

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»  
Институт гражданской защиты  
Кафедра инженерной защиты окружающей среды

**РАСЧЕТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН  
ДЛЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

Учебно-методическое пособие



Ижевск  
2013

УДК 614.0 (075)  
ББК 34.412.02я7  
Р 248

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим Советом УдГУ*

*Рецензент:* к.т.н., профессор кафедры ТМТПО ИППСТ УдГУ, В.А. Галашев

Составители: Дружакина Ольга Павловна, Перминов Николай Алексеевич

Р248      Расчеты эксплуатационных параметров машин для природообустройства: учебно-методическое пособие / Составители: О.П. Дружакина, Н.А. Перминов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2013. – 64 с.

**ISBN978-5-4312-0217-9**

Учебно-методическое пособие содержит указания по выполнению заданий на практических занятиях при изучении дисциплины «Машины и оборудование для природообустройства и водопользования». Предназначено для студентов, обучающихся по бакалаврской и магистерской программе 280100 «Природообустройство и водопользование», а также специалистов в области инженерной защиты окружающей среды и рационального водопользования. Включает четыре практические работы и приложения со схемами машин и оборудования, варианты заданий, алгоритмы выполнения заданий и тесты.

УДК 621.0 (075)  
ББК 34.412.02я7

**ISBN978-5-4312-0217-9**

© Сост.: Дружакина О.П., Перминов Н.А., 2013  
© ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», 2013

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	4
БАЗОВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. Машины для сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО) и методика расчета эксплуатационных параметров	7
Основные сведения о машинах для сбора и вывоза ТБО	7
Виды машин для сбора и вывоза ТБО	10
Методика расчета эксплуатационных параметров машин для сбора и вывоза ТБО	14
Задания для самостоятельного выполнения	16
Алгоритмы выполнения заданий	18
Тестовые задания	19
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. Подметально-уборочные машины (ПУМ) и методика расчета эксплуатационных параметров	21
Основные сведения о ПУМ	21
Виды ПУМ	24
Методика расчета эксплуатационных параметров ПУМ	27
Задания для самостоятельного выполнения	30
Алгоритмы выполнения заданий	33
Тестовые задания	34
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. Поливочно-моечные машины (ПММ) и методика расчета эксплуатационных параметров	36
Основные сведения о ПММ	36
Виды ПММ	39
Методика расчета эксплуатационных параметров ПММ	41
Задания для самостоятельного выполнения	42
Алгоритмы выполнения заданий	43
Тестовые задания	45
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. Машины для содержания и уборки городских территорий в зимний период и методика расчета эксплуатационных параметров	46
Основные сведения о машинах для содержания городских территорий в зимний период	46
Виды машин для содержания городских территорий в зимний период	49
Методика расчета эксплуатационных параметров машин для содержания городских территорий в зимний период	53
Задания для самостоятельного выполнения	58
Алгоритмы выполнения заданий	58
Тестовые задания	62
Библиографический список	65

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*Уважаемые студенты в области природообустройства и инженерной защиты окружающей среды. Это пособие создано для Вас в помощь изучения особенностей и принципов работы того множества машин и различного оборудования, которое обустроивает в лучшую сторону и защищает от разрушения окружающую среду наших с вами городов и рекреационных лесопарковых зон.*

*Актуальность разработки учебно-методического пособия по машинам и оборудованию природообустройства обусловлена постоянно растущим разнообразием и спецификой природоохранных работ с применением оборудования и машин спецназначения, особенно при обустройстве городских территорий.*

*Структура пособия. Учебной программой предусмотрено проведение практических занятий по расчету параметров различных видов конструкций и машин природообустройства, представлена богатая теоретическая и графическая часть материала. Пособие также может активно применяться при написании рефератов, контрольных и курсовых работ, выпускной квалификационной работы (ВКР) и магистерских диссертаций.*

*При подготовке пособия составителями использованы как учебно-методическая литература, вышедшая за последние годы, так и действующая нормативная база (СНиПы, ГОСТы, РД и др.), ресурсы сети Интернет, особенно электронных библиотек, использование которых Вами, надеемся, расширит уровень познаний, поможет в написании курсовых работ, в подготовке к практическим занятиям.*

*Преподаватели кафедры «Инженерная защита окружающей среды» желают Вам успешного освоения компетенций и практических навыков в области природообустройства, творческих успехов и достижений в учебе!*

## ВВЕДЕНИЕ

Для решения задач природообустройства и защиты окружающей среды города используют следующие технические средства:

- машины и оборудование для обустройства и защиты лесов;
- машины и оборудование для озеленения городских территорий;
- машины для благоустройства городских территорий летом;
- машины для благоустройства городских территорий зимой;
- машины и оборудование для санитарной очистки городов;
- спецмашины для защиты окружающей среды города [15].

Перечень основных требований, предъявляемых к машинам природообустройства:

- высокая производительность – количество продукции, выраженное в определенных единицах измерения, которое машина вырабатывает или перемещает за определенный период времени;
- экономичность – стоимость самой машины, ее эксплуатации и стоимости единицы вырабатываемой ею продукции;
- прочность – различают общую прочность — способность всей конструкции выдерживать нагрузки без разрушения, и местную — та же способность отдельных узлов, деталей, соединений;
- надежность – свойство машины выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах,

соответствующих заданным режимам, условиям использования, технического обслуживания, ремонта и транспортирования;

- малая масса и общая и структурная материалоемкость. Общая материалоемкость представляет собой необходимое для изготовления машины количество весовых единиц (т, кг) различных материалов. Структурная материалоемкость характеризует относительные затраты различных материалов, необходимых для изготовления проектируемой машины.

- габариты – это предельные внешние очертания машины, характеризующие его ширину, длину и высоту в единицах длины;

- энергоемкость – отношение мощности установленных на машине двигателей к единице часовой технической производительности или к ее главному параметру (вместимости рабочего органа, грузоподъемности и т.п.);

- объем и стоимость ремонтных работ, напрямую зависящие от надежности машины, ее габаритов и степени унификации;

- расходы на оплату труда операторов, связанные с их уровнем профессиональной подготовки и степенью автоматизации технологических процессов;

- технический ресурс и индивидуальный остаточный ресурс – продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации машины или данного момента времени до достижения предельного состояния;

- степень автоматизации процессов, определяющаяся применением автоматизации управления и автоматических передач, что в свою очередь сокращает число операций на педалях и рукоятках управления и снижает утомляемость машиниста;

- простота и безопасность обслуживания, подразумевающие технологичность конструкций и создание для человека таких условий, при которых его труд был бы производительнее и, вместе с тем, безопасных для здоровья;

- удобство управления, сборки и разборки включает в себя обеспечение рабочего места контрольно-измерительными приборами, работомерами и т.п., а также создание оптимального микроклимата и обеспечение необходимыми инструментами и приспособлениями для сборки и разборки [9].

## **БАЗОВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

Большая часть машин, применяемых для природообустройства, представляют собой специализированное оборудование, смонтированное на базе грузовых автомобилей различного назначения, гусеничных и колёсных тракторов и самоходных шасси, внешний вид которых представлен на рисунках 1, 2, 3,4.

К автомобилям общего назначения относятся грузовые автомобили с кузовом в виде открытой платформы и бортами (рисунок 1а), автомобили повышенной проходимости со всеми ведущими колесами (рисунок 1б) и автомобили-тягачи (рисунок 1в), которые оборудуют прицепами, полуприцепами или роспусками. Большое распространение в городском хозяйстве получили автомобили-самосвалы (рисунок 1г), изготавливают главным образом на базе автомобилей общего назначения.

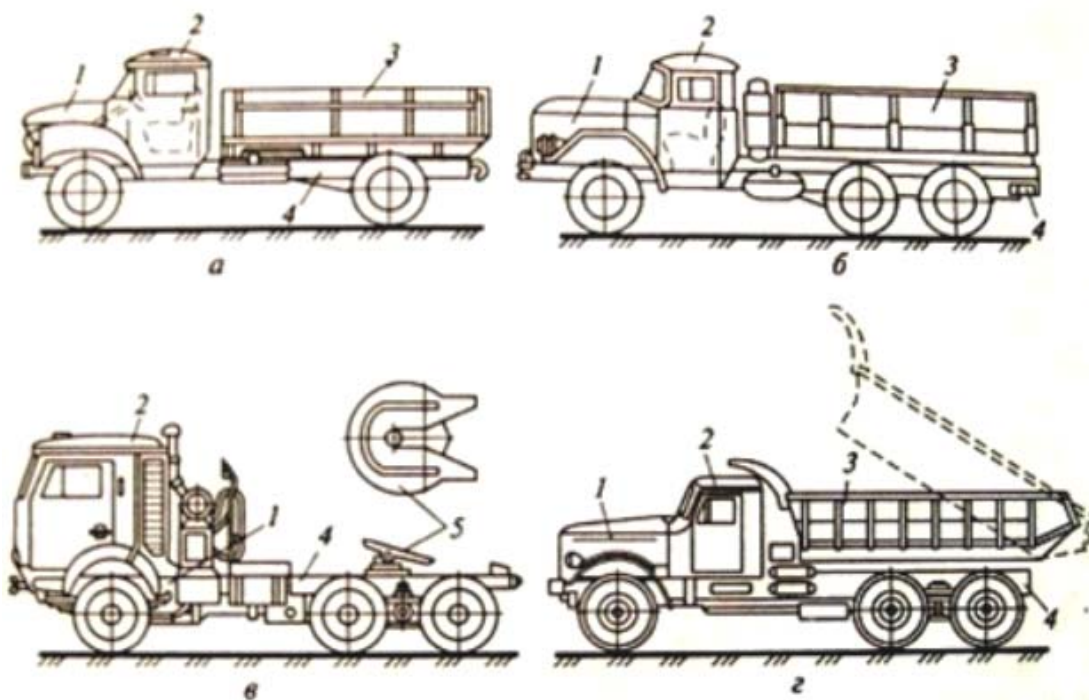


Рисунок 1 – Грузовые автомобили: а – с открытой платформой и бортами; б – повышенной проходимости; в – тягач с седельным устройством; г – самосвал

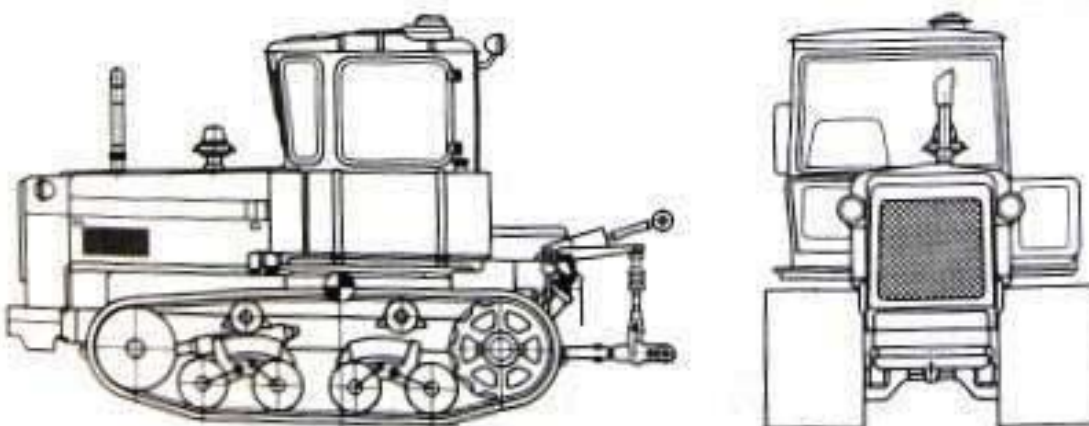


Рисунок 2 – Гусеничный трактор

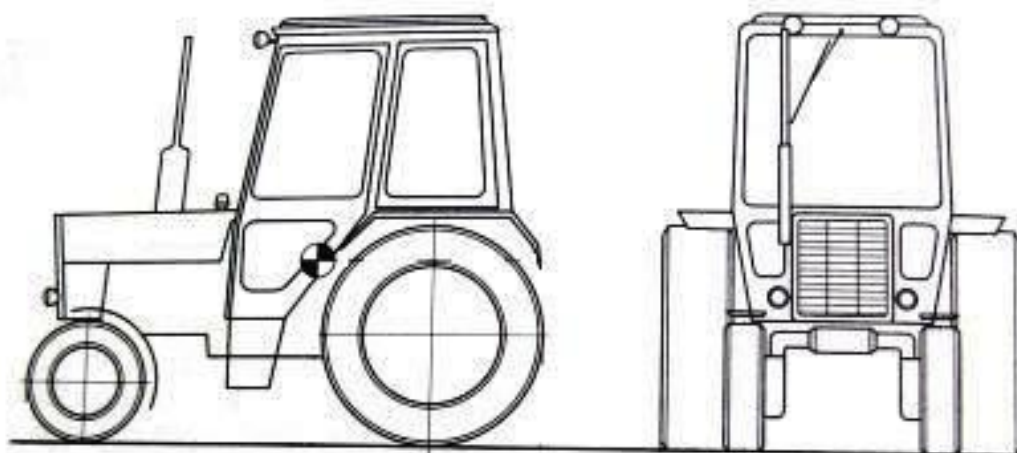


Рисунок 3 – Колесный трактор

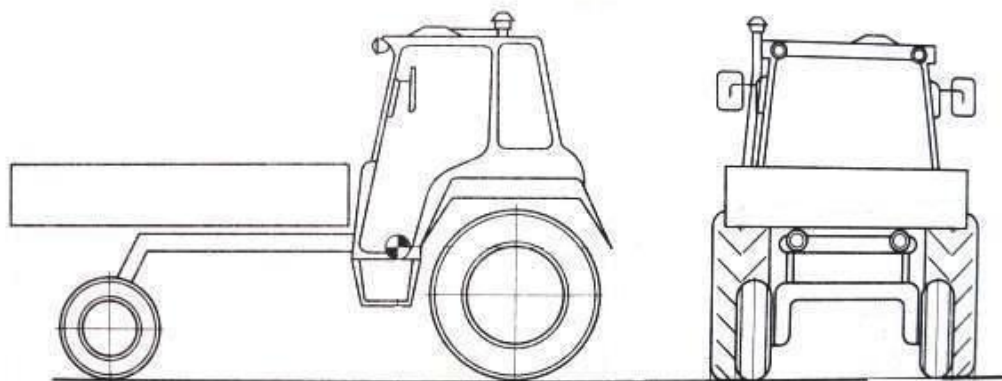


Рисунок 4 – Самоходное шасси

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1**

#### **Машины для сбора и вывоза твердого бытового мусора (ТБО) и методика расчета эксплуатационных параметров машин**

Цель работы:

- ознакомиться с конструкционными особенностями различных видов машин ТБО;
- освоить методику проведения расчетов основных параметров машин для сбора и вывоза ТБО.

#### **Основные сведения о машинах для сбора и вывоза твердого бытового мусора (ТБО)**

Начальное звено в технологической цепочке утилизации ТБО – специальные мобильные установки, называемые мусоровозами. У них может быть различное назначение, в соответствии с которым их комплектуют соответствующим технологическим оборудованием.

В большинстве случаев в качестве транспортной базы применяются двухосные или трехосные шасси стандартных грузовиков, доработанные под монтаж специальных надстроек и оборудования [10].

Машины для сбора и вывоза ТБО, представленные на рисунках 5, 6, 7, различаются по грузоподъемности, по способу загрузки, по наличию или отсутствию механизма уплотнения, по траектории движения уплотняющего устройства.

Загрузочные устройства в мусоровозах могут располагаться сзади, спереди, на крыше и сбоку кузова. На некоторых мусоровозах устанавливают дополнительные люки для загрузки крупногабаритных предметов [16].

Загрузочно-уплотнительное устройство на рисунке 8 (а), работающее по принципу поступательно движущейся плиты, применяют в легких мусоровозных машинах грузоподъемностью до 8 тонн. Загрузочный бункер 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 отсекатель, работающий синхронно с уплотняющей плитой. Достоинство схемы – в простоте конструкции. Ограниченность применения объясняется невысоким коэффициентом уплотнения мусора в кузове (не более 1,8).

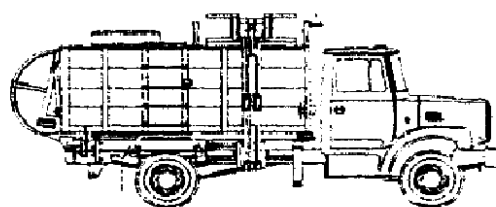
Уплотняющая плита, расположенная в верхней части кузова показанная на рисунке 8 (б), обеспечивает заполнение и уплотнение отходов выдавливанием их в цилиндрическую часть кузова. В схеме на рисунке 8 (в), плита располагается по всему поперечному сечению кузова и выполняет одновременно функции выталкивающей плиты при разгрузке. Такие конструкции имеют низкие удельные давления на уплотнителях, невысокие степени уплотнения отходов и большую высоту погрузки, что требует применения сложных устройств захвата и опорожнения контейнеров [16].

Загрузочные механизмы с качающейся плитой нашли большое распространение в мусоровозных машинах средней грузоподъемности (11 – 15 тонн). Схема, показанная на рисунке 8 (г), позволяет при загрузке кузова в большей степени уплотнять отходы. При работе отходы загружаются в ковш, которые находится в опущенном состоянии. Плита подпирает отходы, находящиеся 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.



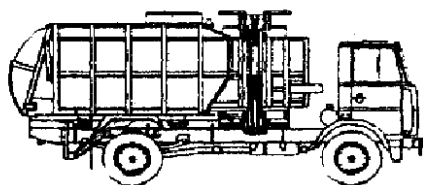
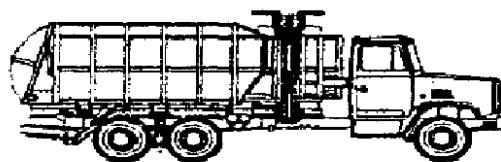
Рисунок 5 – Классификация машин для сбора и вывоза ТБО





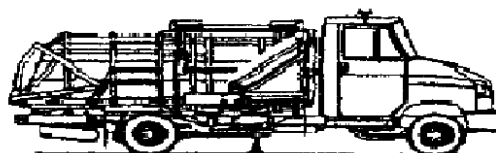
МКМ - 2

МКМ - 25

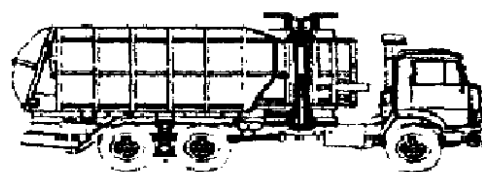
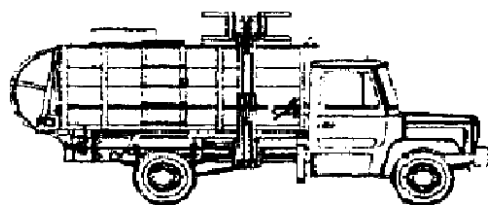


МКМ - 35

МКБ - 21



МКМ - 111



МКМ - 45

Рисунок 6 – Мусоровозы с боковой загрузкой мусора

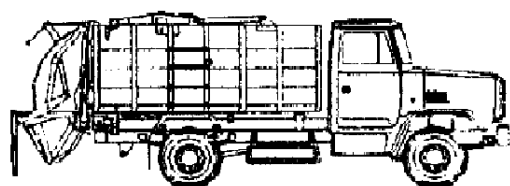
Если уплотнитель изготовлен в виде двух качающихся плит, то нижняя плита играет роль загрузочного ковша и обеспечивает предварительное уплотнение. Недостатком этой схемы показанной на рисунке 8 (д) является значительный вес специального оборудования, приходящийся на заднюю ось базового шасси.

Конструкция плиты, показанная на рисунке 5 (е), совершающая сложное плоскопараллельное перемещение в бункере позволяет загружать крупногабаритные отходы. При загрузке в бункер плита удерживает содержимое кузова. Затем плита, поворачиваясь, перемещается к загрузочному проему. При обратном ходе плиты отходы перемещаются, а изменение угла наклона плиты улучшает заполнение бункера [5].

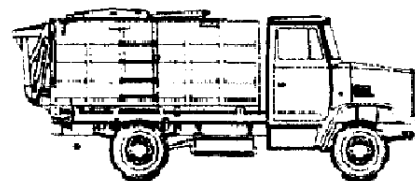
Схема на рисунке 8 (ж) отображает плиту в виде двухплечевого рычага, вращающегося в наклонном бункере. Отходы в бункере перемещаются порциями плитой, поворачивающейся на 180°. Частичное дробление специальными устройствами и большое уплотнение обеспечиваются значительными удельными давлениями на загрузочной плите (до 0,3 Мпа).

Конструкция с двумя вращающимися плитами показана на рисунке 8 (з). Снижение бокового распора отходов компенсируется повышенным уплотнением мусора в центральной части кузова.

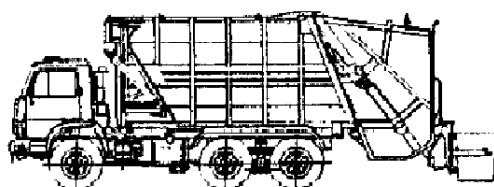
Меньшее распространение получили конструкции непрерывного действия. Шнековый загрузочно-уплотнительный механизм показан на рисунке 9 (а). К недостаткам относятся низкий коэффициент заполнения и повышенный износ шнека.



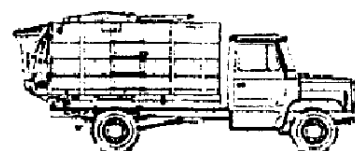
МКЗ-10



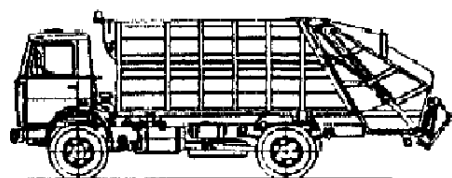
МКЗ



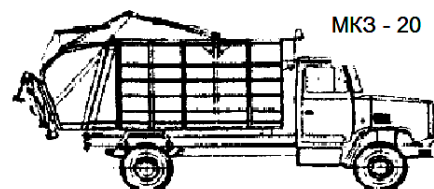
МКЗ-40



МКГ



МКЗ-30



МКЗ-20

Рисунок 7 – Мусоровозы с задней загрузкой мусора

Принцип работы машины, кузовом которой является полый вращающийся барабан со спиральными лопастями на внутренней поверхности, показан на рисунке 9(б). Загрузка происходит через задний проем, при вращении барабана отходы перемещаются и уплотняются. При этом отходы частично измельчаются, степень уплотнения увеличивается. К недостаткам этих машин можно отнести сложность привода оборудования и износ внутренней поверхности барабана и лопастей.

### Виды машин для сбора и вывоза ТБО

На рисунке 10 показан мусоровоз с уплотняющим механизмом в виде качающейся плиты. На базовом шасси смонтировано оборудование, осуществляющее загрузку отходов в кузов, перемещение и уплотнение их внутри кузова и последующую выгрузку. Схема работы уплотняющего механизма дана на рисунке 11.

Подающая плита 3 находится в верхнем положении, прессующая плита 4 закрыта и повернута вниз – это положение разгрузки. При загрузке мусора прессующую плиту поднимают вверх и открывают бункер 5. При предварительном прессовании подающая плита опускается вниз, затем прессующая плита, поворачиваясь, уплотняет мусор в бункере. При основном прессовании подающая плита перемещается вверх, уплотняет мусор между поверхностью ножа и выталкивающей плитой 1; выталкивающая плита создает противодействие отходам, поступающим в уплотнительный отсек 2. Перемещения обеих плит происходит в автоматическом режиме. Выталкивающая плита под действием уплотняющегося мусора отходит, освобождая пространство для очередной порции отходов. Такое

перемещение выталкивающей плиты происходит до ее конечного положения. При этом кузов равномерно заполняется уплотненными отходами [5].

К машинам без механизма уплотнения мусора относятся мусоровозы кузовные и для перевозки контейнеров. На рисунке 12 показан мусоровоз контейнерного типа. Погрузка и выгрузка контейнеров выполняется с помощью погрузочно-разгрузочных механизмов гидравлического типа, расположенных на машине.

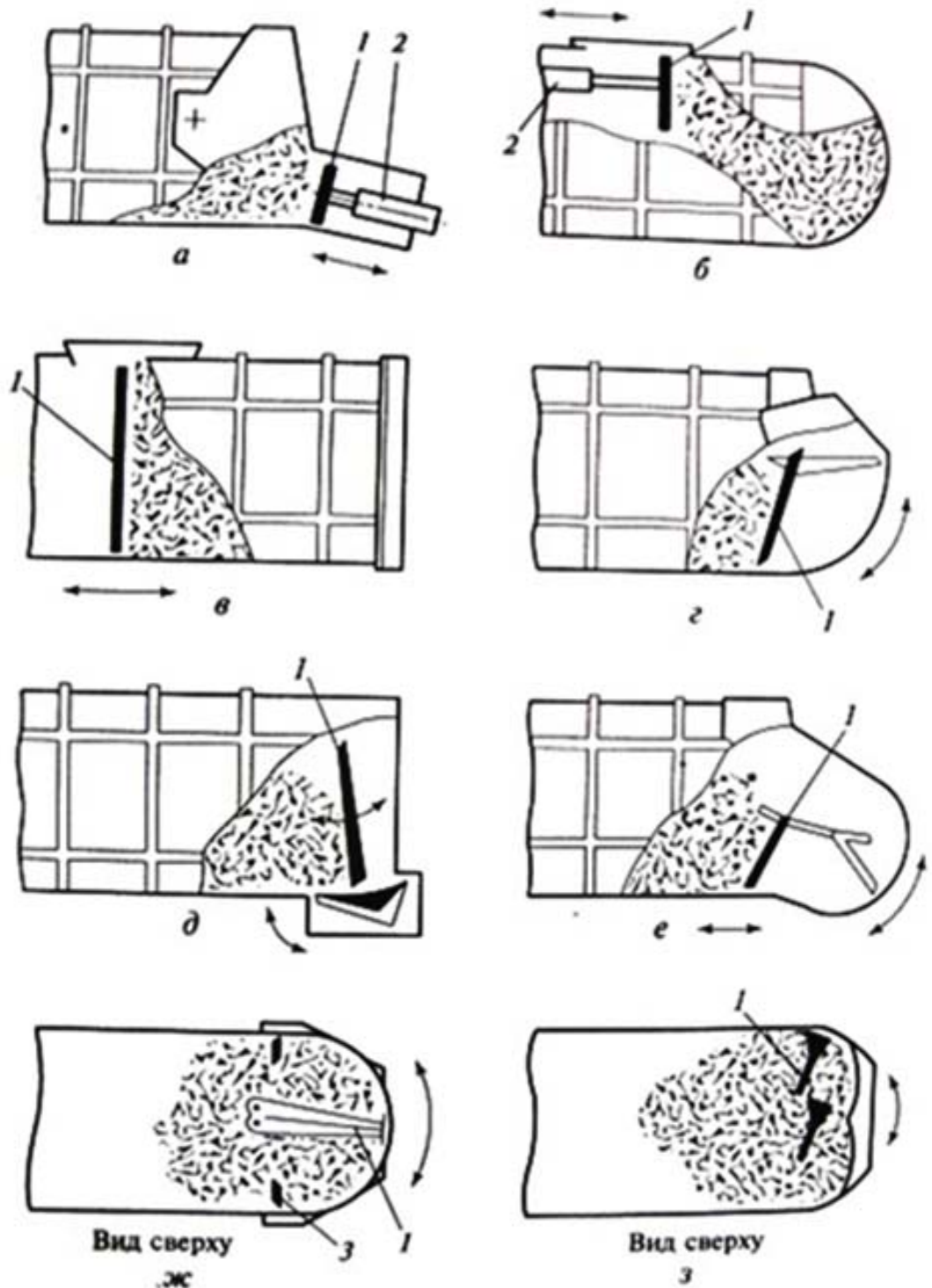


Рисунок 8 – Схемы уплотнителей ТБО циклического действия

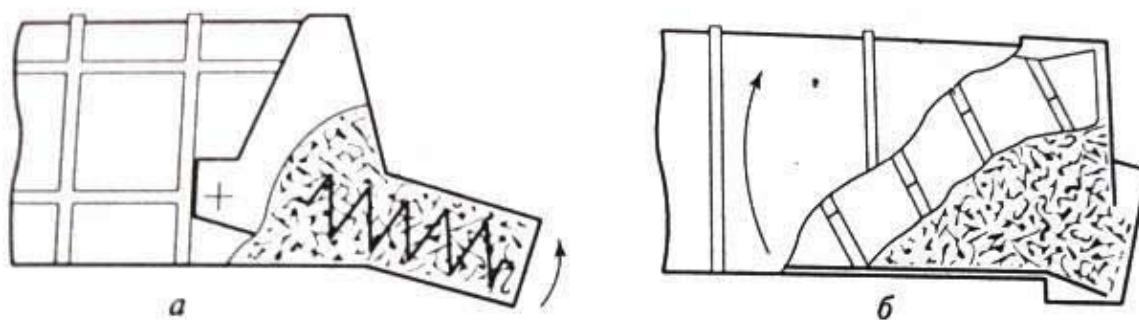


Рисунок 9 – Схема уплотнителей непрерывного действия

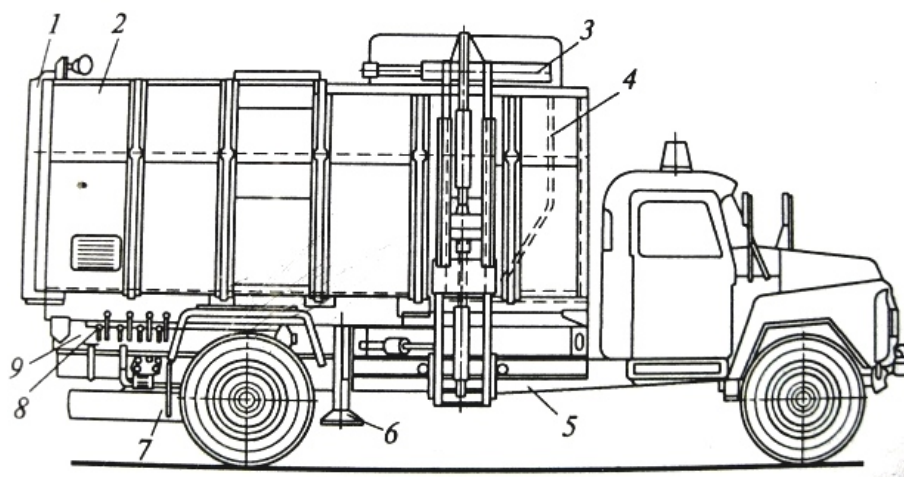


Рисунок 10 – Мусоровоз кузовной с манипулятором

Так как средняя плотность мусора незначительна ( $0,12 - 0,25 \text{ т/м}^3$ ), то для улучшения использования мусоровозов мусор уплотняют специальными устройствами. Мусоровозы подразделяются на устройства периодического и непрерывного действия. В первых, показанных на рисунке 8, мусор уплотняется при помощи толкающих или качающихся уплотнительных плит, а также опрокидыванием кузова с мусором. Во вторых, представленных на рисунке 9, мусор в кузове уплотняется шнеками, скребковыми транспортерами или непрерывным вращением кузова с лопастями [21].

На базовом шасси грузового автомобиля 1 с рисунка 13 смонтировано рабочее оборудование, осуществляющее загрузку отходов в кузов 2, перемещение и уплотнение их внутри кузова и выгрузку в местах складирования. Мусор из контейнера 4 манипулятором 3 подается в приемную ванну заднего борта и перемещается в уплотнительный отсек кузова уплотняющим механизмом.

Для вывоза крупногабаритных отходов (утилизированные холодильники, телевизоры, мебель, отходы после ремонта квартир и т.д.) применяют специальные машины со съемными кузовами (контейнерами). Мусоровоз системы «мультилифт», представленный на рисунке 14 (а, б), осуществляет механизированную погрузку контейнера с крупногабаритными отходами на себя, на рисунке 14 (в) – транспортирование его к месту утилизации, на рисунке 14 (г) – выгрузку из контейнера самосвальным способом и механизированное снятие контейнера с машины [6].

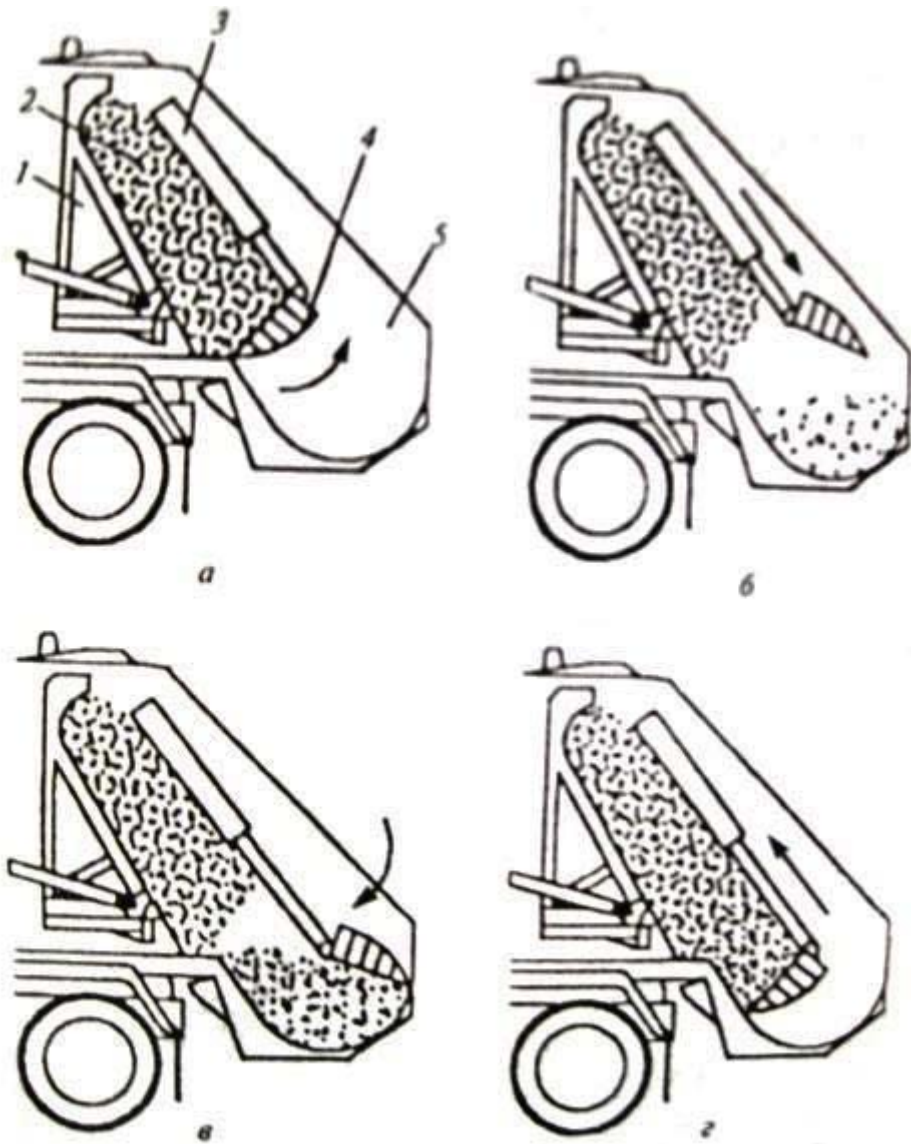


Рисунок 11 – Схема работы уплотняющего оборудования

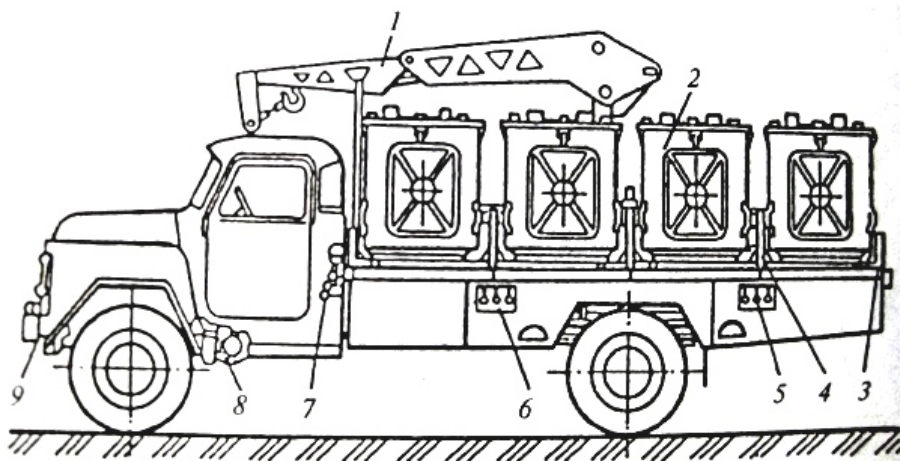


Рисунок 12 – Контейнерный мусоровоз

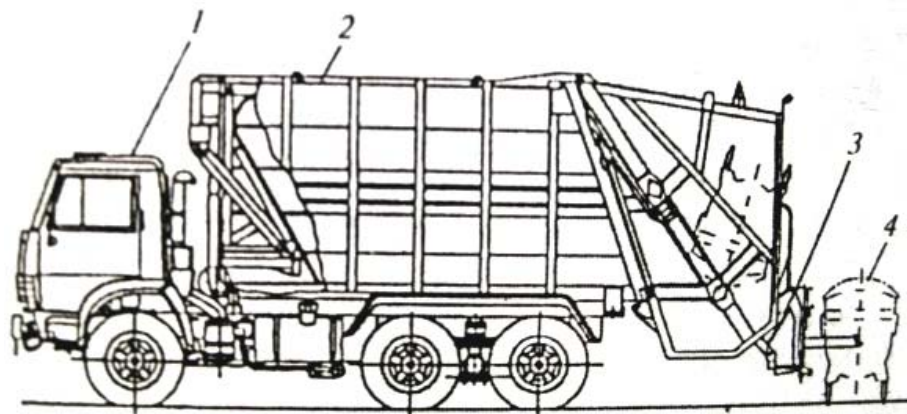


Рисунок 13 – Мусоровоз с уплотняющим механизмом в виде возвратно-поступательной плиты

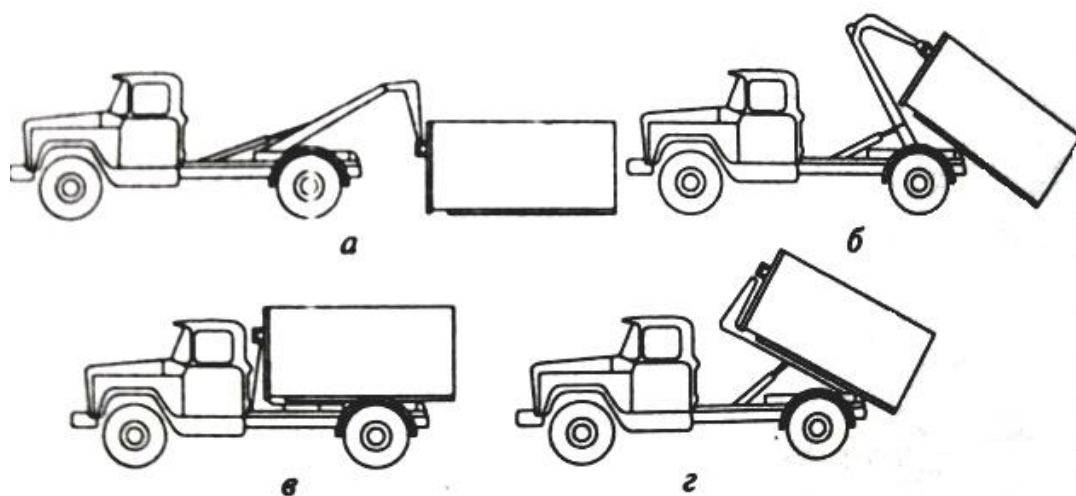


Рисунок 14 – Машина со сменными кузовами (контейнерами)

### Методика расчета эксплуатационных параметров машин для сбора и вывоза ТБО

Средняя производительность транспортных средств ( $P_{\text{ср.рас.}}$ ) определяется исходя из отношения однократного суммарного объема вывоза ТБО всеми транспортными средствами к количеству данных транспортных средств:

$$P_{\text{ср.рас.}} = \frac{\sum P_i}{K}, \quad (1)$$

где:  $P_{\text{ср.рас.}}$  - расчетная средняя производительность транспортных средств,  $\text{м}^3$ ;  $K$  - количество транспортных средств, ед.;  $P_i$  - средняя производительность  $j$ -го транспортного средства с учетом коэффициента уплотнения (в соответствии с техническими характеристиками, определенными заводом-изготовителем),  $\text{м}^3$ .

Среднее количество остановок ( $O$ ), совершаемое транспортным средством принятой производительности, определяется следующим образом:

$$O = \frac{P_{\text{ср.}}}{(V_{\text{конт.}} \times N_{\text{сред}})}, \quad (2)$$

где:  $P_{\text{ср}}$  - средняя производительность принятого в расчетах транспортного средства по вывозу ТБО,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{конт}}$  - объем одного контейнера,  $\text{м}^3$ ;  $N_{\text{сред}}$  - среднее количество контейнеров, приходящихся на одну остановку, ед. определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{сред}} = \frac{N_{\text{конт}}}{(N_{\text{кам}} + N_{\text{площ}})} \quad (3)$$

где:  $N_{\text{конт}}$  - количество контейнеров, подлежащих расстановке, ед.;  $N_{\text{кам}}$  - количество мусороприемных камер, ед.;  $N_{\text{площ}}$  - количество контейнерных площадок, ед.

Количество контейнеров, подлежащих расстановке, для вывоза планируемого объема ТБО ( $N_{\text{конт}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{конт}} = N_{\text{кам}} + N_{\text{площ}} \cdot n_{\text{конт}}, \quad (4)$$

где:  $n_{\text{конт}}$  - среднее количество контейнеров на одной контейнерной площадке, ед.

Данные о среднем расстоянии между местами сбора ТБО необходимы для расчета пробега транспортного средства для осуществления сбора ТБО ( $L_{\text{сб}}$ ), который определяется исходя из количества остановок ( $O$ ), совершаемых транспортным средством и среднего расстояния между местами сбора ( $L_{\text{ост}}$ ) и среднего нулевого пробега\*, приходящегося на 1 рейс.

$$L_{\text{сб}} = O \cdot L_{\text{ост}} + L_0, \quad (5)$$

\*Среднее расстояние от гаража до одного места сбора за один рейс и от полигона до гаража в конце рабочей смены, км.

Время вывоза ТБО за один рейс ( $H_{\text{в}}$ ) определяется по следующей формуле:

$$H_{\text{в}} = H_{\text{погр-разгр}} + L_{\text{сб}} \times N_{\text{проб}}^{\text{сб}} + \sum_{i=1}^{i=n} L_i^{\text{тп}} \times N_{\text{проб},i}, \quad (6)$$

где:  $H_{\text{погр-разгр}}$  - нормативная продолжительность погрузки-разгрузки, включая маневрирование, час;  $N_{\text{проб}}^{\text{сб}}$  - норма времени на 1 км пробега во время сбора ТБО, час. ( $N_{\text{проб}} = 1 \text{ км} / V_{\text{э}}$ ), где  $V_{\text{э}}$  - средняя эксплуатационная скорость пробега, км/час);  $n$  - количество типов дорожного покрытия при транспортировке ТБО, ед.;  $L_i^{\text{тп}}$  - средняя протяженность пробега транспортного средства в  $i$ -ом промежутке до места обезвреживания, км;  $N_{\text{проб},i}$  - норма времени на 1 км пробега на  $i$ -ом промежутке пробега, час.

Годовое число часов работы транспортного средства ( $\Gamma_{\text{ч}}$ ) определяется произведением количества календарных дней в году, продолжительности смены и коэффициента использования транспортных средств:

$$\Gamma_{\text{ч}} = D_{\text{к}} \cdot \Pi \cdot K_{\text{исп}}, \quad (7)$$

где:  $D_{\text{к}}$  - число календарных дней в году, дней;  $\Pi$  - продолжительность смены (принимается равной 8 часам), час;  $K_{\text{исп}}$  - коэффициент использования, который равен отношению количества машино-дней в работе к количеству дней в году, в течение которых оказывается услуга по вывозу ТБО (принимается равным 0,7) [4].

## Задания для самостоятельного выполнения

### Задание №1

Рассчитать среднее количество остановок и выбрать марку транспортного средства, удовлетворяющую требованиям производительности. Норма накопления ТБО 1,5 м<sup>3</sup>/год, крупногабаритного мусора 0,46 м<sup>3</sup>/год; осуществляется ежедневный вывоз ТБО; 0,75 м<sup>3</sup> объем контейнера. Данные, необходимые для расчётов приведены в таблицах 1 и 2.

### Задание №2

Определить пробег транспортного средства для осуществления сбора ТБО. Нулевой пробег за первый рейс принят в размере 4 км. Объем контейнера равен 0,75 м<sup>3</sup>. Данные для выполнения задания представлены в таблице 3.

### Задание №3

Рассчитать время вывоза ТБО за один рейс на основании данных, представленных в таблице 4. Объем контейнера равен 0,75 м<sup>3</sup>; норма времени на один километр нулевого пробега равна 0,0458 ч/км; усовершенствованное и твердое дорожное покрытие; норма времени на один километр пробега по усовершенствованному дорожному покрытию равна 0,0262 ч/км; норма времени на один километр пробега по твердому дорожному покрытию равна 0,0333 ч/км.

Таблица 1 – Исходные данные к заданию №1

Заданные величины	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Численность населения, (чел)	17000	28000	53000
Количество контейнерных площадок, (ед.)	10	19	25
Количество мусороприемных камер, (ед.)	160	230	490
Количество ТС, (ед.)	6	8	12
Количество ТС с производительностью:			
22 м <sup>3</sup>	2	4	4
13,5 м <sup>3</sup>	2	2	4
17 м <sup>3</sup>	2	2	2
40 м <sup>3</sup>	-	-	2
Среднее расстояние между местами сбора ТБО, (м.)	600	500	400
Среднее расстояние транспортировки ТБО, (м.)	7000	10000	12000
Среднее количество контейнеров на площадке, (ед.)	2	3	4



Таблица 2 – Основные характеристики мусоровозов (к заданию №1)

Марка транспортного средства	Базовое шасси	Средняя производительность, (м <sup>3</sup> )
КО-442	ЗИЛ 5301 БО	4,4
КО-442-01	ЗИЛ 5301 БО	4,8
КО-449-20	ГАЗ-33072 (ГАЗ-3307)	8
МКМ-111	ГАЗ-3307	8,6
МКГ	ГАЗ-3307	8,2
КО-440-3	ГАЗ-3307	7,5
КО-413	ГАЗ-4301	7,5
КО-440	ГАЗ-3309	7,5
КО-440-1	ГАЗ-3307	7,5
МКМ-2	ЗИЛ-433362	9,6
КО-455	ЗИЛ-494560 ЗИЛ-433362	7,5
КО-449	ЗИЛ-433362	10
МКЗ-10	ЗИЛ-433362	10
КО-440-4	ЗИЛ-433362	11,5
КО-449-10	ЗИЛ-494560 ЗИЛ-433362	10
КМ-12001	ЗИЛ-534332	10
КО-431	ЗИЛ-433362	10
МКЗ	ЗИЛ-433362	9,8
МКЗ.	ЗИЛ-433362	10
МК-18	КАМАЗ-43253	18
КО-427-32	МАЗ-5337	16
КМ-М5551	МАЗ 5551	12
КО-430	ЗИЛ-133Д4	14
МКЗ-25	ЗИЛ-133Д4	16
МКЗ-35	МАЗ-5337	16
МКМ-35	МАЗ-5337	18
КО-429	ЗИЛ-133Д4	20
МКМ-25	ЗИЛ-133Д4	18
КО-427-02	КАМАЗ-53215	16
МКМ-25	ЗИЛ-133Д4	18
КО-440-5	КАМАЗ-53215	22
КО-449-31	МАЗ-5337	15,5
КО-449	КАМАЗ-53215	17,5
МКМ-45	КАМАЗ-53212	20,6
КО-415	КАМАЗ-53213	22,5
МКЗ-40	КАМАЗ-53215 (53229)	18
КМ-13004	КАМАЗ-53229	18
КО-427-02	КАМАЗ	18
БМ-53229	КАМАЗ-53229	18
БМ-551603	МАЗ-551603	18
КО-427-01	КАМАЗ-53229	18

Таблица 3 – Исходные данные к заданию №2

Заданные величины	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Мусороприемные камеры, (ед.)	211	108	423
Контейнерные площадки, (ед.)	20	17	28
Производительность ТС, (м <sup>3</sup> )	18	20	22,5
Среднее количество контейнеров на площадке, (ед.)	2	3	4
Марка ТС	МКМ-25	КО-429	КО-415

Таблица 4 – Исходные данные к заданию №3

Заданные параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Средняя производительность ТС, (м <sup>3</sup> )	18	20	20
Среднее количество контейнеров на одну остановку, (ед.)	2	3	4
Среднее расстояние между местами сбора, (м.)	400	600	800
Средний нулевой пробег, (км.)	5	4	3
Время погрузки-разгрузки, (ч.)	1,6	2,1	2,5
Протяженность пробега по усовершенствованному покрытию, (км.)	3	5	6
Протяженность пробега по твердому покрытию, (км.)	7	5	6
Средняя эксплуатационная скорость пробега, (км.)	25	30	30

### Алгоритмы выполнения заданий

#### Задание №1

1. Планируемый объем вывоза ТБО ( $V_{\text{tbo}}$ ) от населения определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{tbo}} = \mathcal{C}_{\text{нас}} \cdot (H_{\text{тбо}} + H_{\text{кгм}}), \quad (8)$$

где:  $\mathcal{C}_{\text{нас}}$  – планируемая на расчетный период численность населения, проживающего в обслуживаемом жилищном фонде, чел.;  $H_{\text{тбо}}$ ,  $H_{\text{кгм}}$  – норма накопления ТБО (без учета крупногабаритного мусора) и норма накопления крупногабаритного мусора соответственно, м<sup>3</sup>/чел. на расчетный период.

2. Определение средней по муниципальному образованию производительности транспортных средств по формуле (1). Наиболее часто эксплуатируемые марки мусоровозов представлены в таблице 2.
3. Количество контейнеров, подлежащих расстановке, для вывоза планируемого объема ТБО ( $N_{\text{конт}}$ ) определяется по формуле (4).

4. Среднее количество контейнеров, приходящихся на 1 остановку ( $N_{\text{ср.}}$ ) определяется по формуле (3).
5. Среднее количество остановок ( $O$ ), совершаемое транспортным средством принятой производительности, определяется по формуле (2).

#### Задание №2

1. Определяется количество контейнеров, подлежащих расстановке, для вывоза планируемого объема ТБО ( $N_{\text{конт}}$ ) по формуле (4).
2. Определяется среднее количество контейнеров, приходящихся на одну остановку ( $N_{\text{сред}}$ ) по формуле (3).
3. Определяется среднее количество остановок ( $O$ ) по формуле (2).
4. Рассчитывается пробег транспортного средства для осуществления сбора ТБО ( $L_{\text{сб}}$ ) по формуле (5).

#### Задание №3

1. Определяется среднее количество остановок ( $O$ ) по формуле (2).
2. Рассчитывается время вывоза ТБО за один рейс ( $H_{\text{в}}$ ) по формуле (6).

#### Тестовые задания для проверки знаний

1. Какая масса соответствует машинам для сбора и вывоза ТБО со средней грузоподъемностью?
  - a) 6-8 тонн
  - b) 8-12 тонн
  - c) 10-20 тонн
2. Какой из рисунков соответствует машинам с уплотнителем циклического действия?
3. К какому типу относятся кузовные мусоровозы?
  - a) С уплотнением мусора
  - b) Без уплотнения мусора
4. Какие устройства относятся к устройствам непрерывного действия?
  - a) Толкающая плита
  - b) Шнек
  - c) скребковый транспортер
  - d) качающаяся плита
  - e) механизм вращения кузова
5. Где именно на кузове могут находиться загрузочные устройства?
  - a) Сзади, спереди, сбоку
  - b) Сзади, сбоку, на крыше
  - c) Сзади, спереди, сбоку, на крыше
6. В каких типах мусоровозов используют плиту, показанную на рисунке 3?
  - a) Легкие
  - b) Средней грузоподъемности
  - c) Тяжелые
7. Какие недостатки в схемах уплотнения, показанных на рисунках 2 и 6?
  - a) Большая энергоемкость
  - b) Невысокая степень уплотнения

- с) Большая материалоемкость
  - д) Большая высота погрузки
8. Какой тип уплотнителей получил большее распространение?
- а) Циклического действия
  - б) Непрерывного действия
9. На каком из рисунков отображен шнековый загрузочно-уплотнительный механизм?

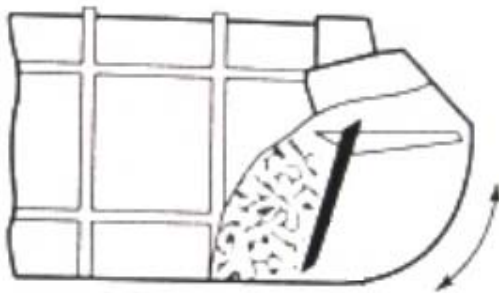


Рисунок 1

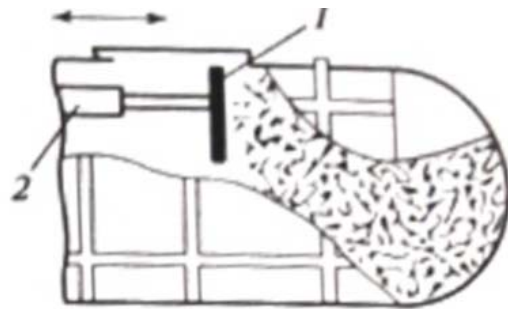


Рисунок 2

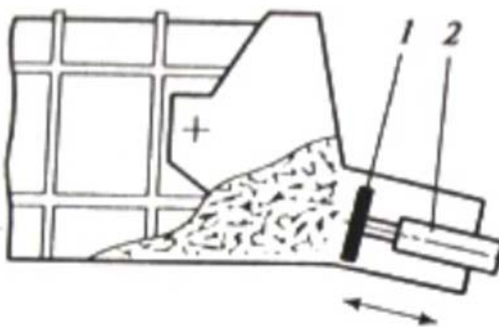


Рисунок 3



Рисунок 4

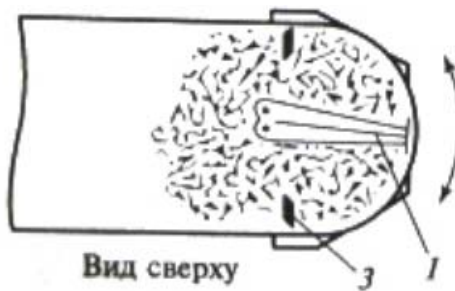


Рисунок 5

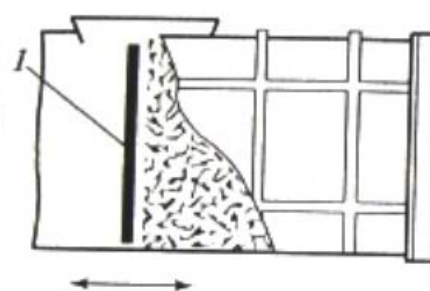


Рисунок 6

10. Какой вид работ осуществляет мусоровоз системы «мультилифт»?
- а) Механизированную погрузку контейнера с крупногабаритными отходами на себя
  - б) Транспортирование его к месту утилизации
  - с) Выгрузку из контейнера самосвальным способом
  - д) Механизированное снятие контейнера с машины

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Подметально-уборочные машины и методика расчета эксплуатационных параметров подметально-уборочных машин

Цель работы:

- Ознакомиться с конструкционными особенностями различных видов подметально-уборочных машин (ПУМ);
- Освоить методику проведения расчетов основных параметров ПУМ.

#### Основные сведения о подметально-уборочных машинах

Подметально-уборочные машины (ПУМ) предназначены для очистки от грязи, мелкого мусора и пыли городских дорог, площадей, внутриквартальных территорий, а также для сбора смета и его транспортирования. ПУМ классифицируют по принципу действия, по типу рабочего органа, по способу обеспыливания и транспортирования смета в бункер, по способу выгрузки смета из бункера, по типу базовой машины – схематично отображено на рисунке 1.

В качестве базовых машин для монтажа подметально-уборочного оборудования применяют маневренные автомобили малой и средней грузоподъемности, самоходные шасси, колесные тракторы и одно- или двухосные прицепы [4].

В подметальных машинах в качестве рабочего органа используется косоустановленная цилиндрическая щетка, с помощью которой смет передвигается в сторону от направления движения машины. В отличие от ПУМ, подметальные машины не оснащаются мусоросборником. Такие машины используются преимущественно для подметания внутриквартальных территорий и для уборки снега в зимний период. Для подметания используют щетки трех типов, представленные на рисунке 2: цилиндрические; конические (лотковые); ленточные.

Цилиндрические щетки представляют собой ротор, по периметру которого крепится синтетический ворс (или металлические проволочки). Расположение ворса может быть сплошным, метельчатым или пучковым.

Цилиндрическая щетка при работе совершает два движения – вращается вокруг своей продольной оси и движется поступательно. Вращение щетки производится против ее поступательного перемещения по очищаемой поверхности. Чтобы обеспечить эффект подметания, щетка пригружается. При этом ворс щетки в зоне контакта с очищаемой поверхностью деформируется. Отрыв частиц загрязнений от очищаемой поверхности происходит за счет сил упругости ворса, прикладываемых к частицам. Коническая (лотковая) щетка включает в себя несущий диск с приводным валом и ленту ворса, закрепленную по периметру диска. При вращении щетки ворсины, в исходном положении закрепленные с небольшим наклоном (в сторону от центра вращения) к поверхности несущего диска, под действием центробежных сил стремятся занять радиальные положения, что снижает эффект подметания. Это принимается во внимание при назначении рабочей частоты вращения щетки (щетка должна вращаться с максимально возможно большей частотой, при которой еще не снижается эффект подметания) [2].

Схема рабочего оборудования ПУМ представлена на рисунке 3. Бункер на рисунке 3 (а) размещен впереди цилиндрической щетки по ходу его перемещения. Степень заполнения бункера сметом и легким мусором в этом случае составляет 40-50%. Когда щетка перебрасывает мусор и смет через себя, что отображено на рисунке 3 (б, г), то степень заполнения бункера увеличивается до 85-100% [8].

Перспективным считается механическое транспортирование смета в бункер с помощью промежуточного лопастного метателя показанного на рисунке 3 (е), который

позволяет увеличить дальность подачи смета в сравнении с вариантом, представленным на рисунке 3 (а) на 25-30% [9].

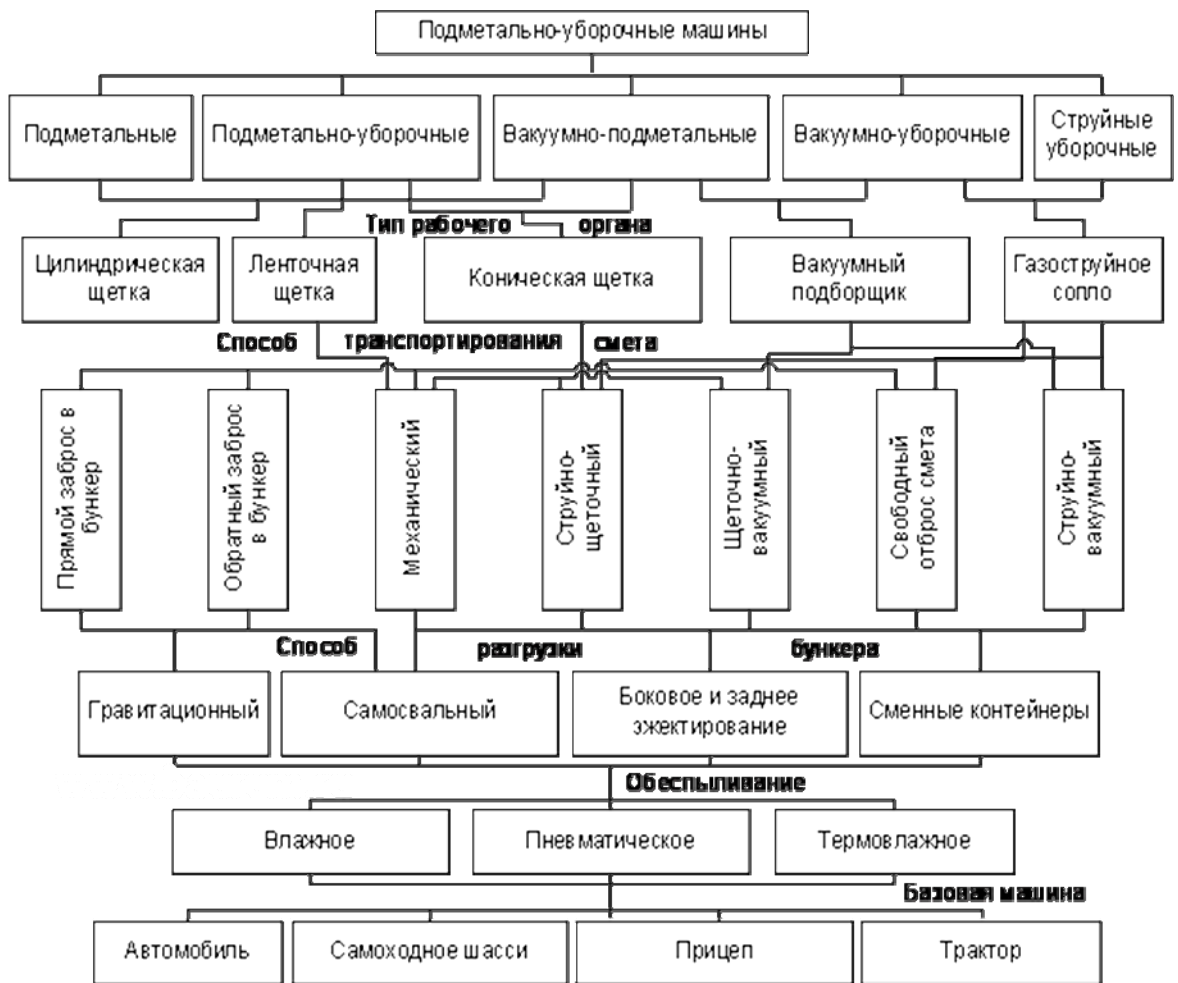


Рисунок 1 – Классификация подметально-уборочных машин

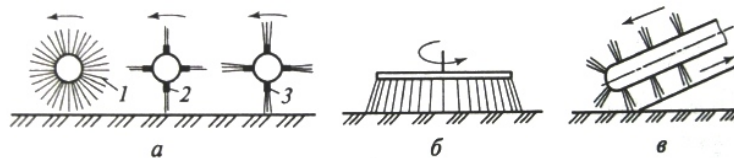


Рисунок 2 – Типы щеток: а – цилиндрическая; б – коническая (лотковая); в – ленточная; 1 – сплошная навивка ворса; 2 – ворс метелкой; 3 – ворс пучком

Наличие бункера большей вместимости создает определенные трудности переброски смета из зоны действия щетки в бункер. Как правило, расстояние от щетки до бункера гораздо больше, чем дальность бросания смета, подхватываемого ворсом щетки с очищаемой поверхности. Поэтому бункер для сбора смета либо нужно приблизить непосредственно к зоне действия щетки, что практически невозможно, так как надо не просто переместить смет в донную часть бункера, а перекинуть его через

стенку бункера, либо между щеткой и бункером поместить конвейерный узел, обеспечивающий доставку смета из зоны действия щетки до полости бункера-наполнителя. В связи с этим в настоящее время применяют многоступенчатое механическое транспортирование смета с шнековым подбором, параллельным оси вращения цилиндрической щетки и цепочно-скребковым конвейером, которые представляет рисунок 3(д).

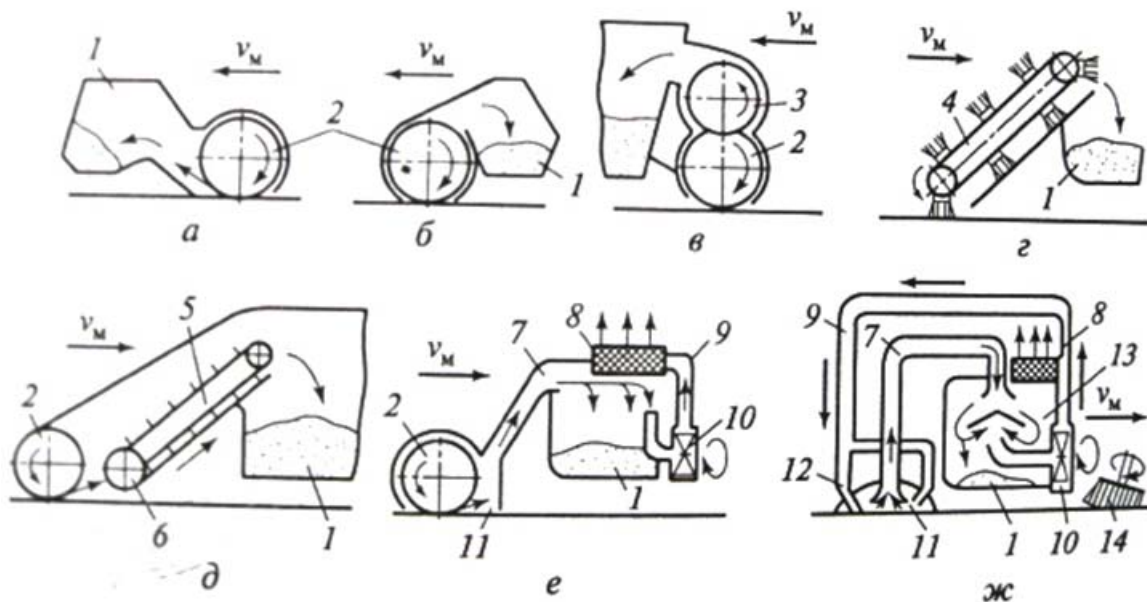


Рисунок 3 – Схема рабочего оборудования подметально-уборочных машин

При щеточно-вакуумном (пневматическом) транспортировании, указанном в рисунке 3(е), вспомогательная цилиндрическая щетка уменьшенного диаметра подает смет в вакуумный подборщик; на машинах может быть установлен промежуточный конвейер.

В струйно-вакуумном подборщике на рисунке 3 (ж) щеточный ворс заменен сдувающими соплами, воздушные потоки которых обеспечивают отрыв загрязнений от дорожного покрытия и перемещение их к всасывающему трубопроводу. Пылеватые частицы задерживаются тканевыми фильтрами с устройствами для их периодической регенерации встряхиванием, вибрацией, обратной продувкой и др.

В качестве дополнительного оборудования ПУМ используют выносной вакуумный подборщик для уборки опавших листьев и загрязнений из труднодоступных мест [7].

Способы разгрузки ПУМ: гравитационный (смет высыпается из бункера под действием собственного веса при открытии люка или задвижек); самосвальный (поворотом бункера ли контейнера); принудительный (эжектированием вбок или назад с помощью подвижной стенки выталкивателя с механическим или гидравлическим приводом). При небольшой вместимости бункера целесообразна разгрузка смета непосредственно на обслуживаемом участке. Поэтому некоторые машины оборудуют сменными стандартными контейнерами, а также механизмами выгрузки смета в контейнеры или приемный бункер мусоровоза.

По способу обеспыливания воздушной среды при подметании различают: влажное обеспыливание путем мелкодисперсного разбрызгивания воды под давлением 0,2-0,3 Мпа через форсунки перед подметальными щетками; пневматическое обеспыливание, совмещенное с вакуумной системой транспортирования смета[13].

В сравнении с подметальными и подметально-уборочными машинами более высокое качество уборки территорий обеспечивают вакуумно-уборочные машины,

оснащенные вакуумным подборщиком и пневматической системой транспортирования смета в бункер-накопитель, а также вакуумно-подметальные машины, на которых вакуумный подборщик используют в комбинации с подметальными щетками. По качеству очистки вакуумно-подметальные машины в сравнении с вакуумно-уборочными машинами обладают преимуществом, так как щетки эффективно подают смет в вакуумный подборщик. Однако вакуумно-уборочные машины могут работать на более высоких скоростях с большей производительностью, поскольку скорость их движения не ограничена максимальной скоростью взаимодействия ворса щеток с дорогой.

Вакуумно-подметальные машины способны проводить работу на проезжей части улиц и лотковой части дорог вблизи тротуаров, что видно на рисунке 4. Цилиндрическая щетка сметает смет с увлажненной полосы и направляет его в зону действия лотковой щетки, которая подметает соответствующую полосу и подбрасывает весь смет к заборному соплу, где он увлекается потоками воздуха и транспортируется по всасывающему рукаву 4. В заборном сопле смет вторично увлажняется. Попадая в бункер 1, воздушный поток теряет скорость и встречает на своем пути отбойный лист 2, в результате чего отделяются наиболее крупные частицы смета. Окончательно очищается поток воздуха при его движении через сетку 3, установленную перед входом в вентилятор 5. Проходя через вентилятор, воздух попадает в отсек, имеющийся в передней части кузова, а затем через выпускной патрубок 6 в атмосферу [27].

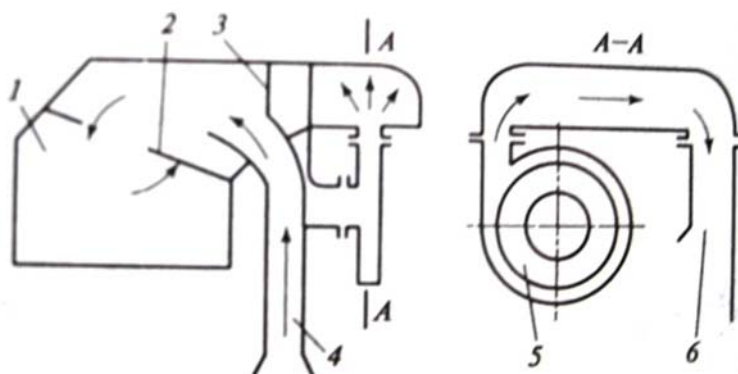


Рисунок 4 – Схема работы вакуумно-подметальной машины

### Виды подметально-уборочных машин

Подметально-уборочная машина, указанная на рисунке 5, смонтирована на базе автомобиля 10. Подметально-уборочное оборудование состоит из цилиндрической щетки 5, двух торцовых (лотковых) щеток 8, разбрызгивающих форсунок 9, бака для воды 3 объемом 0,8-1,0 м<sup>3</sup>, скребкового конвейера 7 и мусоросборника 1 объемом 1,6-5,0 м<sup>3</sup>. Цилиндрическая щетка расположена за задними колесами машины перпендикулярно ее продольной оси. Торцовые щетки установлены на раме автомобиля справа и слева за кабиной водителя на параллелограммных конструкциях, позволяющих копировать профиль дороги и бордюрного камня тротуаров. Торцовые щетки перемещают смет в зону захвата цилиндрической щетки. Цилиндрическая щетка направляет смет на шнековые питатели 6, перемещающие его к центру, после чего он попадает в наклонный скребковый конвейер и транспортируется в контейнер. Разгрузка и замена контейнеров механизированы и производятся с помощью разгрузочного механизма с гидроприводом.



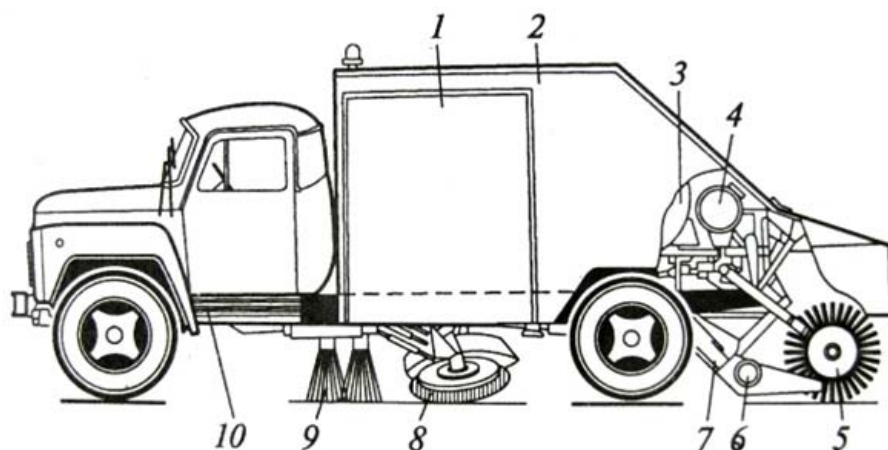


Рисунок 5 – Подметально-уборочная машина со щеточным рабочим оборудованием

Подъем и опускание рабочих органов, разгрузка контейнеров и привод торцевых щеток осуществляется гидросистемой машины. В состав элементов гидросистемы входят два гидронасоса, два бака 4 с рабочей жидкостью (индустриальным маслом), гидрораспределители, трубопровод и гидроцилиндры. Изменение положения щеток осуществляется водителем из кабины, а загрузка и выгрузка контейнеров – с помощью рычагов, расположенных в кузовной части машины 2.

Машина, представленная на рисунке 6, состоит из подборщика 1 с приводом 3 и бункера-мусоросборщика 2, смонтированных в одном блоке и навешенных сзади базового пневмоколесного трактора 4, торцевой (лотковой) щетки 5, установленной в межбазовом пространстве справа по ходу машины. Система увлажнения 6 состоит из водяного бака, установленного на передней раме трактора, насоса, трубопровода и пяти распыляющих форсунок, три из которых установлены перед щеткой-подборщиком и две перед лотковой щеткой. Подборщик представляет собой цилиндрическую щетку с системой регулировки щеточных секций, позволяющих сохранить наружный диаметр щетки в процессе износа ворса. Цилиндрическая щетка перебрасывает смет через себя в мусоросборник, расположенный за ней. Щетка закрыта кожухом, часть которого выполнена из эластичной резины, что исключает поломку машины при наезде на препятствие[26].

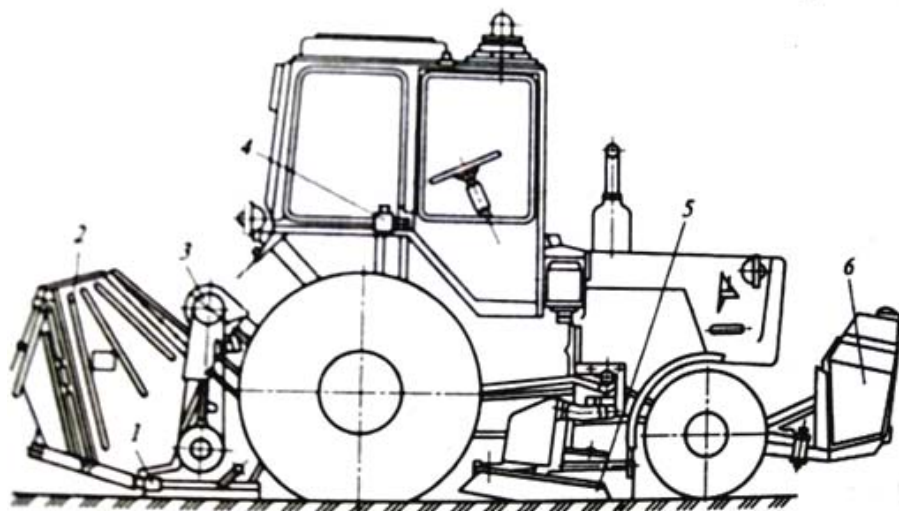


Рисунок 6 – Универсальная тротуаруборочная машина с подметальным оборудованием

Вакуумно-подметальная машина с рисунка 7 состоит из двух цилиндрических щеток (передней 5 и боковой 2), системы пневматического транспорта смета с всасывающим соплом 3 и шлангом 4, бункера-циклона 1, системы увлажнения, механизма привода рабочих органов гидросистемы и механизмов управления. Вакуум во всасывающем рукаве и бункере-циклоне создается вентилятором. Передняя цилиндрическая щетка установлена под углом  $60^\circ$  к направлению движения машины. Позади ее перед главным задним колесом установлена цилиндрическая боковая щетка.

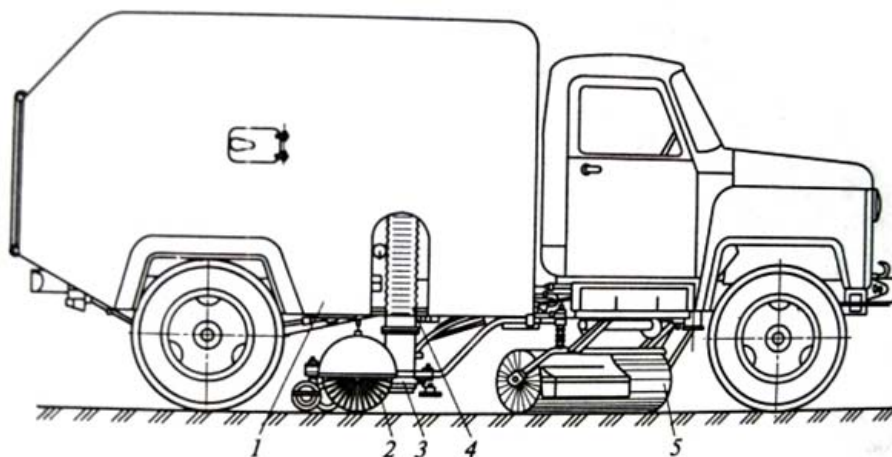


Рисунок 7 – Вакуумно-подметальная машина

В уборочной машине струйного действия забор смета с очищаемой поверхности осуществляется по схеме «сдув – всасывание», что показано на рисунке 8. Такие машины обеспечивают высокое качество удаления мусора и имеют хорошие экономические показатели. Подметальное устройство и оборудование для сбора мусора включают лотковую щетку 1, всасывающий раструб 2 вакуумной системы и кузов для сбора мусора 5.

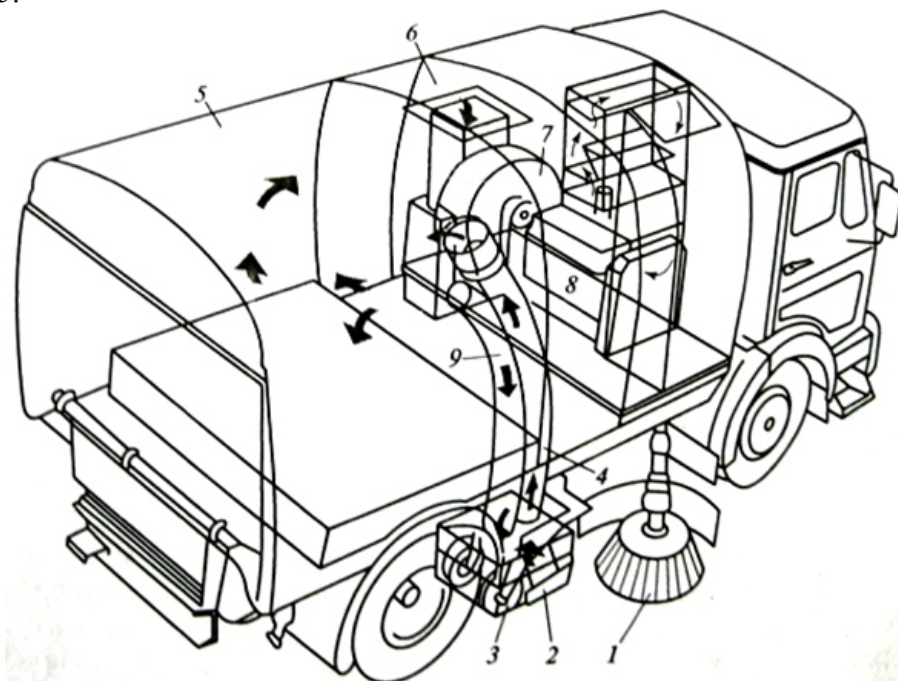


Рисунок 8 – Уборочная машина струйного действия

Привод машины и рабочего оборудования осуществляется двумя двигателями: основным для обеспечения движения базовой машины и дополнительным 8 – для привода вентилятора вакуумной системы и водяного насоса системы увлажнения мусора.

Мелкий смет закачивается непосредственно через раструб гибкого шланга 4, опирающегося на колеса 3. Вакуум во всасывающем гибком шланге создается вентилятором 7. Благодаря вакууму, смет через гибкий шланг подается в кузов-мусоросборник 5. Скорость в мусоросборнике существенно снижается по сравнению со скоростью воздуха в шланге, так как сечение мусоросборника значительно больше, чем сечение шланга. Мусор оседает в на дне кузова-мусоросборника. Отработанный воздух проходит через сито 6 в вентилятор 7 и по отводному каналу 9 подается в зону действия щеточного рабочего органа, перемещая смет к всасывающему раструбу. Таким образом, создается кольцевая циркуляция воздуха, при которой до 70% воздушной массы используется повторно, что значительно уменьшает выброс в атмосферу запыленного и загрязненного воздуха, т.е. экологический эффект налицо.

В шахте всасывания воздух вместе со сметом увлажняется из форсунок. Смет и мелкая пыль слипаются, становятся более тяжелыми, что обеспечивает их осаждение в бункер-накопитель и повышает эффект обеспыливания.

Закольцованный поток воздуха за счет сжатия нагревается до +20-25°C, подогревая тем самым все элементы и саму шахту всасывания. Это позволяет использовать машину и в межсезонье при минимальных отрицательных температурах до -5°C[9].

### Методика расчета эксплуатационных параметров ПУМ

Расчет полной мощности, затрачиваемой на работу подметально-уборочных машин (кВт) по формуле:

$$\sum P = P_{ц} + P_{к} + P_{н} + P_{т} + P_{д}, \quad (1)$$

где  $P_{т}$  – мощность привода системы транспортирования смета в бункер;  $P_{ц}$  – мощность, потребляемая для привода цилиндрической щетки;  $P_{к}$  – то же, для конической щетки;  $P_{н}$  – мощность, потребляемая для работы насоса системы увлажнения;  $P_{д}$  – мощность, необходимая для передвижения машины.

Расчет мощности привода цилиндрической щетки (кВт) по формуле:

$$P_{ц} = \frac{T_{ц} \times f_{в} \times (R_{ц} - h) \times \omega \times K_{зап}}{1000 \times \eta}, \quad (2)$$

где  $T_{ц}$  – суммарное значение вертикальной реакции цилиндрической щетки, (Н);  $f_{в}$  – коэффициент трения ворса щетки о дорожное покрытие;  $R_{ц}$  – радиус вращения цилиндрической щетки, (м);  $h$  – деформация ворса, (м);  $\omega$  – угловая скорость вращения щетки, (рад/с);  $K_{зап}$  – коэффициент запаса мощности для преодоления инерционных сил в неустановившемся режиме вращения;  $\eta$  – коэффициент полезного действия привода цилиндрической щетки.

Расчет мощности привода конической щетки (кВт) по формуле:

$$P_K = \frac{T_k \times f_{\text{в}} \times R_k \times \omega \times K_{\text{вэл}}}{1000 \times \tau}, \quad (3)$$

где  $T_k$  – суммарное значение вертикальной реакции конической щетки, (Н);  $R_k$  – радиус вращения конической щетки, (м);  $\tau$  – коэффициент полезного действия привода конической щетки.

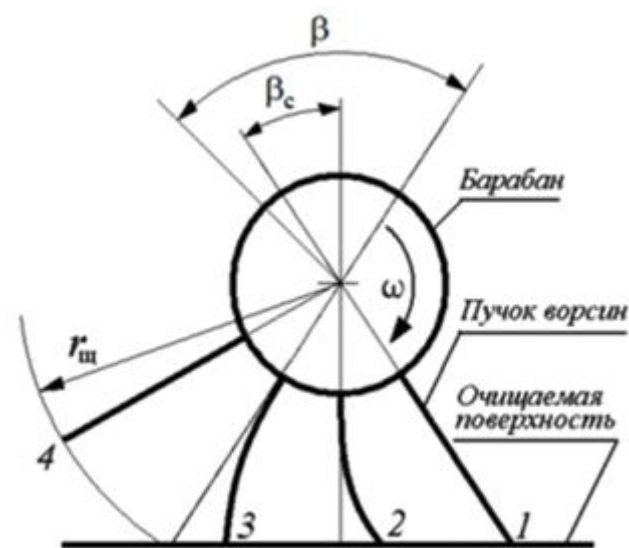


Рисунок 18 – Схема взаимодействия с покрытием и характерные размеры цилиндрической щетки: 1 – ворс, соприкоснувшийся с поверхностью; 2 – ворс, движущийся по очищаемой поверхности; 3 – ворс в момент выхода из контакта с поверхностью; 4 – ворс в момент завершения выпрямления;  $\beta$  – угол сектора барабана, ворсины, закреплённые в котором одновременно касаются очищаемой поверхности;  $\beta_c$  – угол между продольными осями соседних по окружности пучков ворсин;  $r_{\text{ш}}$  – радиус траектории концов недеформированных ворсин [8]

Определение мощности, потребной для работы насоса системы увлажнения (кВт) по формуле:

$$P_H = \frac{B_0 \times v_M \times q_0 \times P \times 10^{-3}}{\rho_{\text{в}} \times \tau_{\text{пр}} \times \tau_{\text{н}}}, \quad (4)$$

где  $B_0$  – ширина полосы обеспыливания, (м);  $v_M$  – скорость поступательного движения машины, (м/с);  $q_0$  – удельный расход воды при обеспыливании, (кг/м<sup>2</sup>);  $P$  – давление, развиваемое насосом, (Па);  $\tau_n$  – объемный коэффициент полезного действия водяного насоса;  $\tau_{\text{пр}}$  – коэффициент полезного действия привода.

Вместимость водяного бака системы обеспыливания (м<sup>3</sup>):

$$V_{\text{в}} = \frac{B_0 \times v_M \times q_0 \times t_0}{\rho_{\text{в}} \times K_{\text{н.б}}}, \quad (5)$$

где  $t_0$  – продолжительность опорожнения водяного бака, равная или кратная продолжительности наполнения бункера сметом, (с);  $K_{\text{н.б}}$  – коэффициент наполнения бака водой ( $K_{\text{н.б}} = 0,9 \dots 0,95$ );  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воды (кг/м<sup>3</sup>) [3].

Расчет вместимости бункера для смета ( $\text{м}^3$ ) выполняется по формуле:

$$V_6 = \frac{B_{\text{п}} \times v_{\text{п}} \times q_c \times t_{\text{п}}}{\rho_c \times K_3}, \quad (6)$$

где  $B_{\text{п}}$  – ширина подметания, (м);  $q_c$  – норма загрязненности дорожного покрытия, ( $\text{кг}/\text{м}^2$ );  $t_{\text{п}}$  – время наполнения бункера сметом, (с);  $\rho_c$  – плотность смета, ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $K_3$  – коэффициент наполнения бункера сметом.

При использовании вакуумной системы обеспыливания рассчитывают мощность (кВт) привода вентилятора вакуумной системы по формуле:

$$P_{\text{вак}} = \frac{Q \times p_{\text{в}}}{\eta_v \times \eta_{\text{пр}} \times 10^3}, \quad (7)$$

где  $Q$  – расход воздуха, обеспечиваемый вентилятором, ( $\text{м}^3/\text{с}$ );  $p_{\text{в}}$  – разрежение воздуха на входе в вентилятор, (Па);  $\eta_v$  – объемный КПД вентилятора;  $\eta_{\text{пр}}$  – КПД привода вентилятора.

Расход воздуха ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$Q = \frac{B_{\text{п}} \times v_{\text{п}} \times q_c \times K_{\text{зап}}}{\mu_k \times \rho_{\text{в.п}}}, \quad (8)$$

где  $B_{\text{п}}$  – ширина подметания, (м);  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса;  $\mu_k$  – коэффициент, характеризующий допустимую массовую концентрацию твердых частиц, транспортируемых потоком воздуха;  $\rho_{\text{в.п}}$  – плотность воздуха в вакуумном подборщике, ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

Скорость движения частиц на входе во всасывающий трубопровод ( $\text{м}/\text{с}$ ):

$$v_{\text{в}} = 1,7 \times K_{\text{з.с}} \times \sqrt{\frac{g \times d_c \times \rho_c}{\rho_{\text{в.с}}}}, \quad (9)$$

где  $K_{\text{з.с}}$  – коэффициент запаса скорости, обеспечивающий движение частиц смета во всасывающем трубопроводе;  $g$  – ускорение силы тяжести, ( $\text{м}/\text{с}^2$ );  $d_c$  – среднестатистический диаметр частиц смета.

Уравнение тягово-динамического баланса ПУМ:

$$T_{\text{сц}} \geq T \geq W, \quad (10)$$

где  $T_{\text{сц}}$  – сила тяги по сцеплению движителя машины с дорогой;  $T$  – сила тяги привода ходового оборудования машины;  $W$  – сопротивление движению машины.

Сила тяги по сцеплению движителя машины с дорогой определяется зависимостью (Н):

$$T_{\text{сц}} = G_{\text{м}} \times K_{\text{р}} \times K_{\text{п}} \times \varphi_{\text{сц}}, \quad (11)$$

где  $G_m$  – вес машины, включая вес рабочего оборудования (Н);  $K_p$  – коэффициент распределения веса машины на ведущую ось;  $K_n$  – коэффициент перераспределения веса машины на ведущую ось вследствие действия инерционных сил при разгоне;  $\varphi_{сц}$  – коэффициент сцепления с дорогой.

Сила тяги привода ходового оборудования машины(Н):

$$T = \frac{97,4 \times P_{дв} \times i \times \eta_{тр}}{n_{дв} \times r_k}, \quad (12)$$

где  $P_{дв}$  – номинальная мощность двигателя, (кВт);  $i, \eta_{тр}$  – передаточное отношение и КПД трансмиссии машины при движении на соответствующей передаче;  $n_{дв}$  – частота вращения вала двигателя при номинальной мощности, (об/мин);  $r_k$  – радиус ведущего колеса.

Сопротивление движению  $W$  (Н) определяют отдельно для рабочего  $W_{раб}$  и транспортного  $W_{тр}$  режимов:

$$W_{раб} = G_m \left( f + i_y + \frac{\sigma_{вр} \times j}{g} \right) + (T_{ц} + T_{к}) \times f_{в}; \quad (13)$$

$$W_{тр} = G_m \left( f + i_y + \frac{\sigma_{вр} \times j}{g} \right) + F_{в} (v_{тр} + v_{в})^2, \quad (14)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению колес машин;  $i_y$  – уклон дороги;  $\sigma_{вр}$  и  $\sigma_{вр}'$  – коэффициенты учета вращающихся масс при движении соответственно с рабочей и транспортной скоростями машин;  $j$  и  $j'$  – ускорение машины при движении соответственно на низких и высоких передачах;  $g$  – ускорение свободного падения, (м/с<sup>2</sup>);  $T_{ц}, T_{к}$  – вертикальные силы взаимодействия соответственно цилиндрической и конической щеток с дорогой, (Н);  $f_{в}$  – коэффициент сопротивления вращению щеток;  $v_{тр}$  – транспортная скорость машины, (м/с);  $v_{в}$  – скорость встречного ветра.

Определение эксплуатационной производительности подметально-уборочной машины (м<sup>2</sup>/ч) при подметании проезжей части улицы по формуле:

$$П_{э} = \frac{3600 \times V_{в} \times K_n \times \rho_{с} \times K_p}{\varphi_{с} \times \left[ \frac{V_{в} \times K_n \times \rho_{с}}{v_{п} \times \varphi_{с} \times K_n \times v_m} + t_{в} + n \times t_{н} + \frac{2 \times (l_{в} + n \times l_{п})}{v_{тр,ср.}} \right]}, \quad (15)$$

где  $K_n$  – коэффициент использования машин на линии;  $K_p$  – коэффициент перекрытия полосы смета;  $v_m$  – скорость подметания проезжей части, (м/с);  $t_{в}$  – продолжительность операций по выгрузке смета, (с);  $t_{н}$  – продолжительность операций по наполнению бака водой, (с);  $n$  – число циклов наполнения бака водой, приходящееся на один цикл заполнения бункера сметом;  $l_{в}$  – расстояние от маршрута подметания до мест выгрузки смета, (м);  $l_{п}$  – расстояние от маршрута подметания до мест наполнения бака водой, (м);  $v_{тр,ср.}$  – средняя транспортная скорость при движении к местам разгрузки смета и наполнения водой, (м/с) [9].

## Задания для самостоятельного выполнения

### Задание №1

Рассчитать суммарную вертикальную нагрузку на поверхность дороги, оказываемую цилиндрической щеткой с параметрами, указанными в таблице 5.

### Задание №2

Рассчитать мощность, затрачиваемую на работу подметально-уборочной машины с системой увлажнения, оснащенной одной цилиндрической и двумя коническими щетками. Во всех вариантах задания принимать мощность привода системы транспортирования смета в бункер равной 1 кВт, а мощность, необходимую для передвижения машины равной 60 кВт, радиус вращения цилиндрической щетки 0,23 м., коэффициент запаса мощности цилиндрической и конической щеток равен 1,1. Параметры оборудования машины даны в таблицах 6, 7 и 8.

### Задание №3

Рассчитать эксплуатационную производительность ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) подметально-уборочной машины при подметании проезжей части улицы, если норма загрязненности дорожного покрытия во всех вариантах равна  $10 \text{ кг}/\text{м}^2$ , плотность смета  $1 \text{ кг}/\text{л}$ , коэффициент наполнения бункера сметом 1,1, ширина полосы перекрытия составляет 0,2 м., средняя транспортная скорость при движении к местам разгрузки смета и наполнения водой равна  $50000 \text{ м}/\text{ч}$ , коэффициент использования машин на линии равен 0,74. Для выполнения задания необходимо использовать параметры, представленные в таблице 9.

Таблица 5 – Данные и технические параметры к заданию №1

Задаваемые параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Радиус щетки, (м.)	0,2	0,25	0,3
Радиус барабана, (м.)	0,03	0,04	0,05
Длина щетки, (м.)	1,7	1,5	1,3
Коэффициент неравномерности ворса	2	2,2	2,5
Поступательная скорость движения, (м/с)	4	5	3
диаметр попер.сечения прутка, (м.)	0,0004	0,0005	0,0006
Свободная длина прутка ворса, (м.)	0,17	0,21	0,25
Угловая скорость вращения, (рад/с)	25	20	13
Модуль упругости ворса, (МПа)	$2,1 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$
Деформация ворса, (м)	0,01	0,015	0,02
Коэффициент, учитывающий характер распределения ворсин по поверхности барабана соответствует пучку из семи ворсин, ( $K_{\text{рп}}$ )	2	2,1	2,3
Угол между продольными осями соседних пучков ворсин, (рад)	0,55	0,54	0,53

Таблица 6 – Технические характеристики цилиндрической щетки

Наименование задаваемого параметра	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Суммарное значение вертикальной реакции цилиндрической щетки, (Н)	3000	3500	3300
Коэффициент трения ворса щетки	0,34	0,4	0,4
Угловая скорость вращения щетки, (рад/с)	25	20	13
Коэффициент полезного действия привода цилиндрической щетки	0,7	0,75	0,75
Деформация ворса, (м)	0,01	0,015	0,012

Таблица 7 – Технические характеристики конической щетки

Наименование задаваемого параметра	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Суммарное значение вертикальной реакции щетки, (Н)	2000	2100	2200
Радиус вращения щетки, (м)	0,25	0,3	0,35
Коэффициент полезного действия привода щетки	0,7	0,8	0,75
Угловая скорость вращения щетки, (рад/с)	20	22	24
Коэффициент трения ворса щетки	0,4	0,4	0,34

Таблица 8 – Технические характеристики для расчета мощности насоса системы увлажнения

Наименование задаваемого параметра	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Ширина полосы обеспыливания, (м)	1,8	2,0	2,2
Скорость поступательного движения машины, (м/с)	6	5	4
Удельный расход воды при обеспыливании, (кг/м <sup>2</sup> )	0,025	0,03	0,035
Давление воды в системе обеспыливания, (Мпа)	0,2	0,25	0,3
Плотность воды, (кг/м <sup>3</sup> )	1000	1000	1000
Коэффициент полезного действия привода	0,7	0,75	0,75
Объемный коэффициент полезного действия водяного насоса	0,65	0,7	0,75

Таблица 9 – Необходимые данные к заданию №3

Исходные данные	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Ширина подметания, (м)	1,8	2	2,1
Время наполнения бункера сметом, (ч)	16	16	8
Скорость подметания проезжей части,	4000	4500	5000



(м/ч)			
Продолжительность операции по выгрузке смета, (сек)	240	300	300
Продолжительность операции по наполнению бака водой, (сек)	240	360	300
Число циклов наполнения бака водой, приходящееся на 1 цикл наполнения бункера сметом	2	3	3

Продолжение таблицы 9

Расстояние от маршрута подметания до мест выгрузки смета, (м)	4000	5000	6000
Расстояние от маршрута подметания до мест наполнения водой, (м)	6000	7000	5000
Коэффициент перекрытия	0,8	0,9	0,9
Расстояние от маршрута подметания до мест наполнения водой, (м)	6000	7000	5000
Коэффициент перекрытия	0,8	0,9	0,9

### Алгоритмы выполнения заданий

#### Задание №1

1. Определение нужного количества ворсин на цилиндрической щетке по формуле:

$$i_s = \frac{5,124 L \pi K_{rp}}{d_b \beta_c}, \quad (16)$$

где  $K_{rp}$  – коэффициент, учитывающий характер распределения пучков ворсин по поверхности барабана: шевроном, по спирали, в шахматном порядке ( $K_{rp} = 4 \dots 6$ ),  $L$  – длина щетки, (м)  $d_b$  – диаметр ворсины (для стального ворса  $d_b = 0,0004 \dots 0,0006$  м, для полимерного ворса  $d_b = 0,0022 \dots 0,0024$  м),  $\beta_c$  – угол между продольными осями соседних по окружности пучков ворсин, (рад).

2. Определение момента инерции ( $m^4$ ) поперечного сечения прутка относительно оси перпендикулярной к плоскости вращения, для ворса круглого сечения по формуле:

$$J = 0,25 \pi r_b^4, \quad (17)$$

где  $r_b$  – радиус поперечного сечения прутка, (м).

3. Нахождение расстояния (м) между ободом барабана и горизонтальной поверхностью дороги ( $y_k$ ) по формуле:

$$y_k = S - h, \quad (18)$$

где  $S$  – свободная длина прутка ворса, (м);  $h$  – деформация ворса, (м).

4. Определение суммарной вертикальной нагрузки цилиндрической щетки на очищаемую поверхность (Н) по формуле:

$$P=0,17 \times E \times J \times \frac{s^6}{y^2} \times i_{\text{ц}} \times \arccos \frac{y_{\text{к}} + R_{\text{б}}}{R}, \quad (19)$$

где  $E$  — модуль упругости ворса, (Мпа);  $R_{\text{б}}$  — радиус барабана щетки, (м);  $i_{\text{ц}}$  — количество ворсин на щетке, ( $i_{\text{в}} = i_{\text{ц}}$ ).

#### Задание №2

1. Расчет мощности привода цилиндрической щетки (кВт) по формуле (2).
2. Расчет мощности привода конической щетки (кВт) по формуле (3).
3. Определение мощности, потребной для работы насоса системы увлажнения (кВт) по формуле (4).
4. Расчет полной мощности, затрачиваемой на работу подметально-уборочных машин (кВт) по формуле (1).

#### Задание №3

1. Расчет вместимости бункера для смета ( $\text{м}^3$ ) выполняется по формуле (6).
2. Определение эксплуатационной производительности подметально-уборочной машины ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) по формуле (15).

#### Тестовые задания для проверки знаний

1. Какой способ разгрузки смета соответствует машинам с прямым или обратным забросом смета в бункер?
  - a) Гравитационный
  - b) Боковое и заднее эжектирование
  - c) Сменные контейнеры
  - d) Самосвальный
2. Какой вид обеспыливания применяется в вакуумно-подметальных машинах?
  - a) Влажное
  - b) Термовлажное
  - c) Пневматическое
3. Какой вид щеток получил наибольшее распространение в ПУМ?
  - a) Коническая
  - b) Цилиндрическая
  - c) Ленточная
4. Какой вид движения свойственен цилиндрической щетке в рабочем режиме?
  - a) Вращение
  - b) Вращение и поступательное движение
  - c) Поступательное движение
5. При каком способе загрузки смета степень заполнения бункера увеличивается?
  - a) Бункер размещен по ходу перемещения
  - b) Щетка перебрасывает мусор через себя
6. Какой из рисунков соответствует схеме с шнековым и цепочно-скребковым конвейером?

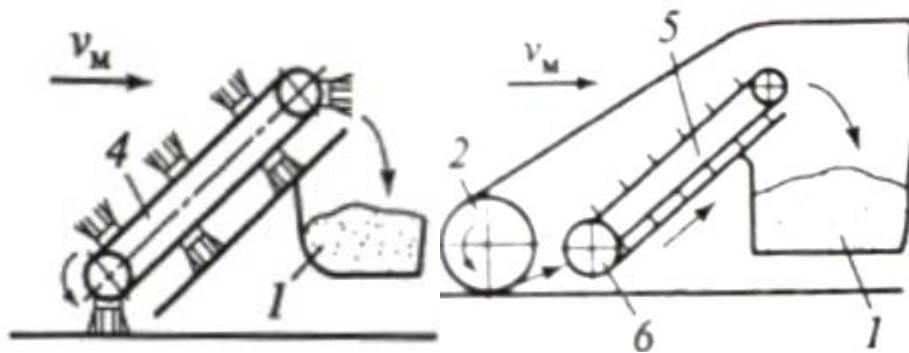
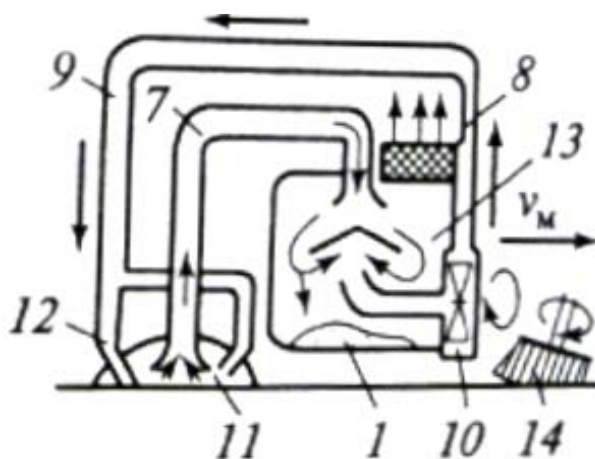


Рисунок 1

Рисунок 2

7. Какой из пунктов рисунка соответствует циклону в ПУМ струйного действия?



- a) 8
- b) 13
- c) 10

8. Какой из способов разгрузки ПУМ относится к принудительному?

- a) Поворотом контейнера
- b) Смет высыпается под действием собственного веса
- c) Эжектирование

9. Какой тип машин может работать на более высоких скоростях?

- a) Вакуумно-подметальные
- b) Вакуумно-уборочные

10. По какой схеме происходит забор смета уборочными машинами струйного действия?

- a) Всасывание – сдув
- b) Сдув – всасывание
- c) Всасывание
- d) Сдув

### Практическая работа №3

## Поливочно-моечные машины и методика расчета основных параметров поливочно-моечных машин

Цель работы:

- Ознакомиться с конструкционными особенностями различных видов поливочно-моечных машин (ПММ);
- Освоить методику проведения расчетов основных параметров ПММ.

### Основные сведения о поливочно-моечных машинах

Поливочно-моечные машины (ПММ) предназначены для увлажнения и мойки твердых покрытий всех видов, поливки зеленых насаждений, а также могут быть использованы при тушении пожаров. По назначению ПММ разделяют на специализированные поливочные и моечные, и универсальные поливочно-моечные.

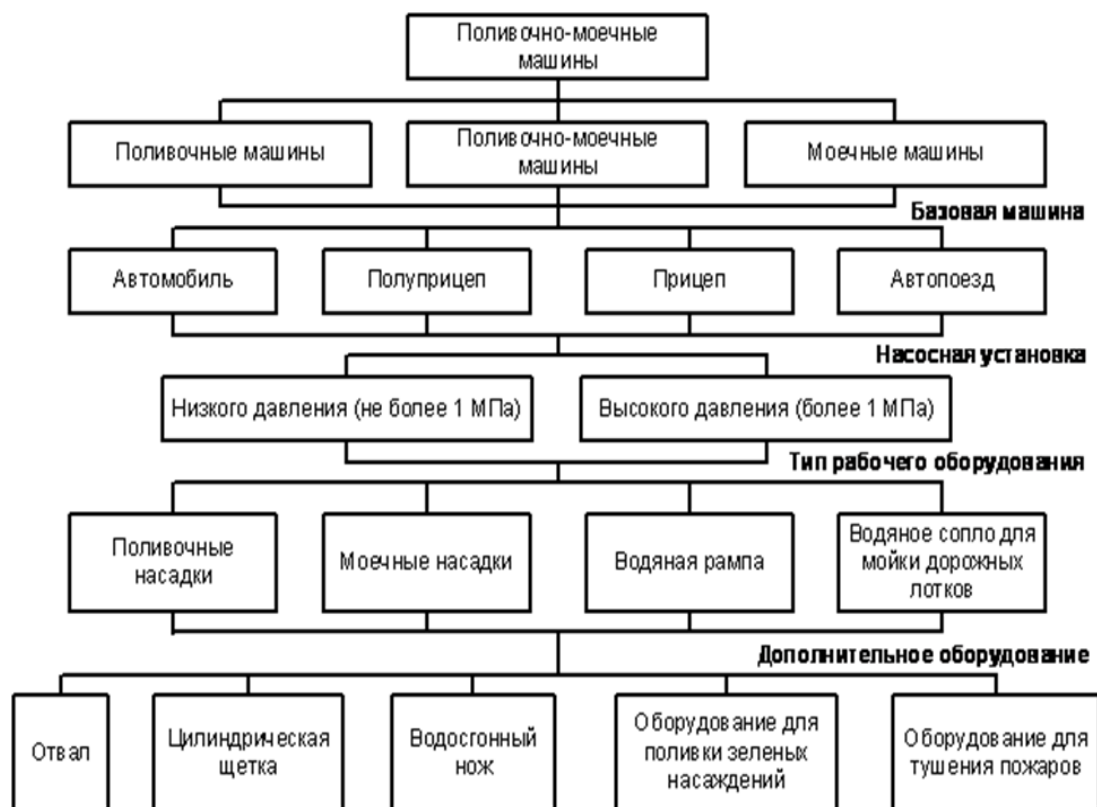


Рисунок 1 – Классификация поливомоечных машин

По способу передвижения ПММ бывают самоходные (на автомобильном или тракторном колесном шасси), полуприцепные и прицепные, что показано на рисунке 1.

По типу насосной установки ПММ можно разделить на машины с низким (до 1,0 МПа) и высоким давлением воды (более 1,0 МПа). Повышенное давление воды при мойке дорожных покрытий позволяет уменьшить расход воды на единицу площади покрытия вследствие более высокой кинетической энергии водяных струй, однако требует дополнительных конструктивных мер, предупреждающих преждевременное дробление этих струй и их аэродинамическое торможение[26].

Всасывающая труба имеет вывод, к которому при заборе воды из водоема присоединяется водозаборный шланг. Сечение трубопроводов должно обеспечивать

скорость воды не менее 0,2-0,3 м/с при минимальных местных сопротивлениях. Вместимость цистерн отечественных самоходных ПММ составляет 6000-11000 л.

ПММ снабжена тремя поворотными соплами. Вода поступает к головке пожарной колонки, которая установлена на передней трубе. От колонки вправо и влево отведены патрубки, на концах которых с помощью резьбового соединения накручены поворотные сопла. Третье сопло установлено справа за кабиной водителя. Поворотное сопло состоит из поворотного устройства и одной насадки, в которой имеется щель размером 1,5-2 мм для воды. Поворотное устройство включает в себя два чугунных колена, соединенные шарнирно с помощью стяжного зажима. Насадки должны располагаться таким образом, чтобы рабочие струи частично перекрывались для получения наибольшей сплошной ширины поливки при заданном удельном расходе воды, как представлено на рисунке 2.

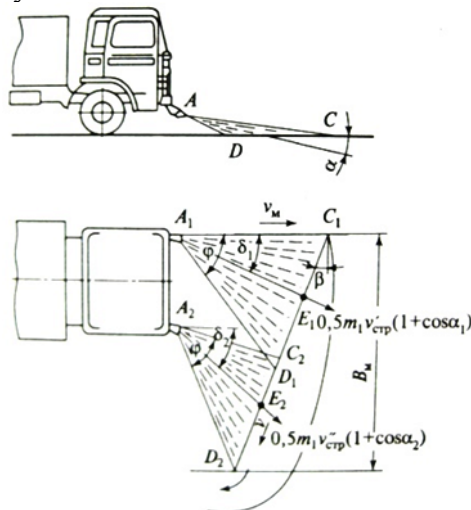


Рисунок 2 – Схема взаимодействия моечного оборудования с дорожным покрытием

Используемые в ПММ насадки подразделяются на поливочные и моечные. Поливочные насадки, представленные на рисунке 3(а), обычно устанавливают симметрично относительно продольной оси машины. Насадки находятся в таком положении: повернутыми вверх под углом 15-20° к горизонту и развернутыми в сторону на угол 10°. Моечные насадки устанавливают так: повернутыми вниз под углом 10-12° к горизонту, что показано на рисунке 3 (б). Также они несимметрично повернуты вправо относительно продольной оси машины для перемещения смываемых загрязнений с проезжей части дороги в сторону дорожного лотка, откуда загрязнения удаляются с помощью подметально-уборочных машин. Изменение положений насадок осуществляется с помощью гидросистемы[31].

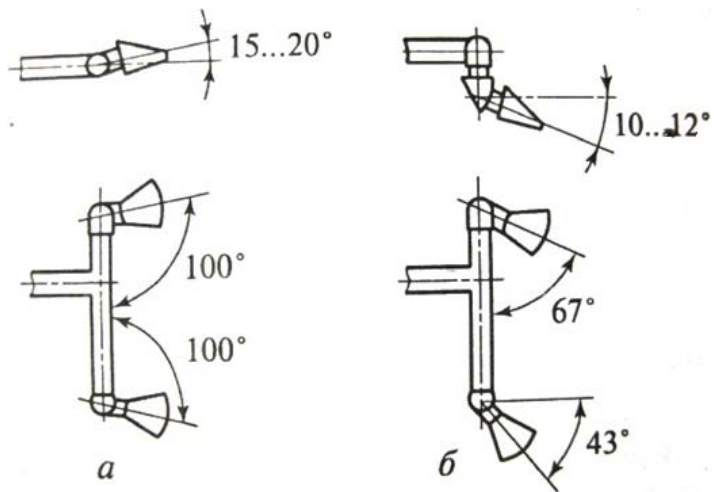


Рисунок 3 – Схема установки насадок

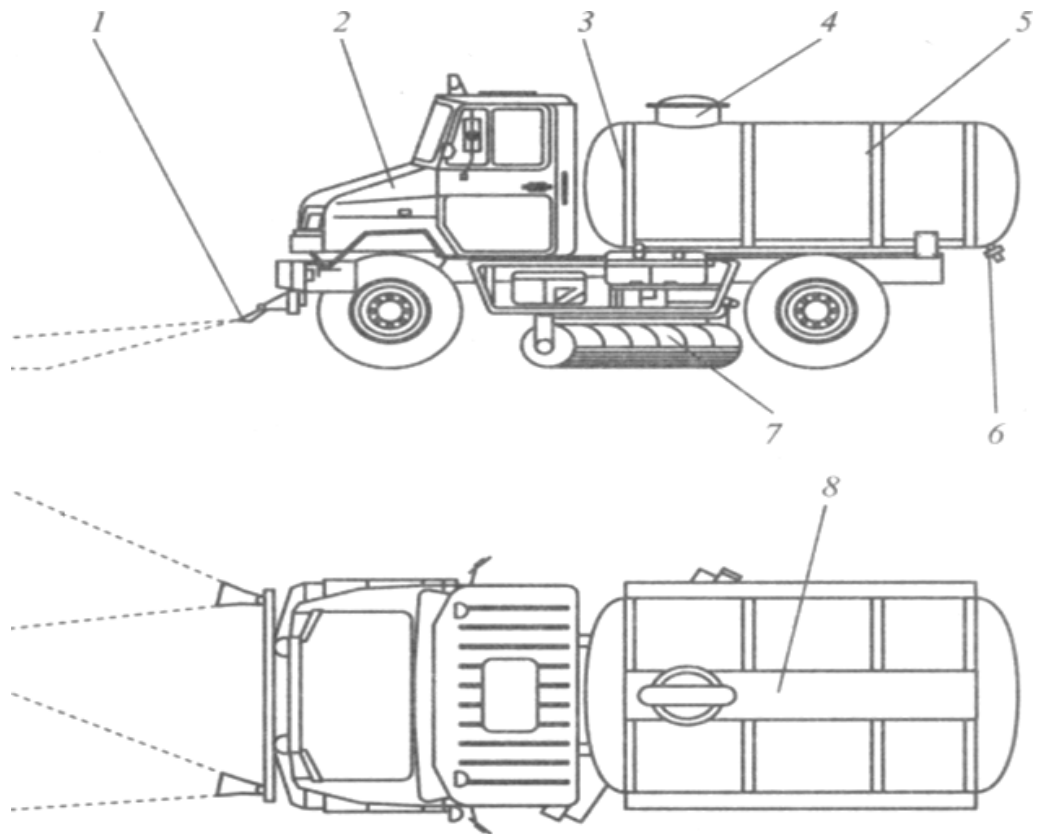


Рисунок 4 – Компонировка и основные агрегаты поливомоечной машины: А - конфигурация моещей струи; 7 - моещие насадки с распределительным трубопроводом; 2 - базовая машина; 3 - цистерна; 4 - горловина цистерны; 5 - обечайки крепления цистерны к шасси; 6 - сливной патрубкок; 7 - дополнительное щеточное оборудование; 8 - мостки для обслуживания цистерны

## Виды поливочно-моечных машин

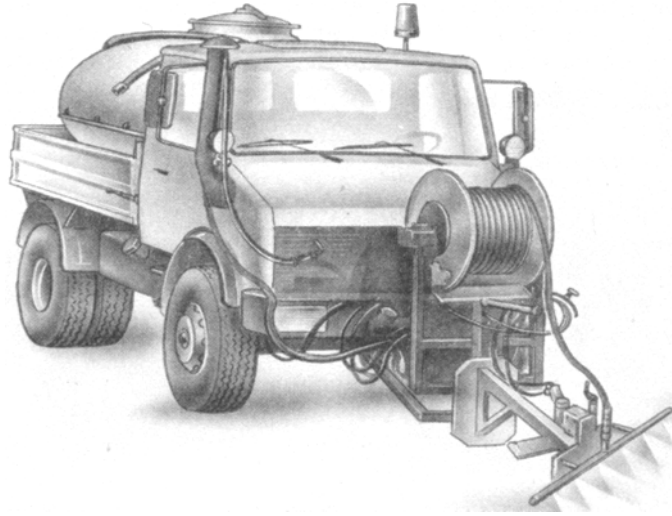


Рисунок 5 – Машина для очистки покрытия с помощью моющей рапы

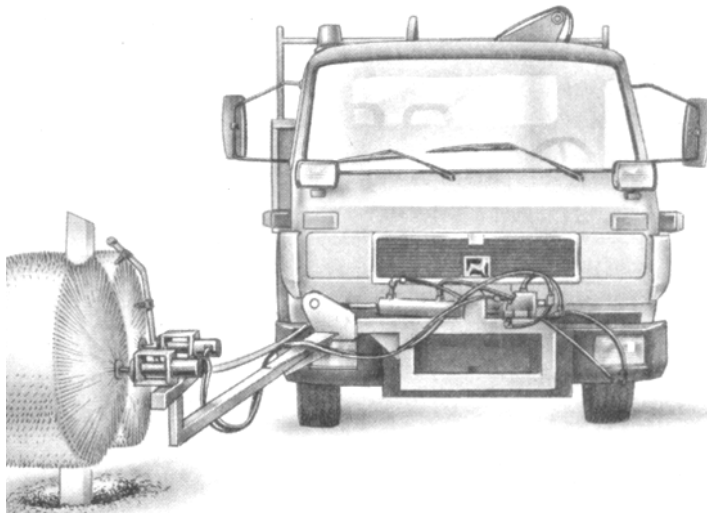


Рисунок 6 – Щеточно-моечное оборудование для ухода за колесоотбойным брусом с вращением щетки в горизонтальной плоскости

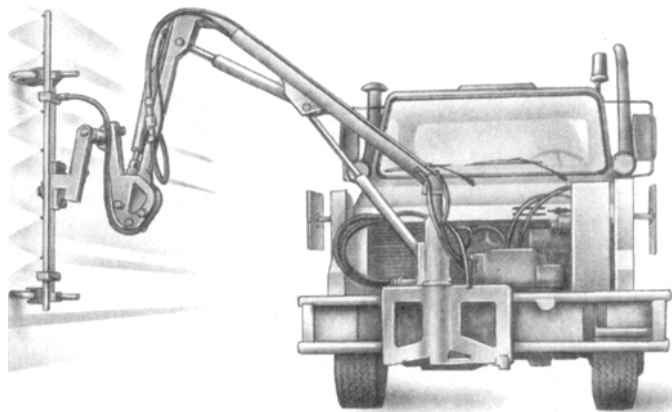


Рисунок 7 – Моечное оборудование для ухода за стенами тоннелей

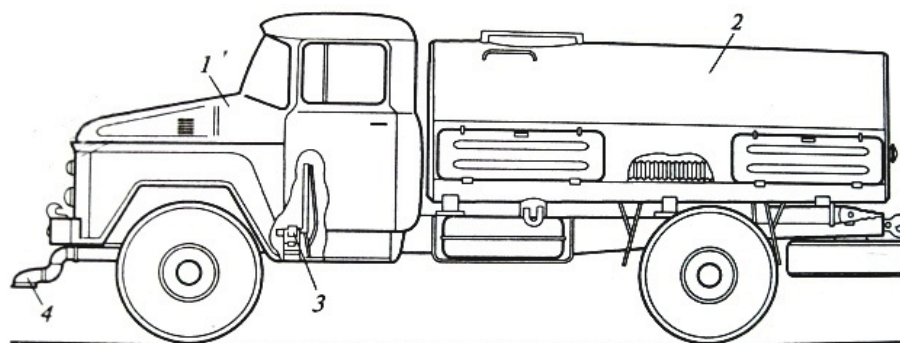


Рисунок 8 – Поливочно-моечная машина

Поливочно-моечная машина, представленная на рисунке 8, состоит из базового автомобильного шасси 1, водяной цистерны эллиптического сечения 2, механической трансмиссии привода насосного агрегата 3 и распыляющих воду насадок с соплами 4.

Цистерна представляет собой емкость овального сечения. Внутри нее установлены волнорезы и контрольная труба. В нижней части машины расположены фильтр, отстойник, цилиндрическая обечайка с приваренным к ней под цистерной фланцем, к которому крепится центральный клапан. Рядом с центральным клапаном размещен отстойник. В обечайке имеются два отверстия, служащие для задержания некоторого количества воды в цистерне при ее опорожнении. Эта вода используется для заполнения всасывающей системы трубопровода и водяного насоса при заборе воды из водоема.

Под днищем цистерны смонтирован центральный клапан для перекрытия воды, поступающей из цистерны к водяному насосу. Клапан создает минимальное сопротивление проходящей воде. В закрытом положении клапан прижат к седлу корпуса. В нижней части он имеет резиновую уплотнительную прокладку. Управляют центральным клапаном с помощью рычага из кабины водителя. Система трубопроводов состоит из всасывающей и нагнетательной линий. Всасывающая труба крепится к всасывающему патрубку насоса и соединяется с горловиной центрального клапана резиновым патрубком.

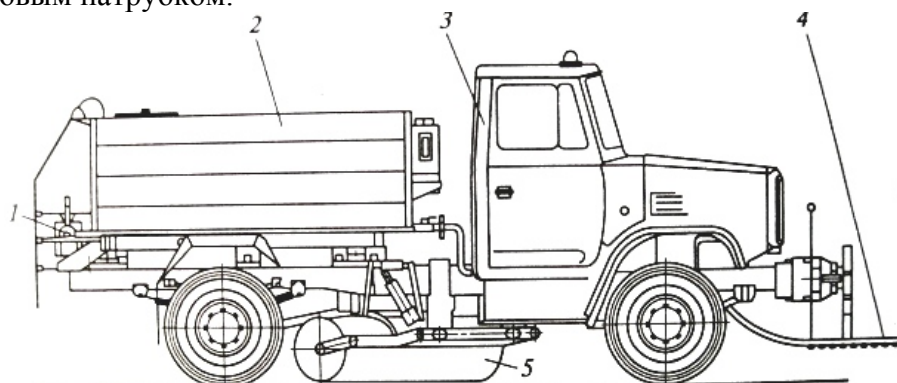


Рисунок 9 – Поливочно-моечная машина с подачей воды под высоким давлением

На базовом автомобиле 3, показанном на рисунке 9, монтируется система сопел, размещаемых на горизонтальной рейке 4, которую с помощью приводных механизмов можно поворачивать в плане или сдвигать вправо и влево от продольной оси машины. Цистерна 2 оборудуется водяным насосом 1 с приводом от гидромотора и вала отбора мощности. Поливочно-моечные машины могут иметь дополнительное оборудование, например цилиндрическую подметальную щетку 5 со стальным или синтетическим ворсом [29].



**Методика расчета эксплуатационных параметров ПММ**  
 Определение площади выходного сечения насадка ( $m^2$ ) по формуле:

$$W_{\text{вых}} = \frac{B_1 \times v_p \times q_{\text{ср}}}{100 \times 3,6 \times \mu \times u}, \quad (1)$$

где  $B_1$  – ширина полосы дороги, обрабатываемой из насадка, (м);  $v_p$  – рабочая скорость машины, (км/ч);  $q_{\text{ср}}$  – расход воды на  $1 m^2$  дороги, (л);  $\mu$  – коэффициент расхода воды через насадок,  $\mu = 0,71u$  – теоретическая скорость выхода воды из насадка, (м/с).

Расчет производительности насадки ( $m^3/c$ ) по формуле:

$$Q_H = \alpha \times W_{\text{вых}} \times u, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент сжатия [10].

Соппротивление движению в рабочем режиме (Н) определяется по формуле:

$$W_{\text{раб}} = G_M \left( f + i_y + \frac{\sigma_{\text{вр}} \times j}{g} \right), \quad (3)$$

где  $G_M$  – вес машины, включая вес рабочего оборудования, (Н);  $f$  – коэффициент сопротивления качению машины;  $i_y$  – уклон дороги;  $\sigma_{\text{вр}}$  – коэффициент учета вращающихся масс при движении машины с рабочей скоростью;  $j$  – ускорение машины при движении на пониженной передаче;  $g$  – ускорение свободного падения, ( $m/c^2$ ).

Составление уравнения мощностного баланса поливочно-моечной машины для рабочего режима с учетом потерь мощности на пробуксовку колес машины (Вт) по формуле:

$$P_{\text{дв.раб}} = \frac{W_{\text{раб}} \times v_M}{(1 - \delta) \times \eta_{\text{тр}}} + \frac{Q \times p_H}{\rho \times \eta_{\text{пр}} \times \eta_H}, \quad (4)$$

где  $p_H$  – давление, создаваемое насосом, (Па);  $\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии при движении машины с рабочей скоростью –  $v_M$ , (м/с);  $\eta_{\text{пр}}$  – КПД привода водяного насоса;  $\eta_H$  – объемный КПД насоса;  $\delta$  – коэффициент буксования.

Определение технической производительности машины ( $m^2/ч$ ) по формуле:

$$П_{\text{тех}} = 3600(B - B_{\text{пер}}) \times v_M, \quad (5)$$

где  $B$  – ширина мойки, (м);  $B_{\text{пер}}$  – ширина перекрытия проходов машины, (м);  $v_M$  – рабочая скорость машины, (м/с).

Определение продолжительности рабочего цикла машины (с) по формуле:

$$T_{ц} = t_{нап} + t_{раз} + t_{пер} + t_{п.з.}, \quad (6)$$

где  $t_{нап}$  – продолжительность наполнения цистерны водой, (с), определяемая по формуле 7;  $t_{раз}$  – продолжительность разлива, (с), определяемая по формуле 8;  $t_{пер}$  – продолжительность движения машины от места производства работ до места наполнения цистерны и обратно, (с), определяемое по формуле 9;

$$t_{нап} = V \times t'_{нап}, \quad (7)$$

где  $t'_{нап}$  – время для заполнения цистерны одним литром воды, (с);  $V$  – вместимость цистерны для воды, (л);

$$t_{раз} = \frac{V \times K_1}{q_v \times D \times v_m}, \quad (8)$$

где  $K_1$  – коэффициент маневрирования;  $q_v$  – норма расхода воды при мойке, (л/м<sup>2</sup>);

$$t_{пер} = \frac{2 \times l}{v_{тр.ср.}}, \quad (9)$$

где  $l$  – расстояние от места наполнения цистерны до места производства работ, (м);  $v_{тр.ср.}$  – средняя скорость машины при движении от места наполнения цистерны до места производства работ, (м/с);  $t_{п.з.}$  – продолжительность подготовительно-заключительных операций, (с).

Расчет часовой эксплуатационной производительности машины (м<sup>2</sup>/с) по формуле:

$$П_{ч} = \frac{3600 \times V \times K_3 \times K_n}{q_v \times T_{ц}}, \quad (10)$$

где  $V$  – вместимость цистерны с водой, (л);  $K_3$  – коэффициент заполнения цистерны водой;  $K_n$  – коэффициент использования машины по времени;  $q_v$  – норма расхода воды, (л/м<sup>2</sup>).

Коэффициент, характеризующий эффективность очистки дорожного покрытия поливочно-моечными машинами

$$K_{эф} = 1 - \frac{q_{ост}}{q_n} \geq 0,8 \dots 0,85, \quad (11)$$

где  $q_n$  и  $q_{ост}$  – соответственно начальное и остаточное количества загрязнений на единицу площади дорожного покрытия [27].

### Задания для самостоятельного выполнения

#### Задание №1

Рассчитать сопротивление движению в рабочем режиме поливочной машины, если коэффициент сопротивления качению машины для всех вариантов равен

0,02, коэффициент учета вращающихся масс равен 1,25, коэффициент сжатия равен 1, КПД трансмиссии при движении машины с рабочей скоростью равен 0,89, КПД привода водяного насоса равен 0,9, объемный КПД насоса 0,7, коэффициент буксования 0,17. Технические характеристики машины представлены в таблице 10.

#### Задание №2

Составить уравнение мощностного баланса поливочно-моечной машины для рабочего режима с учетом потерь мощности на пробуксовку колес машины (Вт). Необходимые данные для расчетов приведены в таблице 10.

#### Задание №3

Определить техническую производительность, часовую эксплуатационную, а также продолжительность рабочего цикла поливочно-моечной машины. Норма расхода воды равна 1 л/м<sup>2</sup>, требуется 1 секунда для заполнения цистерны 1 литром воды, коэффициент маневрирования равен 1,1. Необходимые для расчетов параметры представлены в таблице 11.

### Алгоритмы выполнения заданий

#### Задание №1

1. Расчет сопротивления движению в рабочем режиме (Н) по формуле (3).

#### Задание №2

1. Определение площади выходного сечения насадка (м<sup>2</sup>) по формуле (1).
2. Расчет производительности насадки (м<sup>3</sup>/с) по формуле (2).
3. Определение массовой подачи водяного насоса (кг/с) по формуле:

$$Q = Q_n \times \rho, \quad (12)$$

где  $\rho$  – плотность воды, (кг/м<sup>3</sup>).

4. Составление уравнения мощностного баланса поливочно-моечной машины для рабочего режима с учетом потерь мощности на пробуксовку колес машины (Вт) по формуле (4).

#### Задание №3

1. Определение технической производительности машины (м<sup>2</sup>/ч) по формуле (5).
2. Определение продолжительности рабочего цикла машины (с) по формуле:

$$T_{ц} = t_{нал} + t_{раз} + t_{пер} + t_{об}, \quad (13)$$

где  $t_{нал}$  – продолжительность наполнения цистерны водой, (с), определяемая по формуле (7);  $t_{раз}$  – продолжительность разлива, (с), определяемая по формуле (8);  $t_{пер}$  – продолжительность движения машины от места производства работ до места наполнения цистерны и обратно, (с), определяемое по формуле (9).

3. Расчет часовой эксплуатационной производительности машины (м<sup>2</sup>/с) по формуле (10).

Таблица 10 – Параметры поливочно-моечной машины

Заданные характеристики	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Вес машины, включая оборудование, (Н)	49000	50000	52000
Уклон дороги	0,07	0,08	0,09

Коэффициент сопротивления качению машины	0,02	0,021	0,018
Коэффициент учета вращающихся масс	1,015	1,02	1,025
Ускорение машины при движении на пониженной передаче, (м/с <sup>2</sup> )	1,7	1,8	2
Скорость струи, (м/с)	40	37	42
Ширина полосы дороги, обрабатываемой из насадка, (м)	3	2,5	4,5
Рабочая скорость машины, (км/ч)	10	13	15
Расход воды на 1 м <sup>2</sup> дороги, (л)	1	3	4
Давление, создаваемое насосом, (Па)	0,35×10 <sup>6</sup>	0,4×10 <sup>6</sup>	0,3×10 <sup>6</sup>
Скорость воды из насадка, (м/с)	1,8	1,6	2,0

Таблица 11 – Технические и эксплуатационные параметры поливомоечной машины

Исходные данные	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Ширина мойки дорожного покрытия, (м)	3	4	5
Ширина перекрытия проходов машины, (м)	0,1	0,15	0,2
Рабочая скорость машины, (м/с)	4	3,5	3
Вместимость цистерны для воды, (л)	4000	5000	6000
Коэффициент заполнения цистерны водой	0,9	0,9	0,95
Расстояние от места наполнения цистерны до места производства работ, (м)	6000	5000	5500
Средняя скорость при движении от места наполнения цистерны до места производства работ, (м/с)	10	9	8
Продолжительность подготовительно-заключительных работ, (с)	800	900	1020
Коэффициент использования машины по времени	0,8	0,9	0,79

### Тестовые задания для проверки знаний

1. Какой вид поливочно-моечных машин относится к машинам с высоким давлением?
  - a) С давлением более 6 Мпа
  - b) Более 16 Мпа
  - c) Более 1 Мпа
  
2. Какое сечение соответствует цистерне ПММ?
  - a) Круглое
  - b) Овальное
  - c) Прямоугольное
  - d) Шестигранное
  
3. Какова вместимость отечественных самоходных ПММ?
  - a) 4-6 тыс. литров
  - b) 8-12 тыс. литров
  - c) 6-11 тыс. литров
  
4. Сколько сопел у ПММ?
  - a) Два
  - b) Три
  - c) Четыре
  - d) Одно
  
5. На какой угол по отношению к горизонтальной плоскости повернуты сопла поливочных насадок?
  - a) 6°
  - b) 15°
  - c) 10°
  
6. Как обеспечить наибольшую сплошную ширину полива?
  - a) Увеличением щелей насадок
  - b) Увеличением количества воды в цистерне
  - c) Частичным перекрытием рабочих струй
  
7. Каково положение моечных насадок по отношению к горизонтальной поверхности?
  - a) 15-20°
  - b) 16-18°
  - c) 10-12°
  
8. Какой из рисунков соответствует моечным насадкам?

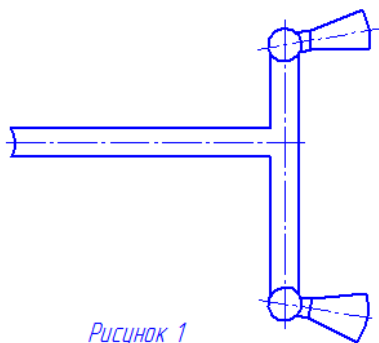


Рисунок 1

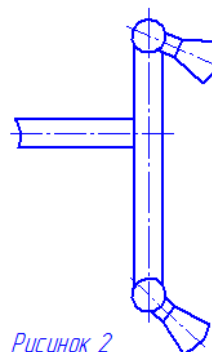


Рисунок 2

9. Чему способствует увеличение давления воды на единицу обрабатываемой площади?
- Увеличение расхода воды
  - Улучшение качества мойки
  - Уменьшение расхода воды
10. Укажите назначение ПММ?
- Мойка твердых покрытий всех видов
  - Поливка зеленых насаждений
  - Тушение пожаров
  - Мойка автомобилей и пешеходов

#### Практическая работа №4

##### Машины для содержания и уборки городских территорий в зимнее время и методика расчета основных параметров машин для содержания и уборки городских территорий в зимний период

Цель работы:

- Ознакомиться с конструкционными особенностями различных видов машин для содержания и уборки территорий в зимнее время;
- Освоить методику проведения расчетов основных параметров этих машин.

##### Основные сведения о машинах для содержания городских территорий в зимний период

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 строительными одноковшовыми погрузчиками.

Снегоочистители представляют собой самоходные машины, рабочие органы которых сдвигают снег или отбрасывают его в сторону. Снегоочистители подразделяют: по типу рабочего оборудования – плужные (пассивный рабочий орган) и роторные (активный рабочий орган); по типу базовой машины – автомобильные и тракторные. У плужных снегоочистителей рабочим органом, удаляющим снег, служит плуг, монтируемый в передней части автомобиля или трактора, а у роторных – метатель специальной конструкции, вращающийся с частотой 300-400 мин<sup>-1</sup>.

Плужные снегоочистители подразделяют на два вида. Одноотвальные – обозначенные подпунктом (а) на рисунке 1, отбрасывающие снег на одну сторону.

Двухотвальные – обозначенные подпунктом (б) на рисунке 1, способные отбрасывать снег на обе стороны. В одноотвальных снегоочистителях рабочий орган устанавливают под углом 29-33° к продольной оси базовой машины, что обеспечивает сдвигание снежной массы в сторону поворота круга [17].

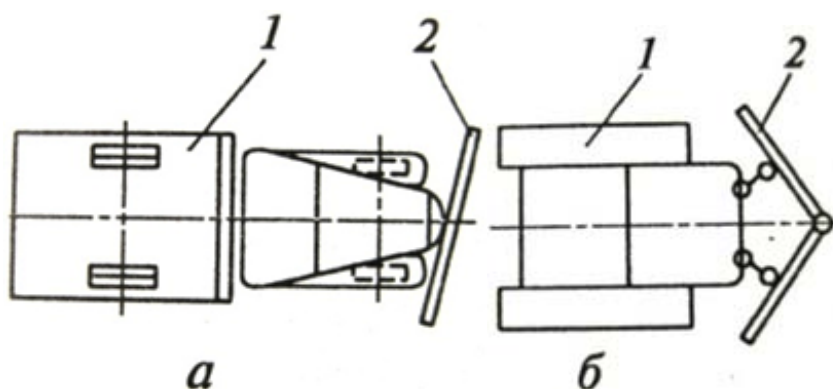


Рисунок 1 – Схемы плужных снегоочистителей

Двухотвальный можно рассматривать как шарнирно сочлененный – в средней части – одноотвальный. Такой рабочий орган монтируется только на плужных снегоочистителях сдвигающего действия. Он может работать как плуг, сдвигающий снег одновременно вправо и влево, а также играет роль совка, сгребая снежную массу в кучи. Поворот элементов плуга в плане осуществляется гидроцилиндрами [28].

Разновидностью плужных снегоочистителей являются плужно-щеточные, которые служат не только для сгребания, но и для сметания свежесвыпавшего снега с дорожных покрытий. Они базируются в основном на колесных тракторах и автомобилях и разрабатывают снег толщиной 0,2-0,4 м. со скоростью 2,5-5,5 м/с.

Роторные снегоочистители предназначены для очистки дорожных покрытий от снега путем переброски на резервные площади или погрузки в транспортные средства для вывоза за пределы очищаемого объекта. В качестве базовых машин для роторных снегоочистителей используют автомобили и специальное шасси автомобильного типа, гусеничные и колесные тракторы, тягачи. По типу рабочего органа роторные снегоочистители подразделяются на плужно-роторные, шнекороторные и фрезерно-роторные, что отобразено на рисунке 2 [15].

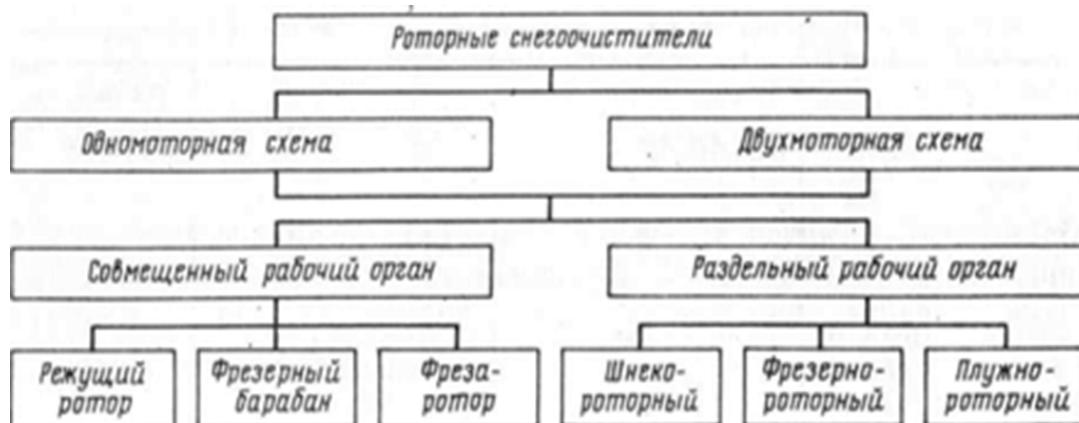


Рисунок 2 - Классификация роторных снегоочистителей

Плужно-роторные снегоочистители с рисунка 21 (а) разрабатывают снежный забой 1 ротором 3 путем подгребания снега плугом-ножом 4 при поступательном движении машины и отбрасывания снега направляющей улиткой 2. Поэтому плужно-роторные снегоочистители применяют обычно на сухом и рыхлом снеге небольшой плотности.

Для разработки снега средней плотности применяют шнекороторные снегоочистители с двумя и более шнековыми питателями, расположенными в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси движения машины.

Шнекороторный снегоочиститель, указанный подпунктом (б) на рисунке 3 разрабатывает снежный массив 1 двумя шнеками 5, расположенными один над другим. Питание ротора 3 в этом снегоочистителе осуществляется в значительной степени за счет поступательного движения машины. Они имеют значительную производительность, но не могут эффективно разрабатывать слежавшийся плотный снег.

Снег большой плотности целесообразно разрабатывать фрезерно-роторными снегоочистителями. Фрезерный снегоочиститель, показанный на рисунке 3 (в) имеет совмещенный рабочий орган в виде барабана с наваренными винтовыми лопастями 6, который разрабатывает забой 1 и с помощью улитки 2 отбрасывает снег в сторону. Обладая высокой режущей способностью, снегоочиститель имеет малую производительность и небольшую дальность отбрасывания снежной массы в связи с малой окружной скоростью барабана [14].

Фрезерно-роторный орган, указанный на рисунке 3 (г), представляет собой комбинацию фрезерного питателя, выполненного в виде многозаходного ленточного шнека 7, и одного или двух роторов-метателей 3.

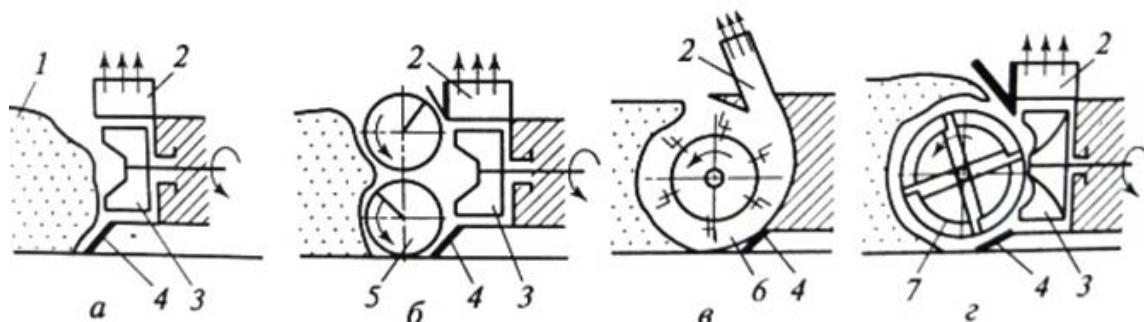


Рисунок 3 – Типы рабочих органов роторных снегоочистителей: 1 – ротор; 2 – фрезерный барабан; 3 – направляющий патрубкок; 4 – плуг; 5 – шнек; 6 – фреза

Снегопогрузчики предназначены для погрузки снега в транспортные средства из валов и куч, образованных после очистки. Они состоят из двух основных исполнительных органов – питателя, предназначенного для отделения от основного массива некоторых объемов погружаемого материала и перемещения их на второй орган – конвейер, транспортирующий материал в загружаемый автомобиль.

Наиболее распространены снегопогрузчики, снабженные питателями лапового типа, показанные на рисунке 4 и скребковым цепным конвейером. Лаповый питатель машины с рисунка 4 (а) расположен на внешней поверхности лопаты и состоит из диска 4, передающего движение лапе 1 и балансиру 3. На диске эксцентрично расположена ось балансира, куда входит направляющий сухарь 2, закрепленный на лопасти. При вращении диска балансир совершает колебательные, а лапа – захватывающие движения. При движении машины нож лопаты разрушает вал снега напорным усилием, которое зависит от коэффициента сцепления ведущих колес снегопогрузчика. Лапы питателя захватывают порции снега и перемещают их на конвейер. Отделение снега от основного массива ножом происходит по наклонным



поверхностям, что вызывает всплывание лопаты над наиболее уплотненным и прочным нижним слоем снега, его неполное удаление с поверхности дороги и, как следствие, снижение эффективности работы снегопогрузчика. Для устранения указанного недостатка универсальные снегопогрузчики снабжают для разработки валов снега и других материалов активным рабочим органом фрезерного типа, что отображено на рисунке 4 (б). Фрезы 5 питателя – двухзаходные с правым и левым направлениями спирали. При движении машины вперед снег отделяется лопастями фрезы от массива, перемещается с правой и левой стороны вала к центру машины, где попадает на конвейер 6 и подается транспортным средством [16].

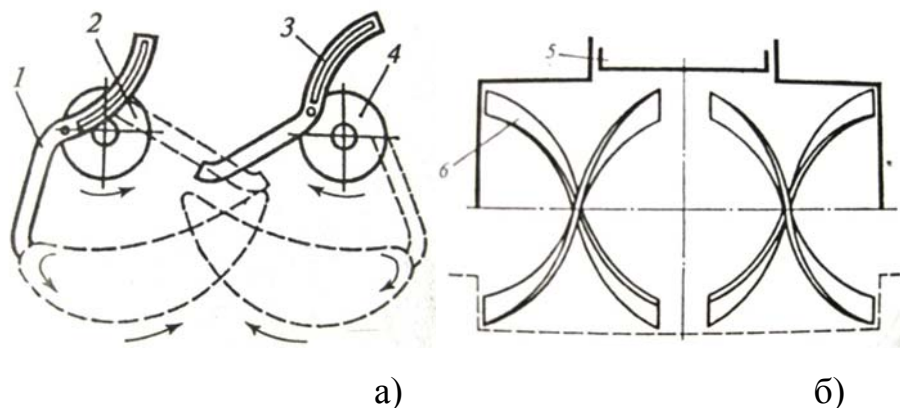


Рисунок 4 – Рабочие органы снегопогрузчиков: а – лапового типа; б – фрезерного типа

Снегопогрузчики являются машинами непрерывного действия; монтируют их на специальных шасси с использованием унифицированных агрегатов и узлов автомобилей или колесных тракторах. В специальное оборудование снегопогрузчиков входят питатель, конвейер и механизмы привода рабочих органов. Снегопогрузчики, как правило, одномоторные, т.е. рабочее оборудование и ведущие колеса шасси приводятся в движение от одного двигателя [17].

#### **Виды машин для содержания и уборки территорий в зимнее время**

Скоростной плужный снегоочиститель, показанный на рисунке 5, устанавливается на автомобиле 2 и разрабатывает свежесвыпавший снег толщиной 0,2...0,4 м. Передний отвал 3 скоростного снегоочистителя выполнен в виде конической поверхности с переменным по длине отвала радиусом кривизны. Передний отвал снабжен противоаварийным устройством, предохраняющим рабочий орган и автомобиль от поломок при встрече с непреодолимым препятствием. Боковое крыло 1 расположено с правой стороны автомобиля у задней части кузова.

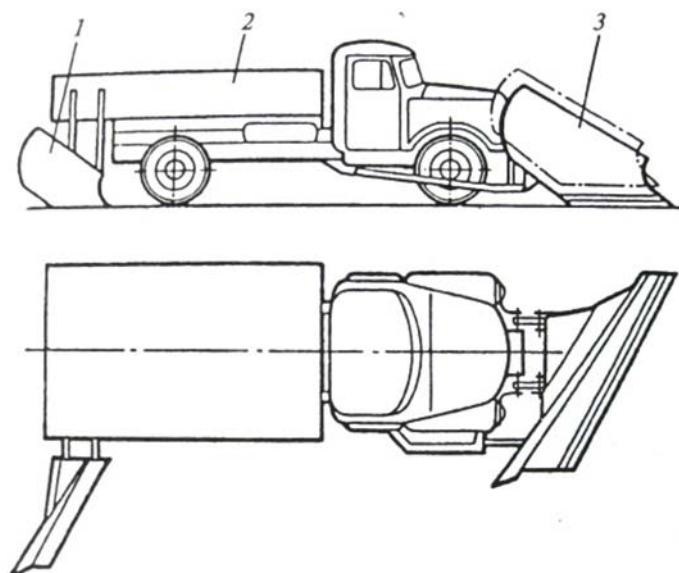


Рисунок 5 – Автомобиль, оснащенный скоростным плужным снегоочистителем

Рабочий процесс машины с рисунка 6 разделен на две операции: 1) отделение отвалом (плугом) от дороги слоя снега со сдвиганием его в сторону; 2) дальнейшее разрушение и отбрасывание его в сторону цилиндрической щеткой с образованием продольных валов. Назначение: Для очистки городских дорожных покрытий от снега во время и после его выпадения[10].

Снегоочиститель, представленный на рисунке 8, предназначен для переброски снега, собранного в валы и кучи, на резервную зону внутриквартальной территории, а также для погрузки снега в транспортные средства. Оборудование смонтировано на колесном тракторе 3 и состоит из рамы рабочих органов 4, фрезерного питателя 6, ротора 8, кожухов ротора и фрез 2 и 5, направляющего аппарата для снега 1, механизма привода рабочих органов.

Снегопогрузчик с рисунка 9 смонтирован на пневмоколесном специальном шасси с колесной формулой 2×2 и состоит из лопаты с питателем 7, стрелы с конвейером 1, опирающихся на стойку 2, гидроподъемника 4, силовой установки 3, трансмиссии 6, опорных колес 8 и кабины 5.

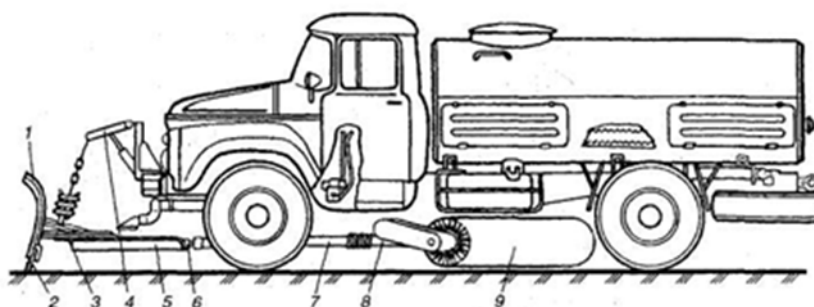


Рисунок 6 – Плунжерно-щеточный снегоочиститель: 1 – отвал; 2 – секционный резиновый нож; 3 – поворотная рама; 4 – механизм подъема отвала; 5 – сцепная рама; 6 – вал; 7 – штанги; 8 – толкающая рама; 9 – цилиндрическая щетка

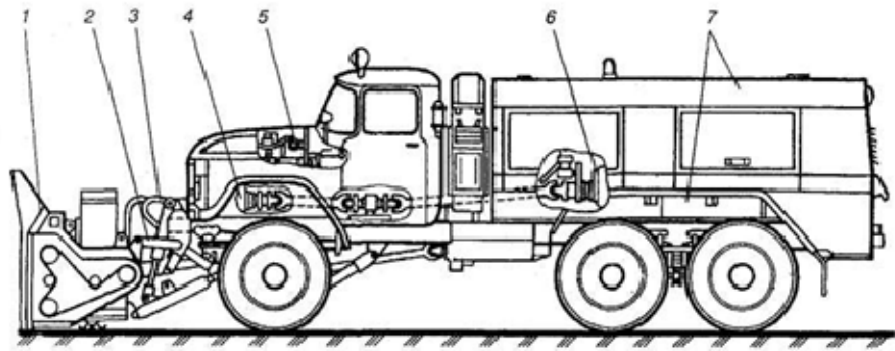


Рисунок 7 – Шнеко-роторный снегоочиститель: 1 – рабочий орган; 2 – подвеска; 3 – г/система; 4 – привод рабочего органа; 5 – кабина; 6 – силовая установка; 7 – подрамник с капотом

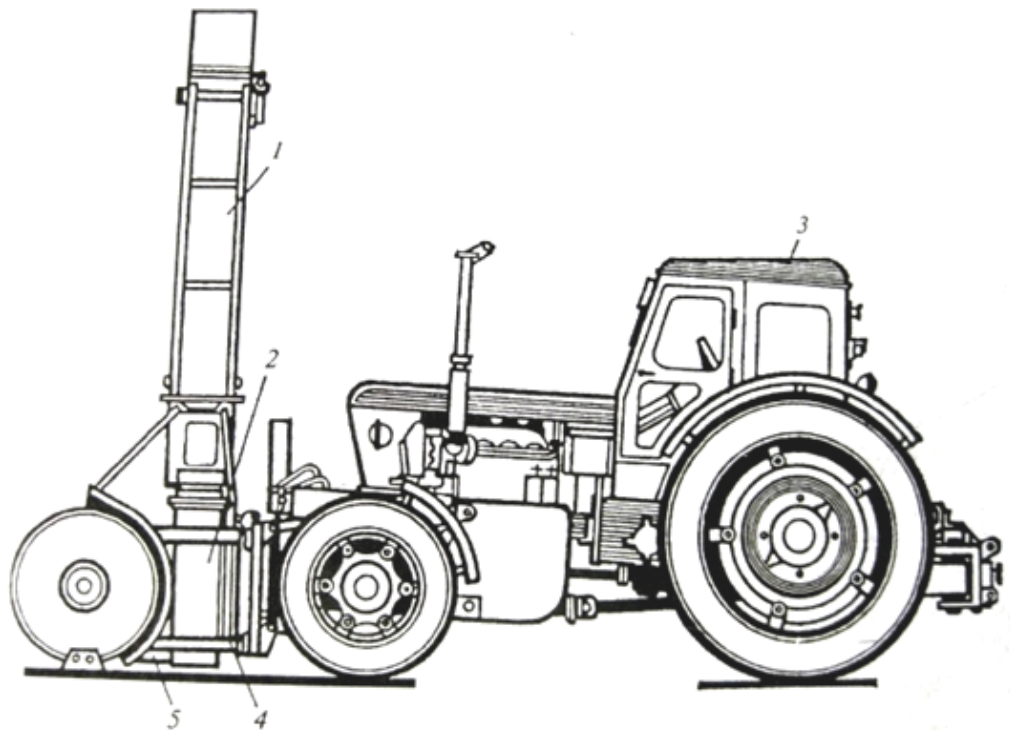


Рисунок 8 – Снегоочиститель с фрезерно-роторным рабочим органом

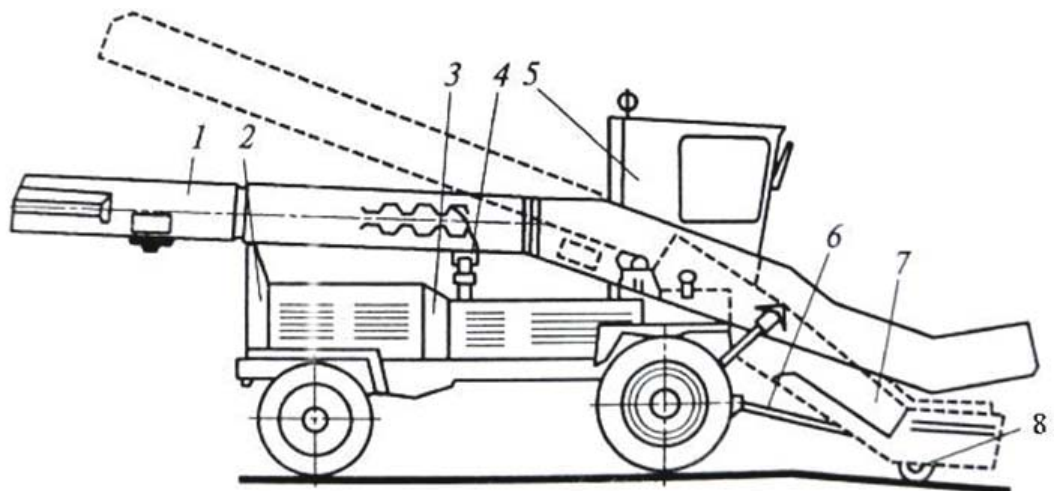


Рисунок 9 – Снегопогрузчик с питателем лапового типа

Рабочий орган погрузчика состоит из лапового питателя, оборудованного загребающими лапами, и скребкового конвейера, смонтированного на стреле. В верхней части стрелы транспортера установлена натяжная станция, а в нижней закреплен приводной вал цепи конвейера. В рабочее положение стрела поднимается гидроцилиндром. В транспортном положении стрела лежит на опорной раме.[3]

Одноковшовый фронтальный погрузчик, показанный на рисунке 10 представляет собой самоходную машину циклического действия, состоящую из специального шасси или серийного трактора с навесным оборудованием в виде стрелы или ковша. Рабочее оборудование (ковш 1 и стрела 2) размещено на передней полураме, а дизель 7 и кабина 6 – на задней полураме. Передний 9 и задний 8 мосты – ведущие, неповоротные. Поворот стрелы осуществляется гидроцилиндрами 5, а поворот ковша относительно стрелы – двумя гидроцилиндрами 4 через рычаг 3 и тягу 10. С помощью последних создается система рычагов, автоматически обеспечивающая горизонтальное положение ковша при его подъеме из положения I в положение II.

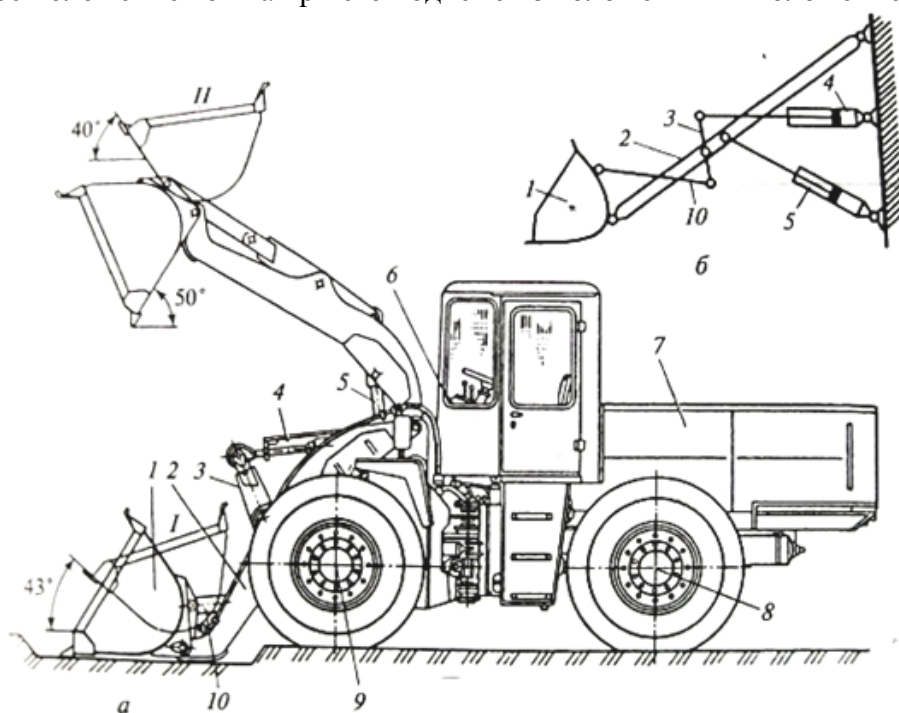


Рисунок 10 – Одноковшовый фронтальный погрузчик

В малогабаритном универсальном погрузчике с рисунка 11 моноблочная сварная рама образована двумя коробчатыми лонжеронами, соединенными между собой также коробчатыми поперечными связями. В задней части лонжеронов имеются стойки 8 для шарнирного крепления стрелы 5. Рабочее оборудование погрузчика состоит из рабочего органа 1, закрепленного на суппорте 2, стрелы 5, двух гидроцилиндров 3 поворота суппорта, рычагов 4 с тягами 6 и двух гидроцилиндров 9 подъема – опускания стрелы. Управление рабочими органами, их замена и фиксация осуществляется из кабины машиниста [15].

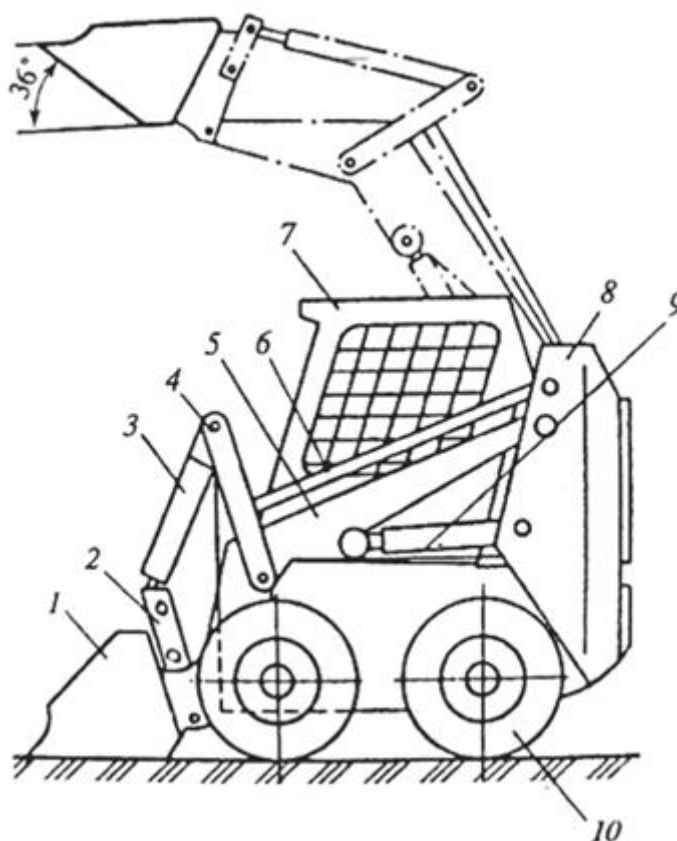


Рисунок 11 – Малогабаритный универсальный погрузчик

### Методика расчета эксплуатационных параметров машин для содержания городских территорий в зимний период

#### Плужные снегоочистители

Текущая высота призмы волочения  $H_y$  (м) в прямоугольной системе координат по длине отвала  $l_x$

$$H_y = \sqrt{2l_x h K_{рых} \rho \sin \varphi}, \quad (1)$$

где  $l_x$  – длина отвала, (м);  $h$  – толщина снежного покрова, (м);  $K_{рых}$  – коэффициент разрыхления снега при резании;  $\rho$  – угол внутреннего трения снега;  $\varphi$  – угол в плане между отвалом и продольной осью машины.

Скорость перемещения призмы волочения вдоль отвала (м/с) определяется по формуле:

$$v_{пр} = v_m \frac{\cos(\varphi + \delta)}{\cos \delta}, \quad (2)$$

где  $v_m$  – скорость движения машины, (м/с);  $\delta$  – угол внешнего трения по металлу.

Объем призмы волочения (м<sup>3</sup>):

$$V_{пр} = \frac{B^2 h K_{рых} \cos \delta}{2 \sin \varphi \cos(\varphi + \delta)}, \quad (3)$$

где  $B$  – ширина резания(для косо установленного плуга – ширина захвата), (м).

Масса призмы волочения (кг):

$$m_{\text{пр}} = \frac{B^2 h \rho_{\text{сн}} \cos \delta}{2 \sin \delta \cos (\varphi + \delta)}, \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{сн}}$  – плотность снега в естественном залегании до взаимодействия с отвалом, (кг/м<sup>3</sup>).

Суммарное сопротивление при работе плужного снегоочистителя (Н):

$$W = W_{\text{рез}} + W_{\text{пр}} + W_{\text{под}} + W_{\text{пер}} + W_{\text{ин}} + W_{\text{тр}} + W_{\text{м}}, \quad (5)$$

Сопротивление снега резанию (Н):

$$W_{\text{рез}} = K_{\text{рез}} B h, \quad (6)$$

где  $K_{\text{рез}}$  – удельное сопротивление снега резанию.

Сила сопротивления (Н), возникающая при трении призмы волочения разрабатываемого снега о дневную поверхность:

$$W_{\text{пр}} = m_{\text{пр}} \times g \times \text{tg} \rho \times \sin (\varphi + \delta), \quad (7)$$

Суммарное сопротивление (Н) подъему стружки в проекции на горизонтальную ось движения машины:

$$W_{\text{под}} = 0,5 \times P_{\text{н}} (\text{tg} \rho + \text{tg} \delta) \sin 2\alpha \sin \varphi, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – угол резания снега в вертикальной плоскости;  $P_{\text{н}}$  – нормальная к отвалу составляющая сил инерции и трения призмы волочения(Н):

$$P_{\text{н}} = \frac{B h \rho_{\text{сн}} v_{\text{н}}^2 \sin \varphi}{2g} + \frac{B^2 h \rho_{\text{сн}} \text{tg} \rho \cos^2 \delta}{2 \sin \varphi \cos (\varphi + \delta)}, \quad (9)$$

Сопротивление (Н) перемещению призмы вдоль отвала в проекции на ось движения машины:

$$W_{\text{пер}} = P_{\text{н}} \text{tg} \delta \cos \varphi, \quad (10)$$

Сила инерции снега возникает при затратах энергии на разгон снега, при переходе из неподвижного массива в движущуюся призму волочения(Н):

$$W_{\text{ин}} = \frac{B h \rho_{\text{сн}} \times v_{\text{н}}^2 \times \sin^2 \varphi}{2g}, \quad (11)$$

Сопротивление (Н) перемещению отвала снегоочистителя по заснеженной поверхности дороги при установке его в плавающее положение:

$$W_{\text{тр}} = G_0 \times \text{tg} \delta, \quad (12)$$

где  $G_0$  – вес отвала.

Соппротивление (Н) перемещению базовой машины:

$$W_{\text{м}} = G_{\text{м}} (f \pm i), \quad (13)$$

где  $G_{\text{м}}$  – полный вес машины, (Н);  $f$  – коэффициент сопротивления передвижению;  $i$  – уклон дороги, выраженный синусом угла наклона местности.

Нормальная работа машины будет возможна при выполнении условия:

$$G_{\text{сц}} \times \varphi \geq T \geq W, \quad (14)$$

где  $G_{\text{сц}}$  – сцепной вес машины, (Н);  $\varphi$  – коэффициент сцепления колес машины с дорогой [14].

#### Роторные снегоочистители

Соппротивление перемещению автомобиля (Н) находят по формуле:

$$W_1 = (G_{\text{а}} + G_0)(f_{\text{а}} \pm i)g, \quad (15)$$

где  $G_{\text{а}}$  – масса автомобиля, (кг);  $G_0$  – масса снегоочистительного оборудования, (кг);  $f_{\text{а}}$  – коэффициент сопротивления движению;  $i$  – максимальный уклон дороги;  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Мощность на преодоление сопротивления перемещению (Вт):

$$P_1 = W_1 \times v_{\text{м}}, \quad (16)$$

где  $v_{\text{м}}$  – рабочая скорость снегоочистителя, (м/с).

Соппротивления, возникающие при работе плужного питателя, рассчитываются по той же методике, что и для плужных снегоочистителей.

Нахождение мощности (Вт), расходуемой на вырезание снега по формуле:

$$P_2^r = \frac{k_0 \times (D-d) \times L_{\text{ш}} \times n_{\text{ш}} \times s}{2 \times 60}, \quad (17)$$

где  $k_0$  – коэффициент сопротивления снега резанию, (Па);  $D$  – диаметр шнека, (м);  $d$  – диаметр вала шнека, (м);  $L_{\text{ш}}$  – длина шнека, (м);  $n_{\text{ш}}$  – частота вращения шнека, (об/мин);  $s$  – шаг шнека, (м).

Нахождение мощности (Вт), расходуемой на перемещение снега по формуле:

$$P_2^H = \frac{P_{\text{ш}} \times L_{\text{ш}} \times \text{tg}(\alpha_0 + \varepsilon_0)}{\text{tg} \alpha_0}, \quad (18)$$

где  $\Pi_{ш}$  – производительность шнека, (кг/с);  $\varepsilon_0$  – угол трения снега о металл;  $\alpha_0$  – угол подъема винтовой линии.

Определение массы отбрасываемого снега (кг) по формуле:

$$M = \frac{60 \times \Pi_p}{n}, \quad (19)$$

где  $\Pi_p$  – производительность ротора, (кг/с);  $n$  – частота вращения ротора, (мин<sup>-1</sup>).

Нахождение мощности, необходимой на отбрасывание массы снега (Вт) по формуле:

$$P_2' = 0,9 \times M \times R^2 \times n^3 \times (1 + k_1^2) \times 10^{-5}, \quad (20)$$

где  $R$  – радиус ротора, (м);  $K_1$  – коэффициент, зависящий от угла разгрузки;  $n$  – частота вращения ротора, (мин<sup>-1</sup>).

Определение мощности, требуемой для преодоления сопротивления от трения снега (Вт) по формуле:

$$P_2'' = f_c \times M \times R^2 \times n^3 \times 10^{-4}, \quad (21)$$

где  $f_c$  – коэффициент внешнего трения снега.

Расчет суммарной мощности, затрачиваемой на шнеко-роторный снегоочиститель (Вт) по формуле:

$$P = P_1 + P_2' + P_2'' + P_3' + P_3'', \quad (22)$$

Расчет производительности роторного снегоочистителя по массе (кг/с) согласно формуле:

$$\Pi_{сн} = B \times h \times v_{сн} \times \rho_{сн}, \quad (23)$$

где  $B$  – ширина захвата, (м);  $h$  – толщина удаляемого снежного покрова, (м);  $\rho_{сн}$  – плотность снега, (кг/м<sup>3</sup>) [15].

### Снегопогрузчики с фрезерным питателем

Определение силы сопротивления (Н) при подъеме снега ленточным конвейером по формуле:

$$W_1 = m_{тр} \times g \times \sin \beta, \quad (24)$$

где  $m_{тр}$  – масса снега, находящегося на конвейере;  $\beta$  – угол между конвейером и покрытием дороги, град.

Сопротивление при движении ленты конвейера (Н) рассчитывается по формуле:

$$W_2 = f \times \cos \beta \times (m_{л} + m_{тр} + m_{рол}) \times g, \quad (25)$$



где  $f$  – коэффициент сопротивления в опорах конвейера;  $m_{л}$  – масса ленты конвейера, (кг);  $m_{рол}$  – масса поддерживающих роликов, (кг);  $m_{тр}$  – масса снега, находящегося на конвейере, (кг).

Расчет силы сопротивления при перемещении питателя (Н) по формуле:

$$W_3 = m_{п} \times g \times (f_3 \pm i), \quad (26)$$

где  $m_{п}$  – масса питателя, приходящееся на дорожное покрытие, (кг);  $f_3$  – коэффициент трения металла о дорожное покрытие;  $i$  – уклон местности.

Определение силы сопротивления перемещению машины, (Н) по формуле:

$$W_4 = m_{м} \times g \times (f_{кач} \pm i), \quad (27)$$

где  $m_{м}$  – полная масса машины вместе с рабочими органами, (кг);  $f_{кач}$  – коэффициент сопротивления перемещению машины.

Расчет работы, затрачиваемой на срезание стружки снега лопастями фрезы по формуле:

$$A_1 = \frac{v_m}{n_{п} \times z} \times K_{ср} \times R \times b \times (1 - \cos \theta_0), \quad (28)$$

где  $\theta_0$  – угол между конвейером и покрытием дороги, (град.);  $v_m$  – рабочая скорость машины, (м/с);  $n_{п}$  – частота вращения фрезы питателя, ( $c^{-1}$ );  $z$  – число заходов лопастей фрезы;  $K_{ср}$  – коэффициент сопротивления снега срезанию, (Па);  $R$  – радиус фрезы, (м);  $b$  – ширина срезаемой фрезой стружки, (м).

Определение работы, затрачиваемой на сообщение снегу скорости отбрасывания при вращении фрезы по формуле:

$$A_{ск} = 0,5 \times m_0 \times R^2 \times \omega^2 \times K_{ск} \times \sin^2 \alpha, \quad (29)$$

где  $m_0$  – масса снега, подаваемая за один оборот фрезы, (кг);  $K_{ск}$  – коэффициент, учитывающий распределение снега по витку лопасти фрезы;  $\alpha$  – угол наклона винтовой линии лопастей фрезы;  $\omega$  – угловая скорость вращения фрезы, (рад/с).

Расчет затрат энергии на перемещение снега фрезой к конвейеру в единицу времени по формуле:

$$A_0 = 0,5 \times \Pi \times f_c \times B \times g, \quad (30)$$

где  $\Pi$  – производительность машины, (кг/с);  $f_c$  – коэффициент внутреннего трения снега;  $B$  – ширина захвата машины, (м).

Определение суммарной мощности, необходимой на работы машины, (кВт) по формуле:

$$P = \frac{(A_1 + A_{ск}) \times n_{п}}{1000 \times \eta_1} + \frac{(W_1 + W_2) \times v_1}{1000 \times \eta_2} + \frac{A_0 \times \text{tg}(\alpha + \rho)}{\text{tg} \alpha} + \frac{(W_3 + W_4) \times v_{п}}{1000 \times g}, \quad (31)$$

где  $\eta_1$  – коэффициент полезного действия трансмиссии от двигателя к питателю;  $\eta_2$  – КПД трансмиссии от двигателя;  $\rho$  – угол трения снега о лопасть фрезы;  $v_1$  – скорость движения машины.

Расчет технической производительности снегопогрузчика ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) по формуле:

$$П_{т} = 3600 \times B_{ср} \times h \times v_p, \quad (32)$$

где  $B_{ср}$  – средняя ширина погружаемого вала снега, (м);  $h$  – высота погружаемого вала снега, (м);  $v_p$  – рабочая скорость машины, (м/с) [14].

### Задания для самостоятельного выполнения

#### Задание №1

Определить суммарное сопротивление при работе плужного снегоочистителя, если коэффициент сопротивления передвиганию равен 0,35 для всех вариантов. Необходимые для расчетов данные представлены в таблице 12.

#### Задание №2

Найти мощность, требуемую для работы шнекороторного снегоочистителя и его производительность по массе. Необходимые для решения задания данные параметры представлены в таблице 13.

#### Задание №3

Определить мощность, необходимую для работы снегопогрузчика с фрезерным питателем, а также его техническую производительность. Во всех вариантах четыре захода лопастей фрезы, радиус фрезы 1,25 м., ширина срезаемой фрезой стружки равна 0,65 м., угол наклона винтовой линии лопастей фрезы равен  $30^\circ$ , угол трения снега о лопасть фрезы равен  $2^\circ$ . Необходимые для проведения расчетов данные представлены в таблицах 14 и 15.

### Алгоритмы выполнения заданий

#### Задание №1

1. Определение массы призмы волочения (кг) по формуле (4).
2. Определение силы сопротивления, (Н), возникающей при трении призмы волочения разрабатываемого снега о дневную поверхность по формуле (7).
3. Расчет нормальной к отвалу составляющей сил инерции и трения призмы волочения (Н) по формуле (9).
4. Расчет суммарного сопротивления подъему стружки в проекции на горизонтальную ось движения машины (Н) по формуле (8).
5. Расчет сопротивления перемещению призмы вдоль отвала в проекции на ось движения машины (Н) по формуле (10).
6. Определение силы инерции снега (Н) по формуле (11).
7. Нахождение сопротивления перемещению отвала снегоочистителя по поверхности дороги в плавающем положении (Н) по формуле (12).
8. Расчет сопротивлению перемещению базовой машины (Н) по формуле (13).

9. Определение сопротивления снега резанию (Н) по формуле (6).
10. Расчет суммарного сопротивления при работе плужного снегоочистителя (Н) по формуле (5).

Задание №2

1. Нахождение сопротивления перемещению автомобиля (Н) по формуле (15).
2. Определение мощности на преодоление сопротивления перемещению, (Вт) по формуле (16).
3. Нахождение мощности, расходуемой на вырезание снега по формуле (17).
4. Нахождение мощности, расходуемой на перемещение снега по формуле (18).

Таблица 12 – Технические и эксплуатационные параметры снегоочистителя

Задаваемые параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Ширина резания, (м)	1,8	2,7	3,1
Толщина снежного покрова,(м)	0,25	0,2	0,3
Плотность снега в естественном залегании до взаимодействия с отвалом, (кг/м <sup>3</sup> )	300	200	350
Угол в плане между отвалом и продольной осью машины	31	33	29
Угол внешнего трения по металлу	4,6	5,7	3,4
Угол внутреннего трения снега	24,7	19,8	25,6
Коэффициент внешнего трения по металлу	0,08	0,1	0,06
Коэффициент внутреннего трения снега	0,46	0,36	0,48
Удельное сопротивление снега резанию, (МПа)	0,005	0,001	0,01
Скорость движения машины, (м/с)	9,7	11,1	8,3
Угол резания снега в вертикальной плоскости	4	10	6
Вес отвала, (Н)	4300	5000	6000
Полный вес машины, (Н)	110000	100000	120000
Уклон дороги, выраженный синусом угла наклона местности	+0,05	-0,07	+0,03

5. Определение массы отбрасываемого снега, (кг) по формуле (19).
6. Нахождение мощности, необходимой на отбрасывание массы снега, (Вт) по формуле (20).
7. Определение мощности, требуемой для преодоления сопротивления от трения снега, (Вт) по формуле (21).
8. Расчет суммарной мощности, затрачиваемой на шнеко-роторный снегоочиститель, (Вт) по формуле (22).
9. Расчет производительности роторного снегоочистителя по массе (кг/с) согласно формуле (23).

### Задание №3

1. Определение силы сопротивления (Н) при подъеме снега ленточным конвейером по формуле (24).
2. Расчет сопротивления при движении ленты конвейера (Н) по формуле (25).
3. Расчет силы сопротивления при перемещении питателя (Н) по формуле (26).
4. Определение силы сопротивления перемещению машины, (Н) по формуле (27).
5. Расчет работы, затрачиваемой на срезание стружки снега лопастями фрезы по формуле (28).
6. Нахождение работы, затрачиваемой на сообщение снегу скорости отбрасывания при вращении фрезы по формуле (29).
7. Расчет затрат энергии на перемещение снега фрезой к конвейеру в единицу времени по формуле (30).
8. Определение суммарной мощности, необходимой на работы машины, (кВт) по формуле (31).
10. Расчет технической производительности снегопогрузчика ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) по формуле (32).

Таблица 13 – Технические и эксплуатационные параметры снегоочистителя

Задаваемые параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Масса автомобиля, (кг)	8000	7000	6000
Масса снегоочистительного оборудования, (кг)	800	750	700
Коэффициент сопротивления движению	0,4	0,35	0,5
Максимальный уклон дороги	+0,05	-0,03	-0,01
Рабочая скорость снегоочистителя, (м/с)	1,7	2	1,5
Коэффициент сопротивления снега резанию, (Па)	3500	4000	3000
Диаметр шнека, (м)	0,45	0,55	0,4
Диаметр вала шнека, (м)	0,1	0,15	0,13
Длина шнека, (м)	0,25	0,35	0,25
Частота вращения шнека, (об/мин)	100	150	120
Шаг шнека, (м)	0,4	0,35	0,45
Производительность шнека, (кг/с)	$0,5 \times 10^4$	$0,6 \times 10^4$	$0,6 \times 10^4$
Угол трения снега о металл	10	12	10
Угол подъема винтовой линии	20	22	19
Производительность ротора, (кг/с)	$10^4$	$0,9 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
Радиус ротора, (м)	0,5	0,65	0,6
Коэффициент, зависящий от угла разгрузки	0,2	0,3	0,25
Частота вращения ротора, (об/мин)	100	150	120
Ширина захвата, (м)	2,5	3,5	3

Толщина удаляемого снежного покрова, (м)	1,5	1,2	1,2
Плотность снега, (кг/м <sup>3</sup> )	350	300	200
Коэффициент внешнего трения снега	0,06	0,08	0,09

Таблица 14 – Технические и эксплуатационные параметры снегопогрузчика

Задаваемые параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Масса снега, находящегося в конвейере, (кг)	88	90	95
Угол между конвейером и покрытием дороги, (град.)	30	28	26
Масса ленты конвейера, (кг)	100	110	108
Масса поддерживающих роликов, (кг)	80	83	85
Масса питателя, приходящееся на дорожное покрытие, (кг)	60	55	70
Полная масса машины вместе с рабочими органами, (кг)	7200	8000	8500
Уклон местности	-0,05	+0,03	-0,07
Скорость движения машины, (м/с)	6,9	7,2	6,5
Частота вращения фрезы питателя, (с <sup>-1</sup> )	5,2	5	4,5
Масса снега, подаваемая за один оборот фрезы, (кг)	25	27	26
Угловая скорость вращения фрезы, (рад/с)	5,2	5	4,5
Производительность машины, (кг/с)	27,7	30	32
Средняя ширина погружаемого вала снега, (м)	0,7	0,78	0,82
Высота погружаемого вала снега, (м)	0,3	0,25	0,3
Рабочая скорость машины, (м/с)	3,3	2,8	2,5
Ширина захвата машины, (м)	2,35	2,45	2,5

### Тестовые задания для проверки знаний

1. У какого вида снегоочистителей рабочим органом является метатель специальной конструкции?
  - a) Плужные
  - b) Роторные
  
2. Какой угол расположения относительно продольной оси в одноотвальных снегоочистителях?
  - a) 16-20°
  - b) 32-38°
  - c) 29-33°

Таблица 15 – Коэффициенты, необходимые для расчетов к заданию №3

Задаваемые параметры	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Коэффициент полезного действия трансмиссии от двигателя к питателю	0,67	0,6	0,65
Коэффициент сопротивления снега срезанию, (Па)	$0,5 \times 10^6$	$0,4 \times 10^6$	$0,2 \times 10^6$
КПД трансмиссии от двигателя	0,85	0,82	0,8
Коэффициент внутреннего трения снега	0,46	0,36	0,36
Коэффициент сопротивления перемещению машины	0,35	0,4	0,42
Коэффициент трения металла о дорожное покрытие	0,8	0,83	0,9
Коэффициент сопротивления в опорах конвейера	0,6	0,7	0,8
Коэффициент, учитывающий распределение снега по витку лопасти фрезы	0,64	0,67	0,7

3. У какого вида снегоочистителей рабочим органом является метатель специальной конструкции?
  - c) Плужные
  - d) Роторные
  
4. Какой угол расположения относительно продольной оси в одноотвальных снегоочистителях?
  - d) 16-20°
  - e) 32-38°
  - f) 29-33°
  
5. Какие типы рабочих органов относятся к роторным снегоочистителям?
  - a) Плужно-роторные
  - b) Шнекороторные
  - c) Плужные
  - d) Фрезерно-роторные

е) Двухотвальные

6. Какая конструкция отбрасывает снег в плужно-роторных снегоочистителях?

- а) Шнек
- б) Улитка
- с) Конвейер

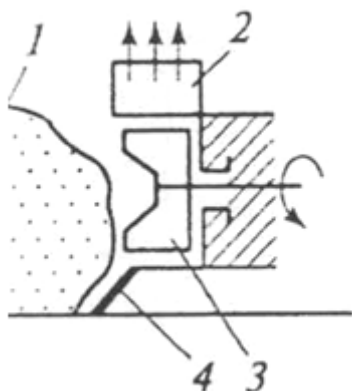
7. Каково минимальное количество шнеков для разработки снега средней плотности?

- а) Два
- б) Один
- с) Три

8. Какая конструкция используется для отбрасывания снега в фрезерно-роторных снегоочистителях?

- а) Шнек
- б) Улитка
- с) Конвейер
- д) Фреза

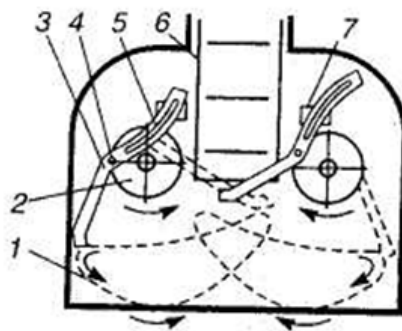
9. Выберите на рисунке пункт, соответствующий ротору:



- а) 2
- б) 4
- с) 3

10. Выберите на рисунке пункт, соответствующий лапе снегопогрузчика:

- а) 3
- б) 2
- с) 1

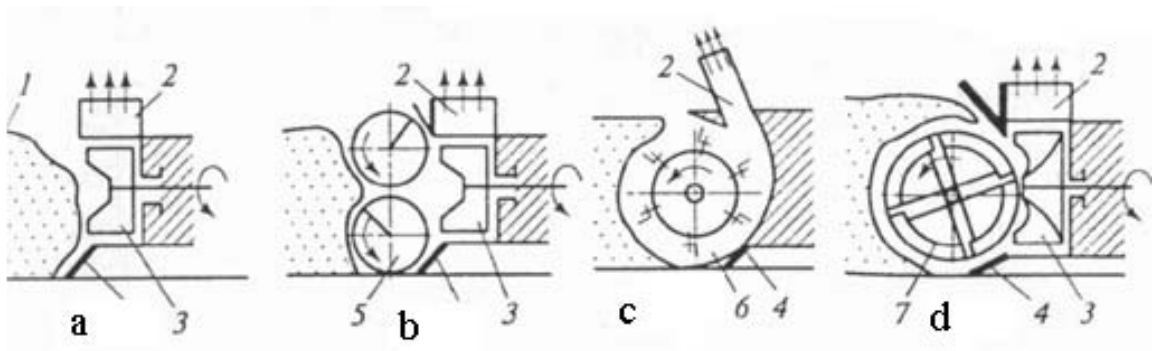


11. К какому типу машин относятся снегопогрузчики?

- а) Циклического действия

b) Непрерывного действия

12. На каком из рисунков представлен фрезерный снегоочиститель?





## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27415-87 Мусоровозы. Общие технические требования.
2. ГОСТ 27478-87 Машины для уборки городов. Общие технические требования.
3. ГОСТ 15840-70 Снегоочистители. Термины и определения.
4. Методические рекомендации по определению стоимости вывоза твердых бытовых отходов. Разработаны при участии Администраций города Сургута и города Белгорода, а также АКХ им. К.Д. Памфилова: Москва, 2005.
5. Рекомендации по технологии уборки проезжей части городских дорог с применением средств комплексной механизации. Утверждены АКХ им. Памфилова К.Д. Минжилкомхоза РСФСР от 01.01.1989.
6. Рекомендации по нормированию труда работников предприятий внешнего благоустройства утверждены Приказом Минстроя РФ от 06.12.94 N 13.
7. Анфиловьев Б.А., Скачкова Е.А. Расчет снижения уровня шума за счет экранирования: методические указания для выполнения самостоятельной работы. – Самара, 2004. – 18 с.
8. Бочкарев В.В. Теоретические основы технологических процессов охраны окружающей среды: учебное пособие. – Томск, 2012. – 320 с.
9. Вавилов А.В., Леонович И.И., Максименко А.Н. и др. Дорожно-строительные машины: учебник – Минск: Технопринт, 2006. – 515 с.
10. Васильев Б.А., Мер И.И., Прудников Т.Г., Рябов Г.А. Мелиоративные и строительные машины. Учебник – М.: Агропромиздат, 1986. – 350 с.
11. Вигдорович В.И. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов: учебное пособие. – М.: КАРТЭК, 2008. – 214 с.
12. Голованов А.И., Зимин Ф.М. Природообустройство: учебник для вузов. – М.: КолоС, 2008. – 551 с.
13. Гальперин М.,И., Домбровский Н.Г. Строительные машины. Учебник. М.: Высшая школа, 1985. – 223 с.
14. Доценко А.И. Коммунальные машины и оборудование: учебное пособие для вузов. – М.: Архитектура-С, 2005. – 344 с.
15. Доценко А.И., Зотов В.А. Машины и оборудование природообустройства и охраны окружающей среды города: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2007. – 519 с.
16. Изотов В.С, Имайкин Д.Г. Строительные машины. Строительные краны: учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2012. – 104 с.
17. Козин В.М., Макеева В.С. Совершенствование технологии удаления ледяного и снежного наката с поверхности дорожного покрытия // Строительные и дорожные машины. – 2011, №1. – С. 25-29.
18. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах: учебное пособие. – Ростов н /Д : Феникс, 2010. – 378 с.
19. Марфенин Н.Н. Экология: учебное пособие. – М.: Академия, 2012. – 512 с.
20. Мер И.И. Мелиоративные машины. Раздел 1. Учебник. – М.: Колос, 1980. – 347 с.
21. Машины и оборудование для строительных и мелиоративных работ. Под ред. Коршикова А.А., Новочеркасск, 1995, 180 стр.
22. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.
23. Репин С.В, Зазыкин А.В. Машины для земляных работ: уч. пособие. – СПб, СПбГАСУ, 2007. – 81 с.
24. Сергеева Н.И. Машины для содержания и ремонта дорог: учебное пособие. – Брянск: БГИТА, 2001. – 13 с.

25. Строительные машины / Под ред. Волкова Д.П. – М.: Высшая школа, 1988. – 260 с.
26. Суриков В.В. и др. Мелиоративные и строительные машины. – М.: Колос, 1993. – 210 с.
27. Шестопалов К.К., Штефан С.В. Взаимодействие вorsa со смётom и расчёт параметров цилиндрической щётки: методические указания. – М.: Ротапринт МАДИ, 2010. – 16 с.
28. Машины для зимнего содержания автодорог // <http://stroy-technics.ru/article/mashiny-dlya-zimnego-soderzhaniya-avtodorog/>
29. Разумов Ю.В. доцент кафедры "Дорожно-Строительных Машин" Особенности устройства и основы расчета машин для летнего содержания дорог // Электронное издание строительные дорожные машины и техника // <http://sdm.str-t.ru/publics/40/>
30. Технические характеристики коммунального автомобиля (мусоровоза) с боковой загрузкой МК-18 // <http://www.feniks-avto.ru/GarbageTrucksmk18/>
31. <http://www.ecoindustry.ru/>
32. <http://watchemec.ru/>
33. [Консультант Плюс - законодательство РФ: \(www.consultant.ru\)](http://www.consultant.ru).

*Учебное издание*

Составители: Дружакина Ольга Павловна,  
Перминов Николай Алексеевич

**РАСЧЁТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН  
ДЛЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

Учебно-методическое пособие

*Авторская редакция*

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1\16  
Печать офсетная .Усл.печ.л 3,02. Уч.-изд.л.5,04.  
Тираж 50 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Издательство «Удмуртский университет»  
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4  
Тел./факс: +7(3412) 500-295, e-mail: [editorial@udsu.ru](mailto:editorial@udsu.ru)