восстановлении ровности и поперечного профиля покрытия, если просвет под трехметровой рейкой не превышает 20 мм. Термопланирование



включает в себя следующие технологические операции:

- разогрев старого покрытия инфракрасными горелками;
- снятие и разравнивание смеси рабочими органами ремиксера;
- уплотнение.

*Термогомогенизация* отличается от термопланирования тем, что кроме перечисленных выше основных операций производится перемешивание старой разрыхленной асфальтобетонной смеси.

При этом повышается однородность асфальтобетона и улучшается уплотняемость.

*Термоукладка* заключается в нагревании существующего покрытия, разрыхлении и разравнивании, после чего производится укладка новой смеси и уплотнение. Термоукладка включает в себя следующие технологические операции:

- разогрев существующего покрытия инфракрасными горелками;
- снятие и разравнивание смеси рабочими органами ремиксера;
- приготовление и доставка автотранспортом горячей асфальтобетонной смеси для устройства слоя износа;
- прием в бункер ремиксера горячей асфальтобетонной смеси и ее распределение;
- предварительное уплотнение горячего переформированного слоя и слоя износа уплотняющим брусом ремиксера;
- окончательное уплотнение.

*Термосмещение* отличается от термоукладки тем, что рабочими органами ремиксера производится перемешивание старой разрыхленной асфальтобетонной смеси и одновременная укладка как с перемешиванием, так и без перемешивания добавляемых горячей асфальтобетонной смеси или минерального материала.

Ремиксер, предназначенный для выполнения перечисленных выше технологических операций горячего рециклинга, включает в себя следующие рабочие органы (рисунок 1): нагреватель для репластификации асфальтобетонных покрытий; приемный бункер с механизмом подачи горячей асфальтобетонной смеси; емкость для вяжущего с системой распределения; рыхлитель для фрезерования и подачи материала в смеситель; укладочный орган, предварительно уплотняющий получаемую смесь; система контроля и управления.

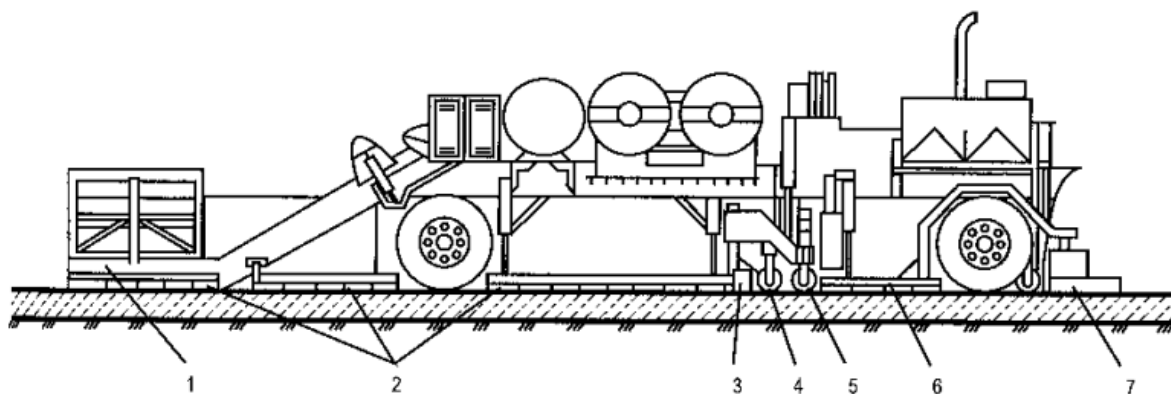


Рисунок 1 – Конструктивная схема ремиксера для выполнения технологии горячего рециклинга:

1 – приемный бункер для новой смеси; 2, 6 – газовые горелки; 3 – рыхлитель; 4 – шнековый распределитель; 5 – профилирующий орган; 7 – укладочный орган

Энергозатраты на разогрев асфальтобетонного покрытия зависят от его состояния: температуры, содержания воды, влажности поверхности, а также скорости и направления ветра. Для обеспечения эффективного разогрева покрытия с учетом вышеперечисленных факторов нагреватели представляют собой систему газовых горелок инфракрасного излучения, установленных на специальном шасси или непосредственно перед рыхлителем ремиксера, и оснащенную устройствами, позволяющими:

- регулировать мощность излучения путем изменения давления газа, подаваемого к горелкам;
- изменять температуру покрытия, а также отводить водяной пар при разогреве влажного асфальтобетона регулированием высоты блоков горелок;
- разделять разогреваемую площадь на отдельные участки для предотвращения влияния ветра.

Для разрыхления и снятия разогретого слоя покрытия ремиксер оборудован одним или несколькими (для бесступенчатой регулировки ширины фрезерования) фрезерными барабанами, на которых по винтовой линии установлены резцы, что позволяет одновременно с разрыхлением производить перемешивание смеси, добиваясь ее однородности. Вращение фрезерного барабана осуществляется с помощью гидропривода, который также изменяет глубину фрезерования. Система управления рыхлителем позволяет обходить люки, колодцы и островки безопасности.

Подача вяжущего на рыхлитель осуществляется во время перемешивания посредством системы форсунок из обогреваемой емкости. Дозировка вяжущего обеспечивается системой управления.

За рыхлителем, снимающим и перемешивающим материал старого покрытия, расположен планирующий отвал, который, в зависимости от применяемого метода, служит для планирования разрыхленного материала, или

играет роль щита шнека, собирающего остатки материала в смеситель принудительного действия.

Принудительное перемешивание материала старого покрытия, нового материала и вяжущего осуществляется в смесителе, имеющем вращающиеся в противоположные стороны валы, лопасти которых могут изменять свое положение относительно друг друга для оптимизации процесса перемешивания. Для добавления, вяжущего в перемешиваемую смесь смеситель оборудован системой форсунок.

Свежая асфальтобетонная смесь для устройства слоя износа загружается в приемный бункер ремиксера, откуда посредством ленточных и цепных

транспортеров через бункер дозатора, оборудованный шибером для дозирования, подается в смеситель. Скорость движения транспортеров, определяющая скорость подачи смеси, регулируется системой управления в зависимости от скорости движения ремиксера.

Далее укладываемая смесь в виде валика выходит из смесителя и распределительным шнеком равномерно распределяется по поверхности переработанного и разравненного покрытия, которое при этом дополнительно прогревается с помощью инфракрасных излучателей для обеспечения максимального сцепления, достигаемого только при укладке горячего материала на горячее основание. Точность укладки обеспечивается укладочным брусом, позволяющим формировать заданный поперечный профиль укладываемого слоя, а также гибко регулировать ширину укладки, согласуя ее с шириной захвата рыхлителя. Наличие системы подогрева и виброруса в конструкции укладочного органа позволяет достигать высокое качество укладки и степень предварительного уплотнения.

Система контроля и управления обеспечивает согласование операций технологического процесса горячего рециклинга (частоту вращения фрезерного барабана, дозировку битума и свежей асфальтобетонной смеси) со скоростью движения ремиксера, управлением укладочным брусом, а также функциями контроля работы и диагностики систем, узлов и агрегатов машины.

## ***2. Машины и оборудование для капитального ремонта покрытий автомобильных дорог с применением технологии холодного рециклинга***

Технология холодного рециклинга позволяет добиться повторного максимального использования материалов существующего покрытия при капитальном ремонте автомобильных дорог.

Использование данной технологии исключает необходимость приготовления и транспортировки новой асфальтобетонной смеси, а также предварительного разогрева покрытия автомобильной дороги (позволяя называть данную технологию холодной), что значительно снижает ее энергоемкость, уменьшает воздействие на окружающую среду.

При ремонте покрытий автомобильных дорог возможно использование двух вариантов холодного рециклинга (рисунок 2): рециклинг укрепленного

слоя дорожной одежды (покрытия) и рециклинг укрепленного и неукрепленного слоев дорожной одежды (покрытия и основания).

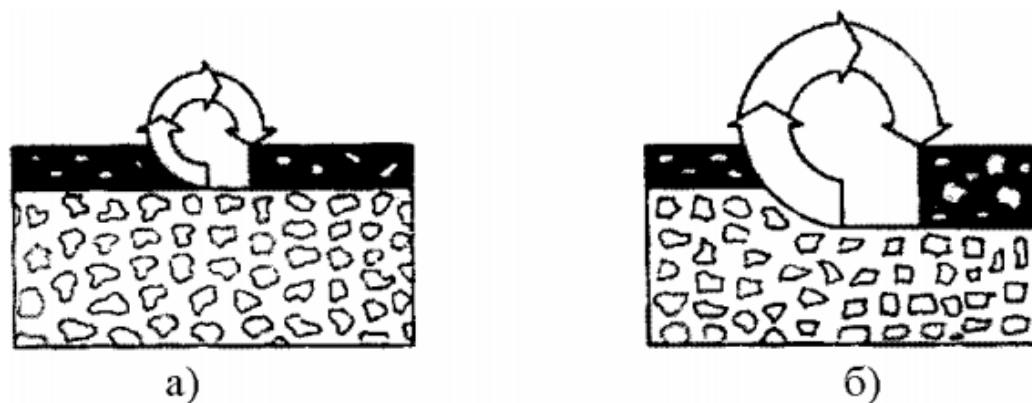


Рисунок 2 – Варианты холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог:  
а) рециклинг укрепленного слоя дорожной одежды (покрытия);  
б) рециклинг укрепленного и неукрепленного слоев дорожной одежды (покрытия и основания)

Выбор возможного варианта применения технологии холодного рециклинга осуществляется на основе расчета конструкции дорожной одежды под перспективную нагрузку. Холодный рециклинг может использоваться на дорогах с разными типами покрытий: гравийных, щебеночных неукрепленных, щебеночных укрепленных, асфальтобетонных; при этом ремонтируемая дорожная одежда сфрезеровывается, измельчается, перемешивается с водой для достижения оптимальной влажности, обеспечивающей эффективное уплотнение, и вяжущим с использованием до 100% существующего материала для устройства новой дорожной одежды и укладывается за один рабочий ход рециклера.

Применение в настоящее время новых типов органических и неорганических вяжущих, прогрессивных машин и механизмов, позволяющих добиться их точного дозирования и оптимального перемешивания с гранулятом, получаемым при фрезеровании ремонтируемого покрытия, подняло данную технологию на качественно новый уровень. Высокие прочностные свойства, стойкость к трещинообразованию, упругость достигаются при использовании комплексного вяжущего – цемента, распределяемого по ремонтируемому покрытию, или цементно-водной суспензии и битумной эмульсии, вводимой в гранулят.

Смеси, полученные с применением технологии холодного рециклинга, могут использоваться для создания покрытия на дорогах с невысокой интенсивностью движения и осевыми нагрузками, а также в качестве основания. На дорогах с высокой интенсивностью движения целесообразно поверх полученного слоя укладывать слои асфальтобетона или выполнять поверхностную обработку.

Весьма эффективной в работе является конструкция, у которой фрезерный барабан расположен в центре колесной базы рециклера. С такой компоновкой изготавливаются рециклеры различных фирм (рисунок 3).



Рисунок 3 – Рециклер МРН 125 фирмы «BOMAG»

Конструкция рециклера представляет собой мощную раму хребтового типа, в передней части которой установлены силовая установка (двигатель, приводящий насосы гидросистемы) и кабина с пультом управления. В центральной части рама имеет шарнирное сочленение, обеспечивающее возможность поворота. Крайними точками рама опирается на передний и задний мосты с колесами, имеющими шины низкого давления, причем колеса заднего моста имеют возможность поворота для увеличения маневренности машины. В центре колесной базы в кожухе, образующем камеру дробления, установлен фрезерный барабан. Объем камеры дробления можно изменять в процессе работы, поднимая или опуская кожух фрезерного барабана. Кожух оборудован управляемой заслонкой в задней части, системами подачи вяжущего (битумной эмульсии) и воды в зону фрезерования посредством насосов из движущихся вместе с рециклером битумовоза (автогудронатора) и цистерны. Привод ходовых колес, насосов, фрезерного барабана, его подъем и опускание, а также подъем и опускание его кожуха, управление заслонкой кожуха и поворотом задних колес осуществляется гидравлической системой рециклера, имеющей общий контур. В зависимости от выполняемого технологического процесса (рециклинг покрытий или стабилизация грунтов оснований автомобильных дорог) рабочий орган машины – фрезерный барабан – может иметь различную конструкцию, количество и форму резцов.

Технология работы рециклеров рассмотренной конструкции заключается в вырезании поврежденного покрытия фрезерным барабаном, который при движении машины непрерывно измельчает материал ремонтируемого покрытия, перемешивает его с вяжущим (битумной эмульсией), водой, дозируемых оператором или автоматической системой управления, и, при необходимости, цементом; осуществляет распределение получаемой эмульсионно-минеральной смеси по ширине полосы и предварительное формирование ее профиля с помощью управляемой заслонки кожуха за один рабочий ход. Фракционный состав получаемого в процессе фрезерования гранулята старого и, как следствие, механические свойства нового покрытия зависят от частоты вращения фрезерного барабана, объема камеры дробления, положения заслонки, скорости движения рециклера. Окончательное формирование профиля автодороги выполняется автогрейдером, после чего производится уплотнение комбинированным катком вибрационного действия и открытие движения транспорта. Технологический комплекс техники, выполняющей холодный рециклинг автомобильных дорог, изображен на рисунке 4.

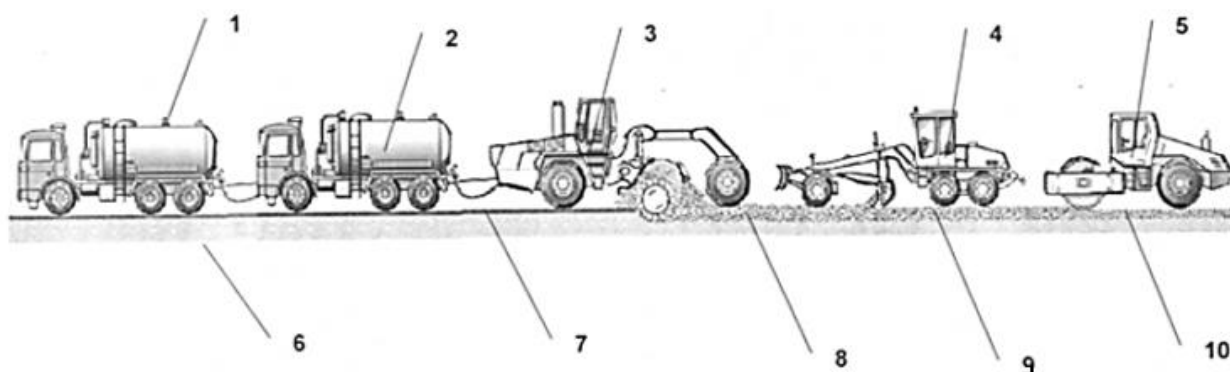


Рисунок 4 – Технологический комплекс техники, выполняющей холодный рециклинг автомобильных дорог:

1 – автоцистерна с водой; 2 – битумовоз с битумной эмульсией; 3 – рециклер; 4 – автогрейдер; 5 – виброкаток; 6 – песчано-гравийное основание; 7 – старое асфальтобетонное покрытие; 8 – рециклированный слой; 9 – спрофилированный новый слой; 10 – уплотненный новый слой

## Раздел V. Машины для содержания городских инженерных коммуникаций

### Тема 5.1. Илососные машины

#### 1. Назначение, устройство и принцип работы илососных машин.

#### 2. Основы расчета илососных машин.

##### *1. Назначение, устройство и принцип работы илососных машин*

Илососные машины (илососы) относятся к специализированному типу техники, которой осуществляется эффективная очистка канализационных и дренажных систем, отстойников, различных типов резервуаров и трубопроводов. Подобная техника изготавливается на базе грузового автомобиля (рисунок 1) и комплектуется следующими основными составными частями:

- вакуумным насосом;
- металлической цистерной, установленной на лонжеронах базового шасси, и имеющей в задней части крышку для выброса отходов в месте утилизации;
- стрелой, несущей всасывающий рукав;
- электронной и гидравлической системами;
- пультом дистанционного управления;
- дистанционной системой контроля уровня ила.



Рисунок 1 – Илососная машина КО-530

Рабочий процесс илососа выполняется в несколько этапов. Сначала машина подгоняется как можно ближе к месту проведения очистных работ. Водитель транспорта или оператор разматывает гибкий рукав, при помощи которого выполняется всасывание загрязнений и отложений, опускает его в колодец, после чего включает вакуумный насос. Илососная машина начинает работать, заполняя сточными отходами предназначенный для этого отсек цистерны. Во время заполнения отсека для ила вода, которая содержится в закачиваемых отложениях, осветляется и начинает переходить в соседний отсек, предназначенный специально для иловой воды. В процессе работы оператор-водитель контролирует ее уровень. Излишки очистной воды удаляются посредством сливной трубы.

Заполненная илососная машина следует к месту утилизации. Опорожнение цистерны происходит самосвальным способом через открытую крышку в ее задней части. Существуют модели илососов, внутри цистерн которых есть поршни – устройства для выталкивания ила. Эти машины быстрее разгружаются и самостоятельно очищают емкость для сбора ила изнутри. Также в некоторых конструкциях используется отделившаяся иловая вода: она под давлением подается в отсек для сбора загрязнений, очищая и промывая его.

Илососная машина способна откачивать не только иловые отложения и сточные воды из систем канализации, но и продукты нефтепереработки. По этой причине подобная техника востребована в различных строительных и промышленных отраслях.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема машины ИЛ-980В на базе автомобиля КамАЗ.



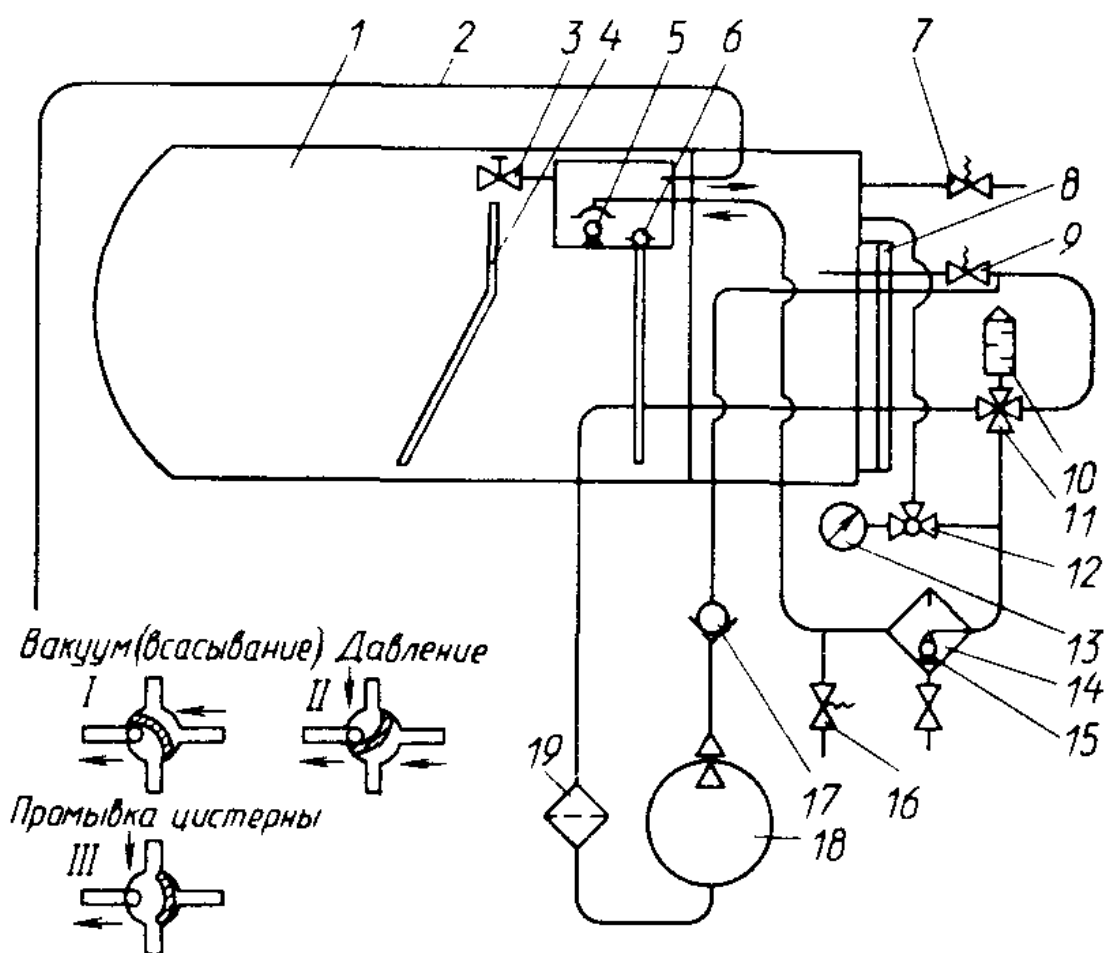


Рисунок 2 – Принципиальная схема машины ИЛ-980В:

- 1 – цистерна; 2 – всасывающая труба; 3 – клапан всасывающей трубы;  
 4 – выталкивающий поршень; 5 – поплавковый клапан; 6 – клапан выпуска иловой воды; 7 – предохранительный клапан отсека чистой воды;  
 8 – водомерное стекло; 9 – редукционный клапан; 10 – глушитель;  
 11 – четырехходовой кран; 12 – трехходовой кран; 13 – мановакуумметр;  
 14 – водоотделительный бачок; 15 – поплавковый клапан; 16 – предохранительный клапан илового отсека; 17 – обратный клапан; 18 – вакуум-насос; 19 – фильтр

Машина работает с помощью вакуум-нагнетательной системы, включающей в себя вакуум-насос, трубопроводы, четырехходовый кран, предохранительные клапаны, водоотделительный бачок и арматуру. Вакуум-насос при переключении четырехходового крана может создавать в цистерне разрежение или давление. При создании в системе разрежения всасывающий патрубок вакуум-насоса соединяется через четырехходовой кран с водоотделительным бачком, который, в свою очередь, соединен с отсеком для иловой воды, а напорный патрубок насоса через кран соединяется с глушителем. На линии всасывания имеются два запорных поплавковых клапана, один из которых в отсеке для иловой воды перекрывает всасывающий трубопровод при заполнении отсека.

Второй клапан размещен в водоотделительной бачке. Он перекрывает трубопровод, ведущий к вакуум-насосу, и является запасным на случай отказа клапана в отсеке цистерны, благодаря чему исключается попадание воды в вакуум-насос. Изменение положения пробки четырехходового крана позволяет с помощью вакуум-насоса создать в цистерне давление. На нагнетательной линии установлены два предохранительных и один редукционный клапан. Один предохранительный клапан и редукционный клапан функционируют при создании давления в отсеке для чистой воды и отрегулированы на давление 0,07 МПа. Второй предохранительный клапан размещен на трубопроводе, ведущем в иловый отсек, и отрегулирован на избыточное давление 0,05 МПа. Четырехходовой кран кроме положений, обеспечивающих разрежение и давление в цистерне, имеет также еще одно положение – промывочное.

Гидравлическая система машины обеспечивает механизированную выгрузку ила из цистерны, подъем и опускание стрелы, а также закрывание задней крышки цистерны. Эта система состоит из гидронасоса, распределителя, предохранительного клапана, трубопроводов и манометра. Один золотник распределителя обеспечивает управление работой гидроцилиндров, которые перемещают поршень, разделяющий иловый отсек и отсек иловой воды. Второй золотник с электромагнитным управлением используется для управления гидроцилиндрами подъема и опускания стрелы.

Пневматическая система машины, соединенная с пневмосистемой базового автомобиля, обеспечивает управление клапаном всасывающей трубы, фиксатором поворота стрелы, четырехходовым краном и камерой, служащей для уплотнения крышки цистерны. Для обеспечения управления фиксатором стрелы, клапаном всасывающей трубы и четырехходовым краном служат специальные цилиндры, четыре электроуправляемых пневмоклапана, а также регулятор давления, отрегулированный на давление 0,15 МПа.

Для подачи воздуха в пневмосистему служит трехходовой кран. Пневмоцилиндрами управляют с пульта управления. Машина снабжена дистанционной системой контроля уровня ила.

Электрооборудование машины включает в себя четыре электропневмоклапана для управления пневмоцилиндрами с пульта, два электромагнита для управления гидрозолотником подъема и опускания стрелы, а также систему освещения. Для контроля за работой оборудования на машине имеется комплект приборов: манометр гидросистемы, мановакуумметр всасывающей нагнетательной системы, тахометр частоты вращения вала ротора вакуум-насоса. Трансмиссия машины состоит из коробки отбора мощности, закрепленной на правом люке коробки передач базового автомобиля. Нижний вал коробки отбора мощности использован для передачи крутящего момента с помощью карданного вала и клиноременной передачи вакуум-насосу. Для привода масляного насоса гидросистемы служит верхний вал коробки отбора.

Машина работает следующим образом. При подъезде к колодцу водосточной сети открывают его решетку. Всасывающую трубу снимают с крон-

штейна и опускают в колодец. После включения вакуум-насоса в цистерне образуется разрежение, под действием которого ил из колодца поступает по всасывающей трубе в иловый отсек цистерны. При заполнении илового отсека цистерны вода, содержащаяся в извлекаемых загрязнениях, осветляется и постепенно перетекает через зазоры между верхней частью поршня и обечайкой цистерны в отсек для иловой воды. Уровень воды в иловом отсеке контролируется. Излишки воды удаляются через сливную трубу. После заполнения илового отсека и слива иловой воды машина направляется к месту разгрузки. Здесь с помощью гидросистемы открывается задняя крышка, затем с помощью гидроцилиндров поршень начинает перемещаться из исходного положения к середине цистерны, и происходит постепенное опорожнение илового отсека.

## 2. Основы расчета илососных машин

Подача  $Q$  вакуум-насоса определяется в зависимости от вместимости емкостей машины:

$$Q = 2,5 \dots 3,0(V_{\text{ци}} + V_{\text{цив}}), \text{ м}^3/\text{мин}$$

где  $V_{\text{ци}}$ ,  $V_{\text{цив}}$  – вместимость отсеков соответственно для ила и иловой воды,  $\text{м}^3$ .

Усилие, необходимые для опорожнения илового отсека:

$$P = V_{\text{ци}}\rho_{\text{и}}gf,$$

где  $f$  – коэффициент трения ила о стенки отсека ( $f = 0,4$ ),

$\rho_{\text{и}}$  – плотность ила,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , ( $\rho_{\text{и}} = 1200 \dots 1500$ ).

Мощность, необходимая для обеспечения работы устройства опорожнения илового отсека:

$$N_{\text{оп}} = Pv/1000, \text{ кВт}$$

где  $v$  – скорость движения поршня,  $\text{м}/\text{с}$  ( $v = 0,033$ ).

Устройство для опорожнения илового отсека является наиболее значительным потребителем энергии в гидросистеме за рабочий цикл. Поэтому мощность, необходимую для работы гидросистемы, определяют в зависимости от особенностей работы этого устройства. Для привода гидронасоса, обеспечивающего работу цилиндра, необходима мощность:

$$N = N_{\text{оп}}/\eta_{\text{м}}\eta_{\text{о}}, \text{ кВт}$$

где  $\eta_{\text{м}}$  – механический к.п.д. насоса;

$\eta_{\text{о}}$  – объемный к.п.д. насоса.

## Тема 5.2. Машины для прочистки водопроводных и фекальных сетей

**1. Назначение, устройство и принцип работы машин для прочистки водопроводных и фекальных сетей.**

**2. Основы расчета машин для прочистки водопроводных и фекальных сетей.**

### *1. Назначение, устройство и принцип работы машин для прочистки водопроводных и фекальных сетей*

Машины для прочистки водопроводных и фекальных сетей (каналопромывочные машины) служат для систематической прочистки водопроводной и фекальной сетей от осадка, а также для ликвидации аварийных ситуаций, возникающих при полном засорении этих сетей. Машины могут обслуживать сети диаметром 100...1000 мм преимущественно при положительной температуре воздуха.

По вместимости цистерны для чистой воды они подразделяются на три класса:

- малой (до 4 м<sup>3</sup>);
- средней (от 4 до 8 м<sup>3</sup>);
- большой (свыше 8 м<sup>3</sup>).

На рисунке 1 представлена каналопромывочная машина КО-512 производства ОАО «Арзамасский завод коммунального машиностроения», предназначенная для промывки ливневых водостоков от попадающих в них механических загрязнений, органических и неорганических отложений. Учитывая габариты машины и большой объем цистерны (10,5 м<sup>3</sup>), ее использование целесообразно там, где имеется достаточно пространства для подъезда, не создавая при этом помех, например, для проезда транспорта. Основные места использования КО-512 – проезжие части, площади и т.п. без плотной застройки и узких проездов, возможно применение в нефтеперерабатывающем производстве для промывки резервуаров.

Рабочее оборудование смонтировано на автомобильном трехосном шасси КАМАЗ-65115, в состав которого входят:

- цистерна для воды большой емкости;
- насос производительностью 12,7 м<sup>3</sup>/ч для обеспечения высокого давления (16 МПа) подаваемой воды с приводом от дизельного двигателя шасси через коробку отбора мощности;
- рукав высокого давления длиной 100 м, который для удобства транспортировки снабжен поворотным намоточным барабаном;
- гидросистема;
- комплект размывочных головок нескольких разновидностей, которые предназначены для очистки труб разных размеров от засоров и отложений;
- дополнительное оборудование (например, обмывочная камера).

Кузов машины имеет цистерну и два отсека, закрытых рольставнями. В заднем расположен барабан с подающим рукавом, в переднем – насос и необходимое для его работы оборудование. Наличие двух отопителей обеспечивает стабильную температуру во всех отсеках, что позволяет использовать машину практически круглогодично.

Данная модель работает по гидродинамическому принципу, при котором все загрязнения с внутренних стенок труб удаляются за счет высокого давления воды. Все отходы перемещаются затем в канализационные отстойники, из колодцев которых они могут быть удалены специальными илососными машинами. Данный метод очистки обладает теми преимуществами, что исключается риск повреждения труб за счет механического воздействия, а отсутствие необходимости в специальных химических очищающих веществах делает эту процедуру экологичной и безопасной.



Рисунок 1 – Каналопромывочная машина КО-512

Принцип работы каналопромывочной машины в общем случае заключается в следующем (рисунок 2). Чистая вода из цистерны 3 по всасывающему трубопроводу поступает в водяной насос высокого давления, который нагнетает ее в рукав 2, на конце которого закреплена размывочная головка 1. Вода, выходящая через отверстия в головке под высоким давлением, создает реактивную силу, перемещающую насадку вместе с рукавом вперед по трубе; при этом происходит размывание осадка и разматывание рукава высокого давления.

Обмывочная камера установлена в задней части машины и предназначена для обмыва рукава высокого давления при выходе его из колодца. В обмывочную камеру вода поступает от водяного насоса под давлением 0,5...1,0 МПа, которое регулируется вентилем.

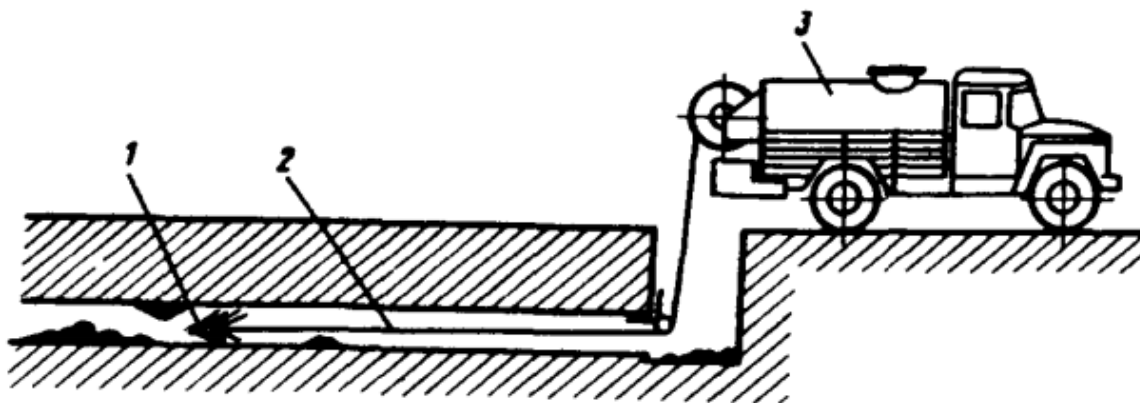


Рисунок 2 – Схема работы каналопромывочной машины

## 2. Основы расчета машин для прочистки водопроводных и фекальных сетей

Рассматриваемые машины снабжены двумя основными механизмами: нагнетательным насосом высокого давления и механизмом привода барабана, служащего для укладки напорного шланга, подающего жидкость в размывочную головку насоса. Рабочим процессом машины является разрушение иловых и других аналогичных отложений, которые образуются в процессе эксплуатации сетей, а также перемещение разрушенных отложений по сетям. Силу воздействия струи на засор, который встречается на ее пути, определяют:

$$P = \rho s v_c^2 (1 - \cos \psi), \text{ Н}$$

где  $\rho$  – плотность жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;

$s$  – площадь сечения струи,  $\text{м}^2$ ;

$v_c$  – скорость струи относительно засора,  $\text{м/с}$ ;

$\psi$  – угол между направлением скорости струи и поверхностью засора.

Скорость истечения воды из насадки:

$$v_1 = \varphi \sqrt{2gH}, \text{ м/с}$$

где  $H$  – напор у выхода из насадки,  $\text{м}$ ;

$\varphi$  – коэффициент, характеризующий скорость истечения воды и зависящий от местного сопротивления ( $\varphi = 0,9 \dots 0,95$ ). Установлено, что в эксплуатационных условиях отложения разрушаются при давлении воды в патрубке насоса (12...16 МПа) и подаче насоса около  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Необходимо учитывать, что вода поступает в размывочную головку по рукаву большой длины и, следовательно, со значительной потерей напора:

$$h = \lambda \frac{lv^2}{d2g}, \text{ м}$$

где  $l$  – длина рукава, м;

$v$  – скорость движения воды по шлангу, м/с;

$d$  – внутренний диаметр шланга, м;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления.

Для определения  $\lambda$  может быть рекомендована формула А.Д. Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{K_э}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

где  $K_э$  – эквивалентная абсолютная шероховатость (в среднем для резиновых шлангов  $K_э = 0,15 \dots 0,2$ );

$Re$  – число Рейнольдса.

Таким образом, напор у выхода из насадки будет равен:

$$H = H_n - h, \text{ м}$$

где  $H_n$  – напор при выходе из насоса.

В размывочной головке имеется отверстие, расположенное вдоль оси, а также несколько отверстий на образующей, направленных в противоположную сторону от направления движения головки. Оси указанных отверстий расположены под некоторым углом  $\alpha$  к продольной оси насадки. Следовательно, при начальном движении насадка струя, расположенная вдоль оси, осуществляет размыв осадка, а струи, направленные под угол  $\alpha$ , обеспечивают поступательное движение насадка и дополнительные функции размывания.

Сила  $P$  тяги насадка, очевидно, будет равна изменению количества движения в направлении, противоположном движению насадка:

$$\frac{\gamma F_1 v_2}{g} (v_2 - u) n \cos \alpha - \frac{\gamma F_2 v_1}{g} (v_1 + u) = P, \text{ Н}$$

где  $\gamma$  – удельный вес жидкости, Н/м<sup>3</sup>;

$F_1$  – площадь поперечного сечения отверстия, м<sup>2</sup>;

$v_2$  – скорость истечения из боковых отверстий, м/с;

$u$  – скорость движения головки, м/с;

$n$  – количество отверстий;

$F_2$  – площадь поперечного сечения отверстия, расположенного вдоль оси, м<sup>2</sup>.

Наиболее эффективно размывается осадок при перемещении головки назад в исходное положение. В этом случае струи, направленные под углом, создают силу, тормозящую перемещение головки, а осевая струя способствует этому перемещению. В связи с этим при перемещении головки будет необходимо приложить усилие:

$$P_1 = \frac{\gamma F_2 v_1}{g} (v_1 + u_1) - \frac{\gamma F_1 v_2}{g} (v_2 - u_1) n \cos \alpha, \text{ Н}$$

где  $u_1$  – скорость возвратного перемещения головки, м/с.

Для обеспечения возвратного движения шланга с насадкой необходимо создать на барабане, на котором размещен шланг, крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = P_1 R, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где  $R$  – радиус барабана, м.

Мощность, необходимая для привода барабана:

$$N_6 = \frac{M_{\text{кр}} \omega_6}{1000 \eta_{\text{пр.б}}}, \text{ кВт}$$

где  $\omega_6$  – угловая скорость барабана, рад/с;

$\eta_{\text{пр.б}}$  – КПД привода барабана.

Мощность, потребляемая при работе водяного насоса:

$$N_{\text{н}} = \frac{Qp}{1000 \eta_{\text{н}} \eta_{\text{пр.н}}}, \text{ кВт}$$

где  $Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$\eta_{\text{н}}$  – КПД насоса;

$\eta_{\text{пр.н}}$  – КПД привода насоса;

$p$  – давление, Па.



### Тема 5.3. Машины для сбора и вывоза коммунальных отходов

**1. Устройство, принцип работы и определение производительности кузовных и контейнерных мусоровозов.**

**2. Устройство, принцип работы и определение производительности вакуум-машины для сбора и вывоза жидких отходов.**

#### *1. Устройство, принцип работы и определение производительности кузовных, контейнерных и транспортных мусоровозов*

Кузовные мусоровозы получили наиболее широкое распространение. Они отличаются значительным разнообразием технического исполнения – местом расположения загрузочного устройства (заднее, боковое или переднее), способом уплотнения отходов, полезным объемом кузова и др.

Важнейший показатель, характеризующий эффективность работы мусоровоза – степень (коэффициент) уплотнения твердых коммунальных отходов (ТКО). Чем она выше, тем большее количество отходов способна транспортировать машина и тем совершеннее ее конструкция. Границы коэффициента уплотнения составляют от 1,9 до 7. Такой разброс объясняется не только прочностью кузова и типом уплотняющего устройства, но и свойствами самого мусора. Форма поперечного сечения кузова имеет прямоугольное (иногда со скругленными стенками), реже – круглое сечение.

Широкое распространение нашли мусоровозы с задней загрузкой (рисунок 1), предназначенные для механизированного сбора ТКО из металлических и пластмассовых контейнеров всех типов объемом до 1,1 м<sup>3</sup>, их уплотнения, транспортирования и механизированной выгрузки в местах утилизации. Большинство машин данного типа представляет собой грузовое шасси 1, на котором смонтирован кузов коробчатой формы 2 с шарнирно прикрепленным к нему задним бортом. В его нижней части установлен приемный ковш 3 (загрузочный бункер), являющийся основанием для крепления подающей (верхней) плиты прессующего механизма, с которой шарнирно связана поворотная прессующая (нижняя) плита. Для привода обоих элементов служат гидроцилиндры. Загрузка мусора в приемный ковш осуществляется вручную или механизированным способом с помощью опрокидывателя (гидроманипулятора), который обеспечивает выгрузку содержимого стандартных уличных контейнеров различных типов. Внутри кузова находится перемещаемая гидроцилиндром выталкивающая плита, являющаяся его подвижной передней стенкой. Управление рабочими органами мусоровоза осуществляется с пульта управления в кабине водителя и с пультов управления на кузове. Основными недостатками мусоровозов с задней загрузкой являются: потребность в применении контейнеров только на колесах и более высокая цена по сравнению с мусоровозами других типов.

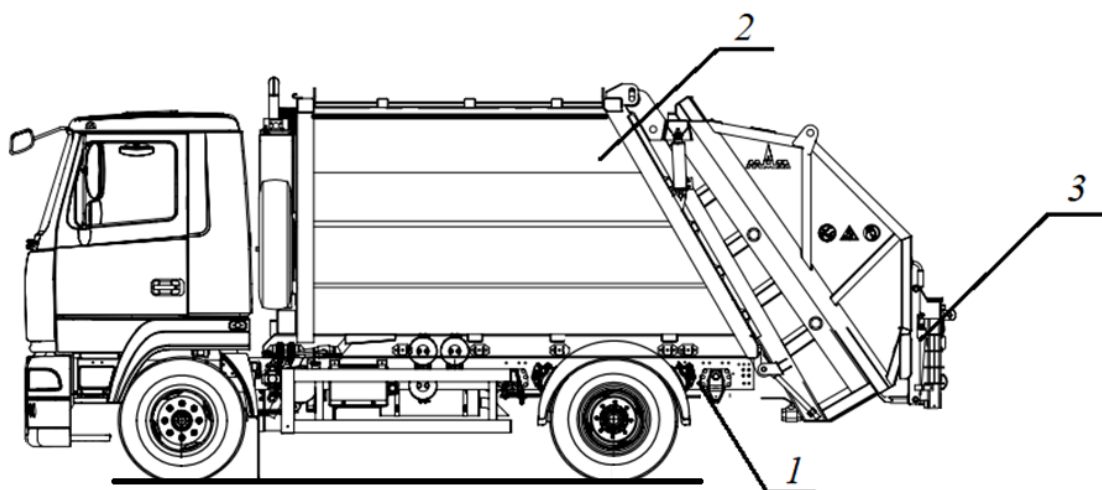


Рисунок 1 – Общий вид кузовного мусоровоза с задней загрузкой

Альтернативой мусоровозам с задней загрузкой являются машины с боковым расположением погрузочного механизма. Эти установки предназначены для механизированного сбора отходов из стандартных контейнеров. Специальное оборудование мусоровоза (рисунок 2) смонтировано на автомобильном шасси 5 и состоит из кузова 2 с толкающей плитой 4, манипулятора 3 (гидравлически управляемая стрела с захватом), механизма опрокидывания кузова 8, пульта управления рабочими органами 9, гидравлической системы и механизма установки запасного колеса 7. Для повышения поперечной устойчивости во время работы мусоровозы с боковой загрузкой оснащают выдвижными опорами 6. Кузов сзади закрыт крышкой 1, а спереди – толкающей плитой, на которой в направляющих закреплен разравниватель мусора. В передней части кузова расположено загрузочное отверстие, которое в транспортном положении должно закрываться крышкой.

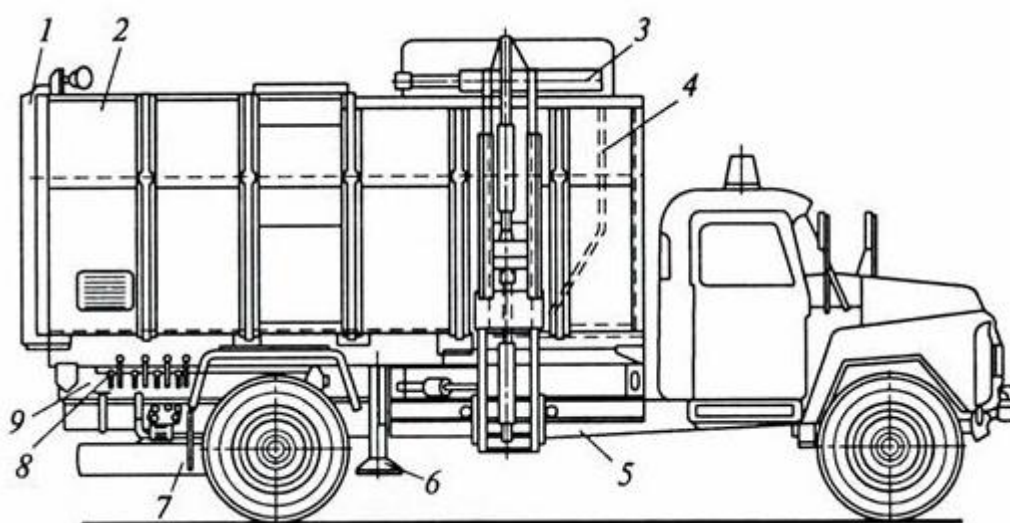


Рисунок 2 – Общий вид кузовного мусоровоза с боковой загрузкой

Также, в отличие от Республики Беларусь, в некоторых странах выпускаются и эксплуатируются мусоровозы с передним расположением загрузочного устройства, главным достоинством которых является создание наиболее благоприятных условий для работы оператора, который, благодаря хорошей обзорности и высокой механизации технологических операций, может управлять всеми рабочими процессами, не выходя из кабины. Помимо этого, значительно облегчается маневрирование, что особенно важно при движении в стесненных условиях. Конструктивное исполнение мусоровозов данного типа, за исключением подъемного механизма, очень сходно с устройством их аналогов с боковой загрузкой.

Эксплуатационная производительность кузовного мусоровоза определяется по формуле:

$$P_3 = \frac{3600 \cdot VK_3K_yK_n}{\left[ t_{\text{пер}}(n_3 - 1) + (t_{\text{ман}} + t_{\text{п-з}})n_3 + t_{\text{погр}}n + t'_{\text{п-з}} + t_{\text{разгр}} + \frac{2L}{v_{\text{ср.тр}}} \right]}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $V$  – вместимость кузова машины,  $\text{м}^3$ ;

$K_3$  – средний коэффициент заполнения кузова отходами;

$K_y$  – коэффициент уплотнения отходов в кузове;

$K_n$  – коэффициент использования машины при выездах во дворы и подъездах к контейнерам;

$t_{\text{пер}}$  – время переезда с одного двора в другой, с;

$t_{\text{п-з}}$  – время подготовительно-заключительных операций при погрузке контейнеров, с;

$t_{\text{погр}}$  – время погрузки отходов в кузов, включающие подъем груженого контейнера, его разгрузку и опускание порожнего контейнера, с;

$t'_{\text{п-з}}$  – время подготовительно-заключительных операций после разгрузки мусоровоза, с;

$t_{\text{разгр}}$  – время разгрузки машины, с;

$L$  – расстояние от места сбора отходов до места их обезвреживания и утилизации, м;

$v_{\text{ср.тр}}$  – средняя транспортная скорость машины, м/с;

$n$  – число загружаемых контейнеров в кузов;

$n_3$  – число заездов машины во дворы в течение одного цикла загрузки машины.

Контейнерные мусоровозы (бункеровозы) – это широко используемая коммунальная техника, предназначенная для загрузки контейнеров после сбора в них строительного и крупногабаритного мусора, а также его перевозки и самосвальной выгрузки. Загрузка контейнеров мусором производится вручную или любыми погрузочными средствами. Они отличаются как объемом перевозимых бункеров, так и способом их погрузки.

*По способу погрузки* они подразделяются на:

- автомобили с крюковым захватом (мультилифты);
- автомобили с тросовым механизмом погрузки;
- порталные.

Контейнерные мусоровозы с крюковым захватом (рисунок 3) представляют из себя шасси грузового автомобиля, на которое устанавливается специальный гидравлический манипулятор. Обычно это консоль, изогнутая под прямым углом и снабженная на конце крюком. Мультилифты приобрели большую популярность в виду своей универсальности, так как на одном автомобиле могут перевозиться кузова различного назначения (контейнер, цистерна, бортовая платформа, платформа, бытовка, специализированное оборудование). Крюковой захват позволяет полностью механизировать погрузочно-разгрузочные работы. Кроме этого, дополнительная опорная точка, создаваемая крюком, более жестко фиксирует бункер.



Рисунок 3 – Общий вид контейнерного мусоровоза с крюковым захватом

Автомобили с тросовым механизмом (рисунок 4) по сравнению с крюковым захватом проще и дешевле, но скорость работы их немного меньше, кроме этого, требуется ручное крепление тросов. Тем не менее благодаря тому, что рама позволяет поднять при разгрузке бункер на некоторую высоту, такие бункеровозы широко применяются на мусороперегрузочных станциях.



Рисунок 4 – Общий вид контейнерного мусоровоза с тросовым захватом

Портальные мусоровозы (рисунок 5) предназначены для транспортировки бункеров объемом до 8 м<sup>3</sup>. Это самые популярные мусоровозы, занятые вывозом крупногабаритного бытового мусора. Бункер подвешивается к раме посредством цепей, а снимается или грузится при помощи качающихся рычагов с гидравлическим приводом. Разгрузка может производиться самосвальным способом.



Рисунок 5 – Общий вид контейнерного мусоровоза портального типа

Эксплуатационная производительность контейнерного мусоровоза определяется по аналогичной методике, как и для кузовного мусоровоза.

## ***2. Устройство, принцип работы и определение производительности вакуум-машины для сбора и вывоза жидких отходов***

Вакуум-машины обеспечивают извлечение жидких бытовых отходов из мест их локализации (в том числе из выгребных ям) и их транспортирование к местам обеззараживания. Машины имеют общую принципиальную схему работы – в емкости для нечистот создается вакуум, в результате чего нечистоты по всасывающему рукаву, опущенному в яму, поступают в цистерну.

Вакуум-машина включает в себя следующие основные узлы и элементы:

- накопительная цистерна для временного хранения и транспортировки фекальной жидкости;
- вакуумный насос с приводом;
- всасывающий шланг;
- трубопровод;
- технологический кран управления;
- приемный лючок;
- сигнальное предохранительное устройство;
- электрооборудование.

Вакуум-насос – лопастного типа, в его корпусе эксцентрично установлен ротор, в пазах которого перемещается шесть лопаток. Вакуум-насос работает от двигателя автомобиля посредством коробки отбора мощности, карданного вала и клиноременной передачи. На корпусе насоса, размещенном на специальной раме за кабиной водителя, закреплен масляный бак, служащий для смазывания подшипников и рабочей поверхности корпуса насоса. Масло из бака подается под давлением воздуха, поступающего из напорного патрубка насоса, который снабжен глушителем.

Трубопровод машины служит для соединения всасывающего или напорного патрубка вакуум-насоса с цистерной. Трубопровод снабжен четырехходовым краном, при изменении положения рукоятки которого цистерна соединяется с всасывающим или напорным патрубком вакуум-насоса.

В первом случае в цистерне образуется разряжение, необходимое для перемещения нечистот из выгребной ямы в цистерну, а во втором – давление, служащее для опорожнения цистерны. Трубопровод имеет промежуточный бачок, служащий для улавливания конденсата, образующегося при эвакуации воздуха из цистерны вакуум-насосом. Сигнально-предохранительное устройство обеспечивает остановку вакуум-насоса при заполнении цистерны до заданного уровня.



Рисунок 5 – Общий вид вакуум-машины

Эксплуатационная производительность вакуумной машины  $\Pi_3$  определяется по следующей формуле:

$$\Pi_3 = \frac{3600 \cdot V K_3 K_{\text{и}}}{\left[ t_{\text{пер}}(n_3 - 1) + (t_{\text{ман}} + t_{\text{п-з}})n_3 + t_{\text{нап}} + t'_{\text{п-з}} + t_{\text{оп}} + \frac{2L}{v_{\text{ср.тр}}} \right]}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $V$  – вместимость цистерны,  $\text{м}^3$ ;

$K_3$  – коэффициент заполнения цистерны отходами;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования машины по времени, с;

$t_{\text{пер}}$  – время переездов машины от одного выгреба к другому;

$t_{\text{ман}}$  – время маневрирования при въездах во дворы и выездах;

$t_{\text{п-з}}$  – время подготовительно-заключительных операций при наполнении цистерны (открытие люков, установка и уборка шланга и др.);

$t_{\text{нап}}$  – время наполнения цистерны (зависит от производительности насоса);

$t'_{\text{п-з}}$  – время подготовительно-заключительных операций при опорожнении цистерны;

$t_{\text{оп}}$  – время опорожнения цистерны;

$L$  – дальность транспортирования отходов от места сбора до места обезвреживания, м;

$v_{\text{ср.тр}}$  – средняя транспортная скорость машины, м/с;

$n_3$  – число заездов в течение одного цикла наполнения цистерны.

## Тема 5.4. Комплект машин для топливообеспечения энергоисточников ЖКХ

1. Сырьевая база и технологические схемы для производства пеллет в Республике Беларусь.
2. Технология и технические средства для получения топливных брикетов из лесосечных отходов и низкокачественной древесины.

### *1. Сырьевая база и технологические схемы для производства пеллет в Республике Беларусь*

Финансовая поддержка производства энергии из возобновляемых источников в странах Евросоюза привела к востребованности биомассы как серьезного топливного ресурса. В энергетических установках стала сжигаться вначале топливная щепка и постепенно, благодаря совершенствованию технологии производства топлива из биомассы, появились *пеллеты* – древесные топливные гранулы, спрессованные из предварительно высушенной и измельченной биомассы, диаметром примерно 6-8 мм, длиной 4-30 мм.



Рисунок 1 – Древесные пеллеты диаметром 8 мм

Преимуществом пеллет являются высокая теплотворная способность по сравнению со щепой, опилками и кусковой древесиной, более низкая стоимость котельного оборудования для их сжигания, небольшие объемы запасов на складах, постоянная влажность (не более 10-12%), низкая биологическая активность (не гниют, не содержат пыли и спор), не способны к самовозгоранию. По оценкам специалистов 100 кг пеллет соответствует 160 кг древесины, 50 л дизтоплива, 100 кг каменного угля или 70 л мазута.



Высокая закупочная цена на пеллеты странами Евросоюза (Германия, Австрия, Швеция, Дания и т.д.) привлекло внимание к их производству производителей из Беларуси. Этому способствовало накопленное и невостребованное большое количество отходов лесопиления и деревообработки. Было установлено, что примерно из 7 м<sup>3</sup> опилок можно получить 1 тонну пеллет.

Производство пеллет в республике стало довольно рентабельным мероприятием, поскольку оборудование цехов на вторичном рынке было недорогим, опилки практически были бесплатными, а их сушка осуществлялась все теми же незадействованными отходами деревообработки. Получаемая от реализации пеллет прибыль позволила закупать новое, более высокопроизводительное и надежное оборудование, что привело на сегодняшний день к нехватке дешевой сырьевой топливной базы.

Общий запас древесины в республике составляет около 1,43 млрд. м<sup>3</sup>. В рубку ежегодно идет примерно половина годового прироста. Альтернативным сырьем после древесных опилок и отходов деревообработки для производства пеллет являются дрова. Их в Беларуси ежегодно заготавливается более 6 млн. м<sup>3</sup>. Также пеллеты можно производить из неиспользуемых лесосечных отходов и древесно-кустарниковой растительности, которая должна удаляться как нежелательная в процессе хозяйственной деятельности. Это, прежде всего, древесная растительность лесных площадей, а также растительность, удаляемая с объектов мелиорации при проведении культуртехнических работ и при торфодобыче.

Одним из приоритетных направлений увеличения объемов заготовки древесного топливного сырья для производства пеллет является использование малоценных насаждений ольхи серой, древесина которой не имеет спроса в республике. Средний запас на 1 га этих насаждений составляет 122 м<sup>3</sup>.

Большое количество невостребованных отходов растительного происхождения накапливается в аграрном секторе – солома от злаковых культур, рапса, шелуха гречихи и т.д.

Таким образом, сырьем для производства пеллет может служить любой растительный материал. Наиболее часто для этой цели используется древесные отходы (опилки, щепа, ветки и др.), т.к. древесина, по сравнению с другими растительными материалами, – это наиболее качественное сырье, обладающее самым низким показателем зольности (менее 1%) и высокой теплотворной способностью (4100 – 4400 кКал/кг).

Пеллеты данного типа производятся путем прессования древесных отходов очень мелкой фракции, для чего необходима предварительная обработка, глубина которой зависит от характеристики сырья. Идеальным сырьем для производства пеллет является сухая стружка и сухие опилки, остающиеся после деревообработки (рисунок 2).

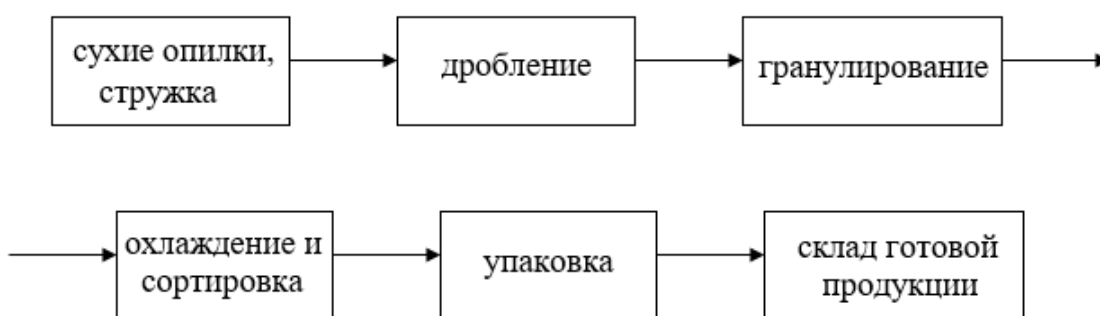


Рисунок 2 – Технологическая схема производства пеллет из сухих опилок и стружки

Если же сырьем служат более влажные (13-55%) опилки и стружка, то для их переработки в пеллеты необходимо первоначальное подсушивание – до 12%. В таком случае процесс усложняется и дорожает за счет специализированной сушильной установки.

Стандартная линия полного цикла по производству пеллет из влажного древесного сырья включает в себя следующие узлы и агрегаты: дробилка или мельница, осушитель, пресс-гранулятор, охладитель и линия по упаковке. На рисунке 3 представлена последовательность выполнения операций с использованием перечисленного оборудования.



Рисунок 3 – Технологическая схема производства пеллет из влажных опилок, стружки и щепы

Если же пеллеты производятся из древесно-кустарниковой растительности, то технологическая схема значительно усложняется. Во всех случаях, осваивая такую сырьевую топливную базу, в начале должна получаться так называемая зеленая щепа (примеси хвои, листвы, повышенное содержание коры). Пеллеты, произведенные из этой щепы будут более низкого качества и

использование их возможно сегодня прежде всего за рубежом на энергоустановках, как добавка к основному топливу. Вопросы эффективного производства зеленой щепы, а из нее пеллет, специфичны и требуют разработки соответствующих мероприятий, технологий и технических средств.

## ***2. Технология и технические средства для получения топливных брикетов из лесосечных отходов и низкокачественной древесины***

Щепа, получаемая из лесосечных отходов или целых малоценных деревьев на применяемых рубильных машинах, имеет большой диапазон получаемых размеров из-за сложностей измельчения тонких веток и коры, что затрудняет ее дальнейшее использование на уже эксплуатируемых энергетических установках. Крупногабаритные щепки снижают надежность работы подающих щепу устройств (например, скребковых и винтовых конвейеров). В результате снижается производительность и растет себестоимость производства энергии.

По этой причине, а также для снижения транспортных расходов, обеспечения длительной сохраняемости и повышения теплотворной способности целесообразно из такой щепы производить облагороженное топливо – например, топливные брикеты. Рассмотрим более подробно топливобрикетное производство.

Топливные брикеты (рисунок 4) – спрессованные изделия прямоугольной или любой другой формы (длина около 100...400 мм; диаметр, как правило, составляет 60...75 мм) из остатков (отходов) биомассы, образующихся в процессе основного производства.

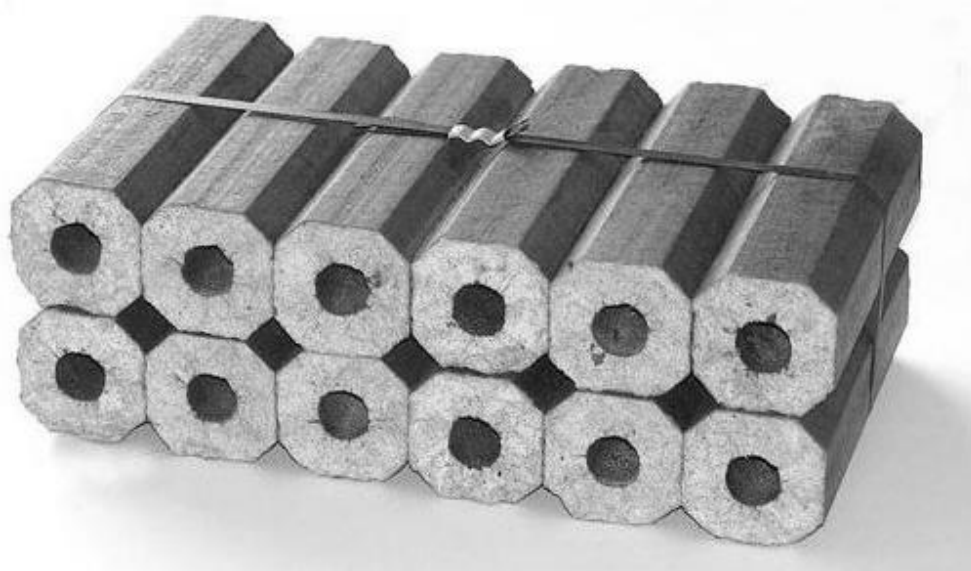


Рисунок 4 – Топливные брикеты из сухих опилок древесины

В качестве сырья для производства топливных брикетов могут использоваться древесные опилки, лузга подсолнечника, риса, гречихи, льна, шелуха овса и др. Топливные брикеты получают в результате применения технологии брикетирования – процесса преобразования биомассы в более удобную для хранения и транспортировки форму. Процесс брикетирования позволяет значительно увеличить объемную калорийность исходного сырья. Концентрация в минимальном объеме полезных горючих свойств биомассы является главной целью брикетирования. Топливные брикеты занимают в 4-5 раз меньший объем, чем исходное сырье, и становятся, таким образом, транспортабельным топливом.

В основе технологии производства топливных брикетов лежит процесс прессования мелко измельченных отходов под высоким давлением. Связующим элементом при этом является натуральный лигнин, содержащийся в клетках растительных отходов. Таким образом, брикеты – это экологически чистый продукт, не содержащий химических добавок и склеивающих веществ.

Достоинствами топливных брикетов являются:

- высокая продолжительность горения (по сравнению с обычными дровами, закладку в печь можно производить реже в три раза);

- горят с минимальным количеством дыма, не стреляют и не искрят;

- продукты сгорания (зола) могут также использоваться в качестве экологически чистого удобрения;

- высокая теплотворность (при сжигании 1000 кг топливных брикетов выделяется столько же тепловой энергии, как при сжигании 1600 кг древесины, 478 м<sup>3</sup> газа, 500 л дизельного топлива, 1000 кг черного угля, 685 л мазута или 1200 кг торфа);

- минимальное влияние на окружающую среду по сравнению с классическим твердым топливом, так как при сгорании они выделяют значительно меньше CO<sub>2</sub>.

Топливные брикеты имеют широкое применение и могут использоваться для всех видов топок, котлов центрального отопления, а также в заводских котельных. При этом брикеты легче подавать в топочную камеру в сравнении с небрикетированными отходами. Процесс загрузки топливных брикетов может быть автоматизирован при помощи представленных на рынке загрузочных устройств.

В последнее время разработаны технологии и технические средства получения топливной щепы из лесосечных отходов и низкокачественной древесины. Вначале такую щепу необходимо вывезти с лесосеки с помощью погрузочно-транспортных машин (рисунок 5, а) на поляну вблизи лесосеки для подсушки. Когда влажность отходов и маломерных деревьев уменьшится естественным путем на 10...20% на поляну подъезжает рубильная машина, оснащенная собственным контейнером-перегрузчиком (рисунок 5, б) и по мере его заполнения перегружает щепу в стоящий рядом контейнер топливовоза (рисунок 5, в), оснащенного системой «мультилифт». Топливозовозом щепа доставляется к линии по производству топливных брикетов.



**а**



**б**



**в**

Рисунок 5 – Комплект машин по заготовке щепы для производства топливных брикетов  
а – машина лесная погрузочно-транспортная МПТ-461.2; б – мобильная рубильная машина МР-25; в – топливовоз с системой «мультилифт»

Для доизмельчения влажной щепы можно рекомендовать также агрегат АС-4-1000 [19], в которой совмещена сушка и измельчение (рисунок 6).



Рисунок 6 – Агрегат сушки-измельчения АС-4-1000

Конструктивно АС-4 представляет собой стальной параллелепипед, внутри которого расположен высокоскоростной активатор и специальные направляющие. Движение сырья внутри агрегата организовано таким образом, что частицы обрабатываемого материала испытывают удары активатора и множественные взаимные встречные соударения. Эти многократно повторяющиеся соударения и взаимное трение приводят к измельчению и одновременному нагреву сырья, что, в конечном счете, приводит еще и к его высушиванию. Для удерживания сырья в рабочей камере до момента достижения необходимой влажности или размера частиц служит специально разработанная система динамической классификации сырья. Отделение системы от внешней среды осуществляется шлюзовыми затворами. Производительность зависит от влажности и размера частиц сырья на входе, необходимой конечной влажности и степени измельчения материала. При подаче в агрегат горячего воздуха производительность существенно увеличивается, удельные затраты электроэнергии уменьшаются.

Линия по получению брикетов из лесосечных отходов и низкокачественной древесины BRIKKEY Technology приведена на рисунке 7.

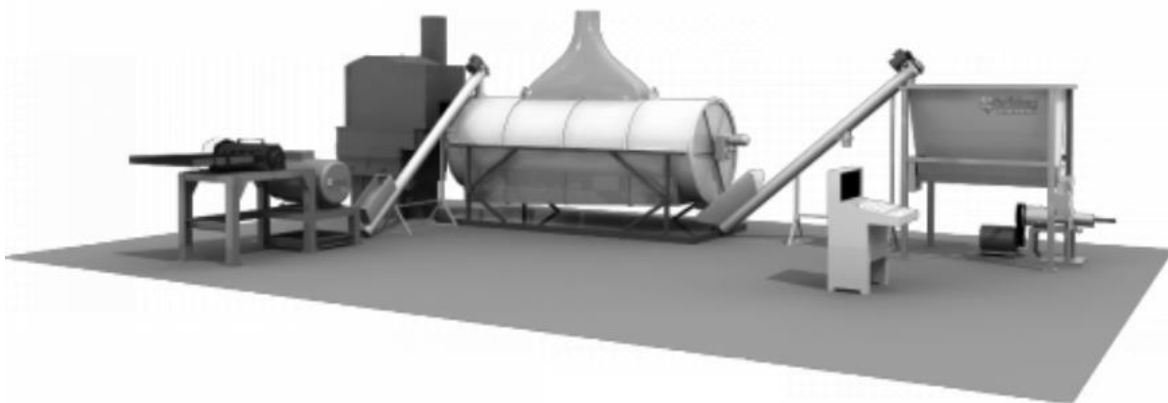


Рисунок 7 – Линия по получению брикетов из растительных отходов BRIKKEY Technology

Технологическая линия имеет следующий порядок работы:

1. Растительные отходы загружаются в измельчитель.
2. Сырье из измельчителя попадает на вход конвейера, который подает опилки в сушильный агрегат.
3. Опилки продвигаются по длине барабана в сторону разгрузочного окна. Воздух, нагреваемый до температуры 180-200°C, движется через сушилку в том же направлении. Чтобы не допустить конденсации, температура на выходе из сушильного агрегата должна быть не ниже 100°C;
4. После выхода из сушильного агрегата сухие опилки шнековым конвейером подаются в бункер-накопитель.
5. В бункере опилки постоянно перемешиваются лопастями и через отверстие в дне попадают на шнек подачи опилок в пресс. В процессе прессования происходит уплотнение опилок рабочим шнеком и продавливание через экструдер при одновременном обжиге для получения уплотняющей поверхности. При помощи шнека материал уплотняется, происходит его прессование и продавливание уплотненной массы через фильеры внутри экструдера. При движении опилочной массы по экструдеру восьмигранный брикетный рукав проходит участок нагрева внешними нагревателями 180-320°C, где происходит дальнейшее спекание и упрочнение наружного слоя.
6. После выхода из экструдера брикетный рукав, двигаясь по приемному швеллеру, охлаждается, что приводит к отвердеванию смол и повышению прочности.

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

#### Изучение погрузочно-разгрузочного механизма с набором съемных кузовов

##### Задание

1. Изучить назначение и область применения погрузочно-разгрузочного механизма типа «мультилифт».
2. Вычертить конструктивную схему мультилифта с обозначением его основных узлов и описанием рабочего процесса.
3. Рассчитать нагрузки в погрузочно-разгрузочном механизме в соответствии с вариантом задания (таблица 1).

Таблица 1 – Варианты задания

Показатели	Вариант			
	1	2	3	4
Модель мультилифта	МПР-1	МПР-2	МПР-3	МПР-4
Грузоподъемность, кг	14000	18000	20000	5000
Габаритные размеры, мм	5050×1264 ×2120	5620×1264 ×2180	6250×1500 ×2200	4100×1190 ×1226

Погрузочно-разгрузочный механизм типа «мультилифт» – крюковая система, представляющая собой механизм с гидравлическим приводом и крюковым захватным устройством. Система устанавливается на автомобильное шасси (МАЗ, КамАЗ, Урал и др.) и применяется для перевозки различных грузов. Данная система значительно упрощает и ускоряет работу, сокращая время загрузки и разгрузки, и является универсальной: на одном автомобиле могут перевозиться кузова различного назначения (контейнер, цистерна, платформа, бытовка и т.д.).

Применение разнообразных конструкций сменных кузовов позволяет использовать мультилифт в различных отраслях строительного комплекса.

По типу конструкции грузоподъемного захвата мультилифты делятся на тросовые и с крюковым захватом. Конструкция тросового мультилифта (рисунок 1) смонтировано на раме базового шасси 3 и представляет собой подъемную наклоняющуюся, посредством гидроцилиндров 4, раму 1 (надрамник), шарнирно закрепленную на подрамнике 2. В передней части надрамника размещается лебедка 5 с гидроприводом и двумя барабанами. При погрузке кузова поднимается надрамник 1, два троса зацепляются за специальные проушины сменного модуля, включается лебедка и кузов по специальным роликам 6 затаскивается на надрамник, после чего опускается и фиксируется рычагом в транспортное положение.



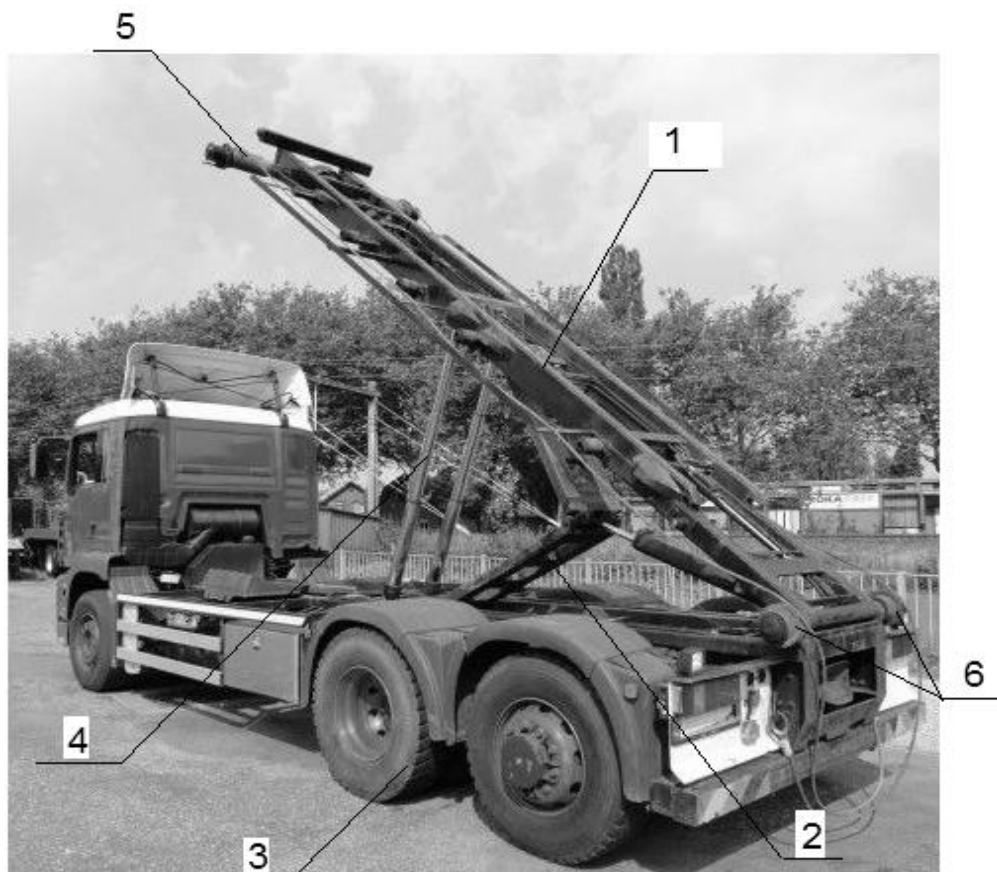


Рисунок 1 – Мультилифт с тросовым захватом

Мультилифт с крюковым захватом (рисунок 2) имеет подъемную раму в форме Г-образной подъемной балки 2 с крюковым захватом. На конце короткой стороны Г-образной балки смонтирован крюк 1, который захватывает контейнер 5 за специальное дышло 3. Г-образная балка посредством гидроцилиндров 6 выполняет полукруговое движение относительно конца длинной стороны, шарнирно закрепленной на подрамнике 4. После загрузки контейнер фиксируется двумя фиксаторами в задней части установки, имеющими гидравлический привод.



Рисунок 2 – Мультилифт с крюковым захватом  
 Погрузка контейнера при помощи мультилифта осуществляется в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 3.

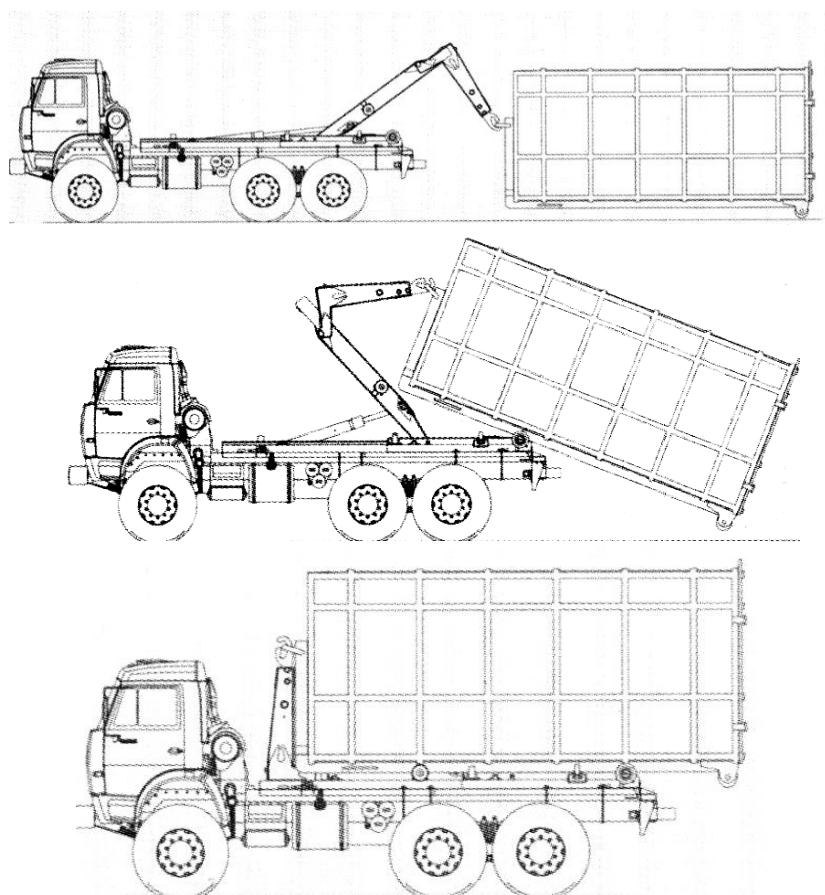


Рисунок 3 – Схема погрузки контейнера при помощи мультилифта

*Методические указания к определению нагрузок  
 в системе «мультилифт»*

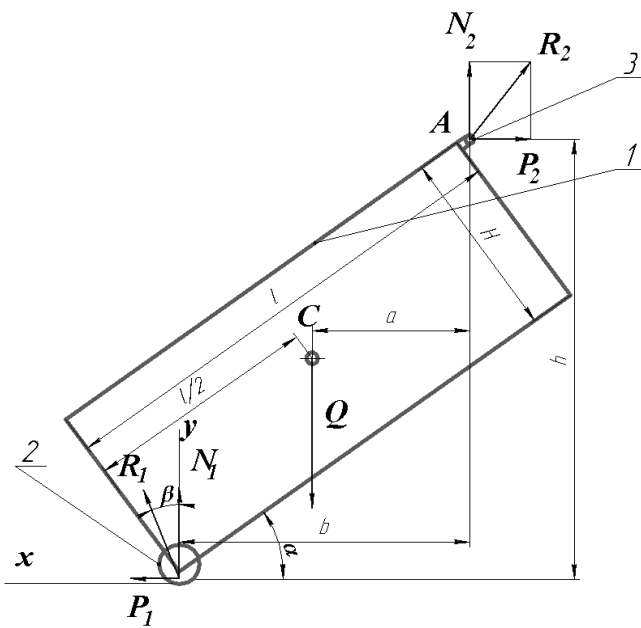


Рисунок 4 – Расчетная схема погрузки сменного контейнера мультилифтом:  
1 – контейнер, 2 – опорный каток,  
3 – дышло

Наибольшие нагрузки имеют место при погрузке на базовую машину загруженного материалом сменного контейнера с грунтовой поверхности, т.к. качение опорных катков сопровождается образованием колеи, что вызывает повышенные нагрузки на крюке мультилифта и на катках, а также создает неровности на поверхности площадки.

Пользуясь рисунком 4, получены зависимости для определения этих нагрузок. На контейнер, при его погрузке, действуют силы:  $Q$  – сила тяжести контейнера с грузом, приложенная в центре масс  $C$ ;  $N_1$  – нормальная реакция поверхности на опорную часть контейнера;  $N_2$  – нормальная реакция крюка мультилифта на дышло (петлю) контейнера;  $P_1$  – горизонтальная сила сопротивления качению опорных катков;  $P_2$  – горизонтальная сила на крюке в точке  $A$ . Сила  $N_1$  определяет параметры опорных катков, а сила  $N_2$  необходима для расчета погрузочно-разгрузочного механизма. Для определения этих сил использованы уравнения моментов сил относительно точки  $A$  и их проекции на горизонталь (ось  $X$ ) и вертикаль (ось  $Y$ ), с помощью которых получены выражения:

$$N_1 = 0,5 \cdot Q \frac{L - H \cdot \operatorname{tg} \alpha}{L - H \cdot \operatorname{tg} \alpha + f(\operatorname{tg} \alpha + H)}, \text{ Н}$$

где  $Q$  – грузоподъемность, Н;

$L, H$  – соответственно длина и высота контейнера, м;

$\alpha$  – угол наклона контейнера, град ( $\alpha = 48$ );

$f$  – коэффициент сопротивления качению катка, (для полевых условий  $f = 0,2 \dots 0,3$ ).

$$P_1 = N_1 f$$

Равнодействующая сила  $R_1$  равна:

$$R_1 = \sqrt{N_1^2 + P_1^2}$$

Сила  $R_1$  при перекачивании катков направлена под углом  $\beta$ , который определяется из выражения:

$$\frac{P_1}{N_1} = tg\beta$$

Усилия на крюке мультилифта определяются аналогичным образом (выполнить самостоятельно).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Изучение конструкции щетки для летнего содержания дорог и определение ее технико-эксплуатационных показателей

**Оборудование:** щетка к универсальному малогабаритному погрузчику Амкодор-211, рулетка измерительная.

#### Задание

1. Изучить конструкцию щетки, ее привод и выполнить необходимые измерения (заполнить таблицу 1).
2. Описать порядок навешивания щетки на погрузчик Амкодор-211.
3. Вычертить конструктивную схему щетки и описать ее устройство.
4. Рассчитать количество ворсинок на щетке, мощность ее привода и эксплуатационную производительность (заполнить таблицу 2).

Таблица 1 – Измеренные данные

№ п/п	Наименование параметра	Результаты замера
1	Частота вращения гидромотора, с <sup>-1</sup>	
2	Передаточное число цепной передачи	
3	Рабочая скорость, м/с	
4	Радиус щетки, м	
5	Длина ворсинки, м	
6	Деформация ворсинки, м	
7	Диаметр ворсинки, d, м	
8	Ширина щетки, м	

Таблица 2 – Вычисленные данные

№ п/п	Наименование параметра	Результаты расчета
1	Частота вращения щетки, об/мин	
2	Количество ворсинок, шт	
3	Мощность, затрачиваемая на трение ворса о поверхность дорожного покрытия, кВт	
4	Мощность, необходимая на деформацию ворса, кВт	
5	Эксплуатационная производительность щетки, м <sup>2</sup> /ч	

Щётка предназначена для подметания асфальто- и цементобетонных покрытий и применяется в качестве сменного рабочего органа в составе универсального компактного погрузчика АМКОДОР 211.

Щётка в сборе (рисунок 1) представляет собой конструкцию, состоящую из следующих составных частей: корпуса 1, представляющего собой несущую сварную конструкцию; вала с навитым на него ворсом; привода 2, состоящего из гидромотора и цепной передачи с натяжным устройством, закрытой кожухом; опорных колёс 3 и опор 4.

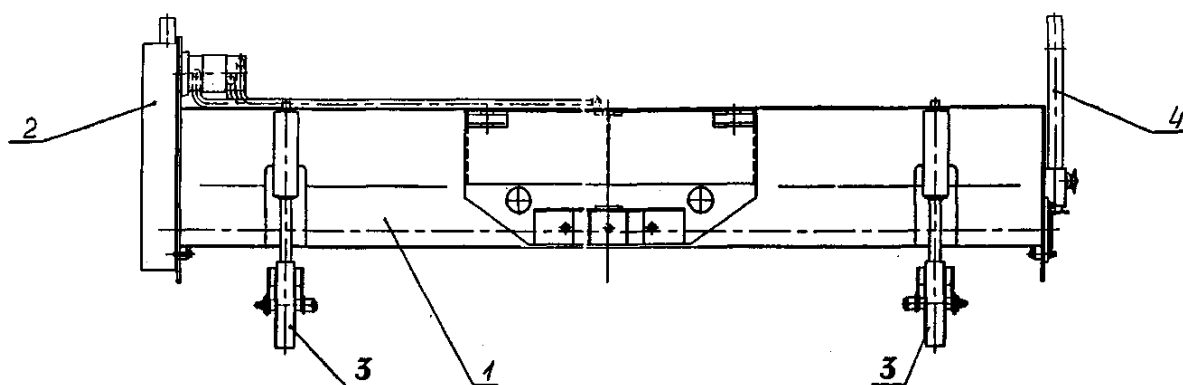


Рисунок 1 – Щётка в сборе

Устройство опорного колеса показано на рисунке 2. Опорные колеса служат для обеспечения необходимого расстояния ворса щётки от убираемой поверхности. Для компенсации износа ворса щётки они имеют регулировку установки по высоте.

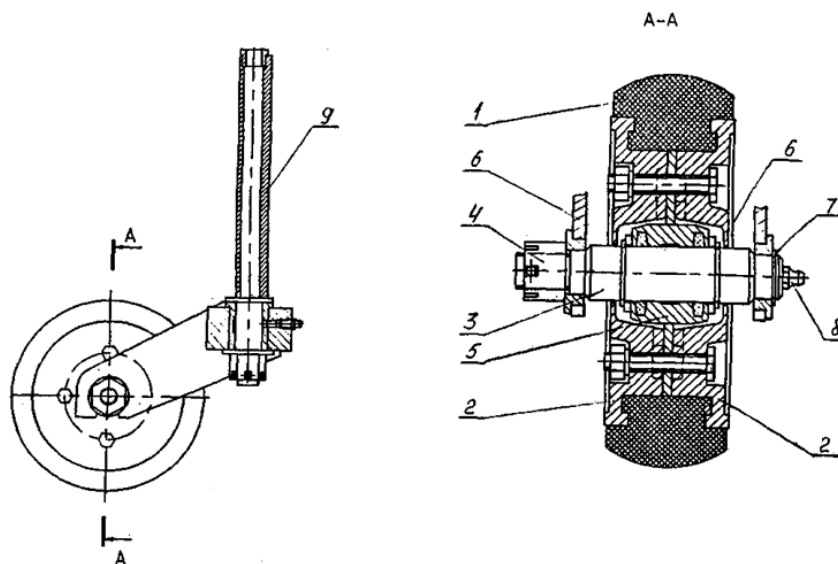


Рисунок 2 – Опорное колесо:

1 – шина; 2 – ступица; 3 – ось; 4 – гайка; 5 – обод; 6, 7 – кольца запорные;  
8 – масленка; 9 – стойка

После установки щётки на сцепку необходимо посредством разрывных муфт соединить рукава высокого давления гидросистемы щётки с гидросистемой погрузчика, поднять опоры, служащие для предотвращения смятия ворса щётки при длительном её хранении без погрузчика и зафиксировать их фиксатором. При нажатии на одну из педалей ножного блока гидравлического управления, расположенного в передней части пола кабины, рабочая жидкость от насоса рабочего оборудования погрузчика подаётся в гидромотор привода щётки, крутящий момент которого посредством цепной передачи передаётся на вал щётки.

### *Определение технико-эксплуатационных показателей щетки*

1. Количество ворсинок на щетке определяется по формуле:

$$i_{\text{ворс}} = \frac{B \cdot 2\pi \cdot K_p}{d \cdot \beta \cdot \frac{v_{\text{щ}}}{v_{\text{под}}}}, \text{ шт}$$

где  $B$  – ширина очищаемой щеткой полосы, см;

$K_p$  – коэффициент неравномерности размещения ворса на щетке, (рекомендуется принимать равным 2,0-2,5);

$d$  – диаметр ворса, см;

$\beta$  – угол, определяющий часть ворса, находящегося каждый момент в контакте с дорогой;

$$\beta = 2,6 \cdot \beta_1$$

где  $\beta_1$  – угол поворота ворсинки при контакте с дорогой до ее вертикального положения

$$\beta_1 = \arccos \frac{r - h}{r}$$

где  $r$  – радиус щетки, см;

$h$  – максимальная деформация ворсинки, см.

2. Суммарная мощность привода щетки определяется по формуле:

$$N_{\Sigma} = N_{\text{тр}} + N_{\text{деф}} + N_{\text{в}} + N_{\text{п}}, \text{ кВт}$$

где  $N_{\text{тр}}$  – мощность, необходимая на трение ворса о поверхность дорожного покрытия, кВт;

$N_{\text{деф}}$  – мощность, потребная на деформацию ворса, кВт;

$N_B$  – мощность, необходимая для определения сопротивления воздуха, кВт;

$N_{\Pi}$  – мощность, необходимая для отделения частиц смета от дороги, кВт.

Для летних условий можно принять  $N_B$  и  $N_{\Pi} = 0$ , т.к. отделение частиц не требует значительных усилий.

Движение щетки относительно дороги является сложным, и поэтому мощность  $N_{\text{тр}}$  определяется как сумма двух мощностей, т.е.:

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{тр.п}} + N_{\text{тр.о}}, \text{ кВт}$$

где  $N_{\text{тр.п}}$  – мощность в переносном движении, кВт;

$N_{\text{тр.о}}$  – мощность в относительном движении, кВт.

В свою очередь составляющие мощности  $N_{\text{тр}}$  (кВт) можно определить следующим образом:

$$N_{\text{тр.п}} = \frac{P \cdot f_B \cdot v_M}{1000 \cdot \eta};$$
$$N_{\text{тр.о}} = \frac{P \cdot f_B \cdot v_{\text{щ}}}{1000 \cdot \eta};$$

где  $P$  – вертикальная реакция дороги на ворс, Н;

$f_B$  – коэффициент трения ворса о дорожное покрытие, ( $f_B = 0,34-0,40$ );

$v_M$  – рабочая скорость машины, м/с;

$v_{\text{щ}}$  – окружная скорость щетки, м/с;

$\eta$  – КПД передачи от двигателя к щетке, ( $\eta = 0,65-0,75$ ).

Мощность, необходимая на деформацию ворса, определяется по выражению:

$$N_{\text{деф}} = \frac{M \cdot \omega}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

где  $M$  – изгибающий момент, действующий на ворс, Н · м;

$\omega$  – угловая скорость щетки, рад/сек.

3. Эксплуатационная производительность универсального погрузчика Амкордор 211, оборудованного щеткой, определяется по выражению:

$$P_3 = 3600 \cdot B \cdot v_M \cdot K_B, \text{ м}^2/\text{ч}$$

где  $K_B$  – коэффициент использования машины по времени, ( $K_B=0,75-0,85$ ).



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### Изучение конструкции циклона и определение его основных параметров

#### Задание

1. Описать назначение, область применения и пример условного обозначения циклона типа ЦН.
2. Вычертить принципиальную схему циклона типа ЦН, описать его устройство и принцип работы.
3. Рассчитать необходимые технологические параметры работы и размеры циклона для очистки пыли в соответствии с вариантом задания (таблица 1).
4. Вычертить схему спроектированного циклона с нанесением полученных данных.

Таблица 1 – Варианты задания

Показатели	Вариант			
	1	2	3	4
Модель циклона	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15у	ЦН-24
Количество выбросов, м <sup>3</sup> /ч	8800	9600	10400	11200
Температура выбросов, °С	28	31	34	37
Начальная концентрация пыли, г/м <sup>3</sup>	17	19	21	23
Плотность пыли, кг/м <sup>3</sup>	2045	2090	2135	2180
Медианный диаметр, мкм	9	10	11	12

#### *Общие сведения о назначении, устройстве и работе циклона*

Циклон – это устройство для отделения твердых частиц (пыли) от газа. Циклоны типа ЦН рекомендуется применять для улавливания золы из дымовых газов; пыли, уносимой газом из различных аппаратов, в которых протекают процессы со взвешенными в газе частицами; пыли, образующейся при пневматической транспортировке материалов.

Циклоны бывают различных конструкций. Несмотря на конструктивные различия, все они имеют общий принцип действия. Наибольшее распространение в системах пылеочистки получили циклоны, работающие по принципу осаждения под действием центробежной силы. Преимущества таких циклонов: простота устройства и обслуживания, сравнительно небольшое аэродинамическое сопротивление, высокая производительность и небольшая стоимость. К недостаткам следует отнести малое улавливание пылевых частиц размером менее 5 мкм.

Широкое распространение получили циклоны ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24. Например, циклон ЦН-15 применяется для очистки загрязненного воздуха с начальной запыленностью до 400 г/м<sup>3</sup>.

Пример расшифровки полного условного обозначения циклона ЦН–15Л-600х2УП:

- Ц – циклон;
- Н – конструкция циклона по нормам института НИИОГАЗ;
- 15 – угол наклона входного патрубка относительно горизонтали, град.;
- Л – «левое» вращение;
- 600 – внутренний диаметр цилиндрической части циклона, мм
- 2 – количество циклонов в группе;
- У – с камерой очищенного газа виде «Улиты»;
- П – пирамидальная форма бункера.

На рисунке 1 показана принципиальная схема циклона НИИОГАЗ типа ЦН.

Запыленный воздух входит в корпус циклона 1, состоящего из цилиндрической и конической частей, через тангенциально присоединенный патрубок 2 и приобретает спиралеобразное вращательное движение сверху-вниз в кольцевом пространстве, образованном цилиндрической частью корпуса 1 и выхлопной трубой 3. В зоне, расположенной ниже торца выхлопной трубы, газовый поток образует внешний вращающийся вихрь. При этом частицы, находящиеся в потоке и обладающие значительно большей плотностью, чем газ, под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам циклона. Твердые частицы, двигаясь вдоль стенок циклона, в результате трения о стенки циклона теряют скорость и под действием сил трения поступают в коническую часть корпуса 1 и далее – в бункер 4, внизу которого имеется отверстие с затвором 5 для выгрузки.

В конической части корпуса циклона образуется зона разрежения вследствие уменьшения поперечного сечения и газовый поток, сохраняя вращательное движение, меняет направление и перемещается снизу вверх к выхлопной трубе – образуется внутренний вращающийся вихрь. Очищенный воздух, сохраняя винтообразное движение, попадает в выхлопную трубу 3 и выбрасывается из циклона наружу.

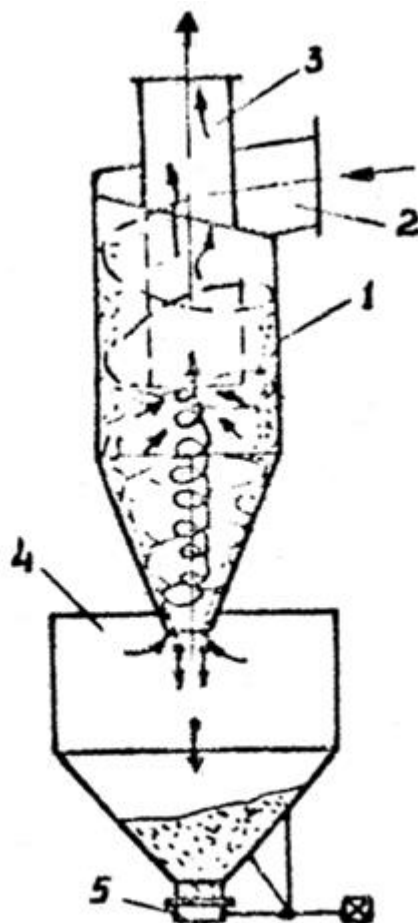


Рисунок 1 – Принципиальная схема циклон типа ЦН

*Расчет основных параметров циклона*

1) По таблице 2 выбирают оптимальную скорость воздуха в сечении циклона  $v_0$ .

Таблица 2 – Оптимальные скорости движения воздуха  $v_0$  и коэффициенты местных сопротивлений  $\varepsilon_0$  циклонов

Марка циклона	Скорость движения воздуха $v_0$ , м/с	Значение $\varepsilon_0$	
		С выбросом в атмосферу	С улиткой на выхлопной трубе
ЦН-11	3,5	6,1	5,2
ЦН-15	3,5	7,8	6,7
ЦН-15у	3,5	8,2	7,5
ЦН-24	4,5	10,9	12,5

2) Определяют необходимую площадь сечения циклона, м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v_0},$$

где  $L$  – количество выбросов через циклон, м<sup>3</sup>/ч;

$v_0$  – оптимальная скорость воздуха в сечении циклона, м/с.

3) Определяют диаметр циклона  $D$ , задаваясь числом циклонов  $n$ , м:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{F}{n}}, \text{ м}$$

Для циклонов НИИОГАЗ диаметры нормируются в следующем порядке: 150, 200, 300, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600 мм. Принимаем ближайший больший стандартный диаметр циклона  $D_1$ .

4) Вычисляют действительную скорость воздуха в циклоне  $v'_0$ , м/с:

$$v'_0 = \frac{1,27 \cdot L}{3600 \cdot n \cdot D_1^2}$$

Действительная скорость в циклоне не должна отличаться от оптимальной более чем на 15 %:

$$\Delta = \frac{v_0 - v'_0}{v_0} \cdot 100\%$$

5) Определяют динамическую вязкость воздуха, Па/с:

$$\mu = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{273 + t}{273}\right)^{0,683}$$

6) Определяют аэродинамическое сопротивление циклона по формуле, Па:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \zeta_{\text{ц}} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{в}} \cdot v_0'^2}{2}\right),$$

где  $\rho_{\text{в}}$  – сопротивление воздуха;

$\zeta_{\text{ц}}$  – коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скорости  $v_0$  и определяемый с учетом поправочных коэффициентов по формуле:

$$\xi_{ц} = k_1 \cdot k_2 \cdot \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon_0,$$

где  $k_1$  – коэффициент, зависящий от диаметра циклона (таблица 3);

$k_2$  – поправочный коэффициент на запыленность воздуха (таблица 4)

$\varepsilon_0$  – коэффициент местного сопротивления (таблица 2);

$\Delta\varepsilon_0$  – коэффициент местного сопротивления при групповой установке циклонов (при  $n = 2 - 10$  принимается прямоугольная компоновка циклонов с отводом очищенного воздуха через улиточные раскрыватели,  $\Delta\varepsilon_0 = 28$ ).

Таблица 3 – Поправочный коэффициент  $k_1$

Диаметр циклона, мм	Значение коэффициента $k_1$	
	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24
150	0,94	0,85
200	0,95	0,90
300	0,96	0,93
450	0,99	1
500	1	1
>500	1	1

Таблица 4 – Поправочный коэффициент  $k_2$

Марка циклона	Значения коэффициента $k_2$ при запыленности воздуха, г/м <sup>3</sup>					
	0	10	20	40	80	120
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,9	0,87
ЦН-15	1	0,93	0,93	0,91	0,9	0,87
ЦН-15у	1	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,9	0,87

7) По графику фракционной эффективности очистки (рисунок 2) определяют размер пыли  $d_{50}$  с эффективностью улавливания 50 % для выбранного типа циклона.

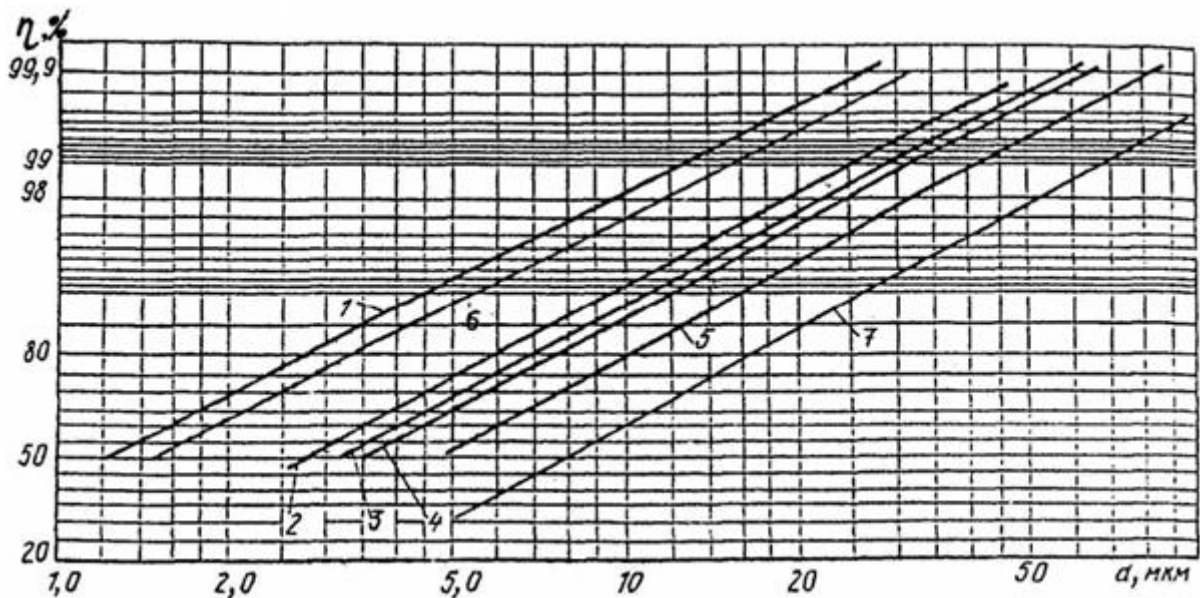


Рисунок 2 – Фракционная эффективность очистки циклонов:  
 1 – СК-ЦН-34; 2 – ЦН-11; 3 – ЦН-15; 4 – ЦН-15у; 5 – ЦН-24; 6 – СДК-ЦН-33;  
 7 – для примера

Для определения эффективности циклона других размеров и скорости движения воздуха, его вязкости и плотности вычисляют новое значение  $d_{50}$ , мкм, по формуле:

$$d'_{50} = 548,5 \cdot d_{50} \cdot \sqrt{\frac{D_1 \cdot \mu \cdot v_0}{\rho_{\text{п}} \cdot v'_0}}$$

На график фракционной эффективности очистки наносят точку с координатами 50 % и  $d'_{50}$  и из нее проводят линию, параллельную линиям графиков. Из условий работы по заданному медианному диаметру находят соответствующую точку на оси  $X$ , восстанавливают перпендикуляр до пересечения с построенной кривой и по горизонтальной прямой на пересечении с осью  $U$  получают искомое значение эффективности очистки спроектированного циклона.

8) Если в результате выполнения работы получена фракционная эффективность улавливания пыли менее 85 %, то необходимо увеличить количество циклонов  $n$  и произвести повторные расчеты.

9) Основные размеры циклона определяют в долях от внутреннего диаметра  $D_1$  по следующим формулам:

- выходное отверстие циклона:  $D_{\text{вых}} = 0,59 \cdot D_1$ , мм;
- размеры входного патрубка:  $a \times b = 1,11 \cdot D_1 \times 0,26 \cdot D_1$ , мм;
- общая высота циклона  $4,26 \cdot D_1$ , мм.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Изучение конструкции фрезерно-роторного снегоочистителя и определение его технико-эксплуатационных показателей

**Оборудование:** снегоочиститель фрезерно-роторного типа к универсальному малогабаритному погрузчику Амкодор-211, рулетка измерительная.

#### Задание

1. Изучить конструкцию фрезерно-роторного снегоочистителя, его привод и выполнить необходимые измерения (заполнить таблицу 1).
2. Описать порядок навешивания снегоочистителя на погрузчик Амкодор-211.
3. Вычертить:
  - конструктивную схему навесного фрезерно-роторного снегоочистительного оборудования с нанесением геометрических параметров, описать его устройство и принцип работы;
  - кинематическую схему метателя и фрезерного питателя.
4. Рассчитать технико-эксплуатационные показатели снегоочистителя (заполнить таблицу 2).

Таблица 1 – Измеренные данные

№	Наименование параметра	Результаты замера
1	Частота вращения гидромотора, с <sup>-1</sup>	
2	Передаточное число редуктора	
3	Радиус ротора, м	
4	Длина лопасти ротора, м	
5	Ширина лопасти ротора, м	
6	Начальный угол выброса снега, град	
7	Диаметр питателя, м	
8	Диаметр вала питателя, м	
9	Длина питателя, м	
10	Шаг винтовой линии, м	
11	Угол подъема винтовой линии, град	
12	Рабочая скорость машины, м/с	

Таблица 2 – Вычисленные данные

№	Наименование параметра	Результаты расчета
1	Угол разгрузки, град	
2	Частота вращения ротора, об/мин	
3	Частота вращения фрезерного питателя, об/мин	
4	Мощность на привод лопастного ротора, кВт	
5	Мощность на привод фрезерного питателя, кВт	
6	Техническая производительность ротора, м <sup>3</sup> /с	
7	Техническая производительность фрезерно-роторного снегоочистителя, т/ч	

*Конструкция и рабочий процесс навесного фрезерно-роторного снегоочистительного оборудования*

Общий вид снегоочистителя показан на рисунке 1. Снегоочиститель состоит из следующих основных деталей и узлов:

- корпусов 3 и 11, служащих для установки всех деталей и узлов и для присоединения к погрузчику;
- кожухов 1 и 2, с помощью которых регулируется дальность выброса снега;
- редуктора 4, состоящего из корпуса с закрепленным на нем рассекателем 5, конической шестерни, установленной на шлицах вала, вала-шестерни;
- фрез 6, 7, служащих для рыхления снега и перемещения его к ротору 10;
- опорных лыж 8 и опор 9;
- гидромотора 12 с рукавами высокого давления, имеющие быстроразъёмные муфты 13.

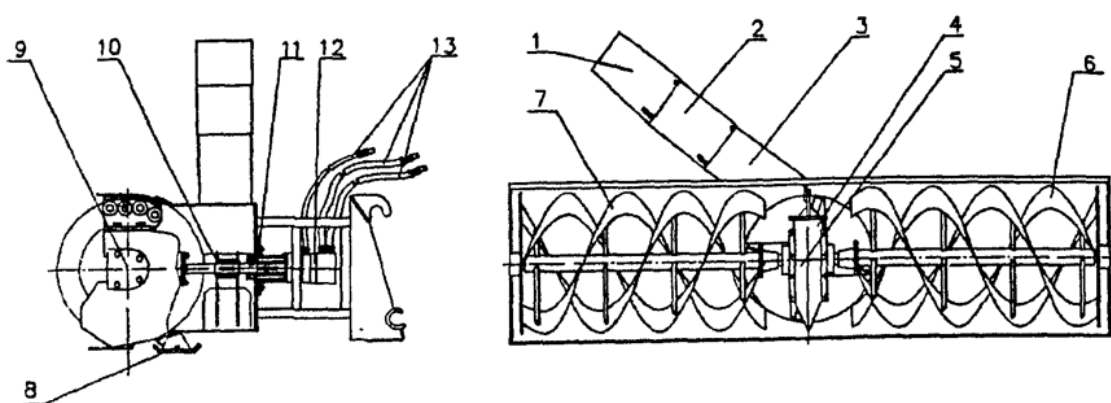


Рисунок 1 – Конструктивная схема навесного фрезерно-роторного снегоочистительного оборудования



При поступательном перемещении машины перед рабочим органом образуется снежный забой, в котором правая 7 и левая 6 половины фрезы вырезают серповидные стружки снега, после чего обеспечивается распределение снега под действием центробежных сил по окружности вращения фрезы и одновременное перемещение снега в осевом направлении к середине рабочего органа, для чего правая 7 и левая 6 половины фрезы имеют противоположное направление винтовых лопастей. В средней части корпуса образовано окно, через которое забрасывается винтовыми лопастями в метательный аппарат.

В метательном аппарате снег поступает на лопасти ротора 10, транспортируется ими по неподвижному цилиндрическому корпусу 3 и выбрасывается из метателя под действием центробежных сил через кожуха 1 и 2.

### *Определение технико-эксплуатационных показателей фрезерно-роторного снегоочистителя*

1) Одним из основных геометрических параметров метательного аппарата является угол  $\varphi_p$  разгрузки ротора, характеризующий угол поворота лопасти и необходимый для полного схода снега, и являющийся центральным углом, на который опирается разгрузочный кожух:

$$\varphi_p \geq 0,25\pi \left(1 - \frac{1}{1 - a_v^2}\right) + \operatorname{arctg} a_v,$$

где  $a_v$  – коэффициент, учитывающий влияние трения снега о лопасть, ( $a_v = 0,8 \dots 0,95$ ).

2) Мощность привода лопастного ротора определяется по формуле:

$$N_p = k_{\text{зап}}(N_{p1} + N_{p2})/\eta_p, \text{ Вт}$$

где  $k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса мощности, ( $k_{\text{зап}} = 1,1 \dots 1,15$ );

$N_{p1}$  – мощность, необходимая на отбрасывание снега, Вт;

$N_{p2}$  – мощность, необходимая на преодоление сопротивления трению снега о стенки кожуха, Вт;

$\eta_p$  – КПД привода ротора, ( $\eta_p = 0,9 \dots 0,95$ );

2.1) Мощность, необходимая на отбрасывание снега, Вт:

$$N_{p1} = mR_p^2 n_p^3 (1 + K_1^2),$$

где  $m$  – масса отбрасываемого снега, кг;

$R_p$  – радиус ротора, м;

$\omega_p$  – число оборотов ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$K_1$  – коэффициент, равный отношению длины лопасти ротора к ее ширине.

Масса отбрасываемого снега, кг:

$$m = \frac{L_{\text{п}} h V_{\text{м}} \rho_{\text{сн}}}{n_{\text{р}}},$$

где  $L_{\text{п}}$  – длина питателя, м;

$h$  – толщина снежного покрова, м;

$V_{\text{м}}$  – рабочая скорость машины, м/с;

$\rho_{\text{сн}}$  – плотность снега, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_{\text{сн}} = 300 \dots 400$  кг/м<sup>3</sup>)

$n_{\text{р}}$  – частота вращения ротора, с<sup>-1</sup>.

2.2) Мощность, необходимая для преодоления сопротивления трению снега о стенки кожуха, Вт:

$$N_{\text{р2}} = m R_{\text{р}}^2 n_{\text{р}}^3 f_{\text{ст}},$$

где  $f_{\text{ст}}$  – коэффициент трения снега о сталь, ( $f_{\text{ст}} = 0,1$ );

$n_{\text{р}}$  – частота вращения ротора, с<sup>-1</sup>.

3) Мощность на привод фрезерного питателя:

$$N_{\text{п}} = k_{\text{зап}} (N_{1\text{п}} + N_{2\text{п}}) / \eta_{\text{п}}, \text{ Вт}$$

где  $N_{1\text{п}}$  – мощность на вырезание снега из массива, Вт;

$N_{2\text{п}}$  – мощность на перемещение снега питателем, Вт;

$\eta_{\text{п}}$  – КПД привода питателя, ( $\eta_{\text{п}} = 0,8 \dots 0,9$ ).

3.1) Мощность, расходуемая на вырезание снега из массива, Вт:

$$N_{1\text{п}} = K (D_{\text{п}} - d_{\text{п}}) L_{\text{п}} t_{\text{п}} n_{\text{п}},$$

где  $K$  – удельное сопротивление снега резанию, Н/м<sup>2</sup>;

$D_{\text{п}}$  – диаметр питателя, м;

$d_{\text{п}}$  – диаметр вала питателя, м;

$L_{\text{п}}$  – длина питателя, м;

$t_{\text{п}}$  – шаг винтовой лопасти питателя, м;

$n_{\text{п}}$  – число оборотов питателя, об/сек.

3.2) Мощность, необходимая на перемещение снега питателем, Вт:

$$N_{2\text{п}} = \frac{\Pi_{\text{п}} R_{\text{п}} n_{\text{п}}^2 L_{\text{п}} \text{tg}(\alpha + \delta)}{\text{tg} \alpha},$$

где  $\Pi_{\text{п}}$  – массовая производительность питателя, кг/с.

$R_{\text{п}}$  – радиус питателя, м;

$\alpha$  – угол подъема винтовой линии, град;

$\delta$  – угол трения снега о металл, град ( $\delta = 10-12$ );

Массовая производительность фрезерного питателя, кг/с:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\pi D_{\text{п}}^2 L_{\text{п}} n_{\text{п}} \rho_{\text{сн}} K_{\text{н}}}{4},$$

где  $\rho_{\text{сн}}$  – плотность снега, кг/м<sup>3</sup>;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения питателя снегом в зависимости от плотности снега, (примем  $K_{\text{н}} = 0,5$ ).

4) Техническая производительность метательного аппарата снегоочистителя, м<sup>3</sup>/с:

$$\Pi_{\text{тех}}^{\text{р}} = v_{\text{р}} b_{\text{р}} R_{\text{р}} (1 - K_2^{-2}),$$

где  $v_{\text{р}}$  – окружная скорость ротора, с<sup>-1</sup>;

$b_{\text{р}}$  – ширина лопасти ротора, м;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от угла разгрузки и угла внешнего трения снега, ( $K_2 = 2,2 \dots 2,5$ ).

5) Техническая производительность фрезерно-роторного снегоочистителя, т/ч:

$$\Pi_{\text{тех}}^{\text{сн}} = 3,6 B h V_1 \rho_{\text{сн}}$$

## 3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

### 3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита выполненных работ;
- проведение текущих коллоквиумов по отдельным разделам;
- сдача зачета по дисциплине.

### 3.2 Вопросы для самоконтроля

1. Содержание дорог в теплое время года: задачи и применяемые средства механизации
2. Графики зависимости количества загрязнений на дорожном покрытии от интенсивности движения автомобилей и распределения загрязнений по ширине дороги
3. Операции по уборке загрязнений на дорогах с ливневой канализацией в теплое время года. Определение коэффициента эффективности при уборке загрязнений
4. Графики изменения запыленности и влажности воздуха в зависимости от времени после поливки
5. Поливомоечные машины: назначение, классификация и основные параметры
6. Устройство и принцип работы поливомоечной машины
7. Порядок работы поливомоечного оборудования при выполнении технологических операций. Схемы установки насадок
8. Тягово-мощностной расчет поливомоечной машины
9. Определение производительности поливомоечной машины
10. Назначение и классификация подметально-уборочных машин
11. Способы перемещения смета в бункер в подметально-уборочных машинах
12. Устройство, принцип работы и определение производительности подметальной машины
13. Компонентные схемы подметально-уборочных машин с механическим транспортированием смета
14. Кинематическая схема привода щеток подметально-уборочной машины
15. Кинематическая схема привода механического транспортера подметально-уборочной машины
16. Определение мощности, необходимой на привод коммунальной щетки

17. Содержание дорог в холодное время года: задачи и применяемые средства механизации
18. Графики зависимости коэффициента внутреннего трения снега и его сцепления с дорожным покрытием от количества внесенных реагентов
19. Технологический порядок снегоочистки городских дорог
20. Материалы и машины, применяемые для ликвидации гололеда на дорогах
21. Назначение и классификация снегоочистителей
22. Устройство, принцип работы и определение производительности плужно-щеточного снегоочистителя
23. Определение геометрических параметров рабочих органов плужно-щеточного снегоочистителя
24. Тяговый расчет плужно-щеточного снегоочистителя
25. Устройство, принцип работы и определение производительности фрезерно-роторного снегоочистителя
26. Определение геометрических параметров рабочих органов фрезерно-роторного снегоочистителя
27. Устройство, принцип работы и основные параметры снегопогрузчика с лаповым питателем
28. Кинематическая схема снегопогрузчика с лаповым питателем
29. Тяговый расчет снегопогрузчика с лаповым питателем
30. Устройство, принцип работы и основные параметры распределителя пескосоляной смеси
31. Технологические операции и необходимые машины и оборудование при текущем ремонте асфальтобетонных покрытий дорог
32. Устройство и принцип работы ручного заливщика швов
33. Оборудование для разрушения покрытий дорог
34. Устройство, принцип работы и определение производительности машины для ямочного ремонта дорог
35. Технологические операции и необходимые машины при капитальном ремонте асфальтобетонных покрытий дорог
36. Устройство и принцип работы ремиксера
37. Устройство и принцип работы илососной машины
38. Устройство и принцип работы каналопромывочной машины
39. Классификация мусоровозов
40. Область применения, устройство, принцип работы и определение производительности кузовного мусоровоза
41. Область применения, устройство, принцип работы и определение производительности мультилифта с крюковым захватом
42. Область применения, устройство, принцип работы и определение производительности мультилифта с тросовым захватом
43. Область применения, устройство, принцип работы и определение производительности порталного мусоровоза

## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Учебная программа

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются: назначение, область применения и конструкции коммунальных машин, определение рациональных параметров при выполнении рабочего процесса, подбор необходимых типов машин и их комплектов.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как «Математика», «Физика», «Химия», «Теоретическая механика», «Гидравлика», «Строительные, дорожные и мелиоративные машины». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для успешного прохождения преддипломной практики и выполнения дипломного проекта.

В результате изучения учебной дисциплины «Коммунальные машины» студент должен:

**знать:**

- общее устройство машин и оборудование;
- рабочий процесс и рациональные приемы выполнения работ;
- основные параметры и технические характеристики;
- технологические возможности основного и вспомогательного рабочего оборудования;
- условия достижения наивысшей производительности.

**уметь:**

- определить эксплуатационную производительность машин и оборудование, подбирать насосы и вентиляторы, производить тепловые расчеты выполняемого технологического процесса;
- осуществлять правильный выбор машин и оборудования, увязку комплектов машин по производительности с необходимыми рабочими органами для эффективной и комплексной механизации коммунального хозяйства.

**владеть:**

- основами проектирования коммунальных машин (КМ);
- основами безопасной эксплуатации КМ;
- методами технического диагностирования.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (креативность).

- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- СЛК-7. Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.
- ПК-1. Работать с юридической литературой и трудовым законодательством.
- ПК-6. Владеть современными средствами инфокоммуникаций.
- ПК-7. Владеть методами определения технико-экономических показателей ПТМ и СДМ.
- ПК-8. Владеть методами расчета энергетических, кинематических, динамических и силовых параметров ПТМ и СДМ и их проектирования.
- ПК-9. Владеть методами контроля параметров машин (ПТМ и СДМ), применяемых в строительном комплексе.
- ПК-10. Владеть методами диагностирования и оценки остаточного ресурса конструкций, механизмов и деталей ПТМ и СДМ.
- ПК-11. Владеть методами монтажа, наладки, испытаний ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников.
- ПК-12. Владеть способами оценки и уменьшения вредного влияния ПТМ и СДМ на окружающую среду.
- ПК-13. Оценивать патентоспособность технических решений, проводить патентные исследования.
- ПК-14. Обеспечивать при проектировании безопасность конструкций ПТМ и СДМ.
- ПК-15. В составе группы специалистов по проектированию ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников или самостоятельно разрабатывать перспективный план развития отдельных машин, выполнять технико-экономическое обоснование структурной единицы машины или машины в целом.
- ПК-16. Рассчитывать и проектировать ПТМ и СДМ, лифты и подъемники общего и специального назначения, работающих в условиях динамического нагружения в повторно-кратковременном режиме.
- ПК-17. Применять теорию, методы расчета и режимы работы ПТМ и СДМ машин при физическом и математическом моделировании процессов.
- ПК-18. Осуществлять оптимизацию параметров несущих конструкций, отдельных структурных единиц ПТМ и СДМ с целью снижения их металлоемкости и энергозатрат на изготовление и ремонт.

ПК-19 Разрабатывать техническое задание на проектируемую структурную единицу машины или машину в целом с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

ПК-20. Осуществлять авторский надзор за созданием или реконструкцией структурной единицы машины или машины в целом в пределах соответствующей компетенции.

ПК-21. Рассчитывать и анализировать надежность работы машин, агрегатов и комплекса машин с учетом их условий эксплуатации.

ПК-22. Анализировать технологичность процесса производства и ремонта ПТМ и СДМ.

ПК-23. Проводить испытания при подготовке производства, вводе ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников в эксплуатацию, а также проводить диагностику при эксплуатации этих машин.

ПК-24. Намечать основные этапы научных исследований по производственно-технологической и ремонтно-эксплуатационной деятельности.

ПК-27. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития СДМ и ПТМ, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-28. Определять цели инноваций и способы их достижения.

ПК-29. Работать с научной, технической, патентной литературой по ПТМ и СДМ.

ПК-30. Разрабатывать бизнес-планы создания нового оборудования по ПТМ и СДМ.

ПК-31. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемого оборудования по ПТМ и СДМ.

ПК-32. Проводить опытно-технологические исследования для создания и внедрения нового оборудования ПТМ и СДМ, его опытно-промышленную проверку и испытания.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Раздел I. Технология механизированных работ. Основные положения**

#### **Тема 1.1. Технология содержания городских дорог**

Задачи летней и зимней уборки. Операции по уборке загрязнений в летний период и применяемые для их выполнения машины. Технологический порядок снегоочистки. Способы удаления снежно-ледяных образований. Материалы и машины, применяемые для устранения гололеда и скользкости.

#### **Тема 1.2. Технология ремонта городских дорог**

Виды работ и технологические операции, выполняемые при текущем и капитальном ремонте городских дорог. Необходимые машины и оборудование.



### **Тема 1.3. Технология удаления бытовых отходов**

Системы сбора, транспортирования и удаления ТКО. Технологические операции и применяемые машины и оборудование.

## **Раздел II. Машины для летнего содержания дорог**

### **Тема 2.1. Поливомоечные машины**

Назначение, классификация и основные параметры. Устройство и принцип работы. Определение положения насадков на машине при мойке и поливке. Определение режимов работы насосной установки и мощности, необходимой для работы поливомоечной машины.

### **Тема 2.2. Подметально-уборочные машины**

Назначение, классификация и основные параметры. Устройство и принцип работы. Способы перемещения смета в бункер. Привод щеток и механического транспортера. Определение технико-эксплуатационных показателей цилиндрической щетки: мощность привода, количество ворса, эксплуатационная производительность.

## **Раздел III. Машины для зимнего содержания дорог**

### **Тема 3.1. Снегоочистители**

Назначение, параметры и устройство плужно-щеточных и роторных снегоочистителей. Определение основных параметров и режимов работы плуга и щетки. Тяговый расчет плужно-щеточного снегоочистителя. Определение мощности на привод метателя и питателя фрезерно-роторного снегоочистителя.

### **Тема 3.2. Снегопогрузчики**

Назначение, устройство и принцип работы снегопогрузчиков лапового и фрезерного типов. Привод рабочего оборудования. Тяговый расчет.

### **Тема 3.3. Распределители технологических материалов**

Назначение, устройство и принцип работы. Привод рабочего оборудования. Определение мощности, необходимой на привод транспортера и распределительного диска.

## **Раздел IV. Машины для ремонта дорог**

### **Тема 4.1. Машины для текущего ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием**

Устройство и принцип работы машин и оборудования для очистки от загрязнений трещин и их заливки, ямочного ремонта, разогрева покрытия и его укатки, разрушения покрытия, подъема и опускания бордюрного камня.

## **Тема 4.2. Машины для капитального ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием**

Устройство и принцип работы машин и оборудования для метода восстановления изношенного слоя путем полной замены старого материала покрытия новым с полным удалением старого и для метода обогащения старого материала покрытия новым.

## **Раздел V. Машины для содержания городских инженерных коммуникаций**

### **Тема 5.1. Илососные машины**

Назначение, устройство и принцип работы. Определение подачи вакуум-насоса; усилия и мощности, необходимых для опорожнения илового отсека; мощности, затрачиваемой на привод гидронасоса.

### **Тема 5.2. Машины для прочистки водопроводных и фекальных сетей**

Назначение, устройство и принцип работы. Определение скорости истечения воды из размывочной головки; усилия, необходимого для перемещения головки; мощности, затрачиваемой на привод барабана и водяного насоса.

### **Тема 5.3. Машины для сбора и вывоза коммунальных отходов**

Назначение, классификация и основные параметры. Мусоровозы кузовные, контейнерные и транспортные. Машины для сбора и вывоза жидких коммунальных отходов. Определение эксплуатационной производительности.

### **Тема 5.4. Комплект машин для топливообеспечения энергоисточников ЖКХ**

Срезающе-пакетирующие машины, погрузочно-транспортные агрегаты, рубильные машины, топливовозы, оборудованные системой «мультилифт», машины по производству пеллет и брикетов.

## **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных заданий (задач);
- выполнение чертежей, расчетно-графических работ;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение.

## 4.2 Список рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Вавилов А.В. Машины по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов: Учеб. пособие / А.В.Вавилов, А.М.Щемелев, Д.И.Бочкарев и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.В.Вавилова. – Мн.: БНТУ, 2003. – 408 с.
2. Щемелев А. М. Машины для коммунального хозяйства: Учеб, пособие/ м. Щемелев, А. В. Вавилов, В. М. Пилипенко. - Мн.: Стринко, 2003. - 376 с.
3. Довгяло В.А. Машины и оборудование для содержания автомобильных дорог: учеб. пособие / В.А. Довгяло; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 288 с.
4. Васильева Е.А., Левин А.В. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами: учебное пособие. - ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2019. Часть 1. – 61 с.
5. Доценко А.И. Коммунальные машины и оборудование: Учеб. Д 71 пособие для вузов. — М.: Архитектура-С, 2005. — 344 с.: ил.
6. Карабан Г.Л. Машины для городского хозяйства / Г.Л. Карабан, В.И. Баловнев, И.А. Засов, Б.А. Лифшиц. — М.: Машиностроение, 1988, 272 с.
7. Вавилов А.В. Пеллеты в Беларуси: производство и получение энергии: [монография] / А.В. Вавилов. – Минск: Стринко, 2012. – 147 с.
8. Вавилов А.В. Брикетты из возобновляемых биоэнергоисточников: [монография] / А.В. Вавилов. – Минск: Стринко, 2013. – 71 с.

### Дополнительная литература

9. Эксплуатация специальных автомобилей для содержания и ремонта городских дорог: практ. пособие / В.И. Баловнев [и др.]. – 2-е изд. – М.: Транспорт, 1992. – 263 с.